

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

А.Л. Толстик

2016 г.

Регистрационный № УД- 2507/уч.

Химия твердого тела

Учебная программа для специальностей:

1-31 05 01 Химия (по направлениям)

Направление специальности:

1-31 05 01-01 Химия (научно-производственная деятельность)

1-31 05 03 Химия высоких энергий

1-31 05 04 Фундаментальная химия

2016 г.

Учебная программа составлена на основе образовательных стандартов ОСВО ОСВО 1-31 05 01-2013 Химия (по направлению 1-31 05 01-01 Химия (научно-производственная деятельность)), ОСВО 1-31 05 03-2013 Химия высоких энергий, ОСВО 1-31 05 04-2013 Фундаментальная химия, утвержденных и введенных в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 30.08.2013 № 87, и учебных планов G 31-155/уч., G 31-146/уч., G 31-147/уч. от 30.05.2013 г., а также G 31и-201/уч. от 30.05.2014 г.,

СОСТАВИТЕЛЬ:

Т.Н. Воробьева, профессор кафедры неорганической химии, доктор химических наук, профессор

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

А.И. Кулак, заместитель директора Института общей и неорганической химии НАН Беларуси, член-корреспондент НАН Беларуси, доктор химических наук, профессор;

М.В. Артемьев, заведующий лабораторией нанохимии НИИ физико-химических проблем Белорусского государственного университета, доктор химических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой неорганической химии Белорусского государственного университета
(протокол №13 от 27.05.2016 г.)

Научно-методическим советом БГУ
(протокол №6 от 31.05.2016 г.)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

«Химия твердого тела» представляет собой дисциплину цикла специальных дисциплин, входящую в государственный компонент. **Цель** данной учебной дисциплины – обеспечить подготовку в области исследования структуры, структурно чувствительных свойств, физико-химических превращений твердофазных веществ специалистов-химиков, способных применять полученные знания, умения, навыки для создания новых материалов с заданными свойствами, для разработки методов их синтеза и совершенствования традиционных технологий с использованием твердофазных реагентов.

В соответствии с научно-прикладным характером науки «Химия твердого тела» **задачами** учебной дисциплины являются:

– 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; о влиянии особенностей химической связи и структуры твердых тел, включая моно- и поликристаллические, аморфные, стеклообразные, на их свойства; о диффузии и фазовых превращениях в твердых телах; о механизме и кинетике химических реакций с участием твердых тел и методологии управления их реакционной способностью; о процессах зародышеобразования и роста кристаллов, очистки и легирования, управление которыми обеспечивает получение твердых тел в заданном структурном состоянии;

– формирование у студентов научного мировоззрения, навыков и умений для обоснования методов синтеза веществ с заданным фазовым составом и микроструктурой, а также для управления реакционной способностью твердофазных реагентов, что необходимо для подготовки специалистов-исследователей, инженеров-разработчиков новых технологий и технологов, управляющих производственными процессами в сферах электронной промышленности, металлургии, гальванотехники, производства строительных материалов, керамики, стекла, люминофоров, катализаторов, переработки отходов и др.;

– подготовка студентов к последующему усвоению дисциплин специализации, выполнению курсовых и дипломных работ, магистерских диссертаций.

Важными составными частями учебной дисциплины «Химия твердого тела» являются следующие.

Основы зонной теории твердого тела. Структура реальных твердых тел, дефекты структуры. Влияние дефектов на физические свойства твердых тел и на реакционную способность. Диффузия в твердых телах. Фазовые переходы в твердых телах. Механизм и кинетика реакций с участием твердых тел (реакции разложения, окисления, восстановления, фотохимические превращения). Состав, строение, свойства, применение полупроводниковых материа-

лов, металлов, сплавов, диэлектриков. Получение твердотельных материалов с заданными свойствами.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- 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;

уметь:

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

владеть:

- методами управления реакционной способностью твердых тел;
- способами получения твердотельных материалов с заданной структурной организацией (моно- и поликристаллические, нанокристаллические, аморфные и стеклообразные твердые тела, порошки, пленки).

В результате изучения учебной дисциплины студент должен закрепить и развить следующие компетенции, предусмотренные образовательными стандартами высшего образования ОСВО 1-31 05 01-2013 Химия (по направлению 1-31 05 01-01 Химия (научно-производственная деятельность)), ОСВО 1-31 05 03-2013 Химия высоких энергий, ОСВО 1-31 05 04-2013 Фундаментальная химия.

Требования к академическим компетенциям специалиста

Специалист должен:

- АК-1 . Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом. - АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- АК-8, Обладать навыками устной и письменной коммуникации.
- АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

Требования к социально-личностным компетенциям специалиста

Специалист должен:

- СЛК-1. Обладать качествами гражданственности.

- СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.
- СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.
- СЛК-4. Владеть навыками здоровьесбережения.
- СЛК-5 . Быть способным к критике и самокритике.
- СЛК-6. Уметь работать в команде.
- СЛК-7. Пользоваться в равной степени двумя государственными языками Республики Беларусь и иным иностранным языком как средством делового общения.

Требования к профессиональным компетенциям специалиста

Специалист должен быть способен:

Научно-исследовательская деятельность

-ПК-1. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, анализировать перспективы и направления развития отдельных областей химической науки.

- ПК-2. Принимать участие в научных исследованиях, связанных с совершенствованием и развитием химии и физико-химических методов исследования.

- ПК-3. Формулировать цели и задачи научно-исследовательской деятельности, осуществлять ее планирование, принимать участие в подготовке отчетов и публикаций.

- ПК-4. Применять методы прикладной квантовой химии, молекулярной динамики и математического моделирования для предсказания свойств химических систем и их поведения в химических процессах.

Производственно-технологическая деятельность:

-ПК-5. Формулировать и решать задачи, возникающие в процессе производственно- технологической деятельности.

-ПК-6. На основе анализа показателей режимов, параметров схемы и технического состояния оборудования выявлять причины неоптимальности технологических процессов и разрабатывать пути их устранения.

-ПК-7. В составе группы специалистов разрабатывать технологическую документацию, принимать участие в разработке стандартов и нормативов.

Инновационная деятельность

-ПК-8. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.

- ПК-9. Работать с научной, технической и патентной литературой, электронными базами данных.

-ПК-10. Оценивать конкурентоспособность и экономическую эффективность разрабатываемых технологий.

- ПК-11. Составлять договоры совместной деятельности по освоению новых технологий.

-ПК-12. Готовить проекты лицензионных договоров о передаче прав на использование объектов интеллектуальной собственности.

Организационно-управленческая деятельность

- ПК-13. Организовывать работу малых коллективов исполнителей для достижения поставленных целей.

-ПК-14. Контролировать соблюдение норм охраны труда, техники безопасности и противопожарной безопасности.

-ПК-15. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

-ПК-16. Вести переговоры, устанавливать контакты с другими заинтересованными участниками (согласно ОСВО 1-31 05 01-2013 Химия (по направлениям))

-ПК-16. Готовить доклады, материалы к презентациям и представлять их на них.

-ПК-17. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

-ПК-18. Владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, современными средствами телекоммуникаций.

-ПК-19. Учитывать индивидуально-психологические и личностные особенности людей разных возрастов, стилей их жизнедеятельности, познавательной и профессиональной деятельности.

Дисциплина преподается в 7 семестре на четвертом курсе. Общее количество часов для изучения дисциплины – 120, аудиторных – 48 (лекции – 28, семинарские занятия – 16, УСР – 4).

Форма получения высшего образования – очная.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

ВВЕДЕНИЕ

Предмет и задачи курса «Химия твердого тела». Химия твердого тела как наука; категории, предмет изучения, методы исследования. Особенности энергетического строения, структуры, физико-химических свойств и реакционной способности твердых веществ. Специфика механизма и кинетики реакций с участием твердых тел.

1. ТЕОРИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА

1.1. Энергетическое строение кристаллов. Основы зонной теории

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

1.2. Возбужденные состояния

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.

2. ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ТВЕРДЫХ ТЕЛ. ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ ТЕЛ

2.1. Дефекты в кристаллах

Типы точечных дефектов и их комплексов (вакансии, междоузельные атомы, примесные атомы, дефекты Шоттки и Френкеля, антиструктурные дефекты). Принцип электронейтральности. Равновесные и биографические дефекты. Принципы и возможности термодинамического подхода в изучении равновесных дефектов. 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. Их влияние на механические и электрофизические свойства кристаллических твердых тел. Двух- и трехмерные дефекты, их влияние на физические свойства твердых тел.

2.2. Структурно-чувствительные физические свойства твердых тел

Структурно-чувствительные 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.

Сегнетоэлектрические свойства кристаллов. 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.

2.3. Диффузия в твердых телах

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

2.4. Фазовые переходы в твердых телах

Классификация фазовых переходов. Типы полиморфных превращений в твердых телах; мартенситовые превращения; распад твердых растворов. Спекание частиц твердых тел. Структурные изменения при плавлении. Жидкокристаллическое состояние вещества.

3. МЕХАНИЗМ И КИНЕТИКА ТВЕРДОФАЗНЫХ РЕАКЦИЙ

3.1. Особенности химических реакций с участием твердых тел

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

3.2. Активное состояние твердых тел

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.

3.3. Химические превращения твердофазных реагентов, возбуждаемые термическим путем

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.

3.4. Химические превращения твердофазных реагентов, возбуждаемые нетепловыми методами

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. Фотокаталитические реакции. Образование центров окраски в процессе фоторазложения ионных кристаллов. Особенности фотолиза солей серебра. Представления о механохимических реакциях.

4. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

4.1. Металлические материалы

Факторы, влияющие на физические свойства металлов (особенности кристаллической структуры, химической связи, дефектной структуры). Сплавы разных типов: твердые растворы, интерметаллические соединения, гетерогенные сплавы, сверхструктуры. Диаграммы состояния бинарных систем. 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.

4.2. Полупроводниковые материалы

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. Стехиометрические и нестехиометрические соединения, твердые растворы внедрения, замещения, вычитания. Диаграммы состояния. Стеклообразные полупроводники, полупроводники с магнитными свойствами. Органические соединения с полупроводниковыми свойствами.

4.3. Строительные и конструкционные материалы, стекло, керамика, люминофоры, диэлектрики электронной техники

Цементы, особенности их химического, фазового состава и структуры. Керамические материалы (состав, структура, свойства). Огнеупорные материалы, присущие им особенности химической связи и структуры. Материалы на основе оксидов, нитридов, карбидов, сиалонов. Абразивные материалы. Стекла; влияние различных факторов на стеклообразование, особенности структуры, способность стекол к кристаллизации. Люминофоры; материалы для лазеров; особенности структуры, определяющие возможность люминесценции. Жидкие кристаллы. 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.

5. МЕТОДЫ СИНТЕЗА НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАННОЙ СТРУКТУРОЙ

5.1. Закономерности зародышеобразования, формирования и роста кристаллов из растворов, расплавов и паровой фазы

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.

5.2. Выращивание монокристаллов

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. Использование фазовых диаграмм состояния для управления процессами выращивания монокристаллов. Получение монокристаллов из паровой фазы (газо-транспортные 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.

Общие представления об очистке веществ с использованием физических равновесий, а также химических превращений.

5.3. Получение пленок и покрытий

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).

Представления о получении диэлектрических пленок с использованием реакций $A_{тв} + B_{гв} = AB_{тв}$, 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 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.

5.4. Легирование твердых тел

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).

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Но- мер раз- де- ла, тем- ы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			УСРКоличество часов	Форма контроля знаний
		Лекции	Семинарские занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7
1	Теория твердого тела	4	2			
1.1	Основы зонной теории. Заполнение зон.	2	2			Устный опрос
1.2	Энергетическое строение аморфных, стеклообразных твердых тел, органических соединений с полупроводниковыми свойствами. Возбужденные состояния.	2				Письменное задание
2	Особенности структуры твердых тел. Влияние дефектной структуры твердых тел на их физические свойства	8	4		2	
2.1	Точечные дефекты в кристаллах	2	2			Устный опрос
2.1	Линейные, поверхностные и объемные дефекты.	2			2	Контрольная работа
2.2	Структурно-чувствительные физические свойства твердых тел (механические, электрофизические, сегнетоэлектрические, магнитные).	2	2			Устный опрос. Письменное задание
2.3, 2.4	Фазовые переходы и диффузия в твердых телах	2				Письменное задание
3	Механизм и кинетика твердофазных реакций	4	2			

3.1, 3.2	Особенности химических реакций с участием твердых тел. Активное состояние твердых тел	2				
3.3, 3.4	Химические превращения твердофазных реагентов, возбуждаемые термическим путем и нетепловыми методами.	2	2			Устный опрос. Письменное задание
4	Общая характеристика материалов различных типов	6	6		2	
4.1	Металлические материалы.	2	2			Устный опрос. Письменное задание
4.2	Полупроводниковые материалы. Стеклообразные полупроводники, полупроводники с магнитными свойствами. Органические соединения с полупроводниковыми свойствами.	2	2		2	Устный опрос. Коллоквиум
4.3	Строительные и конструкционные материалы, стекло, керамика, люминофоры, диэлектрики электронной техники.	2	2			Устный опрос. Письменное задание
5	Методы синтеза материалов с заданной структурой	6	2			
5.1	Закономерности зародышеобразования, формирования и роста кристаллов из растворов, расплавов и паровой фазы.	2				
5.2	Выращивание монокристаллов.	2				Коллоквиум
5.2, 5.4	Очистка веществ с использованием физических равновесий, а также химических превращений. Легирование твердых тел.	2				Коллоквиум
5.3	Получение пленок и покрытий.		2			Устный опрос
	ИТОГО:	28	16		4	

ТЕМАТИКА СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Семинар 1. Основы зонной теории. Заполнение зон.

Семинар 2. Точечные дефекты в кристаллах.

Семинар 3. Структурно-чувствительные физические свойства твердых тел (механические, электрофизические, сегнетоэлектрические, магнитные).

Семинар 4. Химические превращения твердофазных реагентов, возбуждаемые термическим путем и нетепловыми методами.

Семинар 5. Металлические материалы.

Семинар 6. Полупроводниковые материалы. Стеклообразные полупроводники, полупроводники с магнитными свойствами. Органические соединения с полупроводниковыми свойствами.

Семинар 7. Строительные и конструкционные материалы, стекло, керамика, люминофоры, диэлектрики электронной техники.

Семинар 8. Получение пленок и покрытий.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая литература

Основная:

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.
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. *Третьяков, Ю. Д.* Введение в химию твердофазных материалов. Классический университетский учебник / Ю. Д. Третьяков, В. И. Путляев. –М.: Наука. 2006. –400 с.

Дополнительная:

8. *Аввакуумов, Е. Г.* Механические методы активации химических процессов. 2-е изд. / Е. Г. Аввакуумов. –Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1986. –306 с.
9. *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.
10. *Баре, П.* Кинетика гетерогенных процессов: пер с франц. / П. Баре. –М.: Мир, 1976. –400 с.
11. *Беляков, В. А.* Оптика холестерических жидких кристаллов / В. А. Беляков, А. С. Сонин. –М.: Наука, 1982. –360 с.
12. *Блистанов, А. А.* Кристаллы квантовой и нелинейной оптики / А. А. Блистанов. –М.: МИСИС, 2000. –432 с.
13. *Болдырев, В. В.* Механохимия и механическая активация твердых неорганических веществ / В. В. Болдырев // Успехи химии. 2006. Т. 75, вып. 3. –С. 203–216.
14. *Воробьева Т. Н., Василевская Е. И.* Химия поверхности и тонких пленок / Т. Н. Воробьева, Е. И. Василевская. –Минск: БГУ, 2009. –142 с.
15. *Горелик, С. С.* Материаловедение полупроводников и диэлектриков: Учеб. пособие для студентов вузов / С. С. Горелик, М. Я. Дашевский. –М.: Металлургия, 1988. –496 с.

16. *Гуляев, А. П.* Металловедение / А. П. Гуляев. –М.: Металлургия. 1986. –542 с.
17. *Изюмов, Ю. А.* Фазовые переходы и симметрия кристаллов / Ю. А. Изюмов, В. Н. Сыромятников. –М. Наука, 1984. –241 с.
18. *Калверт, Дж.* Фотохимия: пер. с англ. / Дж. Калверт, Дж. Питтс. –М.: Мир, 1972. –672 с.
19. *Китель, Ч.* Введение в физику твердого тела: пер с англ. / Ч. Китель. – М.: Наука, 1978. –792 с.
20. *Ковтуненко, П. В.* Физическая химия твердого тела. Кристаллы с дефектами / П. В. Ковтуненко. –М.: Высш. шк. 1993. –352 с.
21. *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.
22. *Лайн, М.* Сегнетоэлектрики и родственные им материалы: пер. с англ. / М. Лайнс, А. Глас. –М.: Мир, 1981. –736 с.
23. *Мурашкевич, А. Н.* Теория и методы выращивания монокристаллов: Учеб. пособие для студентов / А. Н. Мурашкевич, И. М. Жарский. –Минск: БГТУ, 2010. –214 с.
24. *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.
25. *Пирсон, У.* Кристаллохимия и физика металлов и сплавов: пер. с англ. / У. Пирсон. –М.: Мир, в 2-х ч. 1977. Ч. 1. 420 с. Ч. 2. 472 с.
26. *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.
27. *Рез, И. С.* Диэлектрики. Основные свойства и применение в электронике / И. С. Рез, Ю. М. Поплавко. –М.: Радио и связь, 1989. –288 с.
28. *Ротенберг, Б. А.* Керамические конденсаторные диэлектрики / Б. А. Ротенберг. –СПб: Гириконд, 2000. –246 с.
29. *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.
30. *Симон, Ж.* Молекулярные полупроводники. Фотоэлектрохимические свойства и солнечные элементы / Ж. Симон, Ж.-Ж. Андре. –М.: Мир, 1988. – 344 с.
31. *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.
32. *Стрелов, К. К.* Теоретические основы технологии огнеупорных материалов / К. К. Стрелов. –М.: Металлургия, 1985. –480 с.

33. *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.
34. *Уэйн, Р.* Основы и применения фотохимии: пер. с англ. / Р. Уэйн. – М.: Мир, 1991. –305 с.
35. *Федосюк, В. М.* Наноструктурные пленки и проволоки / В. М. Федосюк. –Минск: изд. Центр БГУ, 2006. –310 с.
36. *Фельц, А.* Аморфные и стеклообразные неорганические твердые тела: пер. с нем. / А. Фельц. –М.: Мир, 1986. –558 с.
37. Физическое материаловедение: Учебник для вузов / Под общей ред. Б. А. Калина. Т. 1. Физика твердого тела. –М.: МИФИ, 2007. –636 с.
38. *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.
39. Экспериментальные методы химической кинетики / под ред. Н. М. Эмануэля, М. Г. Кузьмина. –М.: Изд. Моск. ун-та, 1985. –384 с.

ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАНИЙ УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Тема 1. Теория твердого тела.

Задание 1. 1.1. Рассмотреть зонную структуру и заполнение зон у металлов, полупроводников диэлектриков на конкретных примерах.

Задание 2. 1.1. Сопоставить модель квазисвободных электронов и теорию сильно связанных электронов.

Задание 2. 1.2. Описать возможные возбужденные состояния в кристаллах.

Перечень средств диагностики:

1. Устный опрос на семинарском занятии
2. Письменное задание.

Тема 2. Особенности структуры твердых тел. Влияние дефектной структуры твердых тел на их физические свойства.

Задание 1. 2.1. Описать точечные дефекты в кристаллах, пути их образования и влияние на физические свойств твердых тел.

Задание 2. 2.1. Описать линейные дефекты в кристаллах, пути их образования, движение, влияние на свойства.

Задание 3. 2.1. Описать поверхностные и объемные дефекты в кристаллах, пути их образования, влияние на свойства.

Задание 4. 2.2. Рассмотреть структурно-чувствительные физические свойства твердых тел (механические, электрофизические, сегнетоэлектрические, магнитные).

Задание 5. 2.3. Охарактеризовать фазовые переходы разных типов в твердотельных веществах диффузия в твердых телах.

Задание 6. 2.4. Указать механизмы диффузии в твердых телах; привести профили распределения примесей.

Перечень средств диагностики:

1. Устный опрос на семинарском занятии
2. Письменное задание.
3. Контрольная работа.

Тема 3. Механизм и кинетика твердофазных реакций.

Задание 1. 3.1. Указать особенности химических реакций с участием твердых тел. Привести примеры реакций разных типов.

Задание 2. 3.2. Описать признаки активного состояния твердых тел, пути его достижения, влияние на реакционную способность.

Задание 3. 3.3. Привести примеры и описать кинетику протекания химических превращений твердофазных реагентов, возбуждаемых термическим путем.

Задание 4. 3.4. Привести примеры и описать кинетику протекания химических превращений твердофазных реагентов, возбуждаемых нетепловыми методами на примерах механохимических, фотохимических превращений.

Перечень средств диагностики:

1. Устный опрос.
2. Письменное задание.

Тема 4. Общая характеристика материалов различных типов

Задание 1. 3.2. Указать особенности металлической связи и физических свойств индивидуальных металлов и сплавов, привести примеры диаграмм состояний.

Задание 2. 4.2. Описать особенности химической связи в материалах с полупроводниковыми свойствами. Указать влияние разных факторов на ширину запрещенной зоны и подвижности носителей.

Задание 3. 4.2. Охарактеризовать закономерности изменения свойств (ширина запрещенной зоны, температура плавления, подвижность носителей) в рядах аналогов.

Задание 4. 4.2. Привести примеры и описать механизм проводимости нестехиометрических соединений, стеклообразных полупроводников, органических соединений с полупроводниковыми свойствами.

Задание 5. 4.3. Охарактеризовать особенности химической связи, состава, структуры и свойств строительных и конструкционных материалов, стекла, керамики, люминофоров, диэлектриков электронной техники.

Перечень средств диагностики:

1. Устный опрос.
2. Письменное задание.
3. Коллоквиум.

Тема 5. Методы синтеза материалов с заданной структурой.

Задание 1. 5.1. Охарактеризовать закономерности зародышеобразования, формирования и роста кристаллов из растворов, расплавов и паровой фазы.

Задание 2. 5.2. Предложить метод выращивания монокристаллов заданного вещества из расплава, раствора-расплава, из паровой фазы, с использованием химических превращений.

Задание 3. 5.2. Описать приемы выращивания монокристаллов путем создания пересыщения, переохлаждения; привести соответствующие диаграммы состояния.

Задание 4. 5.3. Предложить методы получения пленок металлов, оксидов металлов с использованием вакуумных технологий, восстановления из растворов, окисления в растворах и в парах, гидролиза.

Задание 5. 5.4. Описать метод легирования в процессе выращивания монокристалла, методом диффузии, методом ионной имплантации; изобразить соответствующие профили распределения примеси.

Задание 6. 5.4. Указать метод очистки монокристалла, поликристаллического слитка с использованием различных приемов; изобразить профиль распределения примеси до и после очистки.

1. Устный опрос.

2. Письменное задание.

3. Коллоквиум.

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ

1. Устный опрос в формате вопрос – ответ по темам:

1.1 Основы зонной теории. Заполнение зон.

2.1 Точечные дефекты в кристаллах.

2.2 Структурно-чувствительные физические свойства твердых тел (механические, электрофизические, сегнетоэлектрические, магнитные).

2.3, 2.4 Химические превращения твердофазных реагентов, возбуждаемые термическим путем и нетепловыми методами.

4.1 Металлические материалы. Диаграммы состояния бинарных систем.

4.2 Полупроводниковые материалы. Стеклообразные полупроводники, Органические соединения с полупроводниковыми свойствами.

4.3 Строительные и конструкционные материалы, стекло, керамика, люминофоры, диэлектрики электронной техники.

5.3 Получение пленок и покрытий.

2. Письменное задание в формате вопрос – ответ по темам:

1.2. Энергетическое строение аморфных, стеклообразных твердых тел, органических соединений с полупроводниковыми свойствами. Возбужденные состояния.

2.3, 2.4. Фазовые переходы и диффузия в твердых телах.

3.3, 3.4. Химические превращения твердофазных реагентов, возбуждаемые термическим путем и нетепловыми методами. Природа автокатализа.

4.1. Металлические материалы.

4.3. Строительные и конструкционные материалы, стекло, керамика, люминофоры, диэлектрики электронной техники.

5.2. Выращивание монокристаллов.

4. Контрольная работа по теме:

2.1 Линейные, поверхностные и объемные дефекты.

5. Коллоквиум в формате вопрос – ответ в письменном виде по темам:

4.2. Полупроводниковые материалы.

5.1, 5.2. Получение веществ в заданном структурном состоянии. Методы очистки твердофазных веществ.

6. Устный экзамен по дисциплине.

ТЕМАТИКА ДОКЛАДОВ НА СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЯХ

1. Наноразмерные частицы металлов. Их особые свойства, применение.
2. Особенности механохимических процессов. Их практическое применение.
3. Химические превращения твердофазных реагентов, возбуждаемые нетепловыми методами
4. Фотохимические превращения в твердых телах и их практическое применение
5. Полупроводниковые стекла. Состав, свойства, применение.
6. Влияние дислокаций на свойства твердых тел. Способы управления концентрацией дислокаций.
7. Экспериментальные методы исследования кинетики химических реакций с участием твердых тел.
8. Диффузионные процессы в твердых телах. Их влияние на кинетику и механизм реакций с участием твердых тел.
9. Использование процессов диффузии для легирования монокристаллов полупроводников.
10. Жидкокристаллическое состояние твердых тел. Нематики, смектики и холестерики.
11. Дефекты в кристаллах нестехиометрических соединений, их влияние на величину и тип электрической проводимости.
12. Многокомпонентные оксидные соединения с магнитными свойствами.
13. Твердые растворы. Структура, свойства, пределы растворимости.
14. Влияние механических воздействий на химическую активность твердых тел. Трибохимические реакции.
15. Органические полупроводниковые соединения. Механизмы проводимости.
16. Влияние примесей на величину и тип проводимости полупроводниковых соединений $A^{III}B^V$.
17. Пьезоэлектрики. Пьезокерамика. Состав, структура, свойства, применение.
18. Сегнетоэлектрики. Особенности строения кристаллов, их состав, свойства и применение.
19. Особые свойства ионных кристаллов. Влияние разных факторов на ионную проводимость. Природа центров окраски.
20. Кристаллофосфоры. Методы получения, состав, свойства.
21. Методы очистки монокристаллов. Принципы выбора условий очистки.
22. Диэлектрики электронной техники.
23. Ионное легирование твердых тел.
24. Получение пленок полупроводниковых материалов в электронной технике.
25. Получение многокомпонентных оксидных материалов осаждением из раствора.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Физическая химия	Кафедра физической химии	Нет изменений	Вносить изменения не требуется. Протокол №9 от 14.04.2016 г.
Нанохимия	Кафедра неорганической химии	Нет изменений	Вносить изменения не требуется. Протокол №13 от 27.05.2016 г.
Кристаллохимия	Кафедра неорганической химии	Нет изменений	Вносить изменения не требуется. Протокол №11 от 12.04.2016 г.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО
на ____/____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры неорганической химии Белорусского государственного университета_
(протокол № ____ от _____ г.)

Заведующий кафедрой
член-корр. НАН Беларуси _____ Д.В. Свиридов

УТВЕРЖДАЮ
Декан химического факультета,
доктор химических наук,
член-корр. НАН Беларуси _____ Д.В. Свиридов