

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»

**Программа вступительных испытаний
в магистратуру
по направлению
18.04.01 – Химическая технология**

По магистерским программам:
«Технология нефтегазохимии, органического синтеза и углеродных материалов»

Москва 2024

Разработчики программы:

«Технология нефтегазохимии, органического синтеза и углеродных материалов»:

- заведующий кафедрой химической технологии основного органического и нефтехимического синтеза, *д.х.н., проф. Р.А. Козловский,*
- профессор кафедры химической технологии углеродных материалов, *д.х.н., проф. Т.В. Бухаркина,*
- заведующий кафедрой технологии тонкого органического синтеза и химии красителей, *д.х.н., проф. В.П. Перевалов.*

1. ВВЕДЕНИЕ

Программа вступительных испытаний по образовательной программе высшего образования – программе магистратуры предназначена для лиц, желающих поступить в магистратуру ФГБОУ ВО «РХТУ им. Д.И. Менделеева» по направлению подготовки 18.04.01 – Химическая технология.

Программа разработана в соответствии с

Программа рекомендуется для подготовки к вступительным испытаниям выпускников классических университетов, технологических и тех-

нических вузов, в основных образовательных программах подготовки которых содержатся дисциплины (модули), рабочие программы которых аналогичны по наименованию и основному содержанию рабочим программам перечисленных ниже учебных дисциплин, преподаваемых в РХТУ им. Д.И. Менделеева по уровню бакалавриата. Содержание программы базируется на следующих учебных дисциплинах, преподаваемых в РХТУ им. Д.И. Менделеева:

Программа «Технология нефтегазохимии, органического синтеза и углеродных материалов»: «Органическая химия», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология», «Механизмы органических реакций», «Химия и технология органических веществ», «Химия и технология органических красителей», «Моделирование химико-технологических процессов», «Теоретические основы химической технологии топлива и углеродных материалов», «Химическая технология топлива и углеродных материалов», «Основы проектирования технологии топлива и углеродных материалов», «Оборудование и технология производств переработки топлива», «Оборудование и технология производств углеродных материалов», «Введение в промышленную органическую химию», «Теория химических процессов органического синтеза», «Оборудование и основы проектирования производств органического синтеза».

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММ

Программа «Технология нефтегазохимии, органического синтеза и углеродных материалов»

Общие тематики для всех специализаций:

1. Механизмы органических реакций

1.1. Нуклеофильные реакции

Механизм нуклеофильного замещения при насыщенном атоме углерода. Влияние строения реагентов на нуклеофильное замещение. Ионные реакции отщепления. Конкуренция реакций нуклеофильного замещения и отщепления и роль изомеризации. Нуклеофильное присоединение по ненасыщенным С-С связям. Нуклеофильное замещение при атоме углерода в ароматическом ядре. Нуклеофильное присоединение к гетероциклическим соединениям. Нуклеофильное присоединение по карбонильной группе. Нуклеофильные реакции карбоновых кислот и их производных.

1.2. Электрофильные реакции

Электрофильное присоединение по двойной связи. Электрофильное присоединение при катализе солями переходных металлов и их комплексами. Реакционная способность ненасыщенных веществ, правила присоединения и побочные реакции. Механизм электрофильного замещения в ароматических соединениях. Реакционная способность и направление реакций электрофильного замещения в ароматических соединениях.

1.3. Радикальные реакции

Радикалы в органической химии и причина их высокой реакционной способности. Стабильные радикалы. Радикальные реакции и их особенности. Зарождение цепей. Продолжение и обрыв цепи. Реакции замещения, присоединения и расщепления. Кинетика неразветвленных и разветвленных цепных реакций.

1.4. Влияние растворителей и солевой эффект.

Сольватация. Специфическая сольватация. Роль ионной силы и солевого эффекта.

1.5. Исследование химических реакций.

Выделение основных и побочных продуктов, их идентификация. Химические и физико-химические методы установления структуры веществ.

1.6. Методы построения кинетических моделей гомогенных и гетерогенных реакций.

Преобразование кинетических уравнений с учетом разных форм состояния реагентов. Многостадийные реакции и лимитирующие стадии процесса.

1.7. Стехиометрия и материальный баланс реакции. Независимые реакции и ключевые вещества. Степень конверсии, выход, селективность.

1.8. Основы кинетического исследования органических реакций.

1.9. Связь кинетики и механизма реакции. Элементарные и неэлементарные реакции. Методы и примеры построения кинетических уравнений.

1.10. Методика кинетического исследования. Модели идеальных реакторов. Основы обработки кинетических данных. Интегральный и дифференциальный методы обработки. Необратимые простые реакции.

Обратимые реакции. Влияние температуры на скорость реакции.

2. Введение в промышленную органическую химию

2.1. Введение. Химическая промышленность как одна из базовых отраслей современной экономики. Эволюция сырьевой базы, структуры и методов промышленной органической химии. Тенденции и перспективы развития отрасли.

2.2. Сырьевая база промышленной органической химии.

Воспроизводимое сырье. Углекислотное сырье. Ископаемые углеводороды как сырьевая основа современной промышленной органической химии. Состав и первичная переработка нефти и ископаемых углеводородных газов. Процессы вторичной переработки нефти и газа.

Базовое нефтехимическое сырье. Низшие и высшие алканы. Низшие олефины как базовые «строительные блоки» современного органического синтеза. Пиролиз как основной метод получения низших олефинов. Высшие олефины. Ароматические углеводороды. Синтез-газ, водород и оксид углерода. Метанол. Ацетилен.

3. Оборудование и основы проектирования производств нефтегазохимии, органического синтеза и углеродных материалов

3.1. Основы технологии проектирования.

Основные задачи технологического проектирования. Организация проектных работ. Проектно-сметная документация. Задачи и критерии решений, принимаемых на каждой стадии проектирования. Согласование, экспертиза и утверждение проектов. Авторский надзор.

3.2. Принципы проектирования реакторных узлов.

Материальные и тепловые расчеты технологических процессов. Расчеты реакторов по производственным данным. Организация материальных и тепловых потоков в реакционном узле. Типовые реакторы. Графики работы периодических реакторов.

3.3. Расчет реакторов по математическим моделям.

Реакторный узел полу- периодического процесса. Конструкции реакторов для непрерывных процессов. Расчет по идеальным моделям. Изотермические условия. Адиабатический режим. Расчет реакторов для простых и сложных реакций с учетом температурного профиля. Автотермический режим работы реакторов.

Тематики специализации «Основной органический и нефтехимический синтез»:

4. Промышленная органическая химия:

4.1. Основные группы продуктов основного органического синтеза

Мономеры и исходные вещества для производства полимерных материалов. Аддитивы для производства полимерных материалов. Синтетические ПАВ и моющие средства. Синтетические топлива, смазочные масла и аддитивы к ним. Понятие октанового и цетанового чисел. Растворители и экстрагенты. Пестициды и химические средства защиты растений.

4.2. Основной (тяжелый) органический синтез.

Химические основы и характерные особенности процессов подотрасли.

Синтез галогенпроизводных.

Гидролиз хлор- и сульфопроизводных. Щелочное дегидрохлорирование. Гидратация и дегидратация. Синтез производных карбоновых и угольной кислоты.

Синтез органических соединений методами алкилирования. Кватернизация азотсодержащих соединений. β -Оксиалкилирование.

Окисление в основном органическом синтезе. Окислительные агенты. Эпоксидирование. Окислительный аммонолиз.

Нитрование аренов, парафинов, спиртов, аминов.

Дегидрирование и окислительное дегидрирование органических соединений.

Гидрирование. Промышленные реакции перераспределения водорода.

Процессы Фишера-Тропша. Синтез метанола. Гидроформилирование. Синтез карбоновых кислот и их производных на основе оксида углерода.

Сульфатирование. Сульфирование. Сульфохлорирование и сульфоокисление парафинов. Современные синтетические анионные ПАВ.

Промышленные реакции конденсации с участием карбонильных соединений.

Критерии выбора оптимального варианта промышленного синтеза крупнотоннажных химических продуктов.

4.3. Основы промышленной химии полимерных материалов.

Терминология и классификация. Методы синтеза высокомолекулярных соединений. Важнейшие пластические массы, эластомеры, искусственные и синтетические волокна.

5. Теория химических процессов органического синтеза

5.1. Введение. Стехиометрия и материальный баланс реакции. Независимые реакции и ключевые вещества. Степень конверсии, выход, селективность.

5.2. Основы кинетического исследования органических реакций

Связь кинетики и механизма реакции. Элементарные и неэлементарные реакции. Методы и примеры построения кинетических уравнений.

Методика кинетического исследования. Модели идеальных реакторов.

Основы обработки кинетических данных. Интегральный и дифференциальный методы обработки. Необратимые простые реакции. Обратимые реакции. Влияние температуры на скорость реакции.

5.3. Механизм и кинетика радикальных реакций

Цепные реакции. Инициирование, развитие и обрыв цепи. Длина цепи, квантовый и радиационно-химический выход. Неразветвленные и разветвленные реакции. Вырожденное разветвление цепи. Особенности исследования кинетики и обработки данных для радикально-цепных реакций.

5.4. Механизм и кинетика гомогеннокаталитических реакций.

Классификация гомогенных катализаторов. Нуклеофильный катализ. Автокатализ. Кислотный-основный и электрофильный катализ. Жесткие и мягкие кислоты и основания. Функции кислотности. Специфический и общий кислотно-основный катализ. Особенности кинетики и механизм. Кислотность и каталитическая активность, уравнение Бренстеда.

5.5. Особенности исследования кинетики сложных реакций.

Параллельные реакции. Метод конкурирующих реакций. Последовательные и последовательно-параллельные реакции. Количественное описание состава продуктов и селективности. Кинетическое исследование сложных систем реакций. Функции распределения продуктов.

5.6. Использование кинетических моделей для выбора условий проведения реакции

5.7. Удельная производительность реакторов.

Выбор реакционных узлов и параметров реакции по удельной производительности. Экономические критерии оптимизации. Выбор реакционных узлов и параметров реакции по критерию селективности.

5.8. Расчёт материального и теплового баланса реактора по заводским данным.

6. Технология органических веществ

6.1. Введение

Важнейшие продукты органического синтеза, области их применения. Теоретические и инженерные основы промышленных процессов синтеза органических продуктов. Основные направления совершенствования технологии.

6.2. Технология исходных веществ

Основные исходные вещества органического синтеза (парафины, олефины, ароматические углеводороды, ацетилен, оксид углерода, синтез-газ), их технология.

6.3. Основные химические процессы органического синтеза

Основные химические процессы, используемые в органическом синтезе. Условия и аппаратное оформление технологических процессов.

6.4. Технология простых эфиров

Построение технологической схемы производства с учетом термодинамических и физических характеристик участвующих веществ. Организация оптимального температурного профиля в реакторе на примере синтеза МТБЭ. Технология β -оксиэтилирования. Получение α -оксидов прямым окислением и эпоксидированием олефинов.

6.5. Технология сложных эфиров

Промышленные способы получения сложных эфиров. Технология этерификации. Совмещенные реакционно-массообменные процессы. Технология синтеза сложных эфиров из олефинов. Технология β -оксиалкилирования карбоновых кислот. Технология процессов ацетоксилирования в жидкой и газовой фазах.

6.6. Технология карбоновых кислот и их производных

Промышленные способы получения карбоновых кислот и их производных. Аппаратное оформление реакторных узлов окисления органических соединений в газовой и жидкой фазах. Принципы выбора условий селективного и безопасного осуществления процессов окисления. Технология гидрокарбоксилирования олефинов в присутствии различных каталитических систем. Технология получения уксусного ангидрида дегидратацией уксусной кислоты.

6.7. Технология гидроксилсодержащих соединений

Промышленные способы получения гидроксилсодержащих соединений. Технологическое оформление процессов гидратации. Технология

гидрирования карбоновых кислот, сложных эфиров и альдегидов. Технология синтеза метанола. Требования к исходному сырью. Катализаторы. Аппаратурное оформление реакторных узлов и температурный режим. Кумольный метод получения фенола.

6.8. Технология карбонильных соединений

Промышленные способы получения альдегидов и кетонов. Технология окисления олефинов в присутствии хлористого палладия. Технология окислительного дегидрирования спиртов. Технология гидроформилирования олефинов. Гидратация ацетиленов в газовой и жидкой фазах.

6.9. Технология алкилароматических соединений

Промышленные способы получения алкилароматических соединений. Технология алкилирования бензола и толуола спиртами и олефинами. Технология дегидрирования этилбензола и изопропилбензола.

6.10. Технология галогенорганических соединений

Промышленные способы получения галогенорганических соединений. Технология радикально-цепного хлорирования в газовой и жидкой фазах. Технология ионно-каталитического хлорирования. Технология хлоргидрирования и гидрогалогенирования. Комбинированные технологии и совмещенные процессы хлорирования. Технология винилхлорида.

Тематики специализации «Нефтегазохимия и Углеродные материалы»:

7. Теоретические основы химической технологии топлива и углеродных материалов

7.1. Углерод.

- Аллотропные модификации углерода. Физико-химические свойства углерода. Химические свойства углерода.
- Синтез углерода из газовой фазы.
- Синтез углерода из конденсированной фазы.
- Принципы синтеза углерода из жидкой фазы.

7.2. Природные энергоносители.

- Исходный растительный материал. Превращения исходного растительного материала в процессе углеобразования. Гумолиты и сапропелиты. Петрографические характеристики углей. Виды ТГИ. Групповой состав ТГИ.
- Органическая и минеральная части. Гетероатомы в органической массе углей.
- Структура углей. Структура микрокомпонентов углей.
- Технический анализ угля. Элементный и групповой анализ.
- Классификация углей. Генетические, промышленные и промышленно-генетические классификации.

7.3. Нефть.

- Происхождение нефти и природного газа. Фракционный, групповой и структурно-групповой состав нефти. Фракционный состав газов.

- Гетероатомные соединения нефти и газа. Смолисто-асфальтеновые вещества, их коллоидные свойства.
- Техническая характеристика нефтей.
- Классификация нефтей.
- Природный газ. Происхождение природного газа.

7.4. Химизм и механизмы основных процессов технологии природных энергоносителей и углеродных материалов.

- Роль термодинамики и кинетики химических процессов в технологии природных энергоносителей и углеродных материалов.
- Термические процессы. Радикально-цепной механизм деструкции углеводородов. Пиролиз и крекинг нефтепродуктов, термическое дегидрирование. Полукоксование и коксование углей.
- Каталитические процессы. Механизм катионно-цепного процесса. Каталитический крекинг и алкилирование.
- Гидрогенизационные процессы. Механизм гетерогенно-кatalитического процесса. Гидрирование и дегидрирование. Гидроочистка. Риформинг.
- Окислительные процессы. Механизмы: радикальный цепной и нецепной. Окисление углеродсодержащих веществ.
- Газификация угля. Влияние условий процесса на состав продуктов.
- Синтезы на основе оксида углерода и водорода, механизмы и возможности управления процессами.

8. Химическая технология топлива и углеродных материалов.

8.1. Синтетическое жидкое топливо

- Процесс гидрогенизации углей. Недеструктивная и деструктивная гидрогенизация. Особенности подготовки сырья к гидрогенизации. Технология гидрогенизации. Схема установок. Основные технологические режимы процессов.
- Синтез в потоке взвешенного порошкообразного катализатора (процесс Фишера-Тропша). Схема установки. Технология получения метанола из синтез-газа. Основные закономерности процесса. Схема установки.

8.2. Технология переработки нефти

- Способы подготовки нефтей и конденсатов к переработке. Аппаратура.
- Первичная переработка нефти. Технологические схемы.
- Вторичные процессы переработки нефти, связанные с изменением структуры углеводородов. Типовые технологические схемы.
- Пиролиз нефтяного сырья. Температурно-временные режимы. Установка пиролиза. Замедленное коксование. Установка замедленного коксования в необогреваемых камерах.

8.3. Углеродные и углеродсодержащие композиционные материалы

- Принципиальная схема производства углеграфитовых материалов. Температурно-временные режимы стадий процесса. Аппаратура.
- Технологические схемы получения углеродных материалов: технический углерод, сорбенты на основе углерода, терморасширенный графит, стеклоуглерод, пироуглерод,

синтетические алмазы.

- Технологические схемы получения волокнистых углеродных материалов. Типовое аппаратное оформление, используемое в технологии производства углеродных волокон.
- Технология композиционных материалов на основе волокнистых наполнителей: углепластики, боропластики, карбидопластики, органо-пластики, углерод-углеродные композиционные материалы.

8.4. Низко- и среднетемпературная переработка твердых топлив.

- Основные способы переработки твердых топлив. Краткая характеристика основных способов переработки топлив.
- Подготовка топлив к переработке (углеподготовка). Механические способы переработки: грохочение, дробление, измельчение, их брикетирование и гранулирование.
- Низкотемпературная переработка торфов и бурых углей. Принципиальная технологическая схема.
- Полукоксование твердых природных энергоносителей. Технологические схемы полукоксования.

8.5. Высокотемпературная переработка твердых природных энергоносителей.

- Высокотемпературное коксование. Типы камерных печей (ПК, ПВР). Устройство коксовой батареи.
- Газификация твердых природных энергоносителей. Основные типы газогенераторов, их устройство и принцип работы.

9. Теория химических процессов органического синтеза

9.1. Введение

Стехиометрия и материальный баланс реакции. Независимые реакции и ключевые вещества. Степень конверсии, выход, селективность.

9.2. Основы кинетического исследования органических реакций

9.3. Связь кинетики и механизма реакции. Элементарные и неэлементарные реакции. Методы и примеры построения кинетических уравнений.

9.4. Методика кинетического исследования. Модели идеальных реакторов. Основы обработки кинетических данных. Интегральный и дифференциальный методы обработки. Необратимые простые реакции. Обратимые реакции. Влияние температуры на скорость реакции.

9.5. Механизм и кинетика радикальных реакций

9.6. Цепные реакции. Инициирование, развитие и обрыв цепи. Длина цепи, квантовый и радиационно-химический выход. Неразветвленные и разветвленные реакции. Вырожденное разветвление цепи. Особенности исследования кинетики и обработки данных для радикально-цепных реакций.

9.7. Механизм и кинетика гомогеннокаталитических реакций Классификация гомогенных катализаторов. Нуклеофильный катализ. Автокатализ. Кислотный-основный и электрофильный катализ. Жесткие и мягкие кислоты и основания. Функции кислотности. Специфический и общий кислотно-основный катализ. Особенности кинетики и механизм. Кислотность и каталитическая активность, уравнение Бренстеда.

9.8. Металлокомплексный катализ. Элементарные стадии. Примеры меха-

- низмов реакций. Ферментативный катализ. Особенности кинетики и обработки кинетических данных. Имобилизованные гомогенные катализаторы.
- 9.9. Кинетика гетерофазных реакций
Кинетическая область гетерофазных реакций. Кинетика, катализ межфазного переноса. Кинетика гетерофазных реакций в переходной области. Диффузионная область. Влияние гетерофазности на селективность.
- 9.10. Механизм и кинетика гетерогеннокаталитических реакций
Гетерогенный катализ и адсорбция. Кислотно-основный и металлокомплексный гетерогенный катализ. Кинетическая область гетерогенного катализа. Уравнение Лэнгмюра-Хиншельвуда. Катализ на неоднородной поверхности. Адсорбционная область. Внешнедиффузионная и переходные области. Внутридиффузионная и переходные области, фактор эффективности, модуль Тиле. Влияние области протекания на селективность.
- 9.11. Особенности исследования кинетики сложных реакций
Параллельные реакции. Метод конкурирующих реакций. Последовательные и последовательно-параллельные реакции. Количественное описание состава продуктов и селективности. Кинетическое исследование сложных систем реакций. Функции распределения продуктов.
- 9.12. Использование кинетических моделей для выбора условий проведения реакции
- 9.13. Удельная производительность реакторов. Выбор реакционных узлов и параметров реакции по удельной производительности. Экономические критерии оптимизации. Выбор реакционных узлов и параметров реакции по критерию селективности.
- 9.14. Расчёт материального и теплового баланса реактора по заводским данным.
10. Основы эксергетического и эксергоэкономического методов анализа.
- 10.1. Понятие эксергии, окружающей среды; типы окружающих сред веществ отсчета.
- 10.2. Эксергетические характеристики процессов и систем; эксергетический анализ процессов горения; виды потерь эксергии; эксергетические диаграммы процессов в печах и газогенераторах.
11. Математическое моделирование и расчет реакторов.
- 11.1. Стехиометрические соотношения и материальный баланс; тепловой баланс химического аппарата; определение основных размеров аппарата по данным действующего регламента.
- 11.2. Расчет химических аппаратов с использованием математических моделей; расчет гомогенных периодических реакторов с теплообменом через стенку; расчеты непрерывных реакторов идеального смешения (РИС) и идеального вытеснения (РИВ), расчеты реакторов с использованием диффузионной и ячеечной модели; расчет реакторов для гетерогеннокаталитических процессов.
12. Оборудование и технология производств переработки топлива.
- 12.1. Сырьевые характеристики нефти. Первичная разгонка нефти.
- Методы выражения и определения состава нефти.
 - Технологическая классификация и товарные характеристики

нефти.

- Углеводородные газовые топлива. Нефтяные топлива, масла и смазки. Понятие о химмотологии. Твердые нефтепродукты. Нефтепродукты специального назначения.
- Методы разделения компонентов нефти и газа.
- Первичная переработка нефти.
- Сортировка нефтей. Методы разрушения водонефтяных эмульсий. Конструкция основных аппаратов.
- Промышленные установки первичной и вторичной перегонки нефтей, мазутов и дистиллятов. Классификация трубчатых установок. Материальный баланс перегонки нефти и использование дистиллятов. Технологический расчет режима первичной перегонки нефти.
- Конструкция основных аппаратов установок АВТ. Трубчатые печи и их характеристики. Тепловой баланс и технологические показатели трубчатых печей.

12.2. Переработка углеводородных газов.

- Методы очистки газа и характеристика поглотителей. Абсорбционные и хемосорбционные процессы очистки. Конструкция основных аппаратов.
- Очистка газов от меркаптанов. Утилизация сероводорода. Конструкция основных аппаратов.
- Глубокая осушка природного газа. Общие положения.
- Извлечение тяжелых углеводородов из газа. Конструкция основных аппаратов.
- Извлечение гелия из очищенного газа.

12.3. Оборудование и технология процессов переработки нефти.

- Термодеструктивные процессы переработки нефти. Виды, технологические схемы и аппаратное оформление установок термического крекинга, пиролиза. Аппаратное оформление установок пиролиза. Принципы расчета и подбора основных аппаратов технологической схемы.
- Производство нефтяного кокса, технического углерода. Принципиальные технологические схемы.
- Нефтяные битумы, принципиальные технологические схемы производства.
- Каталитические процессы переработки нефтяных фракций.
- Технологические схемы установок каталитического крекинга, риформинг бензина, изомеризация парафиновых углеводородов.
- Гидрогенизационные процессы нефтепереработки. Гидроочистка депарафинированных масляных рафинатов. Гидрокрекинг высоковязкого масляного сырья.

12.4. Производство товарных нефтепродуктов.

- Производство масел. Способы очистки масляных фракций. Поточные схемы масляного блока НПЗ.
- Химические методы очистки нефтяных фракций. Депарафинизация нефтяного сырья. Очистка и разделение нефтяного сырья избирательными растворителями. Конструкция основных

- аппаратов для производства масел.
 - Компаундирование топлив. Добавки и присадки к топливам.
 - Нефтяные растворители. Принципиальные технологические схемы производства.
13. Оборудование и технология производств углеродных материалов.
- 13.1. Измельчение и формование углеродсодержащих материалов.
Измельчение твердых материалов.
- 13.2. Классификация размольных машин. Затраты энергии на измельчение. Основные требования к размольным машинам. Типовые схемы размольных установок.
- Классификация дисперсных материалов. Физические основы анализа и расчета процессов классификации. Оборудование. Сравнение достоинств и недостатков. Классификация зернистых материалов. Общие сведения.
 - Составление шихт, формование углеродсодержащих материалов. Назначение операции. Принципы составления шихт.
 - Формование изделий из шихты. Назначение операции. Способы формования изделий. Основы выбора оборудования для формования изделий. Оборудование для прессования изделий.
- 13.3. Термическая обработка углеродсодержащих материалов.
- Прокаливание сырьевых материалов и обжиг изделий. Классификация печей. Основы расчета печей (материальные и тепловые балансы).
 - Графитация (графитирование) изделий. Назначение операции. Общие положения о графитировании углеродных изделий. Оборудование для графитации изделий.
- 13.4. Вспомогательные стадии получения углеродных материалов.
- Механическая обработка изделий. Назначение операции. Оборудование.
 - Хранение сырья и готовой продукции.

Тематики специализации «Тонкий органический синтез и химия красителей»:

14. Общие методы получения ароматических продуктов.
- 14.1. Сульфирование.
- Цель введения сульфогруппы в ароматическое соединение, применение сульфокислот. Сульфорирующие реагенты. Общая схема процесса сульфирования. Обратимость реакции сульфирования серной кислотой. Влияние различных факторов на процесс сульфирования (концентрация кислоты, температура и продолжительность процесса, природа заместителя, присутствие катализатора).
 - Технология сульфирования. Контроль производства. Методы выделения сульфокислот: высаливание, известкование. Разделение изомерных сульфокислот.
 - Технология сульфирования в парах на примере толуола. Сульфирование ароматических аминов (метод «запекания»), в

- растворителе).
 - Сульфирование нафталина. Правило введения сульфогруппы в молекулу нафталина. Получение моно-, ди- и трисульфокислот нафталина.
 - Сульфирование антрахинона. Получение моно- и дисульфокислот.
 - Анализ сульфомассы и идентификация сульфокислот. Меры предосторожности при проведении сульфирования.
- 14.2. Нитрование.
- Значение реакции нитрования. Нитрующие реагенты. Влияние различных факторов на процесс нитрования (температура, концентрация нитрующего агента, природа заместителей).
 - Технология нитрования. Контроль производства. Методы выделения и очистки нитросоединений. Получение нитробензола, динитробензола, нитротолуолов, нитрохлорбензолов.
- 14.3. Галогенирование.
- Хлорирование. Хлорирующие реагенты. Хлорирование в ядро и в боковую цепь. Влияние различных факторов на протекание процесса хлорирования (температура, присутствие катализатора, освещение, введение инициатора).
 - Бромирование. Реагенты. Особенности введения брома в ароматические соединения.
 - Контроль в процессе галогенирования. Меры предосторожности при проведении процессов галогенирования.
- 14.4. Восстановление нитро- и нитрозосоединений.
- Значение реакции восстановления нитросоединений. Восстановление железом в присутствии электролита. Схема реакции и теория процесса.
 - Восстановление металлами в кислой среде, солями сернистой кислоты, металлами в щелочной среде.
 - Восстановление растворами сульфидов. Методика частичного восстановления полинитросоединений.
 - Каталитическое восстановление ароматических нитросоединений, методы его проведения (парофазный и жидкофазный). Получение анилина, м-толуилендиамина.
 - Контроль в процессе восстановления, анализ аминсоединений.
 - Меры предосторожности при проведении восстановления нитросоединений.
- 14.5. Сплавление сульфокислот со щелочами.
- Схема реакции щелочного плавления, реагенты. Методы ведения процесса (при атмосферном и повышенном давлении). Выделение гидроксисоединений.

- Технология получения важнейших промежуточных продуктов (п-крезола, резорцина, 2-нафтола). Контроль процесса, анализ гидроксисоединений.
- 14.6. Диазотирование и превращение diazosоединений.
- Схема diaзотирования, реагенты. Свойства солей diaзония.
 - Превращение diazosоединений без выделения азота. Азосочетание. Восстановление diazosоединений с образованием арилгидразинов.
 - Превращение diazosоединений с выделением азота. Замещение diaзогруппы атомом водорода, гидроксильной группой, атомом галогена, циангруппой, арильным остатком, серусодержащими группами.
 - Стойкие формы diaзо-соединений. Контроль в ходе diaзотирования, анализ diazosоединений.
 - Меры предосторожности при работе с diazosоединениями.
- 14.7. Алкилирование.
- N-Алкилирование ароматических аминов. Реагенты. Алкилирование спиртами, простыми эфирами, алкилгалогенидами. Схема реакции.
 - O-Алкилирование ароматических гидроксисоединений. Схемы и реагенты алкилирования.
- 14.8. Ацилирование.
- N-Ацилирование ароматических аминов. Значение и схема реакции, ацирующие реагенты (кислоты, их ангидриды, хлорангидриды, эфиры, кетен, дикетен, ацетоуксусный эфир). Влияние природы ацилирующих реагентов на скорость ацилирования. Гидролиз ацильного остатка.
 - O-Ацилирование ароматических гидроксисоединений. Реагенты. Получение кубозолей.
- 14.9. Процессы окисления.
- Типы реакций окисления. Окислители. Реакции окисления с сохранением углеродного скелета молекулы.
 - Реакции окисления с изменением углеродного скелета молекулы. Получение карбоновых кислот (антралиновой, 1,4,5,8-нафталинтетракарбоновой).
 - Получение гидроксисоединений (из кумола, из медной соли бензойной кислоты). Сравнение методов получения фенола.
- 14.10. Реакции конденсации.
- Карбоксилирование ароматических соединений (получение салициловой и БОН-кислоты).
 - Конденсация с выделением воды (получение антрахинона и его производных).
15. Технология органических красителей.
- 15.1. Классификация и номенклатура красителей.
- 15.2. Азокрасители.
- 15.3. Хромофорная система азокрасителей. Основные способы получения азосоединений.

- 15.4. Процесс диазотирования. Процесс азосочетания.
- 15.5. Моноазокрасители, полиазокрасители.
- 15.6. Полициклохиноновые красители.
- 15.7. Нитро- и нитрозокрасители.
- 15.8. Арилметановые красители.
- 15.9. Антрахиноновые и арилметановые красители.
- 15.10. Ариламиновые красители.
- 15.11. Индигоидные красители.
- 15.12. Макрогетероциклические красители.
16. Основы проектирования технологии топлива и углеродных материалов
- 16.1. Принципы построения экотехнологий.
- Определение экологически целесообразных технологий; иерархия критериев в механизме принятия технологических решений.
 - Банк экологически целесообразных веществ; выбор стратегического «коридора» реализуемости технологий.
 - Механизмы построения организованных ХТС; принципы построения технологий на основе законов К.Ф.Рулье и Г. и Э.Одумов.
- 16.2. Энтропия информации как мера порядка; интерпретация информационного процесса; виды информационных систем, информационные модели; информационный анализ типовых ХТП и ХТС и механизмы построения организованных технологических систем; ближний и дальний прогнозы. Элементы анализа и синтеза химико-технологических схем.
- Иерархия производства. Общие принципы построения химико-технологических схем. Критерии оптимальности. Оптимизация системы "реактор–разделение". Эксергетический анализ схемы. Термoeкономическая оптимизация.
- Особенности анализа и синтеза химико-технологических схем в технологии тонкого органического синтеза.
- Совмещенные технологические схемы.
- Проектирование технологической схемы как объект автоматизации. Состав и структура САПР, основные виды обеспечения, программы, решаемые задачи
- 16.3. Основы проектирования производств тонкого органического синтеза.
- Теплообмен и перемешивание в емкостных реакционных аппаратах.
 - Анализ и синтез ХТС много ассортиментных малотоннажных органических производств.
 - Аппаратурно-технологическое оформление стадий подготовки сырья, стадий физико-механических процессов при производстве выпускных форм органических красителей.
 - Аппаратурно-технологическое оформление процессов сульфирования ароматических соединений.
 - Аппаратурно-технологическое оформление процессов нитрования ароматических соединений.
 - Аппаратурно-технологическое оформление процессов

- хлорирования ароматических соединений.
- Аппаратурно-технологическое оформление процессов щелочного плавления солей ароматических сульфокислот. Аппаратурно-технологическое оформление процессов восстановления ароматических нитросоединений.
- Аппаратурно-технологическое оформление процессов диазотирования ароматических аминов и азосочетания.
- Аппаратурно-технологическое оформление процессов конденсации.
- Аппаратурно-технологическое оформление контактно-каталитических процессов.
- Типы конверторов, особенности работы, критериальные уравнения и математические модели, описывающие их.
- Трубчатые конверторы с наружным, вынесенным и внутренним контуром нитрит-нитратной смеси.

3. ПРИМЕРНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ВОПРОСОВ К ВСТУПИТЕЛЬНЫМ ИСПЫТАНИЯМ

Примерное содержание вопросов по программе «Технология нефтегазохимии, органического синтеза и углеродных материалов»

Вопросы по химической технологии:

Вопросы по специализации «Нефтегазохимия и Углеродные материалы»

1. Состояние системы. Уравнения состояния. Энергия. Работа. Теплота. Нулевой, первый, второй и третий законы термодинамики.
2. Диффузия, закон Фика. Уравнения неразрывности, конвективной диффузии. Движущие силы. Коэффициенты массоотдачи, массопередачи.
3. Методы расчета массообменных процессов на основе понятия теоретической ступени разделения и на основе коэффициентов массопередачи.
4. Ректификация. Ректификационные аппараты. Их типы. Описание равновесия в системах жидкость – пар. Расчет ректификационных аппаратов.
5. Экстракция. Равновесие и массопередача в системах жидкость – жидкость. Типы используемых экстракционных аппаратов. Математическая модель колонного экстрактора.
6. Гомогенные изотермические реакторы. Реактор периодического действия. Проточный реактор с мешалкой. Реактор с продольным перемешиванием потока. Автотермические реакторы.
7. Гетерогенные каталитические реакторы. Одно- и многослойные реакторы со стационарным слоем катализатора. Квазигомогенная и гетерогенная модели. Реакторы с псевдооживленным слоем катализатора.
8. Реакторы для газофазных, жидкофазных и многофазных процессов на примере каталитического крекинга, щелочной демеркаптанзации углеводо-

родных систем и термического растворения углей.

9. Уравнения материально-тепловых балансов реактора идеального смешения, работающего в периодическом режиме, на примере реактора селективного жидкофазного окисления аценафтена в нафталевый ангидрид.

10. Уравнения материально-тепловых балансов реактора идеального смешения, работающего в непрерывном режиме, на примере адиабатического реактора риформинга бензиновой фракции.

11. Уравнения материально-тепловых балансов реактора идеального вытеснения, работающего в непрерывном режиме, на примере реактора жидкофазного синтеза Фишера – Тропша.

12. Уравнения материально-тепловых балансов реакторов, рассчитываемых по ячеечной модели, на примере реактора синтеза битума из гудрона.

13. Организация реакторных узлов для высоко экзо- и эндотермических процессов на примере реакций окисления гудрона до битума и риформинга нефтяных фракций.

14. Проблемы энерго- и ресурсосбережения на примере производства синтез-газа из возобновляемых источников.

15. Проблемы использования альтернативных и нетрадиционных источников сырья. Преимущества и недостатки альтернативной энергетики по сравнению с производством энергии на основе ископаемых углеводородов.

Вопросы по специализации «Основной органический и нефтехимический синтез»

16. Эволюция сырьевой базы, структуры и методов промышленной органической химии. Тенденции и перспективы развития отрасли.

17. Основные группы продуктов основного органического синтеза.

18. Производства тонкого органического синтеза и их специфика.

19. Построение технологической схемы производства с учетом термодинамических и физических характеристик участвующих веществ на конкрет-

ном примере одного из продуктов основного органического и нефтехимического синтеза.

20. Построение цепочки технологических процессов получения одного из продуктов промышленной органической химии на базе указанного первичного сырья.

21. Аппаратурное оформление и физико-химические основы совмещенных реакционно-массобменных процессов.

22. Материальный и тепловой расчет технологических процессов.

23. Расчеты реакторов по производственным данным.

24. Сырьевая база, структура и методы промышленной органической химии.

Вопросы по специализации «Тонкий органический синтез и химия красителей»:

25. Производства тонкого органического синтеза и их специфика.

26. Основные группы продуктов тонкого органического синтеза.

27. Производства тонкого органического синтеза и их специфика.

28. Аппаратурно-технологическое оформление стадий подготовки сырья, стадий физико-механических процессов при производстве выпускных форм органических красителей.

29. Построение технологической схемы производства с учетом термодинамических и физических характеристик участвующих веществ на конкретном примере одного из продуктов тонкого органического синтеза.

30. Структуризация технологического процесса получения одного из промежуточных продуктов тонкого органического синтеза на базе указанного первичного сырья.

31. Анализ и синтез ХТС много ассортиментных малотоннажных органических производств.

32. Материальный и тепловой расчет технологических процессов.

33. Теплообмен и перемешивание в емкостных реакционных аппаратах.

Теоретические вопросы:

Вопросы по специализации «Нефтегазохимия и Углеродные материалы»

1. Цепные реакции. Радикально-цепной механизм процесса на примере термического крекинга. Привести последовательность реакций для модельного вещества 2-метил-октана. Инициаторы и ингибиторы процессов. Для выбранного процесса обосновать технологические режимы установок.

2. Цепные реакции. Радикально-цепной механизм процесса на примере выветривания углей. Привести последовательность реакций характерных для процесса выветривания.

3. Цепные реакции. Ионно-цепной механизм процесса на примере каталитического крекинга. Привести последовательность реакций для модельного вещества н-октан. Для выбранного процесса обосновать технологические режимы установок.

4. Нецепные реакции. Радикально-нецепной механизм процесса на примере окисления нефтяного модельного углеводорода – н-нонана. Привести

последовательность реакций.

5. Нецепные реакции. Ионно-нецепной механизм процесса на примере способов переработки углеводородных газов. Привести последовательность реакций. Для выбранного процесса обосновать технологические режимы установок.

6. Химизм получения металлургического кокса. Химизм процессов полукоксования и коксования ТГИ. Первичные и вторичные продукты. Аналогии и различия с термическим крекингом и пиролизом углеводородов.

7. Химизм и механизм полимеризационных и поликонденсационных процессов в технологии природных энергоносителей и углеродных материалов. Формирование пироуглерода и сажи. Для выбранного процесса обосновать технологические режимы установок.

8. Простые и сложные реакции. Кинетическая модель гомогенных реакций различных порядков. Примеры выбора координат линеаризации реакций порядков 1, 1/2 и 2.

9. Гомогенный катализ. Применение методов квазистационарности и квазиравновесия к созданию кинетической модели на основе предполагаемого механизма реакции.

10. Гетерогенный катализ. Основные теории гетерогенного катализа.

11. Области протекания гетерогенного процесса для пористых частиц. Распределение концентраций реагента по длине поры.

12. Гетерогенно-каталитический процесс на внешней поверхности катализатора. Математическая модель процесса для реакции различных порядков.

13. Технология фракционирования нефтей. Технология каталитических процессов переработки нефти. Каталитический крекинг, риформинг, висбрекинг. Основные схемы нефтепереработки нефтей по различным направлениям.

14. Технология получения углеродных волокон, углеграфитовых материалов, углеродных композитов, искусственных алмазов.

15. Технология конверсии углеводородов в смеси CO и H₂. Технология синтеза Фишера-Тропша.

Вопросы по специализации «Основной органический и нефтехимический синтез»

16. Вывод кинетического уравнения на базе механизма заданной радикально-цепной реакции.

17. Вывод кинетического уравнения на базе механизма заданной гомогенно-каталитической реакции.

18. Вывод кинетического уравнения заданной гетерофазной реакции.

19. Вывод кинетического уравнения заданной гетерогенно-каталитической реакции.

20. Расчет выхода и селективности для сложных реакций.

21. Расчет материального баланса реактора для заданной сложной химической реакции.

22. Расчет удельной производительности, степени конверсии, выхода и селективности для заданной сложной химической реакции для заданного идеального реактора.

23. Оптимизация реакционного узла по заданному экономическому критерию.

Вопросы по специализации «Тонкий органический синтез и химия красителей»:

24. Электрофильное ароматическое замещение.

25. Нуклеофильное замещение в ароматическом ряду.

26. Радикальное замещение. Цепной характер радикальных реакций.

27. Процесс диазотирования и превращение диазосоединений. Устойчивые формы диазосоединений.

28. Реакции взаимных превращений amino- и гидроксисоединений.

29. Восстановление соединений с группами, не содержащими азота.

30. Араминирование в присутствии солей сернистой кислоты.

31. Восстановление ароматических нитросоединений.

32. Реакции алкилирования и ацилирования в ароматическом ряду.

ЛИТЕРАТУРА

«Технология нефтегазохимии, органического синтеза и углеродных материалов»

1. Вержичинская С.В., Бухаркина Т.В., Дигуров Н.Г., Туманян Б.П. Химия природных энергоносителей и углеродных материалов. □ М.: «Техника», ТУМА-ГРУПП, 2009, 204 с.

2. Ахметов С.А., Ишмияров М.Х., Кауфман А.А. Технология переработки нефти, газа и твердых горючих ископаемых. Под.ред. Ахметова С.А. – СПб.: Недра, 2009, 832 с.

3. Букварева О.Ф., Бухаркина Т.В. Кинетика и термодинамика процессов термодеструкции углеродсодержащих веществ. □ М. РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2001. 28 с.

4. Фиалков А.С. Углерод, межслоевые соединения и композиты на его основе. □ М.: Аспект Пресс, 1997. 718 с.

5. Глуценко И.М. Теоретические основы технологии горючих ископаемых. М.: Металлургия, 1990. 296 с.

6. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. – М. Химия, 1988. 592 с.

7. Костиков В.И., Шипков Н.Н., Калашников Я.А. и др. Графитация и алмазообразование. – М. Металлургия, 1991. 223 с.

8. Гюльмалиев А.М., Головин Г.С., Гладун Т.Г. Теоретические основы химии угля. – М. Издательство Московского государственного горного университета. 2003. 556 с.

9. Жоров Ю.М. Кинетика промышленных органических реакций. □ М. Химия, 1989. □ 384 с.

10. Бухаркина Т.В., Дигуров Н.Г. Основы построения кинетических моделей. □ М. РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2002. 63 с.

11. Гаврилов Ю.В., Королева Н.В., Синицин С.А. Переработка твердых при-

- родных энергоносителей. – М., РИО РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2001, 160с.
12. Синицин С.А., Королева Н.В. Переработка жидких и газообразных природных энергоносителей. – М., РИО РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2001, 103с.
 13. Комарова Т.В. Получение углеграфитовых материалов. – М., РИО РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2001, 94 с.
 14. Химическая технология твердого топлива. Под ред. Макарова Г.Н. и Харламповича Г.Д. – М., Химия, 1986, 492 с.
 15. Печуро Н.С., Капкин В.Д., Песин С.Ю. Химия и технология синтетического жидкого топлива и газа. – М., Химия, 1986. 349 с.
 16. Ахматов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа. – Изд-во Гилем, 2002. 620 с.
 17. Мановян А.К. Технология первичной переработки нефти и газа: Учебное пособие для вузов. 2-е изд. – М., Химия, 2001. 586 с.
 18. Чалых Е.Ф. Оборудование электродных заводов. М., Металлургия, 1990. 235 с.
 19. Фиалков А.С. Процессы и аппараты производства порошковых углеграфитовых материалов. М., Аспект ПРЕСС, 2008. 687 с.
 20. У. Леффлер. Переработка нефти. – М., ЗАО Олимп-бизнес, 2003. 350 с.
 21. Колесников В.А., Налетов А.Ю. Принципы создания экотехнологий. – М. РХТУ, 2008. 450 с.
 22. Дигуров Н.Г., Китайнер А.Г., Налетов А.Ю., Скудин В.В. Проектирование и расчет аппаратов технологии горючих ископаемых. – М. Химия, 1993. 280 с.
 23. Налетов А.Ю. Информационный анализ в химической технологии. Стратегия и тактика энергосбережения. – М. Химия, 2001. 240 с.
 24. Бертокс П., Радд Д. Стратегия защиты окружающей среды от загрязнений. – М. Мир, 1980. 604 с.
 25. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – М. Иностран. литер., 1963. 829 с.
 26. Н.Н.Лебедев, М.Н.Манакон, В.Ф.Швец «Теория химических процессов основного органического и нефтехимического синтеза», Москва. Химия, 1984.
 27. И.А. Козловский, Р.А. Козловский, М.Г. Макаров, Д.В. Староверов, В.Ф. Швец, Сборник задач по теории химических процессов и реакторов органического синтеза, М., РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2014, 124 с.
 28. Ю.П. Сучков, И.А. Козловский, А.И. Луганский, В.С. Дубровский. Принципы построения технологических схем основного органического синтеза. М., РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2020, 95 с.
 29. М.С. Воронов, В.Н. Сапунов, Д.В. Староверов, И.А. Козловский, Р.А. Козловский. Теория химических процессов органического синтеза. Лабораторный практикум с применением компьютерных средств. Учебное пособие, РХТУ им. Д.И.Менделеева. Издательский центр, 2021, С. 84.
 30. В.С.Тимофеев, А.А.Серафимов Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза. 2-е изд., перераб. М., Химия, 2003, 536 с.
 31. Говаринер В.Г., Висванатхан И.В. Полимеры. — М.: Наука, 1990.
 32. Евстигнеева Р.П. Тонкий органический синтез. — М.: Химия 1991.
 33. Литвинцев И.Ю. Методические указания по курсу «Химия и технология

основного органического и нефтехимического синтеза». Исходные вещества для промышленного органического синтеза. — Москва: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1994

34. Бартик Д.Л., Леффлер У.Л. Нефтехимия. — ЗАО «Олимп-Бизнес», 2001.

35. Смирнов Н.Н., Волжинский А.И. Химические реакторы в примерах и задачах, Л., Химия, 1986., 224 с.

36. Дигуров Н.Г. и др. Основы проектирования и оборудование заводов ОО и НХС, М., Химия, 1993., 400 с.

37. Рейхсфельд В.О., Еркова Л.Н., Оборудование производств ООС и СК, Л., Химия, 1974., 300 с.

38. Костромина Н.А., Кумок В.Н., Скорик Н.А. Химия координационных соединений. М.: Высш. шк., 1990.

39. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. . 4-е изд. - М.: "Химия", 1991 - 448 с

40. Ингольд К. Механизм реакций и строение органических соединений М.: Мир, 1959. -.

41. Травень В.Ф. Органическая химия. В 2-х томах. М.: Академкнига; Т.1-2004, 727с., Т.2-2004, 582с

42. Химия и технология ароматических соединений: учебн. пособие / В.Н. Лисицын. – М.: ДеЛи плюс, 2014. – 391с.

43. Продукты органического синтеза и их применение: учебн. пособие / Ю.А. Москвичев, В.Щ. Фельдблюм. – СПб: «проспект Науки», 2009. – 376с.

44. Химическая кинетика: Курс лекций: В 3 ч. / Под ред. А. Г. Окунова. Новосибир. гос. ун-т. Новосибирск. – 2003, Ч.1. – 88с.

45. Колесников И.М. Катализ и производство катализаторов. – М.: Техника, 2004. — 399с.

46. Комплексы переходных металлов в катализе органических реакций: учебн. пособие / Е.П. Анпёнова, Н.Н. Протасов; под ред. В.П. Перевалова. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. – 108с.

47. Горелик М.В., Эфрос Л.С. Основы химии и технологии ароматических соединений. – М.: Химия. – 1992. – 640с.

48. Перевалов В.П., Колдобский Г.И. Основы проектирования и оборудование производств тонкого органического синтеза. – М.: Химия, 1997. – 288с.

49. Основы курсового и дипломного проектирования: учеб. пособие / Шапошников Г.П., Перевалов В.П., Майзлиш В.Е., Борисов А.В. – Иваново, 2010. – 200 с.
50. Беркман, Б.Е. Основы технологического проектирования производств органического синтеза. – М.: Химия, 1970. – 368с.
51. Гуревич Д.А. Проектные исследования химических производств. – М.: Химия, 1976. – 208с.
52. Степанов Б.И. Введение в химию и технологию органических красителей. – 3-е изд., М.: Химия, 1984 – 583с.