

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Саровский физико-технический институт -
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

УТВЕРЖДАЮ

Декан физико-технического факультета
СарФТИ НИЯУ МИФИ

_____ А.К. Чернышев
« » _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Химия твердого тела

(наименование дисциплины)

Направление подготовки (специальность) 03.04.01 Прикладная математика и физика

Профиль подготовки Физика фундаментальных взаимодействий

Квалификация (степень) выпускника магистр

Форма обучения очная

Автор	_____ к.х.н. В.Ю. Волгутов
Рецензент	_____ к.х.н. К.Б. Жогова
Зав. кафедрой ЯРФ	_____ д.ф.-м.н. Н.В. Завьялов
Руководитель ОПП	_____ д.ф.-м.н. Н.В. Завьялов

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и ОС НИЯУ МИФИ (актуализирован Ученым советом университета, Протокол №21/11 от 27.07.2021 г)

Программа одобрена
на заседании кафедры Ядерной и радиационной физики
от 31.08.21 (протокол №2).

г. Саров, 2021 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель преподавания дисциплины «Химия твердого тела» – получение студентами фундаментальных физико-химических знаний и представлений об энергетике химической связи в твердых телах и зонной теории кристаллических металлов, полупроводников, диэлектриков; о фазовом составе и особенностях дефектной структуры веществ в твердом состоянии и т.д.

В результате изучения дисциплины «химии твердого тела» студенты должны обладать комплексом знаний и умений, необходимых для самостоятельного осмысленного применения в атомной энергетике.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Химия твердого тела» относится к разделу дисциплин по выбору в цикле ООП. Дисциплина основывается на базовых знаниях физики твердого тела, высшей математики, радиохимии и опирается на освоенные при изучении данных дисциплин знания и умения. Настоящий раздел «химия твердого тела» читается студентам на 2 курсе обучения магистратуры (3 семестр).

3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ. ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В совокупности с другими дисциплинами базовой части ФГОС ВО дисциплина «химия твердого тела» направлена на формирование следующих компетенций профиля магистра прикладных математики и физики:

УК-3 – способен организовать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели

ПК-13.1 – способен к обеспечению безопасности при проведении работ на ядерно-физических и электрофизических установках, с делящимися материалами, радиоактивными веществами и радиоактивными отходами.

В результате изучения дисциплины «Химия твердого тела» студент должен **знать**:

З-УК-3 Знать: методики формирования команд; методы эффективного руководства коллективами; основные теории лидерства и стили руководства

З-ПК-13.1 федеральные нормы и правила, отраслевые нормативные документы по ядерной и радиационной безопасности, электробезопасности и охране труда при эксплуатации исследовательских ядерных и электрофизических установок – источников излучения, высоковольтного и измерительного оборудования; технические характеристики установок и оборудования; технологические регламенты безопасной эксплуатации установок и оборудования

В том числе:

- основы зонной теории твердых тел;
- влияние дефектов структуры на свойства твердых тел;
- механизм и кинетику реакций с участием твердых тел;

- особенности химического, фазового состава и структуры твердых тел, обуславливающие их свойства и практическое применение
- методы получения твердых тел с заданной структурой и свойствами.

В результате изучения дисциплины «Химия твердого тела» студент должен **уметь:**

У-УК-3 Уметь: разрабатывать план групповых и организационных коммуникаций при подготовке и выполнении проекта; сформулировать задачи членам команды для достижения поставленной цели; разрабатывать командную стратегию; применять эффективные стили руководства командой для достижения поставленной цели

У-ПК-13.1 анализировать научно-техническую информацию по теме исследований, в том числе для организации контроля за техническим состоянием установок и оборудования; средств измерений, контроля, управления и автоматики, обеспечивающих безопасную эксплуатацию установок и стендов

В том числе:

- использовать знания о составе, структуре и реакционной способности твердых тел для синтеза материалов с заданными свойствами;
- прогнозировать физические свойства и реакционную способность твердых тел, применяемых в атомной промышленности, на основе знания их химического, фазового состава и структуры.

В результате изучения дисциплины «Химия твердого тела» студент должен **владеть:**

В-УК-3 Владеть: умением анализировать, проектировать и организовывать межличностные, групповые и организационные коммуникации в команде для достижения поставленной цели; методами организации и управления коллективом

В-ПК-13.1 навыками разработки планов перспективных исследований по инновационным ядерным технологиям и мероприятий по обеспечению ядерной безопасности планируемых работ

В том числе:

- навыками прогнозирования физико-химических свойств твердых тел, применяемых в атомной промышленности;
- навыками интерпретации результатов измерений в виде отчетов и публикаций.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 72 часа, в том числе лекции – 16 а.ч., практические занятия - 32 а.ч., в том числе в интерактивной форме – 32 часа, СРС – 24 часа).

4.1 СТРУКТУРА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (АЧ)			Текущий контроль успеваемости (неделя, форма)	Максимальный балл за раздел
		Лекции	Практ. занятия/семинары	Самостоятельная работа. Решение задач		
1. Теория твердого тела	1-3	4	4	2 работа с литературой, решение задач, подготовка к контрольной работе	обсуждение вопросов, решение задач	5
1.1 Строение кристаллов. Основы зонной теории.						
1.2 Строение аморфных и стеклообразных твердых тел.						

Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (АЧ)			Текущий контроль успеваемости (неделя, форма)	Максимальный балл за раздел
		Лекции	Практ. занятия/семинары (ИФ)	Самостоятельная работа. Решение задач		
2 Влияние структуры твердых тел на их физические свойства	4-5	2	4	4 работа с литературой, решение задач, подготовка к контрольной работе	обсуждение вопросов, решение задач	5
2.1 Дефекты в кристаллах						
2.2 Диффузия в твердых телах						
2.3 Фазовые переходы в твердых телах						
2.4 Структурно-чувствительные физические свойства твердых тел						
3. Механизм и кинетика твердофазных реакций	6-9	4	8	6 работа с литературой, решение задач, подготовка к контрольной работе	обсуждение вопросов, решение задач, контрольная работа	10
3.1 Особенности реакций с участием твердых тел						
3.2 Активное состояние твердых тел						
3.3 Химические превращения твердофазных реагентов, возбуждаемые термическим путем						
3.4 Химические превращения твердофазных реагентов, возбуждаемые нетепловыми						

методами						
4 Общая характеристика материалов различных типов	10-13	4	8	4 работа с литературой, подготовка реферата	обсуждени е вопросов	5
4.1 Полупроводниковые материалы						
4.2 Металлические материалы						
4.3 Строительные и конструкционные материалы, стекло, керамика, люминофоры, диэлектрики электронной техники						

Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (АЧ)			Текущий контроль успеваемости (неделя, форма)	Максимальный балл за раздел
		Лекции и	Практ. занятия/семинары (ИФ)	Самостоятельная работа. Решение задач		
5 Методы синтеза неорганических материалов с заданной структурой	14-16	2	8	8 работа с литературой, подготовка реферата	обсуждени е вопросов, защита реферата дискуссия	10 5
5.1 Закономерности зародышеобразования, формирования и роста кристаллов из растворов, расплавов и паровой фазы						
5.2 Выращивание монокристаллов						
5.3 Получение пленок и покрытий.						
5.4 Легирование твердых тел						
Зачет	17					50
Посещаемость						5
Итоги за семестр		16	32 (32)	24		100

4.3. СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. Теория твердого тела

Строение идеального кристалла. Ячейка Вигнера-Зейтца. Обратная решетка. Волновое число и волновой вектор. Зоны Бриллюэна. Условие цикличности Борна-Кармана. Уравнение Шредингера для кристалла. Адиабатическое приближение; валентная аппроксимация. Функция Блоха. Модель квазисвободных электронов. Число уровней в энергетической зоне. Теория сильно связанных электронов. Особенности зонного строения металлов, диэлектриков, полупроводников. Зонная структура соединений подгруппы алмаза,

соединений АІВVI, щелочных металлов. Методы изучения энергетического строения твердых тел; кластерный и зонный подходы; метод ячеек и вариационный метод. Колебания кристаллической решетки; акустические и оптические фононы; электрон-фононное взаимодействие в полярных кристаллах. Статистика электронов и дырок в равновесном состоянии. Уровень Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.

Стеклообразные и не стеклообразные (глобулярные) аморфные тела. Особенности зонного строения аморфных полупроводников. Локализация Андерсона и Лившица. Модель Коэна-Фрицше-Овшинского.

Раздел 2. Особенности структуры твердых тел. Влияние структуры на физические свойства твердых тел

Типы точечных дефектов и их комплексов (вакансии, междоузельные атомы, примесные атомы, дефекты Шоттки и Френкеля, антиструктурные дефекты). Принцип электронейтральности. Равновесные и биографические дефекты. Разупорядоченность в ионных кристаллах; донорные и акцепторные примеси в полупроводниках; дефекты в кристаллах полупроводниковых соединений, нестехиометрических соединений. Твердые растворы, их типы, границы растворимости. Дислокации, их типы, перемещение и взаимодействие дислокаций. Влияние дислокаций на механические и электрофизические свойства кристаллических твердых тел.

Механизм диффузии в кристаллических твердых телах. Законы Фика. Решение уравнений диффузии. Энергия активации диффузии; эффект корреляции. Диффузия по дислокациям и границам зерен. Различие диффузионных процессов в металлах и кристаллах с ионными и ковалентными связями. Самодиффузия. Диффузионное легирование.

Классификация фазовых переходов. Типы полиморфных превращений в твердых телах; мартенситовые превращения; распад твердых растворов, особенности критического поведения физико-химических систем вблизи точки фазового перехода. Спекание частиц твердых тел. Структурные изменения при плавлении. Жидкокристаллическое состояние вещества.

Структурно-чувствительные свойства и структурно-нечувствительные физические свойства твердых тел. Связь между строением, энергией решетки, микротвердостью и прочностью твердых тел. Факторы, определяющие пластичность твердых тел, температуру плавления. Электрофизические свойства твердых тел: электронная и ионная проводимость, высокотемпературная проводимость сложных оксидов, переходы металл-диэлектрик; фотопроводимость. Фазовые переходы в сегнетоэлектриках. Теория фазовых переходов Ландау. Классификация сегнетоэлектриков. Фазовый переход в титанате бария. Доменная структура. Пьезоэлектрики. Пироэлектрики.

Магнитные свойства кристаллов. Особенности структуры твердых тел, определяющие их магнитные свойства; диамагнетизм, парамагнетизм, ферро-, ферри-, и антиферромагнетизм. Ферромагнитные полупроводники. Электронный газ в магнитном поле. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы.

Аморфные ферромагнетики.

Раздел 3. Механизм и кинетика твердофазных реакций

Особенности кинетики и механизма химических реакций с участием твердых тел. Типы твердофазных превращений. Понятие «топохимическая реакция». Лимитирующие стадии (диффузия, зародышеобразование, электронный и ионный транспорт).

Понятие об активном состоянии твердых тел. Термодинамические характеристики активного состояния. Методы экспериментального определения активности. Источники пересыщения по Рогинскому. Влияние размера кристаллитов на их химическую активность. Уравнение Гиббса-Томсона.

Реакции типа «твердое + твердое»: кинетика и механизм, влияние дисперсности и примесей; уравнение Яндера. Кинетика и механизм реакций окисления металлов и сходных реакций с участием газообразных реагентов. Реакции термического разложения твердых тел. Уравнение Ерофеева – Колмогорова.

Химическое действие света и ионизирующего излучения на твердые тела. Законы поглощения электромагнитного излучения твердыми телами. Типы поглощения света: фундаментальное, экситонное, фононное, свободными носителями зарядов, примесное. Фундаментальное поглощение – прямые и не прямые оптические переходы. Экситоны Френкеля и Ванье-Мотта. Фото-каталитические реакции. Образование центров окраски в процессе фото-разложения ионных кристаллов. Особенности фотолиза солей серебра. Принципы формирования скрытого изображения и его проявления в фото-графических слоях на основе галогенидов серебра; теория Герни-Мотта. Особенности разупорядочения структуры твердых тел под действием нейтронов. Представления о механохимических реакциях.

Раздел 4. Общая характеристика материалов различных типов

Особенности физических свойств, кристаллической структуры и химической связи в полупроводниковых материалах. Влияние разных факторов на ширину запрещенной зоны, подвижность носителей, тип и величину проводимости. Общие представления о типах полупроводниковых материалов на примерах кремния, германия, селена, бинарных полупроводниковых соединений А^{III}B^{IV}, А^{IV}B^{VI}, А^{IV}B^{VII}, полупроводниковых оксидов, халькогенидов, галогенидов, тройных соединений.

Структурно чувствительные свойства моно-, поликристаллических, стеклообразных полупроводников, полупроводников с магнитными свойствами.

Факторы, влияющие на физические свойства металлов (особенности кристаллической структуры, химической связи, дефектной структуры). Сплавы разных типов: твердые растворы, интерметаллические соединения, гетерогенные сплавы. Многослойные материалы и сверхструктуры. Факторы, определяющие механические свойства металлов и сплавов и методы их оценки: твердость, износостойчивость, пластичность, внутренние напряжения, прочность. Влияние процессов отжига, закалки, механических воздействий на состав, структуру и свойства металлов и сплавов. Нанокристаллические металлические системы. Особенности свойств ультрадисперсных частиц металлов. Катализаторы на основе наночастиц в матрице или на поверхности инертных и полупроводниковых носителей.

Цементы, особенности их химического, фазового состава и структуры. Керамические материалы (состав, структура, свойства). Адсорбенты, гетерогенные катализаторы, их состав и структура, пористость, удельная поверхность. Огнеупорные материалы, присущие им особенности химической связи и структуры. Материалы на основе оксидов, нитридов, карбидов, силанов. Абразивные материалы. Стекла; влияние различных факторов на стеклообразование, особенности структуры, способность стекол к кристаллизации. Люминофоры; материалы для лазеров; особенности структуры, определяющие возможность люминесценции. Фазовый состав, структура и свойства диэлектрических материалов (пиро-, пьезо-, сегнетоэлектриков, фотохромных диэлектриков, керамических конденсаторных

диэлектриков), обуславливающие их применение в электронной технике. Понятие о композиционных материалах: керметы, композиты на основе полимеров, сплавов металлов.

Раздел 5. Методы синтеза неорганических материалов с заданной структурой

Представления о проблеме получения веществ в заданном структурном состоянии (порошки, пленки, монокристаллы, скелетные структуры, слоистые и пористые материалы, наночастицы и нановолокна). Использование физических и химических процессов при синтезе веществ заданного состава (систематика Ормонта). Представления о зарождении и росте кристаллов. Закономерности формирования и роста зародышей, роста кристаллов, осаждения порошков и пленок из растворов, расплавов и паровой фазы.

Общие представления о выращивании монокристаллов. Получение монокристаллов из расплавов методами Бриджмена-Стокбаргера, Чохральского, Вернейля, бестигельной зонной плавкой. Выращивание монокристаллов из растворов-расплавов с применением приемов испарения летучего растворителя, направленной кристаллизации, градиентной зонной плавки. Получение монокристаллов из паровой фазы (газотранспортные реакции, процессы термического разложения, восстановления, диспропорционирования, обратимые реакции окисления-восстановления в процессах близкого и дальнего переноса). Применение монокристаллов в электронной и лазерной технике, в оптике.

Принципы получения пленок и покрытий. Понятие о вакуумных методах получения пленок: термическое испарение, катодное и ионно-плазменное распыление. Представления о формировании пленок при химических реакциях в газовой фазе (реакции разложения на примере пиролиза металлоорганических соединений, восстановления, диспропорционирования). Эпитаксиальные пленки, их структура, получение, применение (вакуумные методы, молекулярная, жидкостная и газовая химическая эпитаксия).

Получение диэлектрических пленок с использованием реакций $A_{тв} + B_{газ} = AB_{тв}$, а также методом гидролиза из растворов, регулирование микроструктуры продукта с использованием золь-гель технологии.

Представления о химическом осаждении пленок металлов из растворов с использованием реакций контактного вытеснения, химического восстановления, диспропорционирования. Получение пленок металлов в виде рисунков с заданной топологией.

Представления о получении пленок оксидов и гидроксидов при использовании анодных и анодно-плазменных процессов. Применение пленок и покрытий, имеющих различную химическую природу и структуру, в производстве радио- и электронной аппаратуры, для изготовления различных приборов, в процессах записи информации, для нанесения защитно-декоративных покрытий.

Понятие о процессах легирования твердых тел. Варьирование механических, электрических, защитных и других свойств массивных монокристаллических и пленочных материалов в результате легирования. Микроструктура и особенности распределения примесей в легированных твердых телах. Общие представления о методах легирования (плавление, диффузия, ионное легирование, легирование в процессе выращивания монокристаллов и пленок).

4.4 ИНТЕРАКТИВНЫЕ ФОРМЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Все практические занятия проходят в интерактивной форме (групповое обсуждение вопросов, решения задач). Для конструктивного занятия по теме готовятся все студенты. По теме 5 раздела проводится дискуссия.

Раздел дисциплины (тема)	Интерактивная форма	Кол-во часов	Методы и средства контроля
Раздел 5. Представления о проблеме получения веществ в заданном структурном состоянии (порошки, пленки, монокристаллы, скелетные структуры, слоистые и пористые материалы, наночастицы и нановолокна)	дискуссия	2	Оценка активности участия студентов

5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

ВИДЫ И ФОРМЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

- самостоятельный поиск литературных источников по разделам и темам курса;
- подготовка к практическим занятиям, контрольной работе;
- написание рефератов;
- подготовка к дискуссии, ответы на вопросы для обсуждения;
- подготовка к зачету.

6. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ

- контроль посещаемости;
- активность участия в дискуссии при ответах вопросы и по пройденному материалу;
- контрольная работа, сданная преподавателю в письменной форме;
- выступление с докладами по темам рефератов;
- сдача зачета по билетам.

7. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

7.1 ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Строение идеального кристалла. Ячейка Вигнера-Зейтца. Обратная решетка. Волновое число и волновой вектор. Зоны Бриллюэна. Условие цикличности Борна-Кармана.

2. Уравнение Шредингера для кристалла. Адиабатическое приближение; валентная аппроксимация. Функция Блоха. Модель квазисвободных электронов. Число уровней в энергетической зоне.

3. Теория сильно связанных электронов. Особенности зонного строения металлов, диэлектриков, полупроводников. Зонная структура соединений подгруппы алмаза, соединений $A^{II}B^{VI}$, щелочных металлов.

4. Методы изучения энергетического строения твердых тел; кластерный и зонный подходы; метод ячеек и вариационный метод. Колебания кристаллической решетки; акустические и оптические фононы; электрон-фононное взаимодействие в полярных кристаллах.

5. Статистика электронов и дырок в равновесном состоянии. Уровень Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.

6. Стеклообразные и не стеклообразные (глобулярные) аморфные тела. Особенности зонного строения аморфных полупроводников. Локализация Андерсона и Лившица. Модель Коэна-Фрицше-Овшинского.

7. Типы точечных дефектов и их комплексов (вакансии, междоузельные атомы, примесные атомы, дефекты Шоттки и Френкеля, антиструктурные дефекты). Принцип электронейтральности. Равновесные и биографические дефекты.

8. Разупорядоченность в ионных кристаллах; донорные и акцепторные примеси в полупроводниках; дефекты в кристаллах полупроводниковых соединений, нестехиометрических соединений. Твердые растворы, их типы, границы растворимости.

9. Дислокации, их типы, перемещение и взаимодействие дислокаций. Влияние дислокаций на механические и электрофизические свойства кристаллических твердых тел.

10. Механизм диффузии в кристаллических твердых телах. Законы Фика. Решение уравнений диффузии.

11. Энергия активации диффузии; эффект корреляции. Диффузия по дислокациям и границам зерен. Различие диффузионных процессов в металлах и кристаллах с ионными и ковалентными связями. Самодиффузия. Диффузионное легирование.

12. Классификация фазовых переходов. Типы полиморфных превращений в твердых телах; мартенситовые превращения; распад твердых растворов, особенности критического поведения физико-химических систем вблизи точки фазового перехода.

13. Спекание частиц твердых тел. Структурные изменения при плавлении. Жидкокристаллическое состояние вещества.

14. Структурно-чувствительные свойства и структурно-нечувствительные физические свойства твердых тел. Связь между строением, энергией решетки, микротвердостью и прочностью твердых тел.

15. Факторы, определяющие пластичность твердых тел, температуру плавления. Электрофизические свойства твердых тел: электронная и ионная проводимость, высокотемпературная проводимость сложных оксидов, переходы металл-диэлектрик; фотопроводимость.

16. Фазовые переходы в сегнетоэлектриках. Теория фазовых переходов Ландау. Классификация сегнетоэлектриков.

17. Фазовый переход в титанате бария. Доменная структура. Пьезоэлектрики. Пироэлектрики.

18. Магнитные свойства кристаллов. Особенности структуры твердых тел, определяющие их магнитные свойства; диамагнетизм, парамагнетизм, ферро-, ферри-, и антиферромагнетизм. Ферромагнитные полупроводники.

19. Электронный газ в магнитном поле. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы. Аморфные ферромагнетики.

20. Особенности кинетики и механизма химических реакций с участием твердых тел. Типы твердофазных превращений. Понятие «топохимическая реакция». Лимитирующие стадии (диффузия, зародышеобразование, электронный и ионный транспорт).

21. Понятие об активном состоянии твердых тел. Термодинамические характеристики активного состояния. Методы экспериментального определения активности. Источники пересыщения по Рогинскому. Влияние размера кристаллитов на их химическую активность. Уравнение Гиббса-Томсона.

22. Реакции типа «твердое + твердое»: кинетика и механизм, влияние дисперсности и примесей; уравнение Яндера. Кинетика и механизм реакций окисления металлов и сходных

реакций с участием газообразных реагентов. Реакции термического разложения твердых тел. Уравнение Ерофеева – Колмогорова.

23. Химическое действие света и ионизирующего излучения на твердые тела. Законы поглощения электромагнитного излучения твердыми телами. Типы поглощения света: фундаментальное, экситонное, фононное, свободными носителями зарядов, примесное.

24. Фундаментальное поглощение – прямые и непрямые оптические переходы. Экситоны Френкеля и Ванье-Мотта. Фото-каталитические реакции. Образование центров окраски в процессе фото-разложения ионных кристаллов.

25. Особенности фотолиза солей серебра. Принципы формирования скрытого изображения и его проявления в фото-графических слоях на основе галогенидов серебра; теория Герни-Мотта.

26. Особенности разупорядочения структуры твердых тел под действием нейтронов. Представления о механохимических реакциях.

27. Особенности физических свойств, кристаллической структуры и химической связи в полупроводниковых материалах. Влияние разных факторов на ширину запрещенной зоны, подвижность носителей, тип и величину проводимости. Общие представления о типах полупроводниковых материалов на примерах кремния, германия, селена, бинарных полупроводниковых соединений $A^{III}B^{IV}$, $A^{II}B^{VI}$, $A^I B^{VII}$, полупроводниковых оксидов, халькогенидов, галогенидов, тройных соединений.

28. Структурно чувствительные свойства моно-, поликристаллических, стеклообразных полупроводников, полупроводников с магнитными свойствами.

29. Факторы, влияющие на физические свойства металлов (особенности кристаллической структуры, химической связи, дефектной структуры). Сплавы разных типов: твердые растворы, интерметаллические соединения, гетерогенные сплавы. Многослойные материалы и сверхструктуры.

30. Факторы, определяющие механические свойства металлов и сплавов и методы их оценки: твердость, износостойчивость, пластичность, внутренние напряжения, прочность. Влияние процессов отжига, закалки, механических воздействий на состав, структуру и свойства металлов и сплавов.

31. Нанокристаллические металлические системы. Особенности свойств ультрадисперсных частиц металлов. Катализаторы на основе наночастиц в матрице или на поверхности инертных и полупроводниковых носителей.

32. Цементы, особенности их химического, фазового состава и структуры. Керамические материалы (состав, структура, свойства). Адсорбенты, гетерогенные катализаторы, их состав и структура, пористость, удельная поверхность.

33. Материалы на основе оксидов, нитридов, карбидов, силанов. Абразивные материалы. Стекла; влияние различных факторов на стеклообразование, особенности структуры, способность стекол к кристаллизации.

34. Люминофоры; материалы для лазеров; особенности структуры, определяющие возможность люминесценции.

35. Фазовый состав, структура и свойства диэлектрических материалов (пиро-, пьезо-, сегнетоэлектриков, фотохромных диэлектриков, керамических конденсаторных диэлектриков), обуславливающие их применение в электронной технике. Понятие о композиционных материалах: керметы, композиты на основе полимеров, сплавов металлов.

36. Представления о проблеме получения веществ в заданном структурном состоянии (порошки, пленки, монокристаллы, скелетные структуры, слоистые и пористые материалы,

наночастицы и нановолокна). Использование физических и химических процессов при синтезе веществ заданного состава (систематика Ормонта).

37. Представления о зарождении и росте кристаллов. Закономерности формирования и роста зародышей, роста кристаллов, осаждения порошков и пленок из растворов, расплавов и паровой фазы.

38. Общие представления о выращивании монокристаллов. Получение монокристаллов из расплавов методами Бриджмена-Стокбаргера, Чохральского, Вернейля, бестигельной зонной плавкой. Выращивание монокристаллов из растворов-расплавов с применением приемов испарения летучего растворителя, направленной кристаллизации, градиентной зонной плавки. Применение монокристаллов в электронной и лазерной технике, в оптике.

39. Принципы получения пленок и покрытий. Понятие о вакуумных методах получения пленок: термическое испарение, катодное и ионно-плазменное распыление.

40. Представления о формировании пленок при химических реакциях в газовой фазе (реакции разложения на примере пиролиза металлоорганических соединений, восстановления, диспропорционирования). Эпитаксиальные пленки, их структура, получение, применение (вакуумные методы, молекулярная, жидкостная и газовая химическая эпитаксия).

7.2 ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

1. Аморфные полупроводники
2. Наноразмерные частицы металлов. Их особые свойства, применение.
3. Особенности механохимических процессов. Их практическое применение.
4. Фотохимические превращения в твердых телах и их практическое применение
5. Полупроводниковые стекла. Состав, свойства, применение.
6. Жидкокристаллическое состояние твердых тел. Нематики, смектики и холестерики.
7. Дефекты в кристаллах нестехиометрических соединений, их влияние на величину и тип электрической проводимости.
8. Многокомпонентные оксидные соединения с магнитными свойствами.
9. Твердые растворы. Структура, свойства, пределы растворимости.
10. Влияние механических воздействий на химическую активность твердых тел. Трибохимические реакции.
11. Фотокаталитические процессы на поверхности полупроводников.
12. Органические полупроводниковые соединения. Механизмы проводимости.
13. Влияние примесей на величину и тип проводимости полупроводниковых соединений $A^{III}B^V$.
14. Пьезоэлектрики. Пьезокерамика. Состав, структура, свойства, применение.
15. Сегнетоэлектрики. Особенности строения кристаллов, их состав, свойства и применение.
16. Особые свойства ионных кристаллов. Влияние разных факторов на ионную проводимость.
17. Природа центров окраски.
18. Фотохромные материалы. Природа фотохромизма.
19. Кристаллофосфоры. Методы получения, состав, свойства.

20. Методы очистки монокристаллов. Принципы выбора условий очистки.
21. Диэлектрики электронной техники.
22. Ионное легирование твердых тел.
23. Получение пленок полупроводниковых материалов в электронной технике.

7.3 УРОВЕНЬ ТРЕБОВАНИЙ И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

Текущий контроль осуществляется в ходе учебного процесса: контроль посещаемости, консультирования студентов, защиты рефератов, проверка контрольных работ.

Формой аттестации является зачет, который проводится в устной форме в виде ответов на вопросы билета.

Оценка знаний студентов осуществляется в баллах в комплексной форме с учетом:

- работы в семестре;
- оценка за посещаемость занятий, обсуждение вопросов;
- оценка за участие в дискуссии;
- оценка за контрольную работу (одна);
- оценка за реферат (один);
- оценка знаний в ходе зачета.

Ориентировочное распределение баллов по видам работы:

- посещаемость занятий – максимально 5 баллов
- решение задач, обсуждение вопросов – максимально 20 баллов
- участие в дискуссии – максимально 5 баллов
- реферат – 10 баллов
- контрольная работа - 10 баллов
- зачет – 50 баллов

Итого – 100 баллов

Оценка знаний по 100-бальной шкале в соответствии с критериями СарФТИ НИЯУ МИФИ реализуется следующим образом

По зачету:

90 – 100 баллов – **зачтено**

75 – 89 баллов – **зачтено**

60 – 74 баллов – **зачтено**

0 – 59 баллов – **незачтено**

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 03.04.01 «Прикладные математика и физика» реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (разбор конкретных задач, дискуссия по проблемным вопросам и др.) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

В рамках учебного курса студенты работают с лекциями, рекомендованной литературой, готовятся к тестированию, решают задачи. В процессе подготовки студенты используют информационные источники, размещенные в сети Интернет (официальные сайты, веб-порталы и веб-представительства организаций, предприятий и учреждений,

тематические форумы и телекоммуникации), электронные учебники и учебно-методические пособия.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Основная литература

1. *Браун, М.* Реакции твердых тел: пер. с англ. / М. Браун, Д. Доллимор, А. Галвей. – М.: Мир, 1983. – 360 с.
2. *Вест, А.* Химия твердого тела. Теория и приложения.: пер. с англ. / А. Вест, – М.: Мир, 1988. Ч. 1. – 556 с., Ч. 2. – 338 с.
3. *Воробьева, Т.Н.* Химия твердого тела: Учеб. пособие / Т.Н. Воробьева, А.И. Кулак. – Мн: БГУ, 2004. – 148 с.
4. *Воробьева, Т.Н.* Химия твердого тела: Классический университетский учебник / Т.Н. Воробьева, А.И. Кулак. Т. В. Свиридова. – Мн: БГУ, 2011. – 332 с. (в печати)
5. *Гилевич, М.П.* Химия твердого тела: учеб. пособие для хим. спец. / М.П. Гилевич, И.И. Покровский. – Мн: Университетское, 1985. – 192 с.
6. *Кнотько, А.В.* Химия твердого тела: Учеб. пособие для студентов вузов / А.В. Кнотько, И.А. Пресняков, Ю.Д. Третьяков. – М.: Академия, 2006. – 304 с.
7. *Ковтуненко, П.В.* Физическая химия твердого тела. Кристаллы с дефектами / П.В. Ковтуненко. – М.: Высш. шк. 1993. – 352 с.
8. *Третьяков, Ю.Д.* Введение в химию твердофазных материалов. Классический университетский учебник / Ю.Д. Третьяков, В.И. Путляев. – М.: Наука. 2006. – 400 с.
9. *Фистуль, В.И.* Физика и химия твердого тела / В.И. Фистуль В 2-х тт. - М.: Металлургия, 1995. Т 1. –320 с. Т 2. – 480 с.

9.2 Дополнительная литература:

1. *Абдуллаев, Г.Б.* Атомная диффузия в полупроводниковых структурах / Г.Б. Абдуллаев, Т.Д. Джафаров. – М.: Атомиздат. 1980. – 280 с.
2. *Аввакуумов, Е. Г.* Механические методы активации химических процессов. 2-е изд. / Е.Г. Аввакуумов. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1986. – 306 с.
3. *Айвазов, А.А.* Неупорядоченные полупроводники: Учеб. Пособие / А.А. Айвазов, Б.Г. Будагян, С.П. Вихров, А.И. Попов. – М.: Высш. шк., 1995. – 352 с.
4. *Блистанов, А.А.* Кристаллы квантовой и нелинейной оптики / А.А. Блистанов. – М.: МИСИС, 2000. – 432 с. 11
5. *Болдырев, В.В.* Механохимия и механическая активация твердых неорганических веществ / В.В. Болдырев // Успехи химии. 2006. Т. 75, вып. 3. – С. 203–216.
6. *Вавилов, В.С.* Механизмы образования и миграции дефектов в полупроводниках / В.С. Вавилов, А.Е. Кив, О.Р. Ниязова. – М.: Наука, 1981. – 368 с.
7. *Воробьева Т.Н., Василевская Е. И.* Химия поверхности и тонких пленок / Т.Н. Воробьева, Е.И. Василевская. – Минск: БГУ, 2009. – 142 с.
8. *Горелик, С.С.* Материаловедение полупроводников и диэлектриков: Учеб. пособие для студентов вузов / С.С. Горелик, М.Я. Дашевский. – М.: Металлургия, 1988. – 496 с.
9. *Гуляев, А.П.* Металловедение / А.П. Гуляев. – М.: Металлургия. 1986. – 542 с.
10. *Изюмов, Ю.А.* Фазовые переходы и симметрия кристаллов / Ю.А. Изюмов, В.Н. Сыромятников. – М. Наука, 1984. – 241 с.
11. *Крапухин, В.В.* Физико-химические основы технологии полупроводниковых материалов: Учеб. для вузов / В.В. Крапухин, И.А. Соколов, Г.Д. Кузнецов. – М.: Металлургия, 1982. – 352 с.

12. *Лайн, М.* Сегнетоэлектрики и родственные им материалы: пер. с англ. / М. Лайнс, А. Глас. – М.: Мир, 1981. – 736 с.
13. *Летюк, Л.М.* Технология производства материалов магнитоэлектроники: Учеб. для вузов / Л.М. Летюк, А.М. Балбашов, Д.Г. Крутогин, А.В. Гончар. – М.: Metallurgy, 1994. – 416 с.
14. *Лившиц, Б.Г.* Физические свойства металлов и сплавов / Б.Г. Лившиц, В.С. Крапошин, Я.Л. Линецкий. – М.: Metallurgy, 1980. – 320 с.
15. *Мелихов, И. В.* Физико-химическая эволюция твердого вещества / И.В. Мелихов. – М.: Лаборатория знаний, 2006. – 310 с.
16. *Моро, У.* Микролитография. Принципы, методы, материалы: пер. с англ. / У. Моро. – М.: Мир, 1990. Т. 1, – 605 с.; Т. 2, – 632 с.
17. *Мурашкевич, А.Н.* Теория и методы выращивания монокристаллов: Учеб. пособие для студентов / А.Н. Мурашкевич, И.М. Жарский. – Минск: БГТУ, 2010. – 214 с.
18. *Ормонт, Б.Ф.* Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников: Учеб. Пособие для студентов техн. вузов / Б.Ф. Ормонт. – М.: Высш. шк., 1982. – 528 с.
19. *Преображенский А.А.* Магнитные материалы и элементы: Учеб. Для студ. вузов / А.А. Преображенский, Е.Г. Бишард. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 352 с.
20. *Рез, И.С.* Диэлектрики. Основные свойства и применение в электронике / И.С. Рез, Ю.М. Поплавко. – М.: Радио и связь, 1989. – 288 с.
21. *Ротенберг, Б.А.* Керамические конденсаторные диэлектрики / Б.А. Ротенберг. – СПб: Гириконт, 2000. – 246 с.
22. *Свиридов, В.В.* Химическое осаждение металлов из водных растворов / В.В. Свиридов, Т.Н. Воробьева, Т.В. Гаевская, Л.И. Степанова. – Мн.: Университетское, 1987. – 270 с.
23. *Симон, Ж.* Молекулярные полупроводники. Фотоэлектро-химические свойства и солнечные элементы / Ж. Симон, Ж.-Ж. Андре. – М.: Мир, 1988. – 344 с.
24. *Сирота Н.Н.* Физика и физико-химический анализ конденсированных сред. Избранные труды. / Сирота Н.Н. Т. 1, Ч. 1 – Мн: Ин-т технической кибернетики НАНБ, 2001. – 242 с.; Ч. 2. – Мн: Объединенный ин-т проблем информатики НАНБ, 2002. – 242 с.
25. *Стрелов, К.К.* Теоретические основы технологии огнеупорных материалов / К.К. Стрелов. – М.: Metallurgy, 1985. – 480 с.
26. *Струков, Б.А.* Физические основы сегнетоэлектрических явлений в кристаллах: Учебное пособие для физических специальностей вузов / Б.А. Струков, А.П. Леванюк. – М.: Наука, 1995. – 304 с.
27. *Тилл, У.* Интегральные схемы. Материалы, приборы, изготовление: пер. с англ. / У. Тилл, Дж. Лаксон. – М.: Мир, 1985. – 504 с.
28. *Уэйн, Р.* Основы и применения фотохимии: пер. с англ. / Р. Уэйн. – М.: Мир, 1991. – 305 с.
29. *Федосюк, В.М.* Наноструктурные пленки и проволоки / В.М. Федосюк. – Минск: изд. Центр БГУ, 2006. – 310 с.
30. *Фельц, А.* Аморфные и стеклообразные неорганические твердые тела: пер. с нем. / А. Фельц. – М.: Мир, 1986. – 558 с.
31. Физическое материаловедение: Учебник для вузов / Под общей ред. Б.А. Калина. Т. 1. Физика твердого тела. – М.: МИФИ, 2007. – 636 с.

32. *Фистуль, В.И.* Новые материалы. Состояние, проблемы, перспективы / В.И. Фистуль. – М.: МИСИС, 1995. – 142 с.

33. Химия привитых поверхностных соединений / Под ред. Г. В. Лисичкина. – М.: Физматлит, 2003. – 589 с.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение включает в себя специально оборудованные кабинеты и аудитории: компьютерные классы, аудитории, оборудование мультимедийными средствами обучения.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ И СТУДЕНТОВ)

Изучение дисциплины «Химия твердого тела» предполагает освоение материалов лекций, самостоятельную работу студентов. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в разделе 8 РП «Химия твердого тела». По каждой из тем следует сначала прочитать конспект и рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в изучаемой теме.

Одной из задач преподавателя является выработка у студентов осознания важности, необходимости и полезности знания дисциплины для их дальнейшей работы по специальности. Принципами организации учебного процесса являются:

- выбор методов преподавания в зависимости от факторов, влияющих на организацию учебного процесса,
- активное участие студентов в учебном процессе,
- проведение практических занятий, позволяющих приобрести навыки решения конкретных задач,
- приведение примеров применения изучаемого теоретического материала для использования в анализе свойств конкретных объектов, методов измерений.

На лекциях раскрываются основные вопросы в рамках рассматриваемой темы, ставятся акценты на наиболее сложных положениях изучаемого материала. Материалы лекций и рекомендованной литературы используются студентами для подготовки к семинарским занятиям.

Целью семинарского занятия является рассмотрение основных и наиболее проблемных вопросов в рамках темы занятия.

Лист регистрации изменений

Номер изменения	Номера листов			Основание внесения изменений	Дата внесения изменений	Подпись	Расшифровка
	замененных	новых	аннулированных				
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							