

**04.04.01 Химия**  
**Очная форма обучения, 2019 год набора**  
**Магистерская программа "Неорганическая химия"**

**Аннотации рабочих программ дисциплин**

**Иностранный язык для специальных  
целей**

**1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Иностранный язык для специальных целей» входит в базовую часть блока Б1 «Дисциплины (модули)» как обязательная дисциплина Б1.О.01.

**2. Цели освоения дисциплины:**

- формирование коммуникативной компетенции для письменного и устного общения с зарубежными партнерами в профессиональной и научной деятельности, а также для дальнейшего самообразования.

**3. Краткое содержание дисциплины**

What is science. Определение науки из разных словарей, гуманитарные и естественные науки, роль науки в обществе, изучение и преподавание науки и технологий. Evolution of science. Что такое эволюция. Работа над текстом "History of science". Evolution of other sciences. Высказывания на тему "Evolution of Chemistry".

Perspectives of science development in the field of Chemistry. Science development. Работа над текстом "What will become of Homo Sapiens" "The greatest discoveries ". How to read the literature you need for your thesis". Высказывания My master's research.

**4. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:**

- Способен готовить публикации, участвовать в профессиональных дискуссиях, представлять результаты профессиональной деятельности в виде научных и научно-популярных докладов (ОПК-4)

**5. Планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины студент должен:

**знать:**

- терминологию на английском языке в изучаемой и смежных областях знаний;
- лексический минимум терминологического характера, в том числе в области узкой специализации;
- основные грамматические явления, характерные для технического подязыка и профессиональной речи;
- особенности научного стиля речи и клише для реферирования профессионально-ориентированных текстов;
- виды речевых произведений: аннотация, реферат, тезисы, сообщения, деловое письмо, биография;

**уметь:**

- высказываться в связи с предложенной коммуникативной задачей на темы общенаучного и профессионального характера;
- логично и последовательно выражать свою мысль/мнение в связи с предложенной ситуацией общения;
- понимать на слух устную (монологическую и диалогическую) речь в рамках изучаемых тем общенаучного и профессионального характера;
- читать и понимать со словарем литературу по широкому и узкому профилю изучаемой специальности;

**владеть:**

- навыками устной коммуникации и применять их для общения на темы учебного, общенаучного и профессионального общения;
- основными приемами аннотирования, реферирования научной литературы по специальности;

- основами публичной речи – делать подготовленные сообщения, доклады, выступать на научных конференциях.

**1. Общая трудоемкость дисциплины:**

4 зачетные единицы (144 часа).

**2. Форма контроля:**

Промежуточная аттестация – зачет (1 сем.), экзамен (2 сем.).

**Философские проблемы естественнонаучных дисциплин**

**1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Философские проблемы естествознания» входит в базовую часть блока Б1 «Дисциплины (модули)» как обязательная дисциплина Б1.О.02.

**2. Цель освоения дисциплины:**

- осуществление философского анализа актуальных проблем современного естествознания.

**3. Краткое содержание дисциплины**

**Проблемы самоорганизации и управления в живой и неживой природе**

Управление развитием природных и социальных систем. Общая характеристика управления, его функции. Философская теория управления, ее структура и проблемное поле. Обобщенная модель механизма управления.

**Естественнонаучная картина мира**

Генезис и эволюция естественнонаучной картины мира. Понятие парадигмы, исследовательской программы. Проблема научных революций. Основные типы научных революций и смена картин мира. Преемственность в развитии научного знания на эмпирическом и теоретическом уровнях. Методологическое значение принципа соответствия. Понятие «стиля научного мышления», эволюция стилей мышления.

**Самоорганизация в живых и неживых системах**

Самоорганизация, сущность и уровни. Принципы и механизмы. Определение, уровни самоорганизации материи (от XIX до XXI века).

**Принцип детерминизма в философии и естествознании**

Принцип причинности от Демокрита до наших дней. Причинность и рождение нового. Типы детерминизма. Детерминизм и вероятность. Детерминация биологических систем.

**Математика как язык науки**

Историческая эволюция взглядов на предмет математики. Специфика методов математики. Математика как язык науки. Математика как система моделей. Место интуиции и воображения в математике. Проблема интеллектуальной интуиции.

**Философские аспекты естествознания. Экологическая методологическая программа**

Соотношение биологического и социального в человеке. Философские учения XX века и их влияние на биологию. Биоэтика и биофилософия

**Синергетика и ее значение для современной науки**

Понятие системы и структуры. Порядок из хаоса. Основные идеи синергетического видения мира. Нелинейность. Теория катастроф. Динамический хаос. Фракталы. Атракторы. Синергетика и информационные процессы в живых системах.

**4. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:**

- Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий (УК-1)
- Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия (УК-5)
- Способен готовить публикации, участвовать в профессиональных дискуссиях, представлять результаты профессиональной деятельности в виде научных и научно-популярных докладов (ОПК-4)

## 5. Планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины студент **должен:**

**знать:**

- основные понятия и философские аспекты современного естествознания;

**уметь:**

- понимать и глубоко осмысливать философские проблемы физических концепций естествознания;

**владеть:**

- основами методологии изучения различных уровней организации материи, пространства и времени.

## 6. Общая трудоемкость дисциплины:

2 зачетные единицы (72 часа).

## 7. Форма контроля:

Промежуточная аттестация – зачет (2 сем.).

## Компьютерные технологии в химии

### 1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Компьютерные технологии в химии» входит в базовую часть блока Б1 «Дисциплины (модули)» как обязательная дисциплина Б1.О.03.

### 2. Цель освоения дисциплины:

- овладение современными компьютерными технологиями, применяемыми при обработке результатов научных экспериментов и сборе, обработке, хранении и передаче информации.

### 3. Краткое содержание дисциплины

#### Устройство и функционирование компьютерных сетей

##### *Правовое регулирование в сфере информатизации*

Основные аспекты правового регулирования, перечень законодательных актов РФ, международные конвенции, ответственность; информационная этика. Защита информации в компьютерных системах. Проблемы защиты информации в компьютерных системах, классификация угроз, методы и средства защиты данных, методы и средства защиты каналов связи.

##### *Передача данных в компьютерных сетях*

Особенности цифровой связи, каналы передачи данных, общие представления о компьютерных сетях, уровни взаимодействия компьютеров. Базы данных. Банки данных. Классификация баз данных информационных услуг и продуктов. Электронные библиотеки. Важнейшие сайты Интернета для химиков. Поиск и анализ химической информации в онлайн-информационных источниках. Специализированные поисковые системы.

##### **Применение компьютерных программ для обработки данных химического эксперимента.**

Применение компьютерных программ для визуализации и обработки данных химического эксперимента. Численный анализ данных и создание двумерной, трёхмерной научной графики с использованием программ Origin, Microsoft Excel, Chemwin.

#### Раздел III. Использование компьютерных технологий в рентгенографии

##### **Использование компьютерных технологий в рентгеноструктурном и рентгенофазовом анализе**

Пакеты программ обработки данных рентгеноструктурного эксперимента. Пакеты программ для визуализации структурных данных. Работа с программным комплексом ATOMS.

Проведение рентгенофазового анализа смеси неорганических соединений с использованием базы данных ICDD PDF-2. Пакеты программ промера и индирования порошков.

## **Язык программирования C++ для химиков**

### **Знакомство с C++**

Сложности объявления переменных. Выполнение математических операций. Выполнение логических операций. Операторы управления программой. Программирование Создание функций.

### **«Классическое» программирование на языке C++**

Знакомство с объектно-ориентированным программированием. Классы в C++. Работа с классами. Создание указателей на объекты. Защищенные члены класса. Создание и удаление объектов: конструктор и деструктор. Аргументация конструирования. Копирующий конструктор. Статические члены. Наследование Наследование классов. Знакомство с виртуальными функциями-членами: настоящие ли они. Разложение классов.

#### **4. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:**

- Способен использовать вычислительные методы и адаптировать существующие программные продукты для решения задач профессиональной деятельности (ОПК-3)

#### **5. Планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины студент **должен:**

##### **знать:**

- основные принципы применения информационных технологий в химической науке и образовании.

##### **уметь:**

- находить необходимую научную информацию в сетевых источниках;
- пользоваться специализированными пакетами программ;
- обрабатывать, оформлять и представлять результаты своей научной работы с применением современных технологий.

##### **владеть:**

- навыками применения информационных технологий для решения различных задач в своей научной и образовательной деятельности.

#### **6. Общая трудоемкость дисциплины:**

6 зачетных единиц (216 часов).

#### **7. Форма контроля:**

Промежуточная аттестация – экзамен (2 сем.)

## **Актуальные задачи современной химии**

### **1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Актуальные задачи современной химии» входит в базовую часть блока Б1 «Дисциплины (модули)» как обязательная дисциплина Б1.О.04.

### **2. Цель освоения дисциплины:**

- формирование представления о наиболее актуальных проблемах современной теоретической и экспериментальной химии, их значении для развития науки и производства.

Курс состоит из ряда блоков, выбор которых обусловлен тенденциями развития химии в последние годы.

### **3. Краткое содержание дисциплины**

#### **Основные тенденции развития современной химии**

##### **Химия на рубеже веков**

Общие тенденции развития современной химии. Основные направления развития химии в XXI веке. Компьютерное моделирование молекул и химических реакций. Спиновая химия. Нанохимия. Фемтохимия. Синтез фуллеренов и нанотрубок. Химия одиночной молекулы. Электровзрывная активация пульпы и растворов. Роль химии в решении сырьевой, продовольственной, энергетической и экологической проблем.

##### **Методы исследования веществ и материалов**

Основные методы исследования веществ и материалов. Электронная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия. Туннельная сканирующая микроскопия. Рентгеновские методы: дифракция электронов, рентгенофлуоресценция, рентгенофотоэлектронная спектроскопия. Видимая и ультрафиолетовая спектроскопия. Светорассеяние. Люминесценция. Спектроскопия электронного и ядерного магнитного резонанса. Масс-спектрометрия.

### ***Химическое материаловедение***

Задачи современного материаловедения. Сверхпрочные неорганические материалы. Композиционные материалы. Полимерные композиты. Создание новых минеральных удобрений, каучуков, лаков, пластмасс, смол, ионообменных материалов, адсорбентов. Создание стабильных и долговечных смазок, вязкостных присадок, пигментов, люминофоров, сцинтилляторов, лазерных генерирующих материалов и т.д.

### ***Керамика в прошлом, настоящем и будущем***

Понятие «керамика». Конструкционная и функциональная керамика. Состав, структура, свойства и область применения керамики. Керамика как альтернативный материал. Масштабы производства высокотехнологической керамики.

### ***Химическая технология***

#### ***Новые принципы и новые методы химической технологии***

Новые принципы и новые методы химической технологии. Катализ. Процесс горения. Фотохимические технологии. Микроэлектроника. Ядерно-химическая технология. Промышленный катализ, активность и селективность катализаторов, применение катализаторов в нефтехимии, энергетике, комплексной переработке неорганического сырья, «микробиологической» металлургии.

#### ***Химия в экстремальных и экзотических условиях***

Сильные электрические и магнитные поля, сверхвысокие давления и сдвиговые деформации, мощные световые поля, суперкритические условия, мощные звуковые и микроволновые поля, мощные лазерные импульсы. Химия низких температур. Химия в высоких гравитационных полях.

#### ***Проблемы химической энергетики***

Источники энергии. Солнечная энергия. Углерод основа ископаемых топлив. Углеводородная топливная энергетика. Водородная энергетика. Традиционные методы получения водорода. Фотолиз воды.

### ***Нанохимия***

#### ***Введение в нанохимию***

Нанохимия – прямой путь к высоким технологиям нового века. Нанонаука. Терминология и объекты исследования. Типы наноматериалов.

#### ***Фундаментальные проблемы нанохимии***

Фундаментальные проблемы нанохимии. Методы получения. Получение и стабилизация наночастиц. Химическое, фотохимическое и радиационное восстановление. Плазменное, лазерное, электровзрывное и термическое испарение. Аэрозольные методы. Низкотемпературная конденсация. Золь-гель метод. Механо- и сонохимические методы. Инструментальные микроскопические методы. Метод матричной изоляции и реакции в твердой фазе.

#### ***Химические и физические свойства наночастиц***

Зависимость химических и физических свойств от размеров. Поверхностные явления. Термодинамические и кинетические особенности наноразмерных частиц металлов. Влияние размера на реакции в газовой, жидкой и твердой фазах. Многокомпонентные системы с участием нескольких органических и неорганических веществ и элементов. Получение и стабилизация наночастиц. Химическое восстановление. Фотохимическое восстановление. Радиационное восстановление. Плазменное испарение. Лазерное испарение. Электровзрывное испарение. Термическое испарение. Аэрозольные методы. Низкотемпературная конденсация. Золь-гель метод. Механо- и сонохимические методы.

Гибридные соединения и материалы с новыми химическими, спектральными, электрическими, магнитными, механическими, сенсорными и каталитическими свойствами. Инструментальные микроскопические методы. Метод матричной изоляции и реакции в твердой фазе.

#### ***Нановещества в науке и технике***

Нанoeлектроника, сенсоры, каталитические системы, сверхтвердые, износостойкие, суперпластичные вещества и материалы. Защитные покрытия, магнитные жидкости, носители памяти и др. материалы. Физические методы изучения наноматериалов. Наночастицы в науке и технике.

#### **Основы супрамолекулярной неорганической химии**

##### ***Введение в супрамолекулярную химию (СХ). Исторические аспекты, связь СХ с другими науками***

Исследования, заложившие основы супрамолекулярной химии. Краун-эфирь. Криптаньды. Сфераньды и кавитаньды. Каликсареньы. Кукурбитурильы. Область применения супрамолекулярных соединений. Фононное стекло, электронньй кристалл. Термоэлектрические клатраты. Настоящее и будущее. Природные рецепторы. Ионифоры (валиномицин, боверицин, энниатин, лазалоцид А, грамицидиньы). Особенности строения и образования комплексов с катионами щелочных и щелочноземельных металлов. Валиномицин, структура молекулярной цепи, роль внутримолекулярных водородных связей в формировании структуры, конформации в растворителях разной природы. Циклодекстриньы, особенности строения природных циклодекстринов. Основные понятия супрамолекулярной химии, ее взаимосвязь с другими областями науки: физикой, биологией, материаловедением и другими науками. Особенности СХ с участием неорганических соединений. Процессы с участием дифильных соединений. Природа супрамолекулярных взаимодействий. Свойства растворов поверхностно-активных веществ и гидротропов. Поверхностно-активные вещества: классификация, типы. Гидротропы. Свойства растворов поверхностно-активных веществ и гидротропов.

##### ***Клатраты и фуллереньы***

Твердофазные клатраты. Связывание нейтральных молекул. Неорганические твердофазные клатраты. Клатратные гидраты. Структуры. Свойства. Применение. Клатратные гидраты в газовой промышленности. Цеолиты. Состав и структура. Цеолиты в нефтяной промышленности. Твердые слоистые материалы и их интеркаляты. Графитовые интеркаляты. Супрамолекулярная химия фуллеренов. Фуллереньы как гости. Фуллереньы как хозяева. Фуллереньы как сверхпроводящие соединения включения. Открытие фуллеренов. Синтез цеолитов. MFI-цеолиты в нефтяной промышленности.

##### ***Особенности протекания реакций комплексообразования в растворах ПАВ***

Порядок в жидкостях. Поверхностно-активные вещества и упорядочение на поверхности раздела. Жидкие кристаллы. Природа и структура. Жидкокристаллические полимеры. Жидкокристаллические дисплеи. Применение жидких кристаллов. Особенности протекания реакций комплексообразования в растворах ПАВ. Связывание анионов и нейтральных молекул. Водорастворимые метациклофаньы. Возможности агрегирования дифильных метациклофанов в воде, образование смешанных агрегатов с мицеллами ПАВ. Природные ПАВ. Липиды. Липосомьы. Клеточные мембраньы.

##### ***Инженерия кристаллов. Самосборка***

Инженерия кристаллов. Межмолекулярные взаимодействия. Особая роль водородных связей. Анализ набора графов. Образование центров кристаллизации и рост кристаллов.

##### ***Молекулярные и супрамолекулярные устройства***

Молекулярное распознавание, информация, сигналы. Семиохимия. Супрамолекулярная фотохимия. Молекулярные и супрамолекулярные фотонные устройства. Преобразование света и устройства передачи энергии. Фоточувствительные молекулярные рецепторы. Фотоиндуцированный перенос электрона в фотоактивных устройствах.

##### ***Биомиметика***

Характеристики биологических моделей. Характеристики ферментов. Механизм ферментативного катализа. Коранды как имитаторы АТФаз.

#### ***Моделирование ферментов***

Моделирование ферментов с использованием циклодекстринов как хозяев. Циклодекстрины как имитаторы эстераз. Функционализированные циклодекстрины.

#### ***Перспективы супрамолекулярных устройств***

Молекулярные устройства. Комплексообразование типа "гость-хозяин" ("рецептор-субстрат"), основные понятия и признаки. Концепция оптимального пространственного соответствия гостя и хозяина. Мембранный транспорт супермолекул. Применение мембранных технологий для разделения ионов, изотопов. Особенности комплексообразования макроциклов с ионами металлов на границе раздела фаз вода-органический растворитель (мембрана) в процессах экстракции и переноса. Мембранный транспорт. Параметры, определяющие транспортные свойства лиганда. Перенос посредством носителей и через трансмембранные каналы.

#### **Перспективные неорганические материалы со специальными функциями**

##### ***Диэлектрики, суперионники***

Основные свойства и типы диэлектриков. Практическое применение диэлектриков.

Классические суперионники. Кристаллохимические критерии возникновения суперионного состояния твердых тел. Оксидные ионные проводники со структурами дефектного флюорита, браумиерита, фаз Ауривиллиуса и др. Электронно-ионные проводники.

Катодные и анодные материалы литиевых батарей (на основе кобальтитов, манганитов и никелатов лития) Протонные проводники на основе церрата бария. Применение твердых электролитов. Мембранные материалы.

##### ***Полупроводники и светоизлучающие элементы***

Основные типы полупроводниковых материалов. Зонная теория, собственная и примесная проводимости. Кристаллические структуры основных полупроводниковых материалов. Принцип действия основных полупроводниковых устройств (диод, транзистор, термистор, фотоэлемент, СИЭ, лазер, преобразование солнечной энергии). Проблемы и тенденции в современной химии и технологии полупроводников. Фотонные кристаллы.

#### **4. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:**

- Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла (УК-2)
- Способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в выбранной области химии или смежных наук с использованием современных приборов, программного обеспечения и баз данных профессионального назначения (ОПК-1)
- Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук (ОПК-2)
- Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации (ПК-1)

#### **5. Планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины студент **должен:**

**знать:**

- цели и задачи приоритетных направлений развития современной науки;

- место рассматриваемых в курсе разделов химии в общей системе химических наук для решения материаловедческих и экологических проблем;
- теоретические основы рассматриваемых в курсе разделов химии, их особенности, связь с другими науками, практическую значимость и перспективы развития;

**уметь:**

- адаптировать знания, накопленные при изучении дисциплины, к решению конкретных задач, связанных с профессиональной деятельностью;
- осуществить целенаправленный сбор и анализ литературы по выбранному разделу химии;

**владеть:**

- навыками использования компьютерных баз данных и научной литературы для получения информации по актуальным проблемам современной теоретической и экспериментальной химии.

**5. Общая трудоемкость дисциплины:**

10 зачетных единиц (360 часов).

**6. Форма контроля:**

Промежуточная аттестация – зачет (2 сем.), экзамен (3 сем.).

### **История и методология химии**

**1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «История и методология химии» входит в вариативную часть блока Б1 «Дисциплины (модули)» как обязательная дисциплина Б1.В.01.

**2. Цель освоения дисциплины:**

- формирование полного, системного, научного представления об истории становления и развития химии как науки.

**3. Краткое содержание дисциплины**

**Введение**

Место химии в системе наук. Периодизация истории химии. Основные этапы развития химии как науки. Происхождение термина «химия». Многозначность этого понятия. Определение химии как науки. Соотношение химии и других разделов естествознания. Основные разделы химии (подразделение по объектам, явлениям, методам). Особенности современной химии. Приоритет биохимии и экологических проблем. Современный уровень аналитической химии. Состояние мировой химической промышленности. Основные отрасли химической промышленности. Химическая промышленность РФ.

**Химические знания в древности**

Накопление отдельных эмпирических фактов, результаты наблюдений. Зачатки ремесленной химии. Античные натурфилософские учения. Химия в эллинистическом Египте и Древнем Риме. Металлы и сплавы, стекло, крашение. Первые химические теории. Делимость материи. Эпикур и эпикурейцы.

**Алхимический период развития химического знания**

Особенности алхимического периода. Труды Гебера и Авиценны, как промежуточное звено между истоками химии в древнем мире и западноевропейской алхимией. Аристотелизм как идейная основа алхимии.

**Эпоха технической химии и ятрохимии**

Эпоха возрождения и ее влияние на развития химического знания. Сочинения по металлургии в эпоху Возрождения. Техническая химия в XVI и XVII столетиях. Союз химии и медицины: ятрохимия. Развитие атомистических представлений.

**Эпоха теории флогистона**

Условия развития естествознания во второй половине XVII века. Новые представления о горении и дыхании. Теория флогистона. Пневматическая химия. Зарождение и развитие аналитической химии.

**Химия в России в XVIII веке**



Основные черты развития химии в России во второй половине XVIII столетия. Работы М.В. Ломоносова. Корпускулярная философия. Закон сохранения вещества и движения. Основание Московского государственного университета.

### **Развитие химии в начале XIX века. Период количественных законов и развитие химической атомистики**

Стехиометрия. Теория химического сродства Бертолле. Полемика между К. Бертолле и Ж. Приустом о постоянстве состава химических соединений. Возникновение химической атомистики. Новая система химической философии. Открытие гальванического электричества. Электрохимическая теория Берцелиуса. Молекулярная теория Авогадро. Закон Дюлонга и Пти. Общие положения атомистики Берцелиуса.

### **Развитие органической химии**

Теоретическая борьба в органической химии в середине XIX столетия. Классическая теория химического строения и ее развитие. Работы Кекуле, Купера, Бутлерова. Успехи экспериментальной органической химии в XIX в. Возникновение и развитие промышленной органической химии.

### **Развитие неорганической и аналитической химии в первой половине и в середине XIX столетия**

Становление аналитической химии. Открытие спектрального анализа. Понятие атомной массы в первой половине XIX века. Международный химический конгресс в Карлсруэ в 1860 г. Периодический закон и Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева. Развитие электрохимии. Возникновение термохимии, химической термодинамики, химической кинетики.

### **Развитие физической химии**

Исследования в области физической химии в первой половине XIX века. Законы газового состояния. Теория растворов. Теория электролитической диссоциации. Учение о химическом равновесии. Термохимия, химическая термодинамика, кинетика. Учение о катализе. Коллоидная химия. Создание и прогресс физических методов исследования (спектроскопия ЯМР и ЭПР, инфракрасная спектроскопия, рентгеноструктурный анализ, масс-спектрометрия, лазерная химия, молекулярные пучки и другие методы).

### **Направления развития химии в начале XXI в.**

Прогнозы развития химической промышленности. Химический синтез. Переработка нефти и нефтехимический синтез. Компьютерное моделирование молекул и химических реакций. Нанохимия. Спиновая химия. Фемтохимия. Химия одиночной молекулы. Синтез полупроводников. Развитие медицинской химии. Радиационная химия. Экологические проблемы человечества, роль химии в их решении. Научные критерии предвидения. Методы прогнозирования.

### **Уровень общенаучной и предметно-специфической методологии**

Номенклатура методологических знаний, их многообразие, высокая степень абстракции. Наиболее употребительные компоненты методологических знаний уровня общенаучной методологии. Понятия: абстракция, аддитивность, аксиома, закон, идея, идеализация, изменения, иерархия, качество, количество, константность, концепция, объект и предмет, объяснение, определение, отношение и т.д. Методы: аналогии, аналитический, генетический, дедукции, индукции, классификации, моделирования, наблюдения, системный, теоретический, эксперимента. Предметно-специфической (конкретно-научной) уровень: методы фиксации наблюдений, экспериментального исследования изучаемых объектов; методы анализа и решения задач, опирающиеся на законы предметной области. Химический эксперимент, его организация, условия проведения. Методы качественного и количественного химического анализов, расчеты искомых параметров. Современные методы анализа химических соединений. Дедукция и индукция в науке. Понятия и законы. Фундаментальные законы и эмпирические обобщения. Эмпирический характер химии. Эксперимент и теория в химии. Роль модельных представлений. Взаимосвязь модели и метода. Особенности химического мышления.

Природа химических понятий. Их фундаментальность и эмпиричность. Эволюция химических понятий и отрицание отрицания. Методологические основы экспериментальных исследований в современной химии.

#### **Использование исторического компонента в курсе химии**

Методология курса химии. Анализ использования методологических знаний в курсе химии.

#### **4. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:**

- Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий (УК-1)

#### **5. Планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины студент **должен:**

##### **знать:**

- основные периоды становления и развития химии;
- роль величайших химиков прошлых веков и настоящего времени, определивших магистральные направления развития химии, вклад отечественных ученых в развитие химии;
- место химии среди других естественных наук;
- современные проблемы и перспективы развития химии;
- специфику естественнонаучного познания;

##### **уметь:**

- провести анализ становления и развития современного методологического аппарата химии, выделить его основные особенности и отличия от методов, используемых на ранних этапах развития химии;
- уметь рационально использовать исторические компоненты содержания в курсе химии;

##### **владеть:**

- представлениями о развитии химических понятий, теорий, воззрений в зависимости от уровня исторического развития общества и социального заказа.

#### **5. Общая трудоемкость дисциплины:**

5 зачетных единиц (180 часов).

#### **6. Форма контроля:**

Промежуточная аттестация – зачет (2 сем.).

### **Методика преподавания химии в высшей школе**

#### **1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Методика преподавания химии в высшей школе» входит в вариативную часть блока Б1 «Дисциплины (модули)» как обязательная дисциплина Б1.В.02.

#### **2. Цель освоения дисциплины:**

- теоретическая и практическая профессиональная подготовка студентов к преподаванию химических дисциплин в высших учебных заведениях.

#### **3. Краткое содержание дисциплины**

#### **Организация процесса обучения химии**

##### ***Введение. Нормативные основы высшего образования***

Методика обучения химии как наука, ее предмет, задачи и методы исследования. Связь методики обучения химии с другими науками, ее место в системе педагогических наук. Методика обучения химии как учебный предмет. Роль химии в жизни общества и значение химического образования. Цели и задачи обучения химии в средней школе. Цели и задачи обучения химии в высшей школе (для нехимических, естественнонаучных и химических специальностей). Высшее учебное заведение: виды, формы обучения. Структура вуза. Кадровый состав вуза. Организация учебной работы в вузе: нормативные документы, лицензирование, аккредитация, образовательный стандарт.

##### ***Организация обучения химии в высшей школе***

Содержание школьного и вузовского химического образования, его основные виды и уровни. Факторы, определяющие содержание учебного предмета химии (социальный заказ общества, уровень развития химической науки, возрастные особенности учащихся, условия работы школы) и учебных химических дисциплин. Дидактические требования к содержанию учебного предмета химии и учебных химических дисциплин: критерии оптимизации объема и сложности учебного материала, дидактические принципы отбора содержания и построения курсов химии (научность, доступность, системность и систематичность и др.), ведущие идеи естественнонаучных курсов. Методические принципы отбора содержания и построения курсов химии. Понятие о методе обучения. Классификации методов обучения. Организационные формы обучения химии. Система средств обучения химии, классификация средств обучения химии, краткая характеристика средств обучения химии в средней и в высшей школе. Контроль результатов обучения и диагностика качества знаний и умений по химии.

#### **Анализ занятия**

Педагогический эксперимент как средство определения эффективности методических нововведений. Измерение результатов обучения. Цели анализа занятия. Типы анализа и самоанализа урока. Виды анализа. Методический анализ занятия. Анализ организационного аспекта. Формы анализа занятия. Схема анализа занятия.

#### **Методика изучения основных теоретических концепций химии**

Особенности преподавания курсов общей, неорганической, физической, аналитической, органической химии в высшей школе. Методика изучения основных теоретических концепций химии (атомно-молекулярное учение; Периодический закон, Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева; строение вещества; теория электролитической диссоциации; теория строения органических веществ; основные закономерности протекания химических процессов).

#### **4. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:**

- Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук (ОПК-2)

#### **5. Планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины студент **должен:**

##### **знать:**

- основы процесса обучения химии (принципы обучения, деятельностный подход к обучению, формирование творческого химического мышления);
- основы формирования содержания обучения химии (системный подход к определению содержания обучения, построение курса химии на основе переноса системы науки на систему обучения и на основе системного представления предмета химии);
- технологии обучения химии (продуктивно-поисковое и информационное обучение, проблемное и программированное обучение);
- систему контроля результатов обучения химии;
- современные тенденции развития образовательной системы;
- принципы проектирования новых учебных программ и разработки инновационных методик организации образовательного процесса;
- теорию и технологии обучения химии;
- содержание предмета «Химия»;
- нормативные документы: государственный стандарт и программы химии для высшей школы;
- требования к кабинету химии, требования техники безопасности студентов при работе в кабинете химии;

##### **уметь:**

- проектировать, конструировать, организовывать и анализировать свою педагогическую деятельность;

- планировать учебные занятия и темы в соответствии с учебным планом и программой по химии, обоснованно осуществляя выбор методов и средств обучения химии;
- разрабатывать и проводить различные по форме обучения занятия, наиболее эффективные при изучении соответствующих тем и разделов программы, адаптируя их к разным уровням подготовки обучающихся;
- отбирать и использовать соответствующие учебные средства для построения технологии обучения химии;
- организовывать самостоятельную учебную деятельность обучающихся, управлять ею и оценивать ее результаты;
- интегрировать современные информационные технологии в образовательную деятельность;
- работать с литературой профессионального направления;

**владеть:**

- технологиями проведения опытно-экспериментальной работы;
- различными средствами коммуникации в профессиональной педагогической деятельности;
- навыками планирования, подготовки проведения и анализа занятия химии;
- навыками демонстрации химических опытов и средств наглядности;
- основными понятиями предмета.

**6. Общая трудоемкость дисциплины:**

3 зачетные единицы (108 часов).

**7. Форма контроля:**

Промежуточная аттестация – экзамен (2 сем.).

**Физические методы исследования неорганических соединений**

**1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Физические методы исследования неорганических соединений» входит в вариативную часть блока Б1 «Дисциплины (модули)» как обязательная дисциплина Б1.В.03.

**2. Цели освоения дисциплины:**

- формирование теоретических основ, ознакомление с практическими возможностями и ограничениями важнейших физических методов исследования, их аппаратным оснащением и условиями проведения эксперимента.

**3. Краткое содержание дисциплины**

**Общая характеристика и классификация методов**

Основные понятия. Краткая характеристика физических принципов, возможностей и ограничений основных групп методов. Энергетические характеристики различных методов. Чувствительность и разрешающая способность метода. Характеристическое время метода. Разрушающие и неразрушающие методы исследования. Интеграция методов.

**Спектральные методы определения структурных характеристик веществ**

***Колебательная спектроскопия***

Основы метода. Нормальные колебания ядер атомов. Влияние различных факторов на частоты колебаний групп атомов в молекулах. Колебательные спектры координационных соединений в газах и разбавленных водных растворах. Колебательные спектры кристаллических неорганических соединений. Методология эксперимента.

***Электронная спектроскопия***

Основы метода. Электронные переходы. Правила отбора. Круговой дихроизм и магнитный круговой дихроизм. Спектры переноса заряда. Интерпретация электронных спектров поглощения. Применение электронной спектроскопии поглощения: количественный анализ многокомпонентных систем, спектрофотометрическое

исследование комплексообразования в растворах, изучение кинетики реакций, оценка термодинамических функций.

#### ***Спектроскопия ядерного магнитного резонанса***

Основы метода. Спектр ЯМР. Методология эксперимента. Взаимодействия химического сдвига. Спин-спиновые взаимодействия. Влияние внутримолекулярных динамических процессов на вид спектров ЯМР. Исследование структуры и динамических свойств неорганических соединений.

#### ***Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса***

Основы метода. Методология эксперимента. Исследование структуры соединений разного агрегатного состояния. Исследование строения комплексов *d*-элементов. Модификации метода. Ограничения метода.

#### **Дифракционные методы исследования кристаллических веществ**

Рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализы. Основы методов. Метод порошка. Монокристалл и его рентгенограмма. Интенсивность брэгговских отражений. Определение кристаллической структуры. Основные методы построения модели структуры. Уточнение модели структуры и состава соединения.

Электроннография. Разрешающая способность. Электронная микроскопия. Нейтронография. Дифракция тепловых нейтронов. Структурные исследования. Магнитная нейтронография. Исследование характера и энергии движений частиц в кристаллической решетке.

#### **Методы определения энергетических характеристик веществ**

##### ***Масс-спектрометрия***

Основы метода. Методология эксперимента. Ионизация веществ электронным ударом. Методика масс-спектрометрического исследования паров неорганических веществ. Изучение состава и свойств паров химических элементов и соединений. Исследование ионно-молекулярных процессов в парах неорганических веществ. Применение масс-спектрометрии в комплексе с другими физическими методами исследования веществ.

##### ***Термоаналитические методы***

Обзор основных методов термического анализа. Принципы работы термоаналитического оборудования. Основы методологии постановки термоаналитического эксперимента. Области применения термоаналитических исследований.

#### **4. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:**

- Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук (ОПК-2)
- Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации (ПК-1)

#### **5. Планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины студент **должен:**

##### ***знать:***

- теоретические основы важнейших физических методов исследования неорганических соединений;
- принципиальное аппаратное оснащение методов;
- достоинства, недостатки и области применения различных физических методов исследования неорганических веществ;

##### ***уметь:***

- пользоваться справочной физической и физико-химической информацией;
- работать на современных приборах;
- корректно интерпретировать результаты эксперимента;

##### ***владеть:***

- методологией выбора методов исследования, навыками их применения;
- основами планирования и постановки экспериментов и способами обработки полученных результатов.

## **6. Общая трудоемкость дисциплины:**

3 зачетных единиц (108 часов).

## **7. Форма контроля:**

Промежуточная аттестация – экзамен (1 сем.).

### **Функциональные материалы**

#### **1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Функциональные материалы» входит в вариативную часть блока Б1 «Дисциплины (модули)» как обязательная дисциплина Б1.В.04.

#### **2. Цель освоения дисциплины:**

□ формирование целостного представления о современном состоянии материаловедения, роли материалов в различных областях человеческой деятельности, взаимосвязи использования химии, физики и технологии для решения материаловедческих проблем.

#### **3. Краткое содержание дисциплины**

##### **Введение**

Материалы: прошлое и настоящее. Тенденции развития современного материаловедения. Важнейшие проблемы науки о материалах. Конструкционные и функциональные материалы. Принципы классификации функциональных материалов. Типы функциональных материалов. Полифункциональные материалы. Физико-химические принципы конструирования новых материалов.

##### **Наносистемы**

Основные типы наноразмерных систем. Понятие об устойчивости наночастиц. Стабилизация наночастиц. Критерии определения наноматериалов. Особенности структуры и физико-химических свойств наноматериалов. Общие представления о синтезе веществ в наносостоянии. Методы исследования наноразмерных систем. Основные области применения наноматериалов.

##### **Керамика и композиты**

Классификация керамических материалов, их общая характеристика. Новые виды функциональной оксидной и бескислородной керамики как альтернативные материалы. Керамические композиты.

##### **Диэлектрики**

Основные свойства диэлектриков. Важнейшие диэлектрические характеристики материалов. Кристаллические структуры основных диэлектрических материалов. Основные типы диэлектриков. Диэлектрики с нелинейными свойствами. Сегнето-, пьезо- и пироэлектрики на основе солей, сложных оксидов и оксогалогенидов, доменная структура и петля гистерезиса. Практическое применение диэлектриков. Устройства хранения информации на основе диэлектриков.

##### **Полупроводники и светоизлучающие элементы**

Основные типы полупроводниковых материалов. Кристаллические структуры основных полупроводниковых материалов. Термоэлектрические явления. Полупроводниковые материалы с расширенными функциональными возможностями (термисторы, магнитные полупроводники, материалы для полупроводниковых лазеров, опто- и акустоэлектроники, OLED, TFT). Основные методы получения полупроводников. Гетероструктуры и сверхрешетки. Квантовые точки и их самоорганизация. Проблемы и тенденции в современной химии и технологии полупроводников.

##### **Суперионики и сверхпроводники**

Определения. Классические суперионики ( $\text{AgI}$  vs  $\text{NaCl}$ , F-centers, глинозем, голландит). Кристаллохимические критерии возникновения суперионного состояния твердых тел. Важнейшие типы анионных и катионных проводников на основе галогенидов, халькогенидов, пниктогенидов и фосфатов. Новые типы оксидных ионных проводников. История открытия основных видов ВТСП. Особенности кристаллохимии

высокотемпературных сверхпроводников. Особенности физических свойств. Теории ВТСП. Критические параметры ВТСП, требования к ним. Области применения ВТСП-материалов.

### **Магнитные материалы и материалы для фотоники**

Теория магнетизма. Доменная структура и петля гистерезиса (ферро-, ферри-, антиферромагнетики). Важнейшие типы магнитомягких и магнитотвердых материалов. Магнитокалорические материалы. Магнитные жидкости. Низкоразмерные магнитные структуры.

Материалы для фотоники. Светочувствительные материалы, люминесценция, фотолюминесценция, пиро-, трибо-, электролюминесценция, оптоволокно, фотонные кристаллы, нелинейно-оптические кристаллы, болометры, фотоумножители, ночное видение, голография.

### **Интерметаллиды, катализаторы, биоматериалы**

Особенности формирования и структурные типы интерметаллических соединений. Условия устойчивости различных структурных типов. Основные методы получения интерметаллидов. Физические свойства. Основные области применения.

Катализаторы. Основные требования, предъявляемые к гетерогенным катализаторам. Принципы создания материалов с высокой удельной поверхностью. Нанозернистые и мезопористые системы как носители вещества-катализатора. Керамические пены как носители, аэрогели, проблема устойчивости к спеканию. Новые типы материалов для катализа. Иммобилизация ферментов. Цеолиты.

Биоматериалы. Требования к материалам, используемым для протезирования. Классификация биокерамики по отношению к живой ткани. Керамические материалы на основе  $Al_2O_3$  и  $ZrO_2$ , гидроксил- и фторапатита. Биоактивная стеклокерамика. Механизм взаимодействия биокерамики с живой тканью. Ферромагнитная и радиоактивная биокерамика для лечения злокачественных опухолей. Керамика для протезирования зубов. Углеродная керамика для сердечного клапана. Материалы с эффектом памяти (нитинол). Углерод как материал имплантантов. Биомиметика.

### **Жидкие кристаллы, материалы для хранения водорода**

Жидкие кристаллы. Мономеры, нематики, смектики, фазовые диаграммы, хиральные структуры, LCD-дисплей, использование жидкокристаллических матриц для получения мезопористых структур, наноматериалов и биосенсоров.

Материалы для хранения водорода. Проблемы поиска, технологии, регенерации и использования материалов для хранения водорода.

### **Сверхтвёрдые материалы нового поколения**

Особенности строения, получение, области применения сверхтвёрдых материалов.

### **Материалы со свойствами, определяемыми границами раздела**

Фронтальные материалы. Интеллектуальные материалы. Композитные сенсоры и актуаторы. Гетерофазная электрокерамика и новые фторорезистивные материалы. Градиентные материалы.

### **Заключение. Перспективы практического применения материалов**

#### **4. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:**

- Способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в выбранной области химии или смежных наук с использованием современных приборов, программного обеспечения и баз данных профессионального назначения (ОПК-1)
- Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации (ПК-1)

#### **5. Планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины студент должен:

**знать:**

- тенденции развития современного материаловедения;
- принципы классификации и основные типы функциональных материалов;
- основные теоретические положения и физико-химические принципы

конструирования новых материалов;

**уметь:**

- выявлять взаимосвязь между структурой соединения и его функциональными свойствами, использовать эти данные для осуществления направленного синтеза материалов с заданными свойствами;
- осуществить целенаправленный сбор и анализ литературы по вопросам химии, физики и механики функциональных материалов;

**владеть:**

- навыками использования компьютерных баз данных и научной литературы для получения информации по проблемам современного материаловедения.

**6. Общая трудоемкость дисциплины:**

5 зачетных единиц (180 часов).

**7. Форма контроля:**

Промежуточная аттестация – экзамен (3 сем.).

### Современные методы анализа неорганических соединений

**1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Современные методы анализа неорганических соединений» входит в вариативную часть блока Б1 «Дисциплины (модули)» как обязательная дисциплина Б1.В.ОД.6.

**2. Цели освоения дисциплины:**

- овладение знаниями о современных методах анализа неорганических соединений;
- приобретение навыков практической работы на современной аппаратуре и обработки экспериментальных данных при проведении научных исследований.

**3. Краткое содержание дисциплины**

Методы анализа и их классификация. Выбор метода.

Основные характеристики электромагнитного излучения. Спектроскопические методы анализа. Спектрофотометрия. Источники ультрафиолетового излучения.

Хроматографические методы анализа. Газовая хроматография. Хромато-масс-спектрометрия. Методические особенности проведения хроматографического анализа. Высокоэффективная жидкостная хроматография. Пробоподготовка и анализ методом ВЭЖХ-УФ. Обработка хроматограмм. Ионная хроматография. Методические особенности проведения хроматографического анализа. Типичные ошибки.

ИК-спектроскопия. Анализ общего, органического и неорганического углерода. Особенности пробоподготовки.

Атомный спектральный анализ. Атомно-эмиссионная спектроскопия с индуктивно-связанной плазмой. Атомно-абсорбционная спектроскопия. Анализ реальных образцов методом АЭС-ИСП, обработка данных.

**4. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:**

- Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук (ОПК-2)
- Способен использовать вычислительные методы и адаптировать существующие программные продукты для решения задач профессиональной деятельности (ОПК-3)
- Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации (ПК-1)

**5. Планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины студент должен:

**знать:**

- теоретические основы – реакции и физико-химические процессы, используемые в методах анализа неорганических соединений;



- основные современные методы анализа неорганических соединений;

**уметь:**

- пользоваться интерфейсом управляющих программ современных приборов;
- производить непосредственную съемку проб в ходе анализа;
- прогнозировать влияние различных мешающих факторов;
- находить решения технических проблем или ошибок;

**владеть:**

экспериментальными навыками выполнения качественного и количественного анализа.

**6. Общая трудоемкость дисциплины:**

3 зачетные единицы (108 часов).

**7. Форма контроля:**

Промежуточная аттестация – экзамен (3сем.).

### **Избранные главы неорганической химии**

**1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Избранные главы неорганической химии» входит в вариативную часть блока Б1 «Дисциплины (модули)» как обязательная дисциплина Б1.В.07.

**2. Цели освоения дисциплины:**

- ознакомление магистрантов с избранными разделами современной неорганической химии.

Выбор разделов определен тенденциями развития неорганической химии в последние годы.

**3. Краткое содержание дисциплины**

**Современное состояние Периодической системы Д.И. Менделеева**

Периодический закон Д.И. Менделеева – фундаментальный закон природы. Теория периодической системы. Концепция кайносимметрии. Прогнозирующая роль Периодической системы. Проблема нижней границы таблицы Менделеева. Получение новых элементов. Радиоактивные семейства. Применение радиоактивных изотопов.

**Оксиды бора и их производные**

Методы синтеза моно- и поликристаллов боратов. Борокислородные полиэдры и группировки. Кристаллохимические классификации боратов. Кристаллические структуры боратов. Термические фазовые превращения в боратах. Фазовые равновесия в боратных системах. Применение боратов.

**Сложнооксидные соединения фосфора**

Методы синтеза фосфатов. Простые фосфаты. Сложные фосфаты. Особенности фазо- и структурообразования сложных фосфатов. Взаимосвязь строения, физических и химических свойств. Конденсированные фосфаты. Получение. Пищевые фосфаты. Фосфаты в быту. Влияние фосфатов на человека и окружающую среду.

**Химия оксидов s-элементов**

Вода – строение молекулы и структура жидкого состояния. Структура льда, клатраты. Оксиды щелочных и щелочноземельных металлов. Особенности химии лития, бериллия, магния и радия. Способы получения оксидов, свойства. Отдельные представители оксидов. Особенности структуры, структурно-зависимые свойства, применение.

**Химия соединений переходных элементов**

Основные отличительные свойства оксидов s-, d-, p-, f-элементов. Гидроксиды и оксосоли переходных металлов. Кислородные соединения элементов и их классификация. Способы получения. Двойные оксиды. Способы получения, особенности структуры, свойства, применения. Способность к образованию простых и сложных молибдатов.

**Молибдаты – обширный класс оксидных соединений**

Кристаллическая структура и свойства простых молибдатов. Полиморфизм молибдатов на примере молибдатов одновалентных металлов и средних молибдатов редкоземельных элементов. Полимолибдаты. Термолиз кристаллогидратов. Структурные типы и свойства двойных молибдатов. Тройные молибдаты, их классификация, структуры. Особенности и закономерности фазообразования в тройных солевых системах с участием молибдатов разновалентных элементов. Способы получения. Методы исследования. Области применения

#### **Постановка задачи и выполнение исследований**

Этапы постановки задач исследования. Выбор методов. Обработка экспериментальных данных и трудности интерпретации. Методические упрощения. Ожидаемый, неожиданный и побочный результаты. Критерии оценки результатов исследований. Этика научного исследования. Отчет о НИР, статья, заявка на изобретение.

#### **4. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:**

- Способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в выбранной области химии или смежных наук с использованием современных приборов, программного обеспечения и баз данных профессионального назначения (ОПК-1)

#### **5. Планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины студент **должен:**

##### **знать:**

- цели и задачи приоритетных направлений развития неорганической химии;
- теоретические основы рассматриваемых в курсе разделов неорганической химии, связь их с другими науками и перспективы развития;
- основные закономерности изменения фундаментальных свойств элементов и их соединений в Периодической системе;
- особенности химии s-, p-, d- и f-элементов;
- специфику химии сложнооксидных соединений молибдена

##### **уметь:**

- адаптировать знания, накопленные при изучении дисциплины, к решению конкретных задач, связанных с профессиональной деятельностью;
- осуществить целенаправленный сбор и анализ литературы по выбранному разделу неорганической химии;
- адаптировать знания и умения, полученные при изучении дисциплины, к решению конкретных задач, связанных с профессиональной деятельностью

##### **владеть:**

- навыками использования компьютерных баз данных и научной литературы для получения информации по актуальным проблемам неорганической химии.
- методами постановки задачи и проведения исследований.

#### **6. Общая трудоемкость дисциплины:**

6 зачетных единиц (216 часов).

#### **7. Форма контроля:**

Промежуточная аттестация – экзамен (1 сем.).

### **Фундаментальные основы неорганического синтеза**

#### **1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Фундаментальные основы неорганического синтеза» входит в вариативную часть блока Б1 «Дисциплины (модули)» как обязательная дисциплина Б1.В.07.

#### **2. Цель освоения дисциплины:**

- овладение теоретическими основами получения неорганических веществ и материалов, знаниями о способах синтеза неорганических соединений, формирование навыков исследователя, способного осуществить выбор метода синтеза, грамотно провести эксперимент и идентифицировать полученные вещества.

#### **3. Краткое содержание дисциплины**

## **Введение**

Место химиков-синтетиков в процессе создания материала. Свойства функциональных материалов.

## **Строение неорганических соединений**

Основные понятия кристаллохимии. Факторы, определяющие строение неорганических соединений. Типы и особенности химических связей в твердых телах. Элементарные кристаллы. Химические соединения (молекулярные и ионные кристаллы, координационные соединения, интерметаллиды). Возможности кристаллохимического дизайна для синтеза новых соединений.

## **Синтез веществ в различных фазовых состояниях**

Классификация методов синтеза по фазовым состояниям исходных реагентов и продуктов реакции.

Гомогенные и гетерогенные процессы. Термодинамический прогноз возможности реализации синтеза в гомогенной среде. Термодинамическое и кинетическое описание процессов синтеза в газовой и жидкой фазах. Принципы термодинамического описания процессов неорганического синтеза в гетерогенных системах.

Принципиальные возможности управления скоростью процессов синтеза в гетерогенных системах. Общие представления о кинетических закономерностях гетерогенных процессов синтеза.

Синтез неорганических кристаллов из газовой фазы. Синтез в замкнутых системах. Использование  $p$ - $T$ - $x$ -диаграмм для выбора условий синтеза. Теоретические основы метода химического осаждения из газовой фазы (CVD). Теоретические основы и синтетические возможности метода химических транспортных реакций.

Синтез кристаллических веществ из жидкой фазы. Общие представления о кинетике процессов. Получение стекол и аморфных фаз. Кристаллизация из расплавов. Использование фазовых диаграмм для выбора условий синтеза промежуточных фаз двух- и трехкомпонентных систем. Синтез кристаллических веществ из раствора в расплаве.

Кристаллизация из растворов. Использование кривых растворимости для выбора условий синтеза. Синтез методом изотермического испарения растворителя.

Твердофазный синтез кристаллических веществ. Термодинамика реакций твердофазного синтеза. Определение направления твердофазной реакции. Выбор условий синтеза на основе анализа изотермических сечений конденсированных диаграмм двух- и трехкомпонентных систем в субсолидусной области. Критерии достижения равновесия. Механизм и кинетические особенности реакций твердофазного синтеза. Роль точечных и протяженных дефектов. Методы исследования механизма твердофазных реакций.

Механизм важнейших твердофазных реакций. Синтез сложнооксидных соединений.

Формальное уравнение кинетики и способы определения его параметров. Методические особенности осуществления кинетического эксперимента. Диффузионные модели. Энергия активации твердофазных реакций. Способы активирования твердофазных реагентов. Возможности «мягкой химии».

## **Синтез неорганических продуктов с использованием различных физических воздействий**

Общие принципы применения физических воздействий при синтезе.

Высокотемпературный синтез. Принципы получения высоких температур. Особенности лазерного нагрева. Микроволновый нагрев в неорганическом синтезе твердофазных продуктов. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС). Принцип расчета адиабатических температур. Принципы регулирования температуры и скорости горения. Закономерности СВС сложных оксидов. Преимущества и недостатки СВС. Механохимический синтез.

## **Синтез на основе последних достижений в неорганической и физической химии**

Синтез при высоком давлении. Синтез при ультразвуковом воздействии. Электросинтез.

## **Основные методы идентификации продуктов неорганического синтеза.**

Основные методы идентификации продуктов неорганического синтеза. Общая характеристика, возможности и ограничения методов. Рентгенофазовый анализ. Колебательная спектроскопия. Термоаналитические методы исследования.

## **4. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:**

5. Способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в выбранной области химии или смежных наук с использованием современных приборов, программного обеспечения и баз данных профессионального назначения (ОПК-1)

#### 6. Планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины студент **должен:**

##### **знать:**

- возможности кристаллохимического дизайна для синтеза новых соединений;
- сущность реакций и процессов, лежащих в основе различных методов неорганического синтеза;
- достоинства, недостатки и области применения различных методов синтеза неорганических веществ;
- аппаратное оформление основных методов синтеза;
- общие принципы применения физических воздействий при синтезе;
- возможности «мягкой химии»;
- основные методы идентификации продуктов синтеза;
- правила безопасной работы при получении неорганических веществ;

##### **уметь:**

- адаптировать знания, накопленные при изучении данной дисциплины, к решению задач, связанных с получением конкретного соединения;
- ориентироваться в современной литературе по неорганическому синтезу, пользоваться справочными материалами при выборе условий осуществления синтеза конкретного соединения;

##### **владеть:**

- методами синтеза неорганических соединений на основе полученных фундаментальных знаний в области теории и приобретенных экспериментальных навыков.

#### 7. Общая трудоемкость дисциплины:

5 зачетных единиц (180 часа).

#### 8. Форма контроля:

Промежуточная аттестация – экзамен (1 сем.).

## **Основы химической метрологии и хемометрики**

### **1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Основы химической метрологии и хемометрики» входит в вариативную часть блока Б1 «Дисциплины (модули)» как дисциплина по выбору Б1.В.ДВ.01.01.

### **2. Цель освоения дисциплины:**

- формирование у магистранта на основе современных научных достижений необходимых знаний по метрологии и хемометрике.

### **3. Краткое содержание дисциплины**

#### **Введение**

Основные задачи хемометрики и химической метрологии, их единство. Прямые и косвенные измерения. Единицы измерения, эталоны, средства измерения. Обеспечение единства измерений. Особенности измерения химических величин. Аналитический сигнал, градуировочная функция. Образцы сравнения, стандартные образцы. Абсолютные и относительные методы анализа. Градуировка.

#### **Основные понятия химической метрологии**

Основные понятия химической метрологии: погрешность (случайная и систематическая), воспроизводимость, правильность, точность, чувствительность, селективность. Их числовые характеристики. Статистические методы оценки воспроизводимости. Основные понятия и положения математической статистики. Генеральная и выборочная совокупность, генеральные и выборочные параметры. Методы оценки правильности. Способы получения независимых данных. Истинное и действительное значение.

Специальные способы проверки и улучшения правильности. Статистические критерии проверки гипотез, их применение для оценки правильности. Критерий Стьюдента, его модификации, предпосылки его применения. Нормальный закон распределения и его роль в аналитической химии. Причины отклонения результатов анализа от нормального распределения. Статистические критерии подчинения совокупности данных нормальному закону распределения и выявления отдельных данных, отклоняющихся от нормального распределения (промахов). Основы дисперсионного анализа. Сравнение двух (критерий Фишера) и нескольких (критерии Бартлета, Кокрена) дисперсий. Применение дисперсионного анализа для сравнения нескольких средних значений, оценки представительности пробы, внутри- и межлабораторной погрешности. Воспроизводимость и сходимость. Оценка погрешности отдельных стадий анализа. "Прослеживаемость" аналитических методик (обеспечение единства измерений). Основы корреляционного анализа. Статистические критерии проверки гипотез относительно коэффициентов корреляции. Применение корреляционного анализа для выявления закономерностей, прогноза, отбора классификационных признаков. Основы теории распознавания образов. Классификация и идентификация. Аналитический (классификационный) признак, образ, кластер. Принципы отбора признаков, их предварительные преобразования. Основы кластерного и дискриминантного анализа. Современный качественный анализ. Основы регрессионного анализа. Предпосылки классического регрессионного анализа. Принципы выбора регрессионной модели, проверка ее адекватности. Расчет и интерпретация параметров регрессионной модели, оценка их погрешностей. Применение регрессионного анализа для градуировки и расчета содержания определяемого компонента.

#### **Математические методы планирования эксперимента в аналитической химии**

Задачи, основные идеи, преимущества перед традиционной постановкой эксперимента. Факторы, целевая функция (функция отклика), поверхность отклика, линии уровня. Основные этапы оптимизации условий эксперимента. Факторное планирование. Выбор факторов и их значений, предварительное преобразование факторов. Регрессионная модель, матрица планирования, требования к ним. Планы первого и высших порядков. Методология проведения эксперимента, учет и устранение систематических погрешностей. Расчет параметров регрессионной модели, их интерпретация, проверка адекватности модели. Полный и дробный факторный эксперимент. Особенности планов высших порядков. Понятие о симплекс-оптимизации. Оптимизация аналитических методик. Метрологические критерии выбора метода и методики анализа. Соответствие характеристик методики (правильность, воспроизводимость, чувствительность, селективность) требованиям заказчика. Аттестация и стандартизация методик, их этапы: проверка подчинения данных нормальному закону распределения, оценка точностных характеристик отдельных стадий методики и методики в целом, сравнение полученных характеристик с требованиями заказчика и характеристиками существующих методик, апробация методики. Межлабораторные испытания. Аккредитация химических лабораторий. Понятие о системах обеспечения и контроля качества результатов химического анализа.

#### **4. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:**

- Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук (ОПК-2)
- Способен использовать вычислительные методы и адаптировать существующие программные продукты для решения задач профессиональной деятельности (ОПК-3)
- Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации (ПК-1)

#### **5. Планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины студент **должен:**

**знать:**

- основные задачи и понятия хемометрики и химической метрологии;
- основы теории вероятности и математической статистики;
- основы дисперсионного анализа;
- методы планирования эксперимента в аналитической химии;

**уметь:**

- адаптировать знания, накопленные при изучении дисциплины, к решению конкретных задач, связанных с профессиональной деятельностью;

**владеть:**

- навыками использования компьютерных баз данных и научной литературы для получения информации по вопросам хемометрики и химической метрологии.

**6. Общая трудоемкость дисциплины:**

4 зачетные единицы (144 часа).

**7. Форма контроля:**

Промежуточная аттестация – экзамен (2 сем.).

### **Теоретические основы прогрессивных технологий**

**1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Теоретические основы прогрессивных технологий» входит в вариативную часть блока Б1 «Дисциплины (модули)» как дисциплина по выбору Б1.В.ДВ.01.01.

**2. Цели освоения дисциплины**

Дисциплина «Теоретические основы прогрессивных технологий (ТОПТ) (физика, химия, биотехнология)» представляет собой специализацию основ физики, химии и биологии применительно к потребностям отрасли. Здесь, с одной стороны, дается краткий обзор основных законов естествознания, с другой стороны, показывается, как на базе этих закономерностей возникают новые современные технологии, которые определяют пути развития научно технического прогресса. Данный курс закладывает основы научного мировоззрения, служит фундаментом общетехнической эрудиции, формирует «технический язык» будущего специалиста. Обучение основным законам и универсальным принципам - основное направление современной подготовки специалиста широкого профиля, способного к быстрой перестройке профессиональной деятельности в соответствии с требованиями рынка. В процессе обучения студенты получают представление о таких приемах, как моделирование, метод аналогий, научатся ставить задачи и находить оптимальные пути их решения, анализировать полученные результаты, работать с научной литературой, что является одной из основных задач современного образования.

**3. Краткое содержание дисциплины**

Принципы конструирования аморфных (квазикристаллических) материалов. Конструирование аморфных материалов в атомных масштабах. Технология аморфного кремния, оптических волокон, стекол с быстрой ионной проводимостью, металлов, металлических стекол и др. Композитные и пористые материалы. Стохастические и регулярные композитные материалы. Проблема осреднения и квазигомогенное приближение в теории стохастических композитных материалов. Взаимное распределение фаз в композитных материалах; геометрические факторы и теория перколяции в задачах о взаимном распределении фаз в композитных материалах. Фрактальная геометрия структуры композитных материалов. Ламинированные (пластинчатые структуры) структуры. Регулярные наноструктуры типа МСМ. Темплейтные (матричные шаблонные) технологии синтеза регулярных структур. Поиск материалов для хранения водорода. Проблемы технологии, регенерации и использования материалов для хранения водорода. Твердые ионные, протонные и электронные проводники. Проблема снижения тепловыделений и потерь энергии при транспорте ионов в межэлектродном пространстве. Перенос ионов в полимерных электролитах. Проблема разделения газовых и жидких

реагентов в системах с твердым полимерным электролитом. Органические фотопроводящие и фотохромные материалы. Материалы для топливных элементов и топливных насосов. Проблема утилизации средне- и низкопотенциального тепла. Термодинамические аспекты тепловых насосов. Адсорбционные циклы тепловых насосов. Теория тепло и массопереноса в неоднородных средах – основа математического моделирования рабочих циклов и оптимизации конструкции тепловых насосов. Материалы для преобразования солнечной энергии. Полупроводниковые материалы. Очистка и легирование – пути формирования свойств полупроводников. Интегральные схемы: состояние и развитие. Аспекты изготовления элементной базы ЭВМ. Молекулярно-лучевая эпитаксия – технология изготовления многослойных полупроводниковых структур. МОС-гидридная технология и ее перспективы. Трансмутационное легирование полупроводников. Материалы для катализаторов. Нанесенные катализаторы. Основные стадии синтеза нанесенных катализаторов. Проблема синтеза катализаторов с заданным распределением активного компонента в пористой матрице носителя. Катализаторы с иерархической структурой. Макрокинетические особенности реакций в гетерогенном катализе. Значение стадий транспортировки энергии и массы при анализе проблем селективности и производительности на разных масштабах в каталитическом реакторе (пора, зерно, слой, реактор). Создание оптимальной многоуровневой иерархической структуры масштабов, обеспечивающей оптимальную работу химического реактора. Жидкие кристаллы работающие на основе эффекта динамического рассеивания света, на электрооптическом «твист» эффекте и на эффекте «гость-хозяин». Оптические материалы. Неорганические и органические нелинейные оптические материалы. Люминесцентные и лазерные материалы. Материалы для катодно-лучевых трубок. Магнитные материалы. Супермагнетики. Запоминающие устройства на основе «магнитного пузырька». Материалы для постоянных магнитов. Высокотемпературные сверхпроводящие материалы.

#### **4 Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:**

- Способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в выбранной области химии или смежных наук с использованием современных приборов, программного обеспечения и баз данных профессионального назначения (ОПК-1)

#### **5 Планируемые результаты обучения по дисциплине.**

**В результате освоения дисциплины студент должен:**

**Знать:**

- цели и задачи приоритетных направлений развития современной науки
- место прогрессивных технологий в системе наук для решения материаловедческих проблем
- основные теоретические положения и принципы создания функциональных материалов
- особенности функциональных свойств, термической стабильности, реакционной способности и возможности их применения

**Уметь:**

- самостоятельно ставить задачи и находить оптимальные пути их решения
- владеть основными приемами и техникой выполнения экспериментальных работ
- анализировать полученные результаты и самостоятельно работать с учебной и научной литературой

**Владеть:**

- методологией выбора методов анализа
- навыками их применения
- метрологическими основами анализа.

#### **5. Общая трудоемкость дисциплины:**

4 зачетных единиц (144 часа).

#### **6. Форма контроля:**

Промежуточная аттестация – экзамен (2 сем.).

## Химия гетероциклических соединений

### 1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Химия гетероциклических соединений» входит в вариативную часть блока Б1 «Дисциплины (модули)» как дисциплина по выбору Б1.В.ДВ.02.01.

### 2. Цели освоения дисциплины

Углубление знаний студентов в области синтеза и реакционной способности основных гетероциклических систем и их важнейших производных, а также расширение теоретических представлений о механизмах соответствующих реакций.

### 3. Краткое содержание дисциплины

Краткая история химии гетероциклов. Классификация гетероциклов: по размеру цикла, по гетероатомам, их числу и взаимному расположению в цикле. Номенклатура гетероциклов: тривиальные названия; система Ганча-Вильдмана и номенклатура IUPAC; заместительная номенклатура. Номенклатура аннелированных циклов. Гетероароматичность. Гетероатомы пиррольного и пиридинового типа; исключения, показывающие условность такого деления. Концепция -избыточности и -дефицитности гетаренов. Синтез гетероциклических соединений. Типы химических реакций, приводящих к формированию гетероциклических соединений (реакции гетероциклизации): реакции циклоприсоединения, электроциклические реакции. Классификация реакций циклоприсоединения: [2+1]-, [3+2]- и [4+2]-циклоприсоединение; особенности циклоприсоединения. Типичные комбинации реагентов и наиболее распространенные механизмы циклообразования гетероциклических соединений.

Фуран и его производные. Строение молекулы: геометрия и молекулярная диаграмма. Способы получения. Физические свойства и спектральные характеристики. Химические свойства: реакции с электрофильными, нуклеофильными и радикальными реагентами, реакции с карбенами, нитренами, окислителями и восстановителями, взаимодействие с диенофилами, ацидофобность. Важнейшие производные фурана: фурфурол (получение и химические свойства), фурфуриловый спирт, пирролиновая кислота, тетрагидрофуран. Бензаннелированные производные фурана (бензофуран, дибензофуран): строение молекул, получение, основные направления реакционной способности, сравнение химической активности с неаннелированной системой. Пиррол и его производные. Строение молекулы: геометрия и молекулярная диаграмма. Способы получения. Физические свойства и спектральные характеристики. Химические свойства: реакции с электрофильными, нуклеофильными и радикальными реагентами, реакции с карбенами, окислителями и восстановителями, взаимодействие с диенофилами, ацидофобность. Алкилпирролы, N-металлированные и другие производные. Бензаннелированные производные пиррола (индол, карбазол): строение молекул, получение, основные направления реакционной способности, сравнение химической активности с неаннелированной системой. Природные соединения пиррольного типа (порфин и порфирины): гем и гемин как составные части хромопротеида гемоглобина, хлорофилл, витамин В12. Фталоцианиновые красители, их строение и практическое использование. Тиофен и его производные. Строение молекулы: геометрия и молекулярная диаграмма. Способы получения. Физические свойства и спектральные характеристики. Химические свойства: реакции с электрофильными, нуклеофильными и радикальными реагентами, реакции с карбенами, окислителями и восстановителями, взаимодействие с диенофилами. Индофениновая реакция на тиофен. Галоген- и металлотиофены. Тетрагидротиофен (тиофан), биотин (витамин Н). Бензаннелированные производные тиофена (тионафтен, дибензотиофен): строение молекул, получение, основные направления реакционной способности, сравнение химической активности с неаннелированной системой; сравнение тионафтена с диметилсульфоксидом. Тиоиндоксил и тиоиндиго.

### 4. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

- Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла (УК-2)
- Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации (ПК-1)



## 5. Планируемые результаты обучения

### Знать:

- место химии гетероциклических соединений в системе наук;
- основные теоретические положения и понятия химии гетероциклических соединений в органической химии: химическое строение, электронные конфигурации атомов, способы получения, свойства;
- существо реакции и процессов, используемых в химии гетероциклических соединений;
- основные приемы, применяемые для очистки и выделения гетероциклических соединений;
- номенклатуру гетероциклических соединений.

### Уметь:

- прогнозировать реакционную способность гетероциклических молекул с позиций современных электронных представлений;
- идентифицировать и анализировать гетероциклические соединения при помощи химических, физико-химических и физических методов исследования;
- ставить задачу исследования; выбирать метод исследования;
- использовать оборудование, необходимое для проведения экспериментов.

### Владеть:

- методами планирования органического эксперимента;
- методами прогнозирования реакционной способности гетероциклических молекул с позиций современных электронных представлений;
- основными приемами, применяемыми для очистки и выделения гетероциклических соединений;
- методами постановки химического эксперимента;
- методами обработки полученных результатов.

## 6. Общая трудоемкость дисциплины:

5 зачетных единиц (180 часов).

## 7. Форма контроля:

Промежуточная аттестация – зачет (1 сем.)

## Промышленная экология

### 1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Промышленная экология» входит в вариативную часть блока Б1

«Дисциплины (модули)» как дисциплина по выбору Б1.В.ДВ.02.02.

### 2. Цель освоения дисциплины:

- формирование у магистрантов достаточно полного представления об инженерных методах защиты окружающей среды.

### 3. Краткое содержание дисциплины

**Основные принципы организации малоотходных и безотходных или чистых производств**

Предмет промышленной экологии. Направления и цели создания экологобезопасных производств. Проблемы защиты водных бассейнов от техногенных воздействий. Экологические проблемы очистки природных и сточных вод. Классификация методов очистки.

**Экологические проблемы питьевого водоснабжения. Качество питьевой воды в Бурятии.**

Природные и техногенные факторы, влияющие на качество природных вод. Качественные показатели воды. Качество питьевой воды в Бурятии. Подготовка воды питьевого качества. Методы обработки. Санитарные и гигиенические требования к воде.

**Обработка непромышленных сточных вод. Биохимические методы очистки сточных вод. Способы доочистки и обеззараживания воды**

Формирование и характер хозяйственно-бытовых сточных вод. Способы очистки. Механическая очистка. Оборудование и сооружения. Биологическая очистка как окислительный процесс органических веществ в сточных водах. Аэробные процессы. Роль активного ила. Оборудование и сооружения. Аэротенки и системы аэрации. Методы доочистки сточных вод. Сооружения доочистки. Основные задачи доочистки. Фильтры, барабанные сетки. Методы обеззараживания.

#### **Проблемы утилизации твердых отходов**

Источники образования, классификация методов утилизации и обезвреживания, классы опасности. Современные технологические решения.

#### **Современные методы обезвреживания жидких и твердых отходов промышленных предприятий**

Методы очистки сточных вод машиностроительных предприятий и предприятий горнодобывающего комплекса. Баромембранные процессы разделения.

#### **Сточные воды пищевой промышленности**

Общая характеристика загрязнений, основные технологические решения.

#### **Экологические проблемы предприятий легкой промышленности**

Общая характеристика загрязнений. Деструктивные методы обезвреживания жидких отходов от органических примесей.

#### **Основные направления работ по снижению загрязнений воздушного бассейна**

Методы очистки газовых выбросов от твердых частиц и аэрозолей: сущность методов, применяемые устройства, области применения, достоинства и недостатки.

#### **4. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:**

- Способен готовить публикации, участвовать в профессиональных дискуссиях, представлять результаты профессиональной деятельности в виде научных и научно-популярных докладов(ОПК4)
- Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации (ПК-1)

#### **5. Планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины студент должен:

##### **знать:**

- основы экологического законодательства;
- принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды;
- основные промышленные производства, как источники техногенного воздействия;
- принцип работы, технические характеристики разрабатываемых и используемых технологических решений с учетом отраслевой специфики;
- методы проведения технических расчетов и определения экономической эффективности исследований и разработок;
- основные проблемы экологической безопасности;
- перспективы развития техники и технологии защиты окружающей среды, достижения отечественной и зарубежной науки и техники в данной области знаний;

##### **уметь:**

- выполнять работы в области научно-технической деятельности по рациональному использованию природных ресурсов и защите окружающей среды;

##### **владеть:**

- современными методами и средствами инженерной защиты окружающей среды;
- методами анализа и оценки степени опасности антропогенного воздействия на окружающую среду.

#### **6. Общая трудоемкость дисциплины:**

5 зачетных единиц (180 часов).

#### **7. Форма контроля:**

Промежуточная аттестация – зачет (1 сем.).

## **1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Термоаналитические методы исследования» входит в вариативную часть блока Б1 «Дисциплины (модули)» как дисциплина по выбору Б1.В.ДВ.03.01.

## **2. Цель освоения дисциплины:**

- овладение теорией и практикой применения термоаналитических методов исследования.

## **3. Краткое содержание дисциплины**

### **Введение**

Общие понятия термического анализа (ТА). Роль и место ТА в исследовании веществ и материалов. Принцип работы синхронного термического анализатора STA 449C (NETZSCH, Германия).

### **Обзор основных методов термического анализа**

Термогравиметрия. Дифференциальный термический анализ и дифференциальная сканирующая калориметрия. Принципы работы приборов ДТА, ТГА, ДСК.

### **Обзор основных факторов, влияющих на результаты ТА**

Основные факторы, влияющие на результаты ТА. Факторы, связанные с измерительным прибором – термовесами (скорость нагревания печи, атмосфера печи, форма держателя образца и печи, химический состав контейнера для образца и т.д.). Характеристики образца (масса образца, размер частиц образца, растворимость в образце выделяющихся из него газов, теплота реакции, плотность упаковки частиц образца, состав образца, теплопроводность).

### **Температурное поле вещества в условиях ТА эксперимента**

Температурное поле термоинертного и реагирующего вещества в условиях ТА эксперимента. TG- и DSC-измерение полимера или полимерного композиционного материала в сопряжении с квадрупольным масс-спектрометром.

### **Основы методологии постановки ТА эксперимента**

Основы методологии постановки ТА эксперимента: ДТА, ТГА, ДСК. DMA-измерение полимера или полимерного композиционного материала и его корреляция с DSC-измерением.

### **Применение методов ТА**

Области применения ТА исследований: термометрия, энтальпиометрия, кинетика гетерогенных процессов, анализ чистоты веществ. Анализ: глины и почвы, органические соединения, неорганические соединения, минералы, биогические объекты и природные органические материалы, полимеры, композиционные материалы. ТА исследование вольфраматов и молибдатов.

## **4. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:**

- Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук (ОПК-2)
- Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации (ПК-1)

## **5. Планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины студент **должен:**

### **знать:**

- основные методы термического анализа, их теоретические основы, роль и место в исследовании веществ и материалов;
- принцип работы приборов, используемых при проведении термоаналитических исследований;
- достоинства, ограничения и области применения различных методов термоаналитических исследований;
- основы методологии постановки термоаналитического эксперимента;
- правила безопасной работы с химическими веществами;

### **уметь:**

- обрабатывать полученную в результате термоаналитических исследований

информацию и корректно ее интерпретировать;

**владеть:**

- методологией выбора метода исследования;
- навыками постановки термоаналитического эксперимента и способами обработки полученных результатов.

#### **6. Общая трудоемкость дисциплины:**

5 зачетных единиц (180 часов).

#### **7. Форма контроля:**

Промежуточная аттестация – экзамен (3 сем.).

### **Рентгеновские методы исследования материалов**

#### **1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Рентгеновские методы исследования материалов» входит в вариативную часть блока Б1 «Дисциплины (модули)» как дисциплина по выбору Б1.В.ДВ.03.02.

#### **2. Цель освоения дисциплины:**

- овладение теорией и практикой применения рентгенографических методов исследования материалов.

#### **3. Краткое содержание дисциплины**

##### **Физические основы рентгеновского метода анализа**

Основные сведения о физике рентгеновских лучей: получение и свойства. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Спектры испускания и поглощения рентгеновского излучения. Подбор излучения, фильтра и экрана для поглощения вторичного излучения. Свойства рентгеновских лучей и законы рассеяния их при прохождении через вещество.

##### **Рентгеновский эксперимент**

Аппаратура для рентгеновского анализа и техника эксперимента. Регистрация рентгеновского излучения. Рентгеновские дифрактометры. Специализированные приставки в дифрактометрах. Автоматизация рентгеновских исследований, использование автоматических дифрактометров и ЭВМ. Приготовление образцов. Съемка дифрактограмм. Применение рентгеновской дифракции. Правила безопасной работы на рентгеновском оборудовании.

##### **Метод порошка в рентгеноструктурном анализе**

##### ***Особенности решения кристаллических структур по поликристаллическим данным***

Особенности решения кристаллических структур по монокристалльным и поликристаллическим данным. Необходимые этапы для успешного уточнения кристаллической структуры по порошковым данным. Методы индирования рентгенограмм. Определения пространственной группы. Поиск модели кристаллической структуры. Подходы для получения структурной информации из порошковых данных.

##### ***Теоретические основы метод Ритвельда***

Основное уравнение метода Ритвельда. Способы описания фона. Интерполяция между выбранными точками. Аналитическая функция. Профильная функция для описания рентгеновского максимума. Асимметрия. Преимущественная ориентация (текстура). Структурный и температурный факторы. Факторы Лоренца и поляризации. Фактор повторяемости. Факторы расходимости / R-factors. Погрешности.

##### ***Уточнение кристаллической структуры методом Ритвельда***

Последовательность уточнения. Выбор стартовой модели. Порядок уточнения. Корреляционная матрица. Понятие глобального и ложного минимумов. Окончание уточнения. Критерии правильности уточнения. Типичные ошибки при уточнении структуры методом Ритвельда

Введение в программу TOPAS. Изображение кристаллической структуры соединения с использованием графических программ DIAMOND и ATOMS.

##### ***Современные источники информации***

Современные источники дифракционных и структурных данных. Поиск в базе данных ICDD. Обзор основных банков структурных данных. Алгоритмы поиска информации

## **Роль дифракционных методов анализа при направленном синтезе соединений с заданными физическими свойствами**

Взаимосвязь состава, структуры, физико-химических и физических свойств кристаллов на основе изучения закономерностей их атомного, электронного строения и химической связи.

### **4. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:**

- Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук (ОПК-2)
- Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации (ПК-1)

### **5. Планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины студент должен:

#### **знать:**

- физические основы дифракционных методов исследования;
- основы рентгенофазового и рентгеноструктурного анализов;
- принцип работы приборов, используемых при проведении рентгенографических исследований;
- современные источники кристаллоструктурной информации;
- роль дифракционных методов анализа при направленном синтезе соединений с заданными физическими свойствами;
- правила безопасной работы на рентгеновском оборудовании;

#### **уметь:**

- уточнить структуру неорганического соединения методом Ритвельда;

#### **владеть:**

- навыками использования баз дифракционных и структурных данных для получения необходимой кристаллографической и структурной информации.
- 

### **6. Общая трудоемкость дисциплины:**

5 зачетных единиц (180 часов).

### **7. Форма контроля:**

Промежуточная аттестация – экзамен (3 сем.).

## **Химия молибдена и вольфрама**

### **1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Химия молибдена и вольфрама» входит в блок ФТД «Факультативы»

### **2. Цель освоения дисциплины:**

- формирование представления об обширном классе сложнооксидных соединений – молибдатах и вольфраматах – удобных модельных объектах для решения принципиальных задач неорганической химии, химии твердого тела и кристаллохимии и составляющих основу перспективных неорганических функциональных материалов.

### **3. Краткое содержание дисциплины**

#### **Введение. Общая характеристика молибдена и вольфрама**

Строение атомов молибдена и вольфрама. Положение в Периодической системе элементов Д.И. Менделеева. Валентные состояния. Получение Mo и W. Металлическое состояние. Оксиды молибдена (VI) и вольфрама (VI). Молибденовая и вольфрамовая кислоты. Изополи- и гетерополикислоты и соли: образование, строение, реакционная способность. Кислородные соединения молибдена и вольфрама в низших степенях окисления: оксиды, молибденовые и вольфрамовые "сини", вольфрамовые "бронзы". Кластеры. Сравнение свойств хрома, молибдена и вольфрама.

#### **Синтез молибдатов и вольфраматов**

Твердофазный синтез. Осаждение из водных растворов. Использование методов "мягкой" химии. Методы получения монокристаллов. Кристаллографическая и структурная характеристика полученных сложнооксидных фаз. Компьютерные технологии обработки массивов экспериментальных данных для проведения РФА. Определение кристаллографических характеристик синтезированных соединений. Уточнение кристаллических структур по поликристаллическим данным методом Ритвелда.

#### **Фазовые диаграммы молибдатных и вольфраматных систем**

Фазовые равновесия в оксидных системах. Фазовые равновесия в двойных солевых системах. Субсолидусное строение тройных солевых молибдатных систем. Закономерности фазообразования в молибдатных и вольфраматных системах. Использование рентгенографии и термографии для исследования фазовых равновесий в двух- и трехкомпонентных системах. Анализ методических особенностей проведения эксперимента и возможных (типичных) ошибок.

#### **Кристаллохимия молибдатов и вольфрамов**

Строение вольфрамита, шеелита и родственных им типов структур. Структуры с конденсированными вольфрам-кислородными радикалами тетрамерного и ленточного строения. Структуры с катионным остовом типа CsCl. Тригонно-сетчатые структуры. Полиморфизм двойных молибдатов и вольфрамов. Особенности кристаллохимии двойных молибдатов и вольфрамов. Основные структурные типы тройных молибдатов. Тройные молибдаты с открытыми каркасными структурами. Связь структуры с функциональными свойствами.

#### **Некоторые физические свойства и области применения молибдатов и вольфрамов**

Сегнетоэлектрики и сегнетоэластики. Магнитные и электрические свойства. Спектроскопические и лазерные свойства. Электрофизические и люминесцентные свойства молибдатов и вольфрамов. Магнитные свойства молибдатов и вольфрамов. Двойные и тройные молибдаты как основа новых перспективных неорганических материалов.

#### **Заключение**

Молибдаты и вольфраматы как удобные модельные объекты для решения принципиальных задач неорганической химии, кристаллохимии, химии твердого тела и неорганического материаловедения.

#### **4. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:**

- Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла (УК-2)
- Способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в выбранной области химии или смежных наук с использованием современных приборов, программного обеспечения и баз данных профессионального назначения (ОПК-1)
- Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации (ПК-1)

#### **5. Планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины студент **должен:**

##### **знать:**

- основы химии молибдена и вольфрама;
- особенности кристаллохимии молибдатов и вольфрамов;
- место молибдатов и вольфрамов в общей системе сложнооксидных соединений с тетраэдрическим оксоанионом;
- особенности фазообразования в молибдатных и вольфраматных системах;

##### **уметь:**

- адаптировать знания, накопленные при изучении дисциплины, к решению конкретных задач, связанных с профессиональной деятельностью;

##### **владеть:**

- методологией поиска и направленного синтеза новых неорганических соединений;
- навыками использования компьютерных баз данных и научной литературы для получения информации, необходимой для проведения научного исследования.

## 6. Общая трудоемкость дисциплины:

1 зачетных единиц (36 часов).

## 7. Форма контроля:

Промежуточная аттестация – зачет (3 сем.).

## Катализ

### 1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Катализ» входит в блок ФТД «Факультативы».

### 2. Цель освоения дисциплины:

- раскрыть смысл основных принципов катализа, научить студента видеть области применения катализа, четко понимать принципиальные возможности каталитической химии при решении конкретных задач;
- дать фундаментальные знания о принципах действия катализаторов, механизмах их каталитического действия и выборе оптимальных условий проведения каталитических процессов, об основных промышленных каталитических процессах, навыки определения каталитической активности;
- научить основным принципам выбора катализаторов для осуществления каталитических реакций органических соединений.

### 3. Краткое содержание дисциплины

#### Теоретические основы катализа

#### *Основные этапы развития катализа. Феноменология катализа*

Краткий исторический обзор. Основные этапы развития катализа. Теории катализа. Современное определение катализа. Роль катализа в современной химической промышленности и живой природе.

*Общие принципы катализа* Катализ и равновесие. Промежуточные соединения в катализе. Каталитический цикл. Новый реакционный путь, открываемый катализатором. Факторы, определяющие скорость каталитической реакции. Взаимодействие реакционной среды и катализатора.

#### Типы каталитических систем, механизмы каталитических реакций

#### *Типы катализаторов и каталитических процессов. Промышленные катализаторы*

Принципы классификации катализаторов и каталитических процессов. Основные характеристики катализаторов: активность, селективность, стабильность. Промышленные катализаторы. Требования, предъявляемые к промышленным катализаторам. Характеристики промышленных катализаторов. Примеры промышленных катализаторов и реакций с их участием.

*Гомогенный катализ. Кинетика и механизмы реакций кислотного катализа* Общие сведения о гомогенном катализе. Кислотно-основной катализ. Классификация реакций кислотного-основного типа. Кинетика и механизм реакций специфического кислотного катализа. Функции кислотности Гаммета и их использование для вычисления скорости реакции и кинетических постоянных. Кинетика и механизм реакций общего кислотного катализа. Уравнение Бренстеда и его использование в кинетике каталитических реакций. Корреляционные соотношения для энергий активации и теплот реакций. Специфический и общий основной катализ.

*Механизмы гетерогенных каталитических реакций* Гетерогенный катализ. Скорость гетерогенной каталитической реакции. Различные режимы протекания реакций (кинетическая и внешняя кинетическая области; область внешней и внутренней диффузии). Кинетика Лэнгмюра-Хиншельвуда для реакции на однородной поверхности катализатора. Кинетика гетерогенно-каталитических реакций с диффузионными ограничениями.

#### Основные промышленные каталитические процессы *Процессы тонкого органического синтеза. Нефтепереработка и нефтехимия*

Получение синтез-газа. Синтез метанола. Синтез Фишера–Тропша. Гидрирование и дегидрирование органических соединений. Нефтепереработка и нефтехимия. Первичная переработка нефти. Гидроочистка, каталитический крекинг, гидрокрекинг, риформинг.

Изомеризация и алкилирование. Получение бензинов, высокооктановые добавки.

#### **Актуальные проблемы катализа**

Катализ и новые источники энергии. Катализ и новые материалы. Каталитические способы переработки биомассы. Экологический катализ. Природоохранные каталитические технологии. Безотходные каталитические циклы.

#### **4. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:**

- Способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в выбранной области химии или смежных наук с использованием современных приборов, программного обеспечения и баз данных профессионального назначения (ОПК-1)
- Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации (ПК-1)

#### **5. Планируемые результаты обучения** В результате освоения дисциплины студент

**должен: знать:**

- основы современных теорий катализа;
- основные мировые достижения в области катализа;

**уметь:**

- компетентно ориентироваться в основных направлениях катализа и типах катализаторов;
- самостоятельно ставить задачу физико-химического исследования механизмов каталитических органических реакций, выбора катализаторов и определения их характеристик;
- ориентироваться в современной литературе по катализу, грамотно вести научную дискуссию по вопросам катализа, пользоваться справочной литературой;

**владеть:**

- основными законами катализа, методами расчета характеристик катализаторов.

#### **6. Общая трудоемкость дисциплины:**

1 зачетная единица (36 часов).

#### **7. Форма контроля:**

Промежуточная аттестация – зачет (2 сем.).