

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:

*«Современная технология полимеров, композитов и покрытий»
«Материалы и технологии smart энергосистем»
«Химическая технология новых материалов и малотоннажного синтеза»
«Химическая технология полимеров медико-биологического назначения»
«Технология нефтегазохимии, органического синтеза и углеродных материалов»
«Химия и технология биологически активных веществ»
«Современные технологии и аналитические методы исследований в производстве
лекарственных и косметических средств и в системе допинг- и наркоконтроля»*

Разработчики программы:

- член Комиссии университета по разработке программ вступительных испытаний в магистратуру по направлению 18.04.01 – Химическая технология, профессор кафедры технологии основного органического и нефтехимического синтеза, д.х.н., доц. *Р.А. Козловский*

«Технология неорганических веществ»:

- заведующий кафедрой технологии неорганических веществ, д.х.н., проф. *А.И. Михайличенко*

- профессор кафедры технологии неорганических веществ, д.х.н., с.н.с. *М.Б. Алехина*

«Электрохимические процессы и производства»

- заведующий кафедрой технологии электрохимических процессов, к.х.н., доцент *В. Т. Новиков*

- профессор кафедры технологии электрохимических процессов, д.х.н., проф. *А. Н. Попов*

«Химическая технология материалов и изделий электроники и нано-электроники»:

- заведующий кафедрой химии и технологии кристаллов, д.т.н., проф. *Е. В. Жариков*

- профессор кафедры химии и технологии кристаллов, д.х.н., проф. *И. Х. Аветисов*

- доцент кафедры химии и технологии кристаллов, к.х.н., доц. *О. Б. Петрова*

«Химическая технология высокотемпературных функциональных материалов»:

- руководитель магистерской программы «Химическая технология высокотемпературных функциональных материалов» по направлению 18.04.01 – Химическая технология д.х.н., проф. *А.В. Беляков*,

- зам. заведующего кафедрой Химической технологии композиционных и вяжущих материалов, к.т.н., проф. *Л.И. Сычева*,

- зам. заведующего кафедрой Химической технологии стекла и ситаллов, к.т.н., проф. *Н.Ю. Михайленко*,

- зам. заведующего кафедрой Химической технологии керамики и огнеупоров, д.т.н., проф. *Н.А. Макаров*

«Современная технология полимеров, композитов и покрытий»:

- профессор кафедры Химической технологии полимерных композиционных лакокрасочных материалов и покрытий, д.т.н. *М.Ю. Квасников*

- доцент кафедры Химической технологии полимерных композиционных лакокрасочных материалов и покрытий, д.х.н., *А.Е. Антипов*

- заведующий кафедрой технологии переработки пластмасс, д.х.н., проф. *И.Ю. Горбунова*

- и.о. заведующего кафедрой химической технологии пластических масс, д.х.н., проф. *В.В. Киреев*,

- декан факультета нефтегазохимии и полимерных материалов, к.х.н. *И.С. Сиротин*

- доцент кафедры химической технологии пластических масс, к.х.н. *Ю.В. Биличенко*,

- доцент кафедры химической технологии пластических масс, к.х.н. *С.Н. Филатов*

«Материалы и технологии смарт энергосистем»

- директор центра ЭМХИТ, к.ф.-м.н. *А.Е. Антипов*

- научный руководитель центра ЭМХИТ, д.ф.-м.н. *М.А. Воротынцев*

- декан факультета нефтегазохимии и полимерных материалов, к.х.н., доц. *И.С. Сиротин*

«Химическая технология новых материалов и малотоннажного синтеза»:

- заведующий кафедрой химической технологии пластических масс; д.х.н., проф. *В.В. Киреев*

- заведующий кафедрой переработки пластмасс; д.х.н., проф. *И.Ю. Горбунова*

- заведующий кафедрой химической технологии полимерных композиционных лакокрасочных материалов и покрытий; д.х.н., проф. *Е.М. Антипов*

- заведующий кафедрой химической технологии углеродных материалов, Т.В. Бухаркина

- Максимова Наталья Владимировна, МГУ имени М.В. Ломоносова, Химический факультет, Кафедра химической технологии и новых материалов, доцент, кандидат химических наук

- Булгаков Борис Анатольевич, МГУ имени М.В. Ломоносова, Химический факультет, Кафедра химической технологии и новых материалов, старший научный сотрудник, кандидат химических наук

«Технологии индустрии 4.0 в нефтегазохимической и полимерной отрасли»

Разработчики программы:

- член Комиссии университета по разработке программ вступительных испытаний в магистратуру по направлению 18.06.01 – Химическая технология, профессор кафедры технологии основного органического и нефтехимического синтеза, д.х.н., доц. *Р.А. Козловский*

«Современная технология полимеров, композитов и покрытий»:

- заведующий кафедрой технологии переработки пластмасс, д.х.н., проф. *И.Ю. Горбунова*

- и.о. заведующего кафедрой химической технологии пластических масс, д.х.н., проф. *В.В. Киреев*,

- декан факультета нефтегазохимии и полимерных материалов, к.х.н. *И.С. Сиротин*

- заведующий кафедрой химической технологии углеродных материалов, д.х.н., проф. *Т.В. Бухаркина*

- заведующий кафедрой химической технологии основного органического и нефтехимического синтеза, д.х.н., проф. *Р.А. Козловский*,

«Химическая технология полимеров медико-биологического назначения»:

- руководитель Учебно-научного центра «Биоматериалы»,
д.х.н., проф. М.И. Штильман

- старший научный сотрудник Учебно-научного центра «Биоматериалы»,
д.х.н. Я.О. Межуев

«Технология нефтегазохимии, органического синтеза и углеродных материалов»:

- заведующий кафедрой химической технологии основного органического и нефтехимического синтеза, д.х.н., проф. Р.А. Козловский,

- заведующий кафедрой 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,

«Химия и технология биологически активных веществ»:

- заведующий кафедрой химии и технологии биомедицинских препаратов,
д.х.н., проф. Л.В. Коваленко

- заведующий кафедрой химии и технологии органического синтеза,
к.х.н., доцент С.В. Попков

- декан факультета химико-фармацевтических технологий и биомедицинских препаратов, д.х.н., проф. Е.Н. Офицеров

«Современные технологии и аналитические методы исследований в производстве лекарственных и косметических средств и в системе допинг- и наркоконтроля»:

- заведующий кафедрой технологии химико-фармацевтических и косметических средств; д.х.н., проф. Г.В. Авраменко

- заведующий кафедрой ЭДНК, к.т.н. А.Е. Коваленко

- профессор кафедры ЭДНК, д.х.н., проф. А.А. Формановский

- доцент кафедры ЭДНК, к.х.н., доц. Е.П. Баберкина

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 Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденным приказом Министерства образования и науки РФ от 5 апреля 2017 г. № 301, а также в соответствии с Федеральным государственным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.04.01 – Химическая технология (уровень магистратуры), утвержденным приказом Министерства образования и науки РФ от 21 ноября 2014 г. № 1494.

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 неорганических веществ»: «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология», «Системы управления химико-технологическими процессами», «Моделирование химико-технологических процессов», «Теоретические основы технологии неорганических веществ», «Химическая технология неорганических веществ», «Техника экспериментальных исследований», «Оборудование и основы проектирования», «Технология реактивов и особо чистых веществ», «Адсорбция в технологии неорганических веществ», «Технология катализаторов», «Криогенные технологии»;

Программа «Электрохимические процессы и производства»: «Органическая химия», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология», «Моделирование химико-технологических процессов», а также дисциплин направленности «Технология электрохимических производств»:

«Теоретическая электрохимия», «Электрохимические технологии», «Коррозия и защита металлов», «Ресурсосбережение и экологическая безопасность электрохимических производств», «Оборудование и основы проектирования» или «Основы проектирования электрохимических реакторов», «Специальное оборудование в гальванотехнике» или «Технологии нанесения функциональных гальванопокрытий», «Функциональные гальванические покрытия и гальванопластика» или «Новые конструкционные материалы в гальванотехнике», «Основы технологии конверсионных покрытий» или «Неметаллические защитные покрытия», «Электрохимическая технология чистых металлов» или «Основы гидроэлектрометаллургической технологии», «Техника экспериментальных исследований» или «Методы исследования в ТЭП»;

Программа «Химическая технология материалов и изделий электроники и нанoeлектроники»: «Общая и неорганическая химия», «Физическая химия», «Химическая кинетика и катализ», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология», «Моделирование химико-технологических процессов», «Физическая химия твердого тела», «Физическая электроника и электронные приборы», «Процессы роста кристаллов», «Методы исследования материалов электроники и нанoeлектроники», «Оборудование производства материалов электроники и нанoeлектроники», «Минералогия», «Технология материалов электроники и нанoeлектроники»

Программа «Химическая технология высокотемпературных функциональных материалов»: «Общая и неорганическая химия», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», «Органическая химия», «Физическая

химия», «Коллоидная химия», «Общая химическая технология», «Процессы и аппараты химической технологии» и других специальных учебных дисциплинах, преподаваемых в РХТУ им. Д.И. Менделеева в рамках направления подготовки 18.03.01 – Химическая технология (профиль подготовки «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов»);

Программа «Современная технология полимеров, композитов и покрытий»: «Химия и физика полимеров», «Технология и оборудование производств полимеров», «Технология и оборудование процессов переработки полимеров», «Проектирование производств полимеров». «Химия и физика полимеров», «Технология полимеров и полимерных пленкообразующих материалов», «Технология переработки полимеров», «Оборудование и основы проектирования предприятий производства лакокрасочных материалов», «Химическая технология пигментов и пигментированных лакокрасочных материалов», «Технология и оборудование получения лакокрасочных покрытий»; «Органическая химия», «Процессы и аппараты химической технологии», «Технология переработки полимеров», «Основы проектирования и оборудование предприятий по переработке полимеров и других специальных учебных дисциплинах, преподаваемых в РХТУ им. Д.И. Менделеева в рамках направления подготовки 18.03.01 Химическая технология, профиль «Технология и переработка полимеров».

Программа «Материалы и технологии smart энергосистем»: «Общая и неорганическая химия», «Физическая химия», «Химическая кинетика и катализ», «Процессы и аппараты химической технологии», «Органическая химия», «Процессы и аппараты химической технологии», «Моделирование химико-технологических процессов», а также дисциплин направленности «Материалы и технологии smart энергосистем»:

«Теоретическая электрохимия», «Электрохимические технологии», «Коррозия и защита металлов», «Ресурсосбережение и экологическая безопасность электрохимических производств», «Оборудование и основы проектирования» или «Основы проектирования электрохимических реакторов», «Технологии нанесения функциональных гальванопокрытий», «Новые конструкционные материалы в гальванотехнике», «Электрохимическая технология чистых металлов», «Техника экспериментальных исследований» или «Методы исследования в ТЭП».

Программа «Химическая технология новых материалов и малотоннажного синтеза»: «Химия и физика полимеров», «Технология и оборудование производств полимеров», «Проектирование производств полимеров». «Химия и физика полимеров», «Технология полимеров и полимерных пленкообразующих материалов», «Оборудование и основы проектирования предприятий производства лакокрасочных материалов», «Химическая технология пигментов и пигментированных лакокрасочных материалов», «Технология и оборудование получения лакокрасочных покрытий»; «Органическая химия», «Процессы и аппараты химической технологии», «Моделирование химико-технологических процессов», «Теоретические основы химической техноло-

гии 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» и других специальных учебных дисциплинах, преподаваемых в РХТУ им. Д.И. Менделеева в рамках направления подготовки 18.03.01 Химическая технология, в том числе профиля «Технология и переработка полимеров».

Программа «Технологии индустрии 4.0 в нефтегазохимической и полимерной отрасли»: «Органическая химия», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология», «Моделирование химико-технологических процессов», «Механизмы органических реакций», «Введение в промышленную органическую химию», «Теория химических процессов органического синтеза», «Технология органических веществ», «Оборудование и основы проектирования производств органического синтеза»; «Химия и физика полимеров», «Технология и оборудование производств полимеров», «Технология и оборудование процессов переработки полимеров», «Проектирование производств полимеров». «Химия и физика полимеров», «Технология переработки полимеров», «Оборудование и основы проектирования предприятий производства лакокрасочных материалов»; «Органическая химия», «Процессы и аппараты химической технологии», «Технология переработки полимеров», «Основы проектирования и оборудование предприятий по переработке полимеров» и других специальных учебных дисциплинах, преподаваемых в РХТУ им. Д.И. Менделеева в рамках направления подготовки 18.03.01 Химическая технология.

Программа «Химическая технология полимеров медико-биологического назначения»: «Органическая химия», «Химия и физика полимеров», «Физическая химия», «Применение полимеров», «Технология пластических масс»;

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»;

Программа «Химия и технология биологически активных веществ»: «Органическая химия», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология», «Основы биохимии», «Химия и технология биологи-

чески активных веществ», «Основы проектирования производств биологически активных веществ»;

Программа «Современные технологии и аналитические методы исследований в производстве лекарственных и косметических средств и в системе допинг- и наркоконтроля»: «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Аналитическая химия», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология»; «Промышленная органическая химия», «Основы биологической химии», «Химия и технология биологически активных веществ», «Основы проектирования биологически активных веществ», «Методология и методы допинг-контроля», «Основы общей криминалистики», «Биохимическая и аналитическая токсикология наркотических средств, психотропных и сильнодействующих веществ», «Правовое регулирование в допинг- и наркоконтроле».

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММ

Программа «Технология неорганических веществ»

1. ГЕТЕРОГЕННЫЕ ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ

Равновесие гетерогенных систем. Правило фаз. Способы выражения концентраций многокомпонентных систем. Классификация фазовых диаграмм. Методы расчета по фазовым диаграммам.

Однокомпонентные системы. Диаграммы состояния воды, серы, фосфора.

Двухкомпонентные системы. Диаграммы состояния двухкомпонентных систем: политерма, полибара. Поля кристаллизации. Эвтектика. Правило соединительной прямой и рычага. Кривые растворимости и плавкости с явными и скрытыми максимумами. Процессы испарения, кристаллизации, охлаждения и нагревания.

Трехкомпонентные системы. Диаграммы состояния трехкомпонентных систем: политерма, изобара, изотерма. Объемы и поля кристаллизации. Эвтоника. Изображение состава систем. Системы с образованием кристаллогидратов. Двойные соли: конгруэнтно растворяющиеся и инконгруэнтно растворяющиеся. Процессы растворения и испарения.

2. ПРОЦЕССЫ РАЗДЕЛЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

2.1. Растворение твердых веществ

Виды процессов растворения: физическое растворение, химическое растворение, экстрагирование из твердого. Скорость растворения и пути ее повышения. Процессы растворения фосфатных руд при производстве удобрений сернокислотным и азотнокислотным методами.

2.2. Кристаллизация из растворов

Насыщенные и пересыщенные растворы. Политермическая и изотермическая кристаллизация. Высаливание. Осаждение.

Индукционный период кристаллизации. Стадии кристаллизации. Образование зародышей кристаллической фазы. Быстрый рост кристаллов. Обзор теорий роста кристаллов.

Кинетика массовой кристаллизации. Связь между скоростью кристаллизации и размерами образующихся кристаллов. Влияние степени пересыщения растворов, температуры, вязкости, поверхностного натяжения, перемешивания на скорость процесса кристаллизации и размер образующихся кристаллов.

Сокристаллизация примесей. Интенсификация процессов кристаллизации. Промышленные методы кристаллизации.

2.3. Экстракция

Применение экстракции в технологии неорганических солей и кислот. Свойства экстрагентов и селективность извлечения. Экстракция нейтральными реагентами. Катионообменная и анионообменная экстракция.

Влияние на селективность извлечения металлов состава водной фазы. Взаимосвязь строения экстрагентов, экстракционной способности и селективности. Критерии выбора промышленных экстрагентов.

Способы осуществления процессов экстракции. Одноступенчатая экстракция, многоступенчатая противоточная экстракция. Материальный баланс и особенности расчета экстракционных каскадов.

2.4. Ионный обмен

Особенности использования ионообменных процессов в получении неорганических веществ. Типы ионитов. Катионообменные, анионообменные смолы. Свойства ионитов, обменная емкость, термохимическая стабильность, механическая прочность, осмотическая стабильность.

Термодинамика ионообменного равновесия. Кинетика и динамика ионного обмена. Коэффициент распределения ионов. Селективность. Разделение смеси ионов.

Применение ионного обмена в процессах водоподготовки.

2.5. Абсорбция

Применение абсорбционных процессов в технологии неорганических веществ. Виды абсорбентов.

Равновесие и кинетика газожидкостных реакций. Дифференциальные уравнения абсорбции газов неподвижными жидкостями и их решения. Коэффициенты ускорения абсорбции в случае необратимых мгновенных реакций газа с жидкостью, реакции второго и псевдопервого порядков. Особенности расчета абсорбции, сопровождаемой обратимой реакцией.

Абсорбция перемешиваемыми жидкостями и ее модели. Расчет скорости абсорбции, сопровождаемой химической реакцией. Учет сопротивления абсорбции со стороны газовой фазы.

2.6. Адсорбция

Виды адсорбции и их применение в промышленности неорганических веществ. Избирательность адсорбции, коэффициент разделения. Кинетика адсорбции и десорбции из гранул адсорбента.

Динамика адсорбции. Уравнение материального баланса. Модели динамики адсорбции: равновесная и неравновесная изотермическая адсорбция, неизотермическая адсорбция. Длина зоны массопередачи и ее определение.

2.7. Мембранные методы разделения газов в неорганической технологии. Влияние технологических параметров на эффективность разделения. Виды мембран и материалы для их изготовления. Конструктивные особенности основных аппаратов.

2.8. Применение криогенных процессов для очистки и разделения газовых потоков. Методы получения низких температур. Термодинамика криогенных процессов. Холодильные циклы. Холодильные машины. Очистка газов от паров воды и оксида углерода методом вымораживания. Получения азота, кислорода и редких газов криогенным методом. Низкотемпературное разделение коксового газа. Характеристика основной аппаратуры криогенных процессов.

3. КАТАЛИЗ И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

3.1. Катализ. Выбор катализа: гомо- и гетерогенный, окислительно-восстановительный, кислотно-основной, полифункциональный. Гетерогенный катализ в технологии неорганических веществ.

Проблема научно-обоснованного подбора катализаторов. Роль химического состава, удельной поверхности, пористости, дефектов структуры. Промотирование катализаторов.

Свойства промышленных катализаторов. Активность. Селективность действия. Стабильность работы во времени. Механическая прочность. Гидравлическое сопротивление слоя. Массо- и теплоперенос в зерне катализатора. Основные факторы, влияющие на свойства промышленных катализаторов. Состав, пористая структура, форма и размер зерен.

3.2. Кинетика каталитических реакций

Определение активности катализаторов через степень превращения, скорость и константу скорости реакций. Кинетика гетерогенно-каталитических реакций, основные стадии, понятие лимитирующей стадии реакции. Основные механизмы гетерогенно-каталитических реакций. Связь между механизмом реакции и формой кинетического уравнения. Влияние реакционной среды на состояние катализатора и вид кинетического уравнения. Свойства промышленных катализаторов.

4. ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПРОЦЕССЫ

4.1. Топохимические реакции

Области использования топахимических реакций в неорганической химии.

Физическая модель топахимической реакции. Четыре стадии развития реакции. Скорость образования зародышей. Кинетика топахимических реакций. Внутридиффузионное торможение. Модель цилиндрической поры. Специфические закономерности. Дифференциальная и интегральная кинетические кривые. Виды кинетических уравнений. Использование кинетических уравнений для анализа экспериментальных данных.

4.2. Термохимические процессы

Обжиг. Виды обжига твердого сырья. Факторы, влияющие на скорость обжига. Плавление солей в производстве амселитры и нитроаммофоса. гидрохимическое обесфторивание фосфатов. Кальцинация известняка и бикарбоната. Конверсия углеводородных газов.

5. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЛЕЙ И ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ЭТИХ СВОЙСТВ

5.1. Гранулирование

Гранулирование методом прилирования. Структурообразование в период охлаждения прил. Гранулирование методом окатывания. Структурообразование на стадии перемешивания шихты и формирования гранул, высушивания материала, дробления и охлаждения. Гранулирование методом прессования. Структурообразование в процессе прессования. Гранулирование во взвешенном слое.

Структурно-механические свойства гранулированных продуктов. Физико-химическая механика дисперсных структур. Пористая структура гранул. Классификация гранул по их структурно-механическим характеристикам.

5.2. Гигроскопичность и слеживаемость солей

Гигроскопическая точка твердых материалов. Механизм взаимодействия воды с зернистыми материалами. Влажность водорастворимых материалов. Кинетика сорбции воды солями и удобрениями. Количественная оценка гигроскопичности. Зависимость гигроскопичности от влажности атмосферы и температуры. Влияние дисперсной структуры гранул на гигроскопичность.

Методы количественной оценки слеживаемости. Зависимость слеживаемости от влажности. Взаимосвязь между гигроскопичностью и слеживаемостью.

6. СИНТЕЗЫ НА ОСНОВЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

6.1. Синтез аммиака

Области применения и свойства аммиака. Физико-химические основы синтеза. Катализаторы синтеза аммиака, их свойства и методы получения. Технология процесса. Классификация систем синтеза и их отличия по технологическим параметрам. Особенности энерготехнологии при получении аммиака. Расчет и анализ материальных и тепловых балансов технологической схемы синтеза аммиака. Конструктивные особенности основного оборудования. Проблемы экологии при синтезе аммиака.

6.2. Синтез карбамида (мочевины)

Области применения и основные свойства карбамида. Физико-химические основы синтеза мочевины. Методы рециркуляции аммиака и диоксида углерода. Технология процесса с жидкостным рециклом. Стриппинг – процесс получения мочевины. Технология упарки плава карбамида. Основная аппаратура, требования к конструкционным материалам. Пути интенсификации технологии и синтеза карбамида. Интегральное производство аммиака, метанола и карбамида. Особенности технологии и основные оборудования.

6.3. Технология азотной кислоты

Области применения и основные свойства разбавленной азотной кислоты. Основные стадии процесса при получении азотной кислоты из синтетического аммиака. Окисление аммиака кислородом воздуха. Физико-химические основы процесса. Катализаторы процесса, их особенности и свойства. Механизм катализа. Потери платиновых катализаторов и пути их снижения. Окисление оксида азота. Равновесие и кинетика процесса. Абсорбция оксидов азота с получением разбавленной азотной кислоты. Химизм процесса. Обоснование технологических режимов стадий окисления оксида азота и абсорбции полученных продуктов. Промышленные агрегаты производства разбавленной азотной кислоты, их классификация по технологическим параметрам. Технологические схемы процессов. Особенности энерго-

технологии при производстве азотной кислоты. Основное оборудование. Проблемы экологии при синтезе разбавленной азотной кислоты.

6.4. Технология серной кислоты.

Области применения и основные физико-химические свойства серной кислоты. Методы производства. Сырье для получения серной кислоты. Получение диоксида серы.

Контактный метод производства серной кислоты. Основные стадии процесса. Окисление диоксида серы в триоксид. Физико-химические основы процесса. Катализаторы окисления, их свойства и методы получения. Контактные аппараты, их конструктивные особенности. Абсорбция триоксида серы. Химизм процесса. Принципы организации технологии абсорбции триоксида серы. Пути интенсификации сернокислотного производства.

Получение серной кислоты методом двойного контактирования и двойной абсорбции (ДКДА). Проблемы охраны окружающей среды при производстве серной кислоты.

7. ТЕХНОЛОГИЯ ОСНОВНЫХ СОЛЕВЫХ И ЩЕЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

7.1. Азотные удобрения

Ассортимент, качество, агрохимическая эффективность.

Сульфат аммония. Сырьевые источники, физико-химические основы производства. Организация технологии.

Нитрат аммония. Сырьевые источники, физико-химические основы производства. Организация технологии. Способы улучшения потребительских свойств аммиачной селитры.

Жидкие азотные удобрения. Требования к свойствам. Методы получения.

7.2. Калийные удобрения

Анализ солевых систем, используемых для получения хлорида и сульфата калия. Обоснование температурно-концентрационных режимов. Варианты технологической реализации процессов. Специфика оборудования производства хлорида калия галургическим методом.

7.3. Фосфорные удобрения

Методы переработки фосфатного сырья с целью получения фосфорсодержащих удобрений и солей. Влияние температурно-концентрационных параметров на процесс кислотного разложения сырья и кристаллизации продуктов реакций. Обоснование технологических режимов получения простого и двойного суперфосфатов и экстракционной фосфорной кислоты с различной гидратностью сульфата кальция. Полифосфорные кислоты: свойства, физико-химические основы и методы получения.

7.4. Комплексные удобрения

Нитрат калия. Конверсионные способы получения нитрата калия: физико-химические основы, технологические схемы.

Аммофосы и нитроаммофоски. Получение фосфатов аммония на основе нейтрализации фосфорной кислоты аммиаком: физико-химические осно-

вы, технологические схемы, режимы, аппаратура. Перспективы развития технологии сложных удобрений.

Программа «Электрохимические процессы и производства»

1. Электрохимические системы

1. Классификация проводников электрического тока, проводники I и II рода. Электролиз как окислительно-восстановительный процесс.
2. Законы Фарадея. Число Фарадея и его физический смысл. Основные типы кулонометров. Причины кажущихся отклонений от законов Фарадея.

2. Ионные равновесия и активность электролитов

1. Ионогены и ионофоры. Классификация растворов электролитов. Механизм образования растворов электролитов. Теория электролитической диссоциации Аррениуса: достоинства и недостатки, границы применимости.
2. Уравнение Гиббса–Дюгема. Ион-ионное взаимодействие в растворах электролитов. Коэффициент активности как мера межионного взаимодействия. Зависимость коэффициентов активности от концентрации.
3. Теория Дебая–Гюккеля: основные допущения, представление о ионной атмосфере, определение коэффициентов активности в теории Дебая–Гюккеля. Достоинства и недостатки теории Дебая–Гюккеля и границы её применимости.

3. Процессы переноса в электрохимических системах

1. Диффузия и миграция ионов. Межионное взаимодействие в условиях прохождения постоянного тока через растворы электролитов: теория Дебая–Гюккеля–Онзагера. Катафоретический и релаксационный эффекты.
2. Электропроводность при больших напряжённостях электрического поля: эффект Вина. Высокочастотный эффект Дебая–Фолькенгагена.
3. Числа переноса и методы их определения. Подвижность ионов водорода и гидроксидов в водных растворах.
4. Электропроводность неводных растворов.
5. Модельные представления о строении ионных жидкостей. Механизм электропроводности расплавов. Твердые электролиты. Числа переноса в твердых электролитах. Суперионные проводники.

4. Напряжение электрохимических систем и двойной электрический слой

1. Скачки потенциала на фазовых границах. Поверхностный, внешний и внутренний потенциалы. Вольт-потенциал и гальвани-потенциал.
2. Электродвижущая сила (ЭДС), как сумма гальвани-потенциалов и вольт-потенциалов. Условия равновесия между контактирующими фазами. Определение электродного потенциала. Уравнение Нернста для идеальных и реальных систем. Уравнение Нернста при очень низких концентрациях электролита.

3. Механизм возникновения и природа ДЭС в электрохимических системах. Образование ДЭС за счёт переноса заряженных частиц через межфазную границу при установлении электрохимического равновесия. Ионный скачок потенциала; нулевые растворы и потенциал нулевого заряда. Образование ДЭС за счёт подведения зарядов от внешнего источника тока; идеально поляризуемые и неполяризуемые электроды. Ток обмена.
4. Образование ДЭС за счёт специфической адсорбции ионов и предпочтительной ориентации полярных молекул растворителя и растворённых веществ.
5. Основное уравнение электрокапиллярности; адсорбционное уравнение Гиббса и 1-е уравнение Липпмана. Методы изучения ДЭС. Ёмкость ДЭС. 2-е уравнение Липпмана.
6. Модели ДЭС Гельмгольца, Гуи–Чэпмена. Их достоинства и недостатки. Представление о ДЭС как о плоском конденсаторе; учёт диффузной природы ДЭС; природа и заряд плотного и диффузного слоёв. Модель Грэма.

5. Кинетика электродных процессов

1. Определение перенапряжения и поляризации. Основные стадии электрохимической реакции.
2. Суммарный поток и его составляющие. Связь суммарного потока с плотностью тока. Диффузионный, миграционный и конвективный потоки.
3. Первый закон Фика. Коэффициент диффузии. Подвижность ионов, её связь с коэффициентом диффузии (уравнение Нернста–Эйнштейна).
4. Электрохимическое перенапряжение; основные уравнения теории замедленного разряда. Уравнение Фольмера, его частные случаи при малых и больших перенапряжениях. Уравнение Тафеля.
5. Уравнение Фрумкина. Влияние природы металла и pH на перенапряжение выделения водорода в растворах с постоянной ионной силой и в растворах чистых кислот и оснований.

6. Процессы электролиза с выделением металлов

1. Влияние адсорбции ПАВ на кинетику электровосстановления ионов металлов. Эффект Лошкарёва. Предельный адсорбционный ток.
2. Распределение тока и металла по поверхности катода, рассеивающая способность электролитов. Микрораспределение металла. Диффузионно-адсорбционная теория выравнивания. Получение блестящих покрытий. Теории блескообразования.
3. Основные закономерности совместного разряда ионов металлов. Электроосаждение сплавов.
4. Защитные и защитно-декоративные покрытия. Многослойные и композиционные гальванические покрытия.
5. Функциональная гальванотехника. Области применения функциональных гальванических покрытий.
6. Электрохимические покрытия в технологиях изготовления печатных плат и интегральных микросхем.

7. Процессы электролиза без выделения металлов

1. Электролитическое разложение воды с целью получения водорода и кислорода. Теоретические основы процесса электролиза воды.
2. Электрохимическое производство хлора, щелочи и электросинтез кислородных соединений хлора.
3. Электросинтез окислителей – соединений марганца. Электросинтез перманганата калия. Электросинтез диоксида марганца. Основные и побочные реакции, протекающие при анодном образовании диоксида марганца.
4. Электросинтез органических соединений. Реакции катодной гидродимеризации акрилонитрила с образованием адиподинитрила.

Программа «Химическая технология материалов и изделий электроники и наноэлектроники»

1. Физическая химия кристалла
 - 1.1. Кристаллография.
 - 1.1.1. Понятие элементарной ячейки.
 - 1.1.2. Операции симметрии.
 - 1.1.3. Сингонии и пространственные группы.
 - 1.2. Кристаллооптика.
 - 1.2.1. Показатель преломления
 - 1.2.2. Анизотропия показателя преломления.
 - 1.2.3. Двойное лучепреломление.
 - 1.2.4. Поверхность показателей преломления.
 - 1.2.5. Дисперсия показателей преломления.
 - 1.2.6. Оптическая индикатриса.
 - 1.3. Тепловой беспорядок в кристалле. Тепловые дефекты.
 - 1.3.1. Концентрация дефектов как функция температуры в однокомпонентных кристаллах.
 - 1.3.2. Зависимость концентрации тепловых дефектов от температуры в двухкомпонентных кристаллических соединениях.
 - 1.3.3. Экспериментальные методы определения концентрации тепловых дефектов.
 - 1.3.4. Сопоставление квазихимических и статистических методов.
 - 1.4. Беспорядок в кристалле, обусловленный нарушениями стехиометрии.
 - 1.4.1. Неизбежность нарушения стехиометрии в кристаллах химических соединений.
 - 1.4.2. Нестехиометрия бинарных соединений.
 - 1.4.3. Влияние дефектов нестехиометрии на свойства кристаллов.
 - 1.4.4. Зависимость концентрации дефектов нестехиометрии от давления и температуры.
 - 1.4.5. Отображение нестехиометрии на Т-Х диаграмме.
 - 1.4.5. Собственные примеси в особо чистом кристалле стехиометрического состава.

- 1.5. Беспорядок в кристалле, обусловленный посторонними примесями.
 - 1.5.1. Неизбежность загрязнения кристалла посторонними примесями.
 - 1.5.2. Равновесие дефектов в элементарном кристалле, обусловленных посторонними примесями.
 - 1.5.3. Растворы внедрения.
 - 1.5.4. Изовалентное и гетеровалентное замещение.
2. Физическая электроника
 - 2.1. Элементы зонной теории твердых тел
 - 2.1.1. Зонные схемы проводников, полупроводников и диэлектриков.
 - 2.1.2. Статистика равновесных носителей тока.
 - 2.1.3. Уровень Ферми.
 - 2.1.4. Концентрация носителей тока в собственном полупроводнике.
 - 2.1.5. Примесные уровни в кристалле.
 - 2.1.6. Зависимость положения уровня Ферми от концентрации примесей и от температуры.
 - 2.1.7. Неравновесные носители заряда в полупроводнике.
 - 2.1.8. Подвижность. Диффузия и дрейф.
 - 2.2. Электрические переходы.
 - 2.2.1. Образование р-п перехода.
 - 2.2.2. Свойства р-п перехода, прямой и обратный токи р-п перехода. механизмы пробоя р-п перехода: лавинный, туннельный, тепловой. Вольтамперная характеристика.
 - 2.2.3. Изотипные и анизотипные гетеропереходы.
 - 2.3.4. Методы создания р-п перехода.
 - 2.3.5. Омические и выпрямляющие контакты.
 - 2.3. Полупроводниковые приборы
 - 2.3.1. Без р-п перехода (резисторы, фоторезисторы, терморезисторы, простейшие датчики Холла, варисторы).
 - 2.3.2. С 1 р-п переходом (диоды, фотодиоды, туннельные диоды, варикапы, стабилитроны, светодиоды, светодиоды с гетеропереходами, солнечные элементы).
 - 2.3.3. С 2 р-п переходами (биполярные транзисторы, полевые транзисторы, фототранзисторы).
 - 2.3.4. С 3 р-п переходами (тиристоры, фототиристоры). С большим числом р-п переходов (ПЗС-матрицы, интегральные схемы (классификация, пределы интеграции), элементы Пельтье).
 - 2.4. Электронные явления, обусловленные связанными электронами.
 - 2.4.1. Диэлектрические материалы:
 - 2.4.2. Магнитные материалы:
 - 2.4.3. Сверхпроводники:
 - 2.5. Электронные процессы в газах
 - 2.5.1. Виды электронной эмиссии
 - 2.5.2. Электрические разряды в газах.
 - 2.5.3. Газоразрядные и люминесцентные лампы.
 - 2.6. СВЧ техника

- 2.6.1. Особенности СВЧ-диапазона.
- 2.6.2. Коаксиальный и объёмный резонаторы
- 2.6.3. Согласованная нагрузка.
- 2.6.4. Волновод.
- 2.6.5 Клистрон.
- 2.6.6. Лампа бегущей волны.
- 2.6.7. Лампа обратной волны.
- 2.6.8. Магнетрон.
- 2.7. Люминесценция
 - 2.7.1. Механизмы люминесценции.
 - 2.7.2. Механизмы передачи возбуждения.
 - 2.7.3. Модели излучательной рекомбинации.
 - 2.7.4. Кинетика люминесценции.
- 2.8. Лазеры
 - 2.8.1. Спонтанные и вынужденные переходы.
 - 2.8.2. Инверсная заселенность.
 - 2.8.3. Классификация лазеров.
 - 2.8.4. Твердотельные лазеры (на переходных активаторах, на РЗЭ активаторах, на центрах окраски, полупроводниковые лазеры).
 - 2.8.5. Лазеры на красителях.
 - 2.8.6. Газовые лазеры.
 - 2.8.7. Применение лазеров.
- 2.9. Современная электроника и оптоэлектроника.
 - 2.9.1. Волоконный световод.
 - 2.9.2. Многослойные диэлектрические зеркала и полупрозрачные материалы.
 - 2.9.3. Фотоника, оптоэлектроника.
 - 2.9.4. Нанoeлектроника.
 - 2.9.5. Спинтроника.
- 3. Рост кристаллов
 - 3.1. Термодинамика кристаллизации.
 - 3.1.1. Равновесная кристаллизация Гиббса и равновесный кристалл Кюри.
 - 3.1.2. Пирамиды, секторы и слои роста.
 - 3.1.3. Ростовые формы.
 - 3.1.4. Потенциальный барьер и критический размер кристаллического зародыша.
 - 3.1.5. Кристаллизационная сила и давление.
 - 3.1.6. Гомогенное зародышеобразование.
 - 3.1.7. Уравнения Гиббса-Томсона для кристаллов.
 - 3.1.8. “Атомарная” шероховатость граней.
 - 3.2. Атомарноструктурные модели и механизмы роста.
 - 3.2.1. Ретикулярная плотность и огранка кристаллов (принцип Бравэ).
 - 3.2.2. Модель Косселя-Странского-Каишева.
 - 3.2.3. Теория П. Х. Хартмана и В. Г. Пердока.

- 3.2.3. Механизмы роста атомарногладких и атомарношероховатых граней; нормальный и послойный рост кристаллов.
- 3.2.4. Дислокационный механизм роста кристаллов В. Бартока, Н. Кабреры и Ф. К. Франка.
- 3.2.5. Вращение винтовой дислокации.
- 3.3. Макродинамика кристаллизации.
 - 3.3.1. Коэффициент распределения примесей при росте кристалла.
 - 3.3.2. Концентрационное переохлаждение и морфологическая устойчивость плоского фронта кристаллизации.
 - 3.3.3. Ячеистый рост.
 - 3.3.4. Дендритный рост.
 - 3.3.5. Тепло- и массообмен при росте кристаллов.
 - 3.3.6. Гравитационная чувствительность кристаллизации и микрогравитация (“невесомость”).
- 3.4. Неравновесная кристаллизация и факторы роста.
 - 3.4.1. Кинетика кристаллизации; скорость зародышеобразования; линейная и объёмная скорости роста.
 - 3.4.2. Явление геометрического отбора граней и кристаллов.
 - 3.4.3. Влияние внешних воздействий (ультразвука, вибрации, электрического, магнитного и гравитационного полей) на кристаллизацию.
- 3.5. Выращивание кристаллов из расплавов.
 - 3.5.1. Энтропия плавления и критерий Джексона.
 - 3.5.2. Теплообмен между кристаллом и расплавом.
 - 3.5.3. Стабильность плоского фронта кристаллизации.
 - 3.5.4. Задача Стефана; нестационарный направленный рост кристалла.
 - 3.5.5. Уравнение Лапласа и капиллярная постоянная.
 - 3.5.6. Выращивание монокристаллов направленной кристаллизацией; влияние кривизны фронта кристаллизации на поперечное распределение примесей в кристалле; эффект грани.
 - 3.5.7. Метод Бриджмена и его модификации.
 - 3.5.8. Метод Чохральского и его разновидности.
 - 3.5.9. Метод Киропулоса.
 - 3.5.10. Выращивание профилированных монокристаллов методом Степанова.
 - 3.5.11. Выращивание монокристаллов в “холодном” контейнере.
 - 3.5.12. Зонная плавка.
 - 3.5.13. Выращивание монокристаллов методом Вернейля.
 - 3.5.14. Виды и происхождение дефектов в кристаллах, выращенных из расплава.
- 3.6. Выращивание кристаллов из растворов.
 - 3.6.1. Метод испарения растворителя.
 - 3.6.2. Метод понижения температуры.
 - 3.6.3. Метод температурного перепада.
 - 3.6.4. Кристаллизация в гелях.

- 3.6.5. Выращивание монокристаллов в растворе-расплаве;
- 3.6.6. Выращивание в гидротермальных растворах;
- 3.6.7. Выращивание монокристаллов из растворов при сверхвысоких температурах и давлениях (на примере выращивания кристаллов алмаза).
- 3.6.8. Виды и происхождение дефектов в кристаллах, выращенных из растворов.
- 3.7. Выращивание кристаллов из газовой фазы.
 - 3.7.1. Кристаллизация без участия химической реакции.
 - 3.7.2. Транспортные реакции (реакции переноса) в замкнутой и проточной системах.
 - 3.7.3. Кристаллизация в результате парофазных реакций.
 - 3.7.4. Молекулярно-лучевая эпитаксия.
- 3.8. Рост кристаллов в твёрдой фазе.
 - 3.8.1. Первичная и вторичная рекристаллизация.
 - 3.8.2. Рост тонких слоёв.
- 3.9. Эпитаксия.
 - 3.9.1. Ориентированное нарастание кристаллических веществ.
 - 3.9.2. Гетерогенное зарождение кристаллов.
 - 3.9.3. Основные типы эпитаксии: авто-, гетеро- и хемоэпитаксия.
- 4. Методы исследования и характеристики материалов электроники
 - 4.1. Термические методы анализа.
 - 4.1.1. Термический и дифференциально-термический методы анализа.
 - 4.1.2. Термогравиметрический и дифференциально-термогравиметрический методы анализа.
 - 4.1.3. Оборудование для термографии. Требования к эталонам.
 - 4.1.4. Термогазовольюметрический анализ.
 - 4.1.5. Термоэлектрометрический анализ.
 - 4.1.6. Дилатометрический анализ.
 - 4.2. Методы исследования структуры материалов.
 - 4.2.1. Рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ.
 - 4.2.2. Индицирование дифрактограмм.
 - 4.2.3. Закон Веганда
 - 4.2.4. Комбинационное рассеяние света.
 - 4.2.5. Спектроскопия инфракрасного поглощения.
 - 4.3. Оптическая спектроскопия.
 - 4.3.1. Спектры поглощения и пропускания.
 - 4.3.2. Диапазон прозрачности материала.
 - 4.3.3. Спектры люминесценции.
 - 4.3.4. Спектрофотометры, спектрофлюориметры.
 - 4.3.5. ИК-Фурье спектроскопия.
 - 4.4. Элементный анализ.
 - 4.4.1. Электронно-зондовый рентгеноспектральный микроанализ.
 - 4.4.2. Вторичные и обратнорассеянные электроны, характеристическое излучение.

- 4.4.3. Эмиссионный микроспектральный анализ с лазерным отбором пробы.
- 4.4.4. Масс-спектрометрический анализ.
- 4.5. Электронная микроскопия.
 - 4.5.1. Просвечивающая электронная микроскопия.
 - 4.5.2. Сканирующая (растровая) электронная микроскопия.
 - 4.5.3. Туннельная сканирующая микроскопия.
 - 4.5.4. Атомно-силовая микроскопия.
- 5. Технология и оборудование производства материалов электроники и нано-электроники
 - 5.1. Исполнительные системы аппаратов для выращивания монокристаллов.
 - 5.1.1. Нагреватели
 - 5.1.2. Теплоизолирующие устройства. Тепловые экраны.
 - 5.1.3. Контейнеры для выращивания монокристаллов.
 - 5.1.4. Смотровые окна.
 - 5.1.5. Двери, крышки, замки, шлюзы, конвейеры.
 - 5.1.6. Уплотнения и затворы.
 - 5.1.7. Токовводы.
 - 5.1.8. Узлы охлаждения.
 - 5.1.9. Датчики.
 - 5.1.10. Дозаторы.
 - 5.1.11. Вибраторы

Программа «Технология обезвреживания жидких техногенных отходов и водоподготовка»

Базируется на следующих дисциплинах «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология», «Системы управления химико-технологическими процессами», «Моделирование химико-технологических процессов», «Теоретические основы технологии неорганических веществ», «Техника экспериментальных исследований», «Оборудование и основы проектирования», «Электрохимические технологии», «Коррозия и защита металлов», «Ресурсосбережение и экологическая безопасность электрохимических производств».

Программа

1. Теоретические основы технологий обезвреживания жидких техногенных отходов и водоподготовки

Введение, классификация процессов по количеству и типу фаз. Виды процессов растворения твердых веществ: физическое растворение, химическое растворение. Скорость растворения и пути ее повышения. Кристаллизация из растворов. Политермическая и изотермическая кристаллизация. Высаливание. Осаждение. Стадии кристаллизации. Образование зародышей кристаллической фазы. Кинетика массовой кристаллизации. Связь между параметрами

процесса и размерами образующихся кристаллов. Сокристаллизация примесей.

Экстракция в технологии неорганических солей и кислот. Свойства экстрагентов и селективность извлечения. Экстракция нейтральными реагентами. Катионообменная и анионообменная экстракция. Взаимосвязь строения экстрагентов, экстракционной способности и селективности. Критерии выбора экстрагентов. Одноступенчатая экстракция. Многоступенчатая противоточная экстракция. Материальный баланс и особенности расчета экстракционных каскадов.

Адсорбция. Виды адсорбции и их применение в промышленности неорганических веществ. Избирательность адсорбции, коэффициент разделения. Кинетика адсорбции и десорбции из гранул адсорбента.

Ионный обмен. Особенности использования ионообменных процессов в получении неорганических веществ. Типы ионитов. Катионообменные, анионообменные и аморфные ионообменные смолы. Свойства ионитов, обменная емкость, термохимическая стабильность, механическая прочность, осмотическая стабильность. Термодинамика и кинетика ионного обмена. Коэффициент распределения ионов. Селективность. Разделение смеси ионов.

Катализ и каталитические процессы. Виды катализа: гомогенный и гетерогенный, окислительно-восстановительный, кислотнo-основной, полифункциональный. Гетерогенный катализ. Основные факторы, влияющие на свойства промышленных катализаторов. Состав, пористая структура, форма и размер зерен. Кинетика каталитических реакций. Степень превращения, скорость и константа скорости реакций. Кинетика гетерогенно-каталитических реакций, основные стадии, понятие лимитирующей стадии реакции. Основные механизмы гетерогенно-каталитических реакций. связь между механизмом реакции и формой кинетического уравнения.

2. Современные методы водоподготовки и очистки сточных вод в технологии неорганических веществ

Показатели качества воды. Методы их определения. Требования к качеству воды: питьевой, для промышленности и энергетики, для гальванических производств, для электронной техники, особо чистой. Примеси в природной воде. Методы их удаления.

Сравнение методов очистки воды. Способы водоподготовки. Методы очистки от взвешенных частиц. Физические методы очистки: отстаивание, фильтрование через зернистые загрузки (насыпные фильтры периодического действия, фильтры с плавающей загрузкой, фильтры непрерывного действия). Мембранные методы. Виды баромембранных процессов водоочистки (микрофильтрация, ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос).

Химические методы очистки воды. Процессы окисления. Осадительные методы. Коагуляция. Флокуляция. Методы обеззараживания воды.

Физико-химические методы очистки воды. Сорбционные процессы; используемые сорбенты. Электрофлотация. Дистилляционные (ректификационные) методы.

Экологические проблемы производства воды. Источники загрязнения

окружающей среды. Пути снижения количества отходов, выбросов и сточных вод.

3. Каталитические методы обезвреживания и очистки сточных вод

Сточные воды: характеристика сточных вод отдельных производств, классификация примесей по фазово-дисперсному составу. Основные каталитические методы обезвреживания сточных вод химических предприятий. Термоокислительные методы обезвреживания: жидкофазное окисление, паровфазное каталитическое окисление. Современные передовые окислительные методы обезвреживания органических веществ с помощью пероксида водорода, озона (AOPS). Фотокаталитическое окисление, механизм, условия проведения, фотокатализаторы.

Гетерогенный процесс типа Фентона для очистки сточных вод от органических веществ. Совмещение фотокатализа и процесса Фентона. Требования, предъявляемые к катализаторам для жидкофазных процессов. Технологические подходы к получению катализаторов для жидкофазных процессов. Методы анализа органических веществ в водной фазе.

4. Технологии обезвреживания жидких неорганических отходов

Классификация техногенных отходов, методики расчетов. Информационные системы учета и переработки техногенных отходов. Централизованные системы сбора, транспортировки и переработки техногенных отходов. Переработка техногенных отходов непосредственно на предприятиях их производящих. Технологии обезвреживания жидких неорганических отходов I-II класса опасности с получением целевых продуктов с высокой добавленной стоимостью (металлы, оксиды, соли, удобрения). Каталитические и адсорбционные процессы очистки газовых выбросов, образующихся при термическом обезвреживании промышленных и бытовых отходов. (Оксид азота, углерода, серы, углеводороды.) Технологии регенерации жидких техногенных отходов.

5. Аналитический контроль обезвреживания жидких неорганических отходов

Классификация оптических методов анализа: абсорбционные и эмиссионные методы. Спектральные методы исследования. Электронная спектроскопия (ультрафиолетовая и видимая области). Механизм поглощения видимых и ультрафиолетовых лучей. Классификация и энергия электронных переходов. Интенсивность полос поглощения различных типов электронных переходов. Применение электронных спектров поглощения в количественном анализе. Устройство спектрофотометров и особенности пробоподготовки в электронной спектроскопии. Физико-химические основы атомно-адсорбционной, атомно-эмиссионной спектроскопии и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Устройство спектрометров в атомной спектроскопии. Количественные методы анализа, используемые в спектрометрии. Общая характеристика хроматографических методов анализа и их классификация. Основные параметры хроматограммы. Качественный и количественный хроматографический анализ. Ионная хроматография. Эксклюзионная хроматография. Принципы осуществления и области применения. Газовая хроматография в технологии неорганических веществ. Схема газового хроматографа. Основные типы

детекторов: катарометр, пламенно-ионизационный, электронозахватный, масс-спектральный; их сравнительные характеристики.

Программа «Химическая технология высокотемпературных функциональных материалов»

1. «Химическая технология стекла»

Стеклообразное состояние и строение стекла - основные определения, структурные особенности стекловидного и кристаллического состояния вещества, характерные признаки стеклообразного состояния.

Технологические и эксплуатационные свойства стекол – вязкость, кристаллизационные свойства, физико-химические, механические свойства. Температурные зависимости, влияние различных факторов, роль этих свойств в процессах производства стекла и при эксплуатации стеклоизделий.

Классификация, составы, ведущие эксплуатационные свойства промышленных стекол. Обобщенная технологическая схема производства стекла и стеклоизделий, основные технологические стадии и их характеристика.

Сырьевые материалы для стекловарения – классификация, предъявляемые требования, основные и вспомогательные материалы. Использование стеклобоя в технологии стекловарения. Технологическая схема подготовки стекольной шихты.

Теоретические и технологические основы стекловарения. Этапы стекловарения, их характеристика и особенности. Практическая реализация стекловарения в современных стекловаренных печах. Пороки стекломассы. Технико-экономические показатели работы современных стекловаренных печей.

Классификация, принципы и особенности промышленных способов формования стеклоизделий. Свойства стекол, определяющие процесс формования. Понятие о «длине» стекла, скорости твердения стекломассы.

Тепловая обработка стеклоизделий – отжиг, закалка, огневая полировка, моллирование, спекание. Теоретические основы и практическая реализация в условиях производства. Механическая и химическая обработка стеклоизделий - классификация, назначение, области применения.

Производство крупнотоннажных видов стекол – листового, архитектурно-строительного, стеклянной тары, труб, сортовых изделий. Типовые технологические схемы, составы, ассортимент, свойства, области применения. Особенности производства разных видов стеклоизделий - типы стекловаренных печей, их конструктивные особенности, технологические параметры стекловарения; методы и технологические параметры формования и обработки. Технико-экономические показатели производства.

2. «Химическая технология композиционных и вяжущих материалов»

Классификация гипсовых вяжущих. Сырьевые материалы для производства гипсовых вяжущих. Способы производства низкообжиговых гипсовых вяжущих. Механизм гидратации и твердения низкообжиговых гипсовых вяжущих. Свойства и область применения низкообжиговых гипсовых вяжу-

щих.

Схема термических превращений гипса и свойства различных модификаций сульфата кальция. Состав, свойства, область применения высокообжиговых гипсовых вяжущих. Механизм гидратации и твердения высокообжиговых гипсовых вяжущих.

Виды извести, ее состав и свойства. Сырьевые материалы для производства извести. Структура известняков и их свойства. Факторы, влияющие на декарбонизацию известняка. Механизмы гашения и твердения извести.

Химико-минералогический состав и модульные характеристики портландцементного клинкера. Сырьевые материалы для производства портландцементного клинкера, их превращения по длине вращающейся печи.

Технологические особенности производства портландцементного клинкера по мокрому способу, его преимущества и недостатки. Пути снижения влажности сырьевого шлама. Реакции минералообразования с участием жидкой фазы, состав и свойства клинкерного расплава.

Технологические особенности производства портландцементного клинкера по сухому способу, его преимущества и недостатки. Влияние модульных характеристик на спекаемость сырьевой смеси. Способы корректирования состава сырьевых смесей. Роль твердофазных процессов при спекании клинкера.

Основные химические реакции при гидратации портландцемента; современные представления о механизме его гидратации. Схватывание и твердение портландцемента, физическая структура затвердевшего цементного камня.

Причины и механизмы коррозии цементного камня. Способы повышения коррозионной стойкости цементного камня.

Классификация и свойства декоративных цемента. Требования к сырьевым материалам для получения белого портландцементного клинкера. Механизм действия окрашивающих оксидов и их влияние на качество цемента. Способы отбеливания клинкера.

Классификация шлакосоудержащих цемента. Строительно-технические свойства шлакопортландцемента. Щелочная и сульфатная активизация процессов твердения шлаков. Гидратация и твердение шлакопортландцемента.

Классификация и свойства алюминатных цемента. Физико-химические процессы, протекающие при спекании и плавлении алюминатных цемента. Влияние фазового состава на гидратационную активность глиноземистого цемента. Производство алюминатных цемента методами спекания и плавления.

Классификация, свойства и области применения расширяющихся и напрягающих цемента. Механизмы расширения твердеющего цементного камня. Сырьевые компоненты для производства расширяющихся цемента. Виды расширяющихся добавок. Способы получения расширяющихся цемента.

Классификация и виды отходов, применяемых в производстве вяжущих материалов. Гипсосоудержащие отходы и особенности их использования при

производстве гипсовых вяжущих. Отходы, используемые в качестве сырьевых компонентов, минерализаторов обжига и добавок при помоле цемента.

Классификация сухих вяжущих композиций. Общие требования к функциональным добавкам для производства сухих вяжущих композиций. Водоредуцирующие функциональные добавки. Выравнивающие сухие вяжущие композиции, свойства, составы и методы испытаний.

Заполнители и наполнители для производства сухих вяжущих композиций. Редиспергируемые полимерные порошки для вяжущих композиций. Свойства, составы и методы испытаний сухих вяжущих композиций для производства наливных самонивелирующихся полов.

3. «Химическая технология керамики»

Классификация керамических материалов.

Тонкая и строительная керамика, огнеупоры, теплоизоляционная керамика, техническая керамика. Особенности структуры и химического состава. Области применения.

Огнеупоры, теплоизоляционная керамика. Особенности структуры и химического состава. Области применения.

Техническая керамика. Особенности структуры и химического состава. Области применения.

Обобщенная схема технологического процесса производства керамики и огнеупоров и характеристика основных переделов. Основные процессы при измельчении и подготовке формовочных масс.

Основные процессы при формовании полуфабриката из пластичных масс.

Основные процессы при прессовании полуфабриката из полусухих порошковых масс.

Основные процессы при литье полуфабриката из шликеров (водных и неводных (парафиновых)).

Типовая технология хозяйственной керамики. Классификация хозяйственной керамики.

Основные требования к изделиям из фаянса. Сырье для производства изделий из фаянса. Технологические схемы производства.

Основные требования к изделиям из фарфора. Сырье для производства изделий из фарфора. Технологические схемы производства.

Основные требования к глиняному кирпичу. Сырье для производства глиняного кирпича. Технологии глиняного кирпича с использованием пластического формования и полусухого прессования.

Классификация строительной керамики. Основные требования к керамическим плиткам. Сырье для производства керамических плиток. Технологии керамических плиток (однократный и двукратный обжиг).

Технология огнеупоров. Общие сведения об огнеупорах. Классификация огнеупоров по химико-минералогическому составу и другим важнейшим признакам. Области применения огнеупоров.

Типовая схема производства огнеупоров на примере шамотных огнеупоров.

Типовая технология производства технической керамики на примере корундовой керамики.

Типовые технологии пористых керамических материалов. Общие сведения о пористой керамике, ее классификация по составу, пористости и областям применения.

Теплоизоляционные, теплозащитные материалы, керамические фильтры, мембраны, носители катализаторов. Области их применения.

Основные методы изготовления высокопористых керамических материалов. Области их применения.

Программа «Современная технология полимеров, композитов и покрытий»

1. Химия высокомолекулярных соединений

1.1. Введение

Основные понятия и определения химии ВМС: полимер, олигомер, мономер, составное повторяющееся звено, полимеризация, степень полимеризации; пространственные формы полимерных молекул: тактические, регулярные, стереорегулярные.

Структурные формы полимерных молекул: линейные (одно- и двух-тяжные), макроциклические, циклоцепные, разветвленные, сшитые (трех-мерные).

Номенклатура полимеров. Рациональная номенклатура и номенклатура, основанная на химическом строении составного повторяющегося звена.

Номенклатура регулярных линейных однотяжных и квазиоднотяжных неорганических и элементоорганических полимеров.

Классификация полимеров. Классификация ВМС по реакциям образования (происхождению) или по свойствам. Общая классификация полимеров по химическому строению составного повторяющегося звена цепи: класс-подкласс-группа-подгруппа-вид.

1.2. Основные представители промышленных полимеров (исходные мономеры, способы получения. Области применения, в том числе в составе изделий из пластмасс, лакокрасочных материалов и полимерных композиционных материалов)

Полимеры получаемые цепной полимеризацией: полиолефины (полиэтилен, полипропилен, полиизобутилен), полидиены (полибутадиен, полиизопрен, полихлоропрен, сополимеры бутадиена со стиролом и другими мономерами), полистирол, поливинилхлорид, поликапроамид, полиакрилаты (полиметилметакрилат, полиакриловая кислота, полиакриламид).

Полимеры, получаемые ступенчатой полимеризацией: сложные полиэфирсы (полиэтилентерефталаты, поликарбонаты, полиарилаты, полисульфоны), полиамиды (полиметиленадипамид, поли-п-фенилен- и поли-м-фенилентерефталамиды), феноло-формальдегидные олигомеры, мочевиноальдегидные олигомеры, олиго- и полиэпоксиды.

Полимеры, синтезируемые полимераналогичными превращениями: поливинилацетат, поливинилден, карбин, полиакрилимиды, вулканизированные каучуки (резины), производные целлюлозы (простые и сложные эфиры).

Полиолефины

Полиэтилен

Этилен, его получения, свойства и методы очистки. Полимеризация этилена при высоком давлении, аппаратное оформление процесса. Увеличение единичной мощности агрегата за счет совершенствования аппаратного оформления, применения более активных катализаторов и повышения давления.

Получение полиэтилена при низком давлении с катализаторами Циглера-Натта. Применение растворимых катализаторов и совершенствование процесса очистки полимера.

Структура, свойства и способы стабилизации полиэтилена. Регулирование и модификация структуры и свойства полиэтилена. Методы переработки и области применения полиэтилена.

Полипропилен

Пропилен, его получение и свойства. Производство полипропилена, факторы, влияющие на образование атактического и изотактического полимера. Способы регулирования структуры и свойств, получения модифицированного морозостойкого полипропилена. Свойства, переработка и области применения полипропилена.

Полистирол и его сополимеры.

Стирол, его получение, свойства и методы очистки. Общая характеристика методов получения полистирола. Пути интенсификации процесса полимеризации стирола.

Производство полистирола в массе непрерывным методом и анализ технологических схем. Производство полистирола блочно-суспензионным методом.

Технологические особенности производства полистирола в эмульсии и суспензии. Непрерывные автоматизированные агрегаты производства.

Свойства полистирола, полученного различными методами, его переработка и основные области применения.

Сополимеры стирола с акрилонитрилом, метилметакрилатом, с синтетическими каучуками, тройной сополимер АБС. Их свойства и применение. Модификация полистирола. Производство пенополистирола.

Полимеры галогенпроизводных непредельных углеводородов

Поливинилхлорид

Винилхлорид, его получение и свойства. Сравнительный анализ методов получения поливинилхлорида и особенности технологических процессов.

Производство поливинилхлорида полимеризацией в массе, в суспензии и эмульсии.

Основные свойства, структура и переработка поливинилхлорида. Стабилизация поливинилхлорида. Винипласт и пластикат, способы их получения, свойства и применение. Хлорированный поливинилхлорид. Сополимеры винилхлорида.

Политетрафторэтилен

Полимеры акриловой и метакриловой кислот.

Полимеры и сополимеры акриловой кислоты и ее эфиров.

Получение акриловых кислот и их полимеризация. Строение, свойства и применение полиакрилатов. Получение эфиров акриловых кислот, их полимеризация, свойства и применение.

Полимеры и сополимеры метакриловой кислоты и ее эфиров.

Получение метакриловой кислоты, ее полимеризация, свойства и строение полимеров. Получение эфиров метакриловой кислоты. Способы полимеризации метилметакрилата. Свойства и строение полиметилметакрилата. Производство листового полиметилметакрилата в массе.

Полиакрилонитрил. Полимеризация нитрила акриловой кислоты.

Строение и свойства полиакрилонитрила, области применения. Синтетическое волокно (нитрон). Сополимеры акрилонитрила, их свойства и применение.

Поликонденсация.

Определение и классификация поликонденсационных процессов. Мономеры, применяемые при поликонденсации и их классификация. Основные реакции поликонденсационных процессов.

Механизм и кинетика равновесных процессов и реакции неравновесной поликонденсации. Стадии процессов и поликонденсации. Влияние различных факторов на процесс поликонденсации. Побочные процессы при поликонденсации: циклизация, деструкция, сшивка полимерных цепей.

Трехмерная поликонденсация, ее особенности, коэффициент разветвления и его связь со степенью завершенности процесса.

Закономерности вулканизации натуральных и синтетических каучуков.

Технические методы проведения поликонденсации. Поликонденсация в расплаве, растворе, эмульсии и их технологические особенности.

Полиэфиры.

Основные стадии и механизм образования полиэфиров. Исходные продукты для производства полиэфиров.

Полиэтилентерефталат. Методы синтеза полиэтилентерефталата. Технология и особенности производства полиэтилентерефталата, производство пленки и волокон. Структура, свойства, переработка и применение полиэтилентерефталата.

Полиэфиры модифицированные маслами и жирными кислотами (алкиды).
Механизм и особенности получения алкидов, их классификация. Свойства и применение алкидов. Лакокрасочные материалы на основе алкидов.
Алкидностирольные и алкидноакриловые сополимеры для производства лакокрасочных материалов.

Поликарбонаты. Методы синтеза поликарбонатов. Основные типы поликарбонатов. Свойства, структура, переработка и перспективы применения поликарбонатов.

Полиакрилаты. Методы синтеза полиакрилатов. Основные типы полиакрилатов. Свойства, структура, переработка и перспективы применения полиакрилатов. Различные типы лакокрасочных материалов на основе полиакрилатов.

Ненасыщенные полиэфиры. Механизм и особенности образования ненасыщенных полиэфиров, их классификация. Свойства и применение ненасыщенных полиэфиров. Стеклопластики и пресслитьевые материалы на основе ненасыщенных полиэфиров, их получение и свойства.

Полиамиды.

Основные реакции образования полиамидов. Механизм реакции полиамидирования.

Исходные продукты для получения полиамидов.

Алифатические полиамиды: полигексаметиленадипамид, полигексаметиленсебацинамид. Их производство периодическим способом и свойства.

Поликапроамид. Производство поликапроамида периодическим и непрерывными способами. Свойства капролактама.

Структура полиамидов. Общие свойства и применение полиамидов. Производство волокон и пленок из полиамидов. Переработка полиамидов. Получение лакокрасочных материалов на основе полиамидов.

Эпоксидные олигомеры.

Различные классы эпоксидных олигомеров. Получение и свойства исходного сырья для получения диановых эпоксидных олигомеров. Механизм реакции эпоксидирования и влияния различных факторов и условий процесса на структуру и свойства эпоксидных олигомеров. Производство эпоксидных олигомеров. Механизм отверждения эпоксидных олигомеров и основные классы отвердителей. Свойства и применение эпоксидных олигомеров.

Клеи, литые пропиточные компаунды, слоистые пластики на основе эпоксидных олигомеров. Полиэпоксидные олигомеры. Лакокрасочные материалы на основе эпоксидных олигомеров. Их свойства и области применения.

Аминоальдегидные и фенолальдегидные олигомеры.

Аминоальдегидные олигомеры.

Механизм реакций образования мочевиноформальдегидных олигомеров, характеристика продуктов конденсации. Процессы отверждения мочевиноформальдегидных олигомеров.

Материалы на основе мочевиноформальдегидных олигомеров.

Способы производства и аппаратурное оформление получения пресспорошков, их свойства и применение. Производство и свойства слоистых пластиков и клеев. Производство лакокрасочных материалов на основе мочевиноформальдегидных олигомеров. Их свойства и сферы применения.

Меламиноформальдегидные олигомеры.

Получение меламиноформальдегидных олигомеров, их свойства, применение и переработка. Производство лакокрасочных материалов на основе мочевиноформальдегидных олигомеров. Их свойства и сферы применения.

Фенолоальдегидные олигомеры.

Механизм и особенности реакций образования фенолоформальдегидных олигомеров. Новолачные олигомеры, механизм и условия образования, периодический и непрерывный способ производства. Резольные олигомеры, механизм и условия образования, промышленное производство. Процесс отверждения фенолоформальдегидных олигомеров.

Материалы на основе фенолоформальдегидных олигомеров. Пресспорошки, их производство, свойства, переработка и применение. Волокнистые и слоистые прессматериалы, их свойства и применение. Лакокрасочные материалы на основе фенолоформальдегидных олигомеров, свойство и области применения.

Кремнийорганические полимеры.

Исходные вещества для получения кремнийорганических полимеров. Особенности реакций образования полиорганосилоксанов. Механизм отверждения. Прессматериалы и стеклопластики на основе полиорганосилоксанов.

Полиуретаны. Получение, свойства и области применения. Различные типы полиуретановых лакокрасочных материалов.

Химически модифицированные природные полимеры.

Целлюлоза, методы ее получения. Простые и сложные эфиры целлюлозы. Способы получения, свойства и области применения эфиров целлюлозы. Привитые сополимеры целлюлозы. Пластические массы на основе эфиров целлюлозы.

1.3. Особенности молекулярного строения полимеров и их физических свойств

Понятия конформации и конфигурации в приложении к макромолекулам; вращательный и изгибательный механизмы гибкости цепных молекул.

Термодинамическая и кинетическая гибкость и факторы их определяющие. Понятие сегмента Куна. Пространственные формы полимерных молекул.

Тепловое движение в полимерах; кинетические элементы цепных молекул (атомы и радикалы, сегменты, макромолекулы).

Количественная оценка гибкости: размер сегмента, квадрат расстояния между концами цепи, радиус инерции, персистентная длина, параметры заторможенности вращения. Гибкость жесткоцепных макромолекул.

1.4. Цепные процессы образования макромолекул.

Методы инициирования цепных процессов образования полимеров. Строение мономера и его способность к полимеризации по цепному механизму.

Радикальная полимеризация. Методы инициирования радикальной полимеризации. Инициаторы радикальной полимеризации; скорость инициирования. Стадии и кинетика радикальной полимеризации.

Методы осуществления радикальной полимеризации: в массе, в растворе, в суспензии и в эмульсии.

Ионная полимеризация. Общие закономерности ионной полимеризации (ИПМ). Активные центры ИПМ. Общее кинетическое описание ИПМ при быстром и медленном инициировании.

Анионная полимеризация алкенов: виды инициирования; полимеризация неполярных мономеров в неполярных и полярных средах; особенности анионной полимеризации полярных мономеров в полярных средах.

Катионная полимеризация алкенов: инициирование протонными кислотами, солями карбония и комплексами кислот Льюиса. Рост и обрыв цепи при катионной полимеризации алкенов.

Ионная полимеризация мономеров по карбонильной, нитрильной и изоцианатной группам.

Ионно-координационная полимеризация: гомогенные и гетерогенные катализаторы. Наиболее вероятные механизмы стереорегулирования, кинетика.

Цепная сополимеризация. Общие положения, дифференциальные уравнения сополимеризации; константа относительной активности сомономеров и методы их определения. Идеальная и чередующаяся сополимеризация.

Радикальная сополимеризация, стерический и полярный эффекты при радикальной сополимеризации, скорость процесса.

Катионная и анионная сополимеризация ненасыщенных мономеров. Сополимеризация гетероциклов.

1.5. Ступенчатые процессы образования макромолекул.

Мономеры, используемые в ступенчатых процессах синтеза макромолекул; реакционные центры, функциональность, возможность образования трехмерных полимеров и возможность циклизации. Классификация мономеров для поликонденсации.

Стадии и кинетика поликонденсации.

Методы осуществления ступенчатых процессов получения полимеров.

1.6. Полимераналогичные превращения полимеров

Полимераналогичные превращения (ПАП). Отличие ПАП от соответствующих реакций низкомолекулярных соединений. Реакционная способность полимеров (полимерные эффекты): доступность функциональных групп, влияние соседних групп, конформационный, конфигурационный, электростатический, кооперативный и надмолекулярный эффекты. Циклизация в процессе ПАП. Особенности ПАП трехмерных полимеров.

Деструкция полимерных молекул: деполимеризация по закону концевых групп, распад по закону случая, смешанный тип распада. Особенности деструкции полимеров в твердом состоянии.

Реакции сшивания макромолекул: взаимодействие функциональных групп цепей одного и того же или различных полимеров. Реакции макромолекул с полифункциональным низкомолекулярным агентом. Вулканизация каучуков, циклообразование при вулканизации.

1.7. Растворы и методы определения молекулярной массы полимеров

Особенности свойств растворов полимеров. Химическая природа полимера и его способность к растворению. Термодинамика растворов полимеров: верхняя и нижняя температура смешения. Осмотическое давление растворов полимеров; второй вириальный коэффициент. Изменение термодинамических параметров при растворении полимеров. Влияние различных факторов на термодинамику растворения. Понятия «хороший», «плохой», идеальный растворитель.

1.8. Особенности упорядоченного строения полимеров. Кристаллические и жидкокристаллические полимеры

Мезоморфные состояния веществ. Глобулярные, лиотропные и термотропные жидкие кристаллы полимеров. Необходимые условия кристаллизации полимеров. Особенности свойств кристаллических полимеров. Кинетика кристаллизации и многообразие морфологических форм кристаллических полимеров. Причины складывания макромолекул при кристаллизации и пути исключения складывания.

1.9. Физические состояния аморфных полимеров

Физические состояния линейных аморфных полимеров и методы их определения: термомеханический, частотно-температурный, дилатометрический, диэлектрический, по изменению теплоемкости, метод ЯМР.

Природа и особенности высокоэластичности. Термодинамика высокоэластической деформации. Релаксационные механические свойства полимеров: упругое последствие, релаксация напряжения, упругий гистерезис. Механические модели аморфных полимеров.

Стеклообразное состояние высокомолекулярных соединений. Причины нехрупкого поведения, температуры стеклования и хрупкости, области работоспособности стеклообразных полимеров.

Вязко-текучие полимеры. Особенности свойств жидких полимеров. Деформации при течении ВМС. Сегментарный, молекулярный и надмолекулярный механизмы течения полимеров. Законы течения полимеров. Наибольшая и наименьшая ньютоновские вязкости, эффективная вязкость.

2. Химическая технология получения полимеров

2.1. Введение

История и основные направления развития промышленности пластических масс в России и за рубежом. Основные виды и источники сырья для производства полимерных материалов. Полимеры в народном хозяйстве. Классификация полимерных материалов. Перспективы развития производства полимеров.

Предмет и задача общей химической технологии полимеров как основы технологических процессов их синтеза. Совершенствование существующих производств и создание новых высокопроизводительных технологических процессов получения полимерных материалов. Влияние технологических и гидродинамических условий процесса на свойства получаемого полимера в реальных условиях. Пути улучшения качества полимеров и пластических масс на их основе.

Технологический регламент производства и его аппаратурно-технологическая схема – техническая документация, обеспечивающая получение полимера с необходимыми потребительскими свойствами.

Классификация пластических масс по методам синтеза полимеров:

- пластические массы на основе полимеров, получаемых по реакциям полимеризации;
- пластические массы на основе полимеров, получаемых по реакциям поликонденсации;
- пластические массы, получаемые химической модификацией природных и синтетических полимеров.

Специфические особенности массо- и теплообменных процессов в зависимости от метода производства полимеров.

Наполненные и ненаполненные пластические массы. Исходные вещества для получения пластических масс: связующие, наполнители, пластификаторы, стабилизаторы, отвердители, смазывающие вещества и другие добавки. Влияние компонентов на эксплуатационные свойства пластмасс.

Классификация полимерных материалов по их поведению при нагревании: термопластичные и термореактивные полимеры и пластмассы на их основе. Различие их свойств и способов переработки в изделия.

2.2. Пластические массы на основе полимеров, получаемых по реакции полимеризации

Способы проведения полимеризации: в газовой фазе, в массе, в суспензии, в эмульсии, в растворе, в твердой фазе. Молекулярно-массовые характеристики полимеров, полученных различными способами. Зависимость физико-химических свойств от способа получения. Методы стабилизации полимеров.

Факторы, влияющие на процесс: температура, давление, концентрация инициатора или катализатора, их природа и др.

Особенности конструкций реакторов и их отдельных узлов, связанные со следующими факторами: высокая вязкость реакционных сред, гетерогенность процессов, трудность отвода тепла экзотермических реакций, налипа-

ние полимера на стенки аппарата, высокое давление в реакторе при полимеризации газообразных мономеров.

Способы создания устойчивых режимов в реакторах. Способы перемешивания реакционных сред. Способы подачи исходных компонентов и эвакуации реакционных масс из реакторов.

Рециклы в полимеризационных процессах. Очистка сточных вод и газовых выбросов. Сравнение экономической эффективности способов полимеризации.

2.2.1. Полимеризация в массе

Особенности осуществления процесса полимеризации в массе. Полимеризация в массе до глубоких степеней превращения. Достоинства и недостатки способа.

Стадии технологического процесса полимеризации в массе. Необходимость проведения процессов до неполных конверсий мономеров. Наличие рециклов в схемах с очисткой мономеров, возвращаемых в технологический процесс.

Аппаратурное оформление основных и вспомогательных стадий процесса. Способы отвода тепла экзотермических реакций – основная проблема при осуществлении полимеризации в массе.

Основные промышленные процессы полимеризации в массе: полиэтилен высокого давления, полипропилен, полистирол и сополимеры стирола, АБС-пластики, поливинилхлорид, поликапрамид, полиметилметакрилат. Основные закономерности и параметры процессов. Периодические и непрерывные процессы полимеризации в массе. Перспектива способа полимеризации в массе.

Основные правила безопасного ведения процессов полимеризации в массе. Энергоемкость процессов полимеризации в массе.

2.2.2. Полимеризация в растворе

Особенности процессов гомогенной и гетерогенной полимеризации в растворе. Достоинства и недостатки способа.

Стадии технологических процессов гомогенной и гетерогенной полимеризации в растворе. Наличие стадий регенерации растворителей и возврат их в технологический процесс.

Аппаратурное оформление основных и вспомогательных стадий процесса полимеризации в растворе. Перспектива практического использования способа полимеризации в растворе.

Основные промышленные процессы полимеризации в растворе: полиолефины, полиформальдегид и сополимеры формальдегида, поливинилацетат и поливиниловый спирт, полиакриламид, полиоксиалкилены, полиуретаны, пентон.

Основные закономерности и параметры процессов. Периодические и непрерывные процессы полимеризации в растворе. Энергоемкость процессов.

Основные правила безопасного ведения процессов полимеризации в растворе.

2.2.3. Полимеризация в эмульсии

Особенности эмульсионной полимеризации. Компоненты реакционной среды при полимеризации в эмульсии. Достоинства и недостатки способа.

Стадии технологического процесса эмульсионной полимеризации. Агрегативная устойчивость и выделение полимеров.

Аппаратурное оформление основных и вспомогательных стадий процесса. Перспектива практического использования способа. Ограничения в его применении. Большое количество сточных вод и трудность очистки их от мономеров и других компонентов эмульсионной полимеризации.

Основные промышленные процессы полимеризации в эмульсии: полистирол и сополимеры стирола, поливинилхлорид и сополимеры винилхлорида, полиметилметакрилат, полиакрилонитрил, политетрафтор- и политрифторхлорэтилен.

Основные закономерности и параметры процессов. Периодические и непрерывные процессы эмульсионной полимеризации. Энергоемкость процессов.

Основные правила безопасного ведения процессов полимеризации в эмульсии.

2.2.4. Полимеризация в суспензии

Полимеризация в суспензии как разновидность эмульсионной полимеризации. Стабилизаторы суспензии. Основные компоненты реакционной среды. Достоинства и недостатки способа. Сравнения со свойствами полимеров, полученных полимеризацией в массе и в эмульсии.

Стадии технологического процесса суспензионной полимеризации.

Аппаратурное оформление основных и вспомогательных стадий процесса.

Перспектива развития способа. Высокое качество полимеризационных материалов и удобства в управлении процессом – основа для расширения способа суспензионной полимеризации. Ограничения в применении непрерывных процессов. Разработка промышленных периодических процессов полимеризации в суспензии в аппаратах большой единичной мощности.

Основные промышленные процессы полимеризации в суспензии: полистирол и сополимеры стирола, поливинилхлорид, полиакрилаты, фторированные полимеры, полиоксиолефины.

Блочно-суспензионная полимеризация на примере получения пенеполистирола. Особенности процесса и перспективы его развития.

2.2.5. Пластические массы и композиционные материалы на основе полимеров, получаемых по реакции полимеризации

Исходные компоненты для производства пластических масс на основе полимеров, получаемых по реакции полимеризации. Аппаратурное оформление процессов получения композиционных материалов (смесители, вальцы, червячные машины). Пластические массы на основе поливинилхлорида: винипласт и мягкий поливинилхлорид (пластикат пленочный и кабельный).

Композиционные материалы на основе термопластов: дисперснонаполненные термопласты (наполнители: мел, тальк, графит и др.), стекло- и асбонаполненные термопласты (полиолефины, полиамиды).

Газонаполненные полиуретаны: эластичные (поролон) и жесткие пенопласты. Пенополистирол, получаемый прессовым методом.

Перспектива развития производства композиционных материалов.

Перечень основных свойств полимерных материалов: диэлектрические, механические, теплофизические, химическая стойкость, морозостойкость, водостойкость, физиологическая безвредность, горючесть, а также оптические свойства.

Классификация полимерных материалов на группы в зависимости от свойств.

Области практического использования полимеров и пластических масс на их основе в зависимости от принадлежности по свойствам к той или иной группе.

2.3. Пластические массы на основе полимеров, получаемых по реакции поликонденсации

Основные закономерности процесса поликонденсации. Гомополиконденсация и гетерополиконденсация. Равновесная и неравновесная поликонденсация.

Способы проведения процессов поликонденсации: в расплаве, в растворе, в эмульсии, на границе раздела фаз (межфазная поликонденсация), в твердой фазе.

Факторы, влияющие на процесс: температура, характер и концентрация катализатора, соотношение мономеров, характер растворителя и др.

Применение методов моделирования и оптимизации при разработке промышленных поликонденсационных процессов.

Реакционная аппаратура периодического и непрерывного действия для проведения поликонденсационных процессов. Специфические особенности конструкций реакторов и их отдельных узлов.

Способы создания устойчивых режимов в реакторах. Способы перемешивания, подачи исходных компонентов, эвакуации реакционных масс из реакторов, герметизации рабочих пространств реакторов.

Особенности оборудования, применяемого на последующих стадиях поликонденсационного процесса: охлаждения, сушки, измельчения, грануляции и др.

Вспомогательная аппаратура к реакторам для поликонденсации: мерники, плавители, дозирующие устройства, обеспечивающие строгое соблюдение соотношения исходных компонентов.

Создание безотходных и экологически чистых поликонденсационных процессов.

Энергоемкость процессов поликонденсации в зависимости от способа проведения.

2.3.1. Неравновесная поликонденсация (в растворе, в эмульсии, на границе раздела фаз)

Основные закономерности процессов неравновесной поликонденсации в растворе, в эмульсии и в суспензии. Назначение и характер растворителя.

Гомогенные и гетерогенные процессы, сопровождаемые выделением полимера из раствора в ходе реакции поликонденсации в растворе.

Влияние основных факторов на характеристику полимера при проведении процесса в растворе, в эмульсии и на границе раздела фаз. Влияние основных факторов на характеристики полимеров полученных в различных процессах и системах: жидкость-жидкость и жидкость-газ. Характер растворителей в межфазной поликонденсации и роль границы раздела фаз. Поликонденсация во встречных потоках растворов мономеров. Достоинства и недостатки способов.

Стадии технологических процессов гомогенной и гетерогенной поликонденсации в растворе, в эмульсии и на границе раздела фаз. Регенерация растворителей.

Технологические параметры и аппаратное оформление основных промышленных процессов неравновесной поликонденсации в растворе: фенолоальдегидные, карбамидо- и меламинаформальдегидные олигомеры, полиэпоксиды, фурановые олигомеры, элементоорганические полимеры, полиэфир, получаемые при участии хлорангидридов и ангидридов кислот, в эмульсии: фенолона и на границе раздела фаз: поликарбонатов, полиарилатов.

Периодические и непрерывные процессы поликонденсации в растворе. Энергоемкость процессов. Основные закономерности и параметры процессов, правила их безопасного ведения, сравнение характеров и энергоемкости

2.3.2. Равновесная поликонденсация (в расплаве, в растворе)

Закономерности обратимых реакций поликонденсации в расплаве и в растворе. Побочные реакции.

Особенности параметров обратимых реакций: высокая температура, пониженное давление, инертная атмосфера и др. Влияние параметров процессов на свойства полимеров. Достоинства и недостатки способов.

Стадии технологических процессов и аппаратное оформление основных и вспомогательных стадий промышленных процессов получения путем равновесной поликонденсации следующих полимеров: в расплаве – полиэфиров (термопластичных насыщенных и ненасыщенных), полиамидов, поликарбонатов, в растворе – насыщенных полиэфиров, полиарилатов, полиимидов.

Периодические и непрерывные процессы поликонденсации в расплаве и в растворе. Характер и энергоемкость процессов и основные правила их безопасного ведения.

2.3.3. Пластические массы и композиционные материалы на основе полимеров, получаемых по реакции поликонденсации

Исходные компоненты в производстве пластических масс: связующие, наполнители, пластификаторы, стабилизаторы, красители, смазывающие вещества и др.

Классификация фенопластов в зависимости от характера наполнителя: порошкообразные фенопласты, волокниты, текстолиты, гетинаксы и др. Сухой и мокрый способы производства фенопластов.

Стадии технологических процессов и аппаратурное оформление при производстве фенопластов различного типа. Вальцевый и экструзионный способы производства порошкообразных фенопластов. Характер и конструкции смесителей.

Аппаратурное оформление и параметры процессов получения аминопластов, эпоксидных компаундов, наполненных полиамидами, пластических масс на основе фурановых олигомеров с различными наполнителями.

Энергоемкость процессов. Механизация и автоматизация процессов. Экологические проблемы, связанные с большим выделением пыли и вредных паро- и газообразных веществ.

Охрана труда на производствах с возможными случаями травматизма при работе смесителей, вальцев, дробильных агрегатов.

Характеристика основных свойств полимеров и пластических масс на их основе: диэлектрических, физико-механических, теплофизических, химической стойкости, водостойкости и др. Выделение полимерных материалов с высокими механическими и теплофизическими свойствами: текстолит, стеклотекстолит, полиарилаты, поликарбонаты, полиимиды, фурановые полимеры и др.

Области практического использования полимеров поликонденсационного типа и пластмасс на их основе.

3. Свойства полимеров и материалов на их основе. Методы их оценки

3.1 Структура полимеров.

Современные представления о строении и особенностях надмолекулярной структуры полимеров. Полимеры аморфные и кристаллизующиеся. Условия образования различных видов надмолекулярных структур, влияние химического строения и внешней среды; возможности их взаимного перехода.

Надмолекулярные структуры аморфных полимеров, их виды. Предпосылки и условия возникновения кристалличности. Надмолекулярные структуры кристаллических полимеров: единичные кристаллы, дедриты, сфероциты и др. Складчатая и сферолитная кристаллизация. Образование кристаллов с выпрямленными цепями. Специфические свойства кристаллических образований в полимерах.

Современные методы исследования структуры полимеров – электронная и оптическая микроскопия, рентгеновские методы, ИК-спектроскопия, дифференциальный термический анализ, дифференциальная сканирующая калориметрия, нейтронография и др.

3.2 Полимеры и полимерные материалы.

Классификация полимеров по сферам применения и масштабам производства. Основные сферы применения полимеров и их связь со свойствами полимеров.

Понятие о полимерных материалах и их классификация. Материалы наполненные и армированные. Полимерные композиционные материалы. Возможности регулирования свойств полимерных материалов.

3.3 Компоненты полимерных материалов.

Состав полимерных материалов, функции различных компонентов.

Основные виды наполнителей и их влияние на свойства материалов.

Пластификация и пластификаторы.

Стабилизаторы и их виды. Антистатики. Антипирены.

Пути регулирования свойств полимерных материалов.

3.4 Методы приготовления полимерных материалов.

Методы смешения полимеров: сухое смешение, смешение в жидкой фазе и в расплаве. Контроль качества смешения.

Методы пропитки волокнистых и листовых наполнителей.

Контроль технологических свойств полимерных материалов.

3.5 Реология расплавов и концентрированных растворов полимеров

Основные аксиомы реологии полимеров. Реологические жидкости, их классификация. Реологические модели. Тиксотропия и реопексия. Тиксотропия лакокрасочных материалов. Основные реологические уравнения. Кривые течения и реологические характеристики расплавов полимеров.

Вязкость при сдвиговом течении. Температурная зависимость вязкости энергии активации вязкого течения. Зависимость вязкостных свойств от молекулярной массы и разветвленности полимеров; критическая молекулярная масса. Зависимость вязкости от давления. Обобщенная характеристика вязкостных свойств полимеров.

Установившееся ламинарное изотермическое течение жидкости в каналах круглого сечения и в зазоре между двумя коаксиальными цилиндрами. Куэтовское и пуазейлевское течения. Уравнения Пуазейля, Рабиновича-Вайсенберга, Маргулиса. Экспериментальные методы изучения реологических свойств расплава и концентрированных растворов полимеров. Капиллярные и ротационные вискозиметры, принципы их работы и сравнительная характеристика.

Нормальные напряжения при течении полимерных систем. Эффект Вайсенберга. Аномалия вязкости и нормальные напряжения.

Высокоэластическая деформация в растворах и расплавах полимеров. Зависимость высокоэластичности полимерных систем от молекулярного массового распределения. Свободное упругое восстановление струи и Баррус-эффект.

Неустойчивое течение расплавов полимеров, явление срыва. Явление "проскальзывание-прилипание".

3.6 Реологические свойства структурирующихся полимерных систем

Реологические свойства термореактивных полимеров и резиновых сме-

сей. Основные закономерности и эффекты, протекающие при деформировании материалов на основе реакционноспособных олигомеров. Реологические основы создания литевых термореактивных материалов. Явление сверханомалии вязкости. Внутренний срыв. Бессдвиговое течение наполненных олигомеров. Методы и приборы для изучения реологических свойств реактопластов, каучуков и резиновых смесей.

3.7 Физические и химические процессы при переработке полимеров

Формирование свойств термопластичных полимеров в процессах стеклования и кристаллизации; роль надмолекулярных структур. Остаточные напряжения и их проявление. Методы регулирования структуры и свойств в процессах переработки термопластов.

Структурирование каучуков и отверждение олигомеров. Отверждающие и вулканизирующие системы. Стадии процесса отверждения. Пространственная сетка и методы ее оценки. Релаксационные свойства структурированных систем, остаточные напряжения и пути их снижения. Методы регулирования свойств сшитых полимеров в процессах переработки.

Радиационное сшивание полимеров различного строения, его преимущества и недостатки.

3.8 Деструкция и стабилизация полимеров.

Общие представления о деструктивных процессах в полимерах в свете положений квантовой физики и химической термодинамики.

Термоокислительная деструкция, ее характер и механизм. Особенности термоокисления основных типов полимеров. Уравнения важнейших реакций. Пути стабилизации и основные классы стабилизаторов. Синергизм.

Термическая деструкция. Характер процессов и влияние на свойства. Стабилизация полимеров различного строения.

Фотохимическая и радиационная деструкция. Влияние химического строения, температуры, интенсивности облучения. Существующие подходы к стабилизации и важнейшие классы стабилизаторов.

Деструкция, инициированная механическим воздействием. Основное уравнение механокрекинга, возможные пути использования этого явления.

Связь деструктивных процессов с особенностями структуры; структурная стабилизация. Процессы структурирования и условия их протекания. Деструкция в процессах переработки и эксплуатации полимеров. Старение полимеров. Стабилизация полимеров в процессах переработки и эксплуатации.

4. Основные процессы переработки полимеров

4.1 Современное состояние промышленности переработки пластмасс, перспективы развития.

Классификация методов получения изделий из пластмасс, исходя из состояния и свойств материала, места в общем объеме производства изделий.

Выбор метода переработки в зависимости от свойств материала, назначения изделия, его конфигурации и тиражности.

Общая схема процесса производства изделий из пластмасс. Основные стадии процесса. Переработка в вязкотекучем, высокоэластическом, стекло-

образном состоянии. Особенности переработки термопластичных и термореактивных материалов.

Особенности переработки термопластичных и термореактивных материалов.

4.2 Подготовка полимерного материала к переработке.

Оценка технологических свойств полимерного материала и выбор условий формования. Смешение. Смеси полимеров, композиционные материалы. Оценка качества смешения. Сушка. Измельчение. Транспортировка полимерного материала.

4.3 Формование изделий из термопластичных материалов.

Формование в вязкотекучем состоянии.

4.4 Экструзия (непрерывное профильное выдавливание).

Сущность процесса. Работа экструзионного агрегата. Питание экструдера материалом. Пластикация материала. Особенности процесса на одно- и двухчервячных экструдерах. Формующая головка.

Гидродинамическая теория червячной экструзии. Зоны червяка. Виды потоков. Уравнение, описывающее течение расплава в канале червяка. Производительность червяка. Связь производительности с геометрией червяка и переменными параметрами режима экструзии. Расход через головку. Влияние характеристик червяка и головки на производительность экструдера. Влияние технологических параметров и реологических свойств полимера на качество изделий.

Использование экструзии для получения различных профильных изделий.

Получение пленок. Основные технологические особенности различных способов производства. Получение листов, труб. Способы калибровки.

Характеристика работоспособности труб при эксплуатации. Формование полых изделий. Нанесение кабельной изоляции при экструзии. Особенности процессов.

Основные тенденции развития экструзионных методов переработки пластмасс.

4.5 Литье под давлением.

Сущность процесса. Цикл формования. Основные операции. Технологические параметры процессы. Выбор температурного режима. Изменение давления в форме во время цикла. Взаимосвязь температуры, давления и объема отливки. Рабочая диаграмма цикла. Определение оптимальных условий формования. Температура формы. Время цикла. Остаточные напряжения в изделиях при литье, причины возникновения и возможности их устранения. Особенности литья аморфных и кристаллизующихся полимеров.

4.6 Вальцевание и каландрование.

Основные процессы, происходящие при вальцевании и каландровании. Гидродинамика течения расплава между валками. Производительность процесса. Распорное усилие между валками. Способы компенсации прогиба валков. Стадии процесса. Вальцевание. Формование на каландре. Каландровый

эффект. Технологические процессы производства листовых и пленочных изделий.

4.7 Специальные методы.

Ротационное формование, спекание и др. Технологические особенности процессов, перерабатываемые материалы. Формование изделий из фторопластов.

4.8 Формование в высокоэластическом состоянии (формование изделий из листовых термопластичных материалов).

Сущность процесса и области применения. Используемые материалы. Основные стадии процесса: подготовка заготовки, нагрев, вытяжка заготовки, охлаждение. Технологические параметры и их влияние на качество изделий. Степень вытяжки и «формуустойчивость» изделий. Способы: штампование; пневмо- и вакуумформование (негативное, позитивное, с предварительной вытяжкой). Комбинированные способы. Выбор способа, исходя из конфигурации изделия и требований к его качеству.

4.9 Формование при температуре ниже температуры плавления или стеклования («холодное» формование).

Особенности процесса формования за счет реализации вынужденной высокоэластической деформации и рекристаллизации. Способы формования. Применение.

Формование изделий из термореактивных материалов.

4.10 Прессование.

Сущность процесса. Основные технологические свойства прессматериалов и их влияние на параметры процесса и качество формуемых изделий. Стадии процесса. Влияние предварительного нагрева и пластикации на режим прессования и свойства изделий. Виды прессования. Особенности технологии. Определение оптимальных условий формования. Обработка изделий.

4.11 Литье под давлением реактопластов.

Сущность процесса и особенности технологии. Требования к перерабатываемому материалу. Основные операции: пластикация, оформление изделия. Технологические параметры режима литья под давлением. Формование профильных изделий.

Сущность метода, особенности технологии, применение.

Получение изделий из мономеров и олигомеров.

Примеры совмещения получения полимера и изделия в едином технологическом процессе. Получение изделий из капролона (полимеризация капролактама в форме), блочная полимеризация метилметакрилата (органическое стекло и др.).

Заливочные композиции на основе олигомеров.

Способы формования. Выбор способа формования в зависимости от конфигурации изделия и свойства полимерного материала.

Обработка изделий.

Особенности механической обработки пластмасс. Нанесение защитных покрытий. Металлизация изделий. Назначение металлизации, способы нанесения металлических покрытий.

Особенности склеивания изделий. Способы сварки.

5. Свойства и основные процессы переработки лакокрасочных материалов

Компоненты лакокрасочных материалов.

Состав полимерных материалов, функции различных компонентов.

Основные виды наполнителей и их влияние на свойства материалов.

Пластификация и пластификаторы.

Красители и пигменты: особенности окрашивания полимеров и полимерных материалов. Химические, физические и технологические свойства пигментов. Изменение свойств поверхности пигмента модифицированием. Взаимодействие поверхности пигмента с компонентами пленкообразующих систем. Стабилизаторы и их виды. Антистатика. Антипирены.

Пути регулирования свойств полимерных материалов.

Наполнители: их свойства и классификация. Методы введения различных наполнителей. Оптимальные и предельные концентрации наполнителей.

Технологические процессы получения наполненных лакокрасочных материалов. Жидкие лакокрасочные материалы (органодисперсионные и вододисперсионные), 100%-ные пленкообразующие системы, порошковые лакокрасочные материалы. Оптимизация состава лакокрасочных материалов. Оптимизация условий диспергирования пигментов и наполнителей в пленкообразующих системах. Технологические схемы процесса производства лакокрасочных материалов различных типов. Основные стадии процессов. Основное оборудование для получения жидких и порошковых лакокрасочных материалов. Вспомогательное оборудование. Методы получения лакокрасочных материалов различных типов. Сравнительные объемы производства лакокрасочных материалов различных типов.

Классификация и выбор методов окрашивания. Выбор метода окрашивания для различных изделий. Окраска распылением (характеристика, разновидности). Окраска электроосаждением (разновидности метода, ограничения применимости метода, особенности подготовки поверхности металла, окрашиваемого электроосаждением). Окунание и облив. Способы нанесения порошковых лакокрасочных материалов (в кипящем слое, в электрическом поле, трибоэлектростатический метод, плазменное напыление и др.).

Специфика окраски неметаллических изделий.

Сушка лакокрасочных материалов. Классификация методов. Критерии выбора метода сушки для различных изделий.

Основное оборудование для нанесения лакокрасочных материалов. Типы конструкций сушильных камер.

6. Расчет и конструирование изделий и форм

Связь конструкции изделия с условиями его эксплуатации и свойствами материала. Роль фактора времени.

Общие требования к конструированию изделий. Зависимость точности

изделий от условий формования и материала. Изделия с арматурой, внутренние напряжения в изделиях.

Классификация форм. Гнездность. Условия извлечения изделий из форм. Системы крепления, литниковых и вентиляционных каналов, нагрева и охлаждения, выталкивания изделий. Прессформы, литьевые формы, экструзионные головки, формы для пневмоформования, контактного формования, оснастка для производства армированных изделий. Изготовление оснастки и форм. Правила эксплуатации форм.

Программа «Материалы и технологии смарт энергосистем»

1. Инструментальные методы исследования энергосистем

- Электрохимические методы анализа. Кондуктометрия и кондуктометрическое титрование. Высокочастотное титрование. Потенциометрия. Вольтамперометрия. Электролиз и кулонометрия. Теоретические основы методов. Приборное обеспечение методов. Возможности практического применения методов. Границы применимости методов.

- Методы анализа, основанные на взаимодействии излучения с веществом. Спектральные и оптические методы. Атомные спектры. Классификация. Атомная спектроскопия. Атомно-эмиссионная спектроскопия. Атомно-эмиссионная спектроскопия с индуктивно-связанной плазмой. Абсорбционная спектроскопия. Атомно-абсорбционный спектральный анализ. Другие спектральные и оптические методы анализа. Органическая структура через ИК спектры.

- Введение в кинетические и радиохимические методы. Классификация. Нейтронный активационный анализ. Масс-спектрометрия с изотопным разбавлением. Теоретические основы. Измерительные приборы. Пределы применимости методов. Преимущества и недостатки методов.

- Массовый анализ. Введение. Понятие массы. Основные характеристики. Измерительные приборы. Возможности практического применения. Массовые анализаторы. Особенности ICPMS. Стандарты. Основы интерпретации масс-спектров соединений.

- Введение. Пробоподготовка. Измерительные приборы. RIR-зависимость. Введение и классификация методов RIR. Концепция объемного анализа. Методы расчета в объемном анализе. Концепция газового объемного анализа. Общие принципы. Газообъемный метод. Сравнение весовых и объемных методов анализа. Преимущества и недостатки методов.

- Концепция разделения. Дистилляция. Типы процессов разделения. Биоразделение. Понятие концентрации растворов. Введение в методы переработки отходов. Коагуляция и флокуляция. Осадки. Окисление. Ионообменный процесс. Хроматография. Классификация методов хроматографии. Теоретические основы. Измерительные приборы. Возможности практического применения. Пределы применимости метода.

2. Техника, цифровизация и оптимизация экспериментальных исследований энергосистем

- Основные принципы планирования научного эксперимента. Методология научного исследования. Организация эффективного рабочего места исследователя. Основы хемометрики.

- Проведения аналитических расчетов (MathCad, Wolfram Mathematica и аналоги);

- Обработка больших массивов накопленных данных (Origin Pro и аналоги);

- Представление научных отчетов в графическо-текстовом формате, а также в формате электронных презентаций (Microsoft Office и аналоги);

- Подготовка графических и других иллюстративных материалов (с использованием пакетов обработки векторной и растровой графики).

- Проведение аналитических расчетов с использованием численных методов и математического аппарата.

- Введение в численные методы и вычислительные алгоритмы. Планирование эксперимента с целью его максимальной алгоритмизации. Примеры проведения первичной обработки экспериментальных данных с помощью аналитических и численных методов, а также с привлечением основ математического аппарата.

- Разбор и отработка типовых задач обработки экспериментальных данных с помощью аналитических и численных методов, а также с привлечением основ математического аппарата.

- Основные принципы представления результатов научных исследований и результатов работы.

- Введение в терминологию и классификация документов, описывающих результаты прикладных или фундаментальных исследований – отчет о ПНИ, программы и методики, протоколы и акты испытаний.

- Разбор и отработка на типовых задачах и примерах основных подходов и приемов формирования наукоемких самосогласованных отчетных материалов в графическо-текстовом формате, а также в формате высокоструктурированных электронных презентаций, с применением средств создания иллюстраций, таблиц, графиков и диаграмм.

- Автоматизация экспериментов и процесса обработки больших массивов накопленных данных.

- Освещение основных принципов оптимизации процедуры обработки больших массивов накопленных экспериментальных данных.

- Изучение основных подходов для записи и упорядочения первичных экспериментальных данных.

- Разбор примеров использования численных алгоритмов и методов частичной и полной автоматизации анализа упорядоченных экспериментальных данных, использование общедоступных программ и

специализированного программного обеспечения для проведения анализа данных.

- Изучение возможностей программных комплексов, прилагаемых к типовому электрохимическому оборудованию (ПО «Элинс», Nova (Metrohm)) для проведения электрохимических исследований и контроля экспериментов. Разбор и отработка типовых задач автоматизации экспериментов и процесса обработки больших массивов накопленных данных.

- Разбор и отработка типовых задач при обработке больших массивов накопленных экспериментальных данных: записи и упорядочения первичных экспериментальных данных, использования численных алгоритмов и методов частичной и полной автоматизации для анализа указанных данных. Отработка типовых примеров контроля электрохимических экспериментов с использованием программных комплексов, прилагаемых к типовому электрохимическому оборудованию.

- Программные комплексы интерактивной среды для моделирования научных и технологических процессов: основные задачи, методы решения и аналитические возможности таких комплексов.

- Рассмотрение аналитических и численных подходов к моделированию работы химических источников тока. Отработка типовых задач и примеров моделирования электрохимических процессов, лежащих в основе работы химических источников тока.

- Современный инструментарий для конструирования электрохимических источников тока на основе проточных редокс-батарей

- Основные средства для создания эскиз-проектов конструкций электрохимических источников тока, функционирующих по принципу ПРБ, а также отдельных их функциональных частей и технологических решений.

- Рассмотрение возможностей программных пакетов для работы с векторной графикой и техническими чертежами.

- Подготовка чертежей и эскизов к преобразованию их в форматы, распознаваемые технологическим оборудованием.

- Изучение основ управления основным технологическим оборудованием для изготовления ПРБ методом набора листовых компонентов.

- Создание эскиз-проекта конструкции мембранно-электродного блока для проточной редокс-батареи.

- Основы оптимизации электрохимических источников тока на основе проточных редокс-батарей.

- Изучение процедуры оптимизации конструкции путем выявления ключевых факторов, определяющих основные характеристики (удельную мощность, эффективность, степень конверсии основных реагентов и др.) для проектируемого источника тока на базе ПРБ.

- Создание основных узлов конструкции мембранно-электродного блока для проточной редокс-батареи с использованием технологического оборудования.

3. Современная экспериментальная электрохимия

- Основные положения теории Аррениуса. Закон разведения Оствальда. Ион-дипольное взаимодействие в растворах электролитов. Энергии кристаллической решетки и сольватации ионов. Уравнения Борна и Борна - Бьеррума.

- Ион-ионное взаимодействие в растворах электролитов. Теория Дебая - Хюккеля: понятие ионной атмосферы, вывод формулы для потенциала ионной атмосферы в растворе 1,1-валентного электролита, ограничения теории Дебая - Хюккеля. Первое и второе приближения теории Дебая - Хюккеля для расчета коэффициентов активности. Связь среднего коэффициента активности с коэффициентами активности отдельных ионов. Современные представления о теории растворов сильных электролитов.

- Электропроводность растворов электролитов: удельная, эквивалентная и молярная электропроводности, определение подвижности отдельных ионов, первоначальная и современная формулировки закона Кольрауша.

- Числа переноса, их зависимость от концентрации раствора. Методы определения чисел переноса.

- Теория электропроводности растворов сильных электролитов: электрофоретический и релаксационный эффекты; эффекты Вина и Дебая - Фалькенгагена; зависимость эквивалентной электропроводности раствора от концентрации. Уравнение Дебая - Хюккеля - Онзагера.

- Процессы диффузии и миграции в растворах электролитов: основные законы и уравнения диффузии; диффузионный потенциал. Вывод формулы для диффузионного потенциала на границе двух растворов одного и того же 1,1-валентного электролита.

- Кондуктометрический метод и его возможности: методика измерения электропроводности растворов электролитов; кондуктометрическое определение константы диссоциации и произведения растворимости; кондуктометрия в химическом анализе.

- Разности потенциалов в электрохимических системах: понятия внешнего, внутреннего и поверхностных потенциалов; разности потенциалов Вольта и Гальвани; потенциал нулевого заряда и методы его определения.

- Электрохимический потенциал. Условия равновесия на границе электрода с раствором и в электрохимической цепи. Уравнение Нернста.

- Относительные и стандартные электродные потенциалы. Расчет ЭДС с помощью таблиц стандартных потенциалов.

- Классификация электродов и электрохимических цепей: электроды 1-го, 2-го и 3-го рода; окислительно-восстановительные и ион-селективные электроды; физические, химические и концентрационные цепи.

- Электрохимические методы анализа для аттестации материалов ЭХИТ, состава и анализа механизма процессов на электродах.
- Электролиз. Законы Фарадея. Кулонометрия. Основы метода. Область применения. Техника эксперимента. Понятие о кулоновской эффективности. Определение выхода вещества.
- Потенциометрия. Определение pH, ионного состава, титрование, стационарный и равновесный потенциалы. Коррозионный потенциал. Потенциал разомкнутой цепи.
- Вольтамперометрия. Совокупность методов. Хронометоды (хроноамперометрия, хронопотенциометрия). Основы методов. Техника эксперимента. Получаемые параметры. Область применения. Понятие о ВАХ для ХИТ. Анализ ВАХ.
- Линейная и циклическая вольтамперометрия. Основы метода. Области применения. Техника эксперимента. Получаемые параметры. Скорость развертки потенциала. Зависимость тока от скорости развертки. Обратимые и необратимые процессы. Диффузионно-контролируемые процессы. Адсорбция и десорбция. Особенности ЦВА при абсорбции вещества материалом электрода. Кристаллизация и растворение. Образование твердой фазы. Влияние концентрации веществ на ЦВА. Особенности твердофазных процессов. Отличие линейной и циклической вольтамперометрии от стационарных методов. Оценка площади электрода по ЦВА.
- Импульсная вольтамперометрия. Основы методов. Техника эксперимента. Получаемые параметры. DPV. Области применения. Определение коэффициентов диффузии в твердом теле.
- Импеданс. Основные понятия. Основы метода. Области применения. Получаемые параметры. Частотные зависимости. Годографы (спектры). Эквивалентные схемы. Элементы эквивалентной схемы. Проверка правильности эквивалентной схемы. Простейшие примеры.
- Кондуктометрия. Электропроводность растворов электролитов. Твердые электролиты. Двух и четырех электродный метод измерения проводимости. Мембранный потенциал. Методы оценки.
- Спектроэлектрохимия. Основы методов. Области применения. Техника эксперимента. Получаемые параметры. Сопряжение электрохимических измерений с *in situ* физическими методами (Оже, ИК, комбинационное рассеяние, микроскопия, синхротрон и т.п.).

4. Материалы для устройств запасаения и хранения электроэнергии

- Общие представления об ЭХИТ. Первичные источники тока. Суперконденсаторы.
- Основные характеристики ХИТ: емкость, напряжение, КПД, удельная энергоемкость, мощность, энергозапас и др.
- Первичные источники тока. Типы, общие принципы работы, практическое применение, история развития. Литий-ионные батареи.

- Понятие о суперконденсаторах. Типы. Принципы работы. Виды. Режимы работы. Емкость. Параметры, влияющие на емкость. Отличие от классических конденсаторов. Тестирование суперконденсатора. Применение.

- Вторичные источники тока. Кислотные и щелочные аккумуляторы. Типы устройств и их применение. Электроды. Электролиты. Процессы, лежащие в основе работы. Характеристики

- Литиевые аккумуляторы. Типы устройств и их применение. Особенности литиевых аккумуляторов. Устройство литиевых аккумуляторов. Электроды. Электролиты. Процессы, лежащие в основе работы. Характеристики. Литий-ионные аккумуляторы. Устройство. Материалы катода и анода. Электролит. Принципы работы. Особенности конструкции. Характеристики. Области применения.

- Аккумуляторы с воздушными электродами. Редокс-батареи.

- Типы. Устройство. Катализаторы. Принципы работы. Особенности конструкции. Типичные редокс-рекции. Характеристики. Области применения.

- Литий-полимерные аккумуляторы. Постлитиевые (натрий, калий, магний) аккумуляторы.

- Топливные элементы. Классификация. Общие принципы работы. Понятие о трехфазной границе. Практическое применение ТЭ, история развития.

- Твердополимерные топливные элементы (ТПТЭ). Принципы и условия работы. Виды топлив. Реакции. Катализаторы. Устройство.

- Причины деградации ТЭ. Способы оценки деградации электродов в электрохимических источниках энергии.

- Топливные элементы на основе органических топлив. Типы. Катализаторы. Прямые и побочные реакции. Недостатки и преимущества. Мембранно-электродный блок. Специфика. Особенности конструкции. Характеристики. Области применения.

- Среднетемпературные топливные элементы. Принципы работы. Основные отличия. Материалы. Рабочие диапазоны температур. Мембранно-электродный блок. Специфика. особенности конструкции. Характеристики. Области применения.

- ТОТЭ (Твердооксидные ТЭ). Принципы работы. Основные отличия. Материалы. Рабочие диапазоны температур. Мембранно-электродный блок. Специфика. Характеристики. Коэффициент температурного расширения. Особенности конструкции. Области применения.

- Биотопливные элементы. Типы. Принципы работы. Основные отличия. Материалы. Рабочие режимы. субстрат и катализатор, медиатор. Мембранно-электродный блок. Специфика. Характеристики. Особенности конструкции. Области применения.

- Редокс-полимеры: общие принципы; структура и состав; примеры подобных систем; синтез; окислительно-восстановительные свойства; введение понятий "степень окисления", "заряд", "емкость" и "ток"

заряда/разряда" (в зависимости от потенциала электрода) и экспериментальное нахождение этих характеристик для пленок электроактивных материалов на примере редокс-полимеров; принцип электронейтральности; роль ионного обмена с внешней средой (раствором); смешанная электронно-ионная проводимость; скачковый механизм проводимости; каталитические свойства.

- Общие свойства электроактивных материалов: определение свойства электроактивности; степень окисления, заряд, емкость и ток заряда/разряда в зависимости от потенциала электрода; равновесные свойства; линейная и циклическая вольтамперометрия; межфазные скачки потенциала и хроноамперометрия; электронная проводимость; электронный обмен пленки с электродом; принцип электронейтральности; принцип постоянства полного тока в цепи; ионная проводимость; ионный обмен пленки с раствором электролита.

- Сопряженные полимеры: определение системы сопряженных связей; гибридизации атомов углерода; сигма- и пи-электронные связи; жесткость и планарность молекул; ароматичность и гетероароматичность; магические числа пи-электронов; примеры систем с делокализованными пи-связями и с чередующимися одинарными и двойными связями; основное, возбужденное и ионизованное состояния; катион- и анион-радикалы; дикатионы; сопряженные мономеры, димеры, олигомеры и полимеры: электронные свойства в незаряженном и заряженном состоянии; степень окисления, заряд, емкость и ток заряда/разряда в зависимости от потенциала электрода; электронная проводимость; (электронно-)проводящие полимеры; электронный перенос между электродом и пленкой; электронейтральность и ионный обмен между пленкой и раствором; ионная проводимость; смешанная проводимость; числа переноса; оптические свойства в зависимости от степени окисления.

- Полипиррол и его производные: гетероароматичность; распределение электронной плотности в нейтральном и заряженном состояниях; процесс окисления пиррола: катион-радикал, димеризация, депротонирование, олигомеризация, образование твердой фазы; процесс электрополимеризации - влияние режима и его параметров; эффекты заместителей; редокс-активность полипиррола; нейтральное и заряженное состояния; многократное циклирование потенциала и переокисление; изменение структуры сопряженных связей; локализованные и делокализованные электронные состояния, длина делокализации; электронные спектры; колебательные свойства; электропроводность; ионная проводимость; электронный и ионный обмен на межфазных границах; электрохимические реакции на поверхности полимерной пленки.

- Политиофен и его производные: гетероароматичность; распределение электронной плотности в нейтральном и заряженном состояниях; процесс окисления тиофена: катион-радикал, димеризация, депротонирование, олигомеризация, образование твердой фазы; процесс электрополимеризации - влияние режима и его параметров; эффекты заместителей; полибитиофен,

полиалкилтиофены и ПЕДОТ; региорегулярность; редокс-активность семейства политиофенов; нейтральное и заряженное состояния; многократное циклирование потенциала и переоисление; изменение структуры сопряженных связей; локализованные и делокализованные электронные состояния, длина делокализации; электронные спектры; колебательные свойства; электропроводность; ионная проводимость; электронный и ионный обмен на межфазных границах; электрохимические реакции на поверхности полимерной пленки.

- Композитные электроактивные материалы типа полимер/металл: системы на основе металла (от атома до массивного образца: кластер, наночастица, микрочастица, кристаллографические эффекты); специфические свойства наночастиц металлов, эффекты площади поверхности и поверхностной энергии; неустойчивость наночастиц металлов и их стабилизация; получение стабилизированных коллоидных растворов наночастиц; нанокompозиты полимер/наночастицы металла: полимеризация из раствора с наночастицами, включение коллоидных наночастиц в пленку при циклировании потенциала, восстановление ионов металла внутри полимерной пленки, одновременный синтез полимера и наночастиц; композит полипиррол/палладий: синтез, характеристика, каталитические свойства.

- Берлинская лазурь (БЛ) и композиты на ее основе: редокс-реакции ионов железа и гексацианоферрата; ионообменный и электрохимический способы получения БЛ; редокс- и оптические свойства; каталитические свойства: пероксида водорода, неустойчивость пленки; би- и многослойные покрытия БЛ-полимер; химический и электрохимический способы синтеза композитных пленок БЛ/полипиррол; каталитические и электрохромные свойства композитных пленок.

- Материалы с интеркаляцией ионов в твердые матрицы: ионы лития внутри графита, структура, степень допирования, ионная проводимость, принцип электронейтральности, смешанная проводимость, электронный и ионный обмен на границах; литий-ионный электрод на основе графита: раствор электролита, полимерный электролит, токоподвод, связующее вещество; литий-ионные материалы на основе соединений переходных металлов: оксиды, соли, структуры, электропроводность и межфазный перенос зарядов, лимитирующий процесс. эффект размера частиц активного компонента, электронно- и ионнопроводящие добавки; сепаратор: назначение, электропроводность, мембранные свойства; литий-ионные источники тока: конструкция, основные компоненты, ЭДС и напряжение при прохождении тока, мощность, источник энергии.

- Химия и технология полимеров для получения мембран твердополимерных низкотемпературных топливных элементов. Полимеры Nafion. Требования к полимерной топливной мембране. Физико-химические свойства полимерных топливных мембран. Механизм протонной проводимости в твердополимерных полимерных мембранах. Лабораторная работа по исследованию и/или использованию полимерной мембраны типа

Nafion в составе электрохимического источника тока (водородно-воздушный топливный элемент или проточная редокс-батарея).

- Полимерные мембраны для высокотемпературных топливных элементов с фосфорнокислым электролитом. Виды полимеров для высокотемпературных топливных элементов, свойства и способы получения. Механизм протонной проводимости фосфорнокислотных полимерных мембранах.

- Получение и применение полимерных материалов для фотовольтаических и светоизлучающих устройств. Полимерные светодиоды, дисплеи, сенсоры, солнечные батареи. Фотолитографический процесс и роль полимеров в нем.

- Полимерные электролиты для литиевых и литий-ионных химических источников тока.

- Микропористые полимеры и их использование в составе систем хранения газов. Аморфные микропористые полимеры. Сверхсшитый полистирол и родственные полимеры.

- Сопряженные пористые полимеры, современные способы их синтеза. Кристаллические и каркасные микропористые полимеры. Свойства и применение микропористых полимеров, в том числе в составе систем хранения газов

5. Технологии современной энергетики.

- Водородная энергетика: концепция, история возникновения, составные части, проблемы реализации, водородные энерготехнологии, водородные топливные элементы, национальные и международные программы.

- Водород: распространенность на Земле и в космосе, строение атома и молекулы, изотопы, физические и химические свойства, способы и масштабы получения, методы выделения и очистки, способы хранения и транспортировки, области применения, применение водорода как энергоносителя, водородно-воздушный топливный элемент.

- Адсорбционный способ хранения водорода: основные понятия адсорбции, методы определения удельной поверхности и количества адсорбированного газа, сорбенты (цеолиты, клатраты, металл-органические каркасные структуры, углеродные наноматериалы) и их характеристики.

- Хранение водорода в химически связанном состоянии: характеристики водородсодержащих соединений; классификация по химической связи и структуре; вещества, выделяющие водород при термическом разложении; вещества, генерирующие водород при взаимодействии с водными растворами; методы определения количества и чистоты выделяющегося водорода; преимущества и недостатки химических источников водорода.

- Металлогидридный способ хранения и компримирования водорода: классификация гидридов, обратимое и необратимое гидрирование, структура гидридов, кинетика и термодинамика процесса гидрирования, химический анализ и волюмометрическое измерение содержания водорода в гидридах,

металлогидридные устройства (аккумуляторы водорода, компрессоры водорода, тепловые насосы, датчики давления и температуры, теплообменники), преимущества и недостатки металлогидридного способа.

- Водородное материаловедение: безопасность работы с водородом, взаимодействие водорода с конструкционными материалами и водородное охрупчивание, водородная обработка материалов и гидридное диспергирование, металлогидридные аккумуляторы водорода многократного действия, генераторы водорода термолизного и гидролизного типа, водородные энерготехнологии.

- Никель-металлогидридные перезаряжаемые источники тока: принцип работы, устройство, технико-эксплуатационные характеристики, преимущества и недостатки по сравнению с другими типами электрохимических батарей, подходы к созданию Ni-MH батарей нового поколения.

- Углеродные наноматериалы для водородной энергетики: модификации углерода (графит, алмаз, фуллерен, нанотрубки, нановолокна, графен), их синтез, свойства, применение; графеноподобные наноструктуры; металл-углеродные и металлогидрид-углеродные композиты; примеры практического использования.

- Современные физико-химические методы аттестации и исследования материалов для водородной энергетики: химический и фазовый анализы; построение диаграмм состояния (изотермы, изобары, изохоры); определение состава и структуры гидридов; исследование состояния поверхности; знакомство с основными приборами физико-химического анализа.

- Водородная энергетика: анализ современного состояния, достижения и разработки в области водородных энерготехнологий, водородные автомобили и заправочные станции, проблемы коммерциализации, существующие проекты и программы, прогноз развития в России и мире.

- Солнечное излучение. Его особенности. Основные понятия и определения солнечной энергетики. Ресурсы солнечной энергетики. Энергетическое использование солнечного излучения на Земле. Классификация солнечных энергетических установок, их особенности. СЭУ и СЭС. Солнечные коллекторы. Солнечные фотоэлектрические установки.

- Общее описание процессов переноса. Постановка задачи. Вывод уравнения переноса. Решение уравнения переноса. Граничные условия. Поглощающий слой полубесконечной толщины. Поглощающий слой конечной толщины при наличии рекомбинации носителей на тыльной поверхности. Генерация фототока в структуре с p-n-переходом.

- Влияние электрического поля. О постоянстве фототока в области перехода. Влияние высокого уровня инжекции. Анализ принятых допущений.

- Измерение времени жизни и диффузионной длины неосновных носителей заряда. Измерения τ методом Хайиса-Шокли при наличии электрического поля. Затухание фотопроводимости. Поверхностная фото-ЭДС. Фотоэлектромагнитный эффект. Ток, возбуждаемый электронным и

световым пучками. Затухание напряжения холостого хода. Релаксация емкости структуры металл-диэлектрик-полупроводник. Метод микроволновой фотопроводимости. Метод широкополосной фотодиэлектрической спектроскопии.

- Гомогенные переходы. Свойства потенциального барьера в области перехода. Диффузионный механизм протекания тока в гомопереходах с р- и п-областями бесконечно большой и конечной толщины. Положение квазиуровней Ферми в обедненном слое. Рекомбинационно-генерационный процесс в обедненном слое. Вольт-амперные характеристики элементов с гомогенным переходом при различных механизмах переноса носителей заряда. Трехмерные объемные эффекты в гомогенных переходах. Модификации структуры солнечного элемента с гомогенным переходом.

- Гетеропереходы. Основная модель. Сродство к электрону и разрывы энергетических зон. Справедливость модели резкого перехода

- Усовершенствованные модели гетероперехода. Физическая природа энергетических состояний на границе раздела. Влияние поверхностных состояний на электрические свойства гетеропереходов. Диполи на границе раздела.

- Модели кинетических явлений в гетеропереходах. Инжекция и диффузия носителей в квазинейтральных областях. Рекомбинация и генерация носителей в обедненном слое. Прямая рекомбинация носителей заряда через состояния на границе раздела, определяемая высотой барьера Шоттки.

- Протекание тока, обусловленное рекомбинацией носителей заряда на границе раздела. Туннелирование носителей. Термическая активация и туннелирование. Гетероструктуры.

- Барьеры Шоттки, структуры металл-диэлектрик-полупроводник и полупроводник-диэлектрик-полупроводник. Исходная модель барьера Шоттки. Высота барьера. Происхождение состояний на поверхности и границе раздела. Приборы со структурой металл-диэлектрик-полупроводник. Структуры полупроводник-диэлектрик—полупроводник. Омические контакты.

- Идеальный солнечный элемент при наличии освещения.

- Влияние последовательного и шунтирующего сопротивлений. Оценочный расчет потерь мощности на сопротивлениях R_s и R_p . Модели с распределенными сопротивлениями. Физические явления, обуславливающие последовательное и шунтирующее сопротивления.

- Другие способы анализа эффективности преобразования солнечной энергии. Анализ коэффициента собирания носителей заряда при протекании тока.

- Влияние температуры и облученности на КПД солнечных элементов. Тепловые характеристики. Эффекты, связанные с высоким уровнем облученности.

- Анализ потерь энергии.

- Кремниевые солнечные элементы. Выращивание монокристаллического кремния. Песок для кремния. Выращивание кристаллов методом Чохральского. Сегрегация примесей. Зонная плавка. Другие методы выращивания.

- Дефектность, легирование и время жизни носителей заряда.

- Технология и параметры элементов на основе кремния. Новые пути создания солнечных элементов на основе кремния. Многопереходные солнечные элементы с вертикальными переходами. Тандемный солнечный элемент. Тонкие с отражающим зеркалом на тыльной поверхности. Поликристаллические.

- Материалы, используемые для создания гетероструктурных солнечных элементов.

- Солнечные элементы на основе структур AlGaAs-GaAs с гетерофазной границей раздела.

- Солнечные батареи для космического применения. Каскадные солнечные батареи и модули на основе соединений A^3B^5 . Солнечные концентраторы и системы для космического применения. Солнечные генераторы для космических миссий.

- Тонкие поликристаллические пленки для солнечных элементов. Оптические явления в тонких пленках.

- Перенос электрического заряда в поликристаллических пленках. Влияние толщины пленок. Границы между зернами в поликристаллических пленках. Электропроводность кристаллических материалов. Электропроводность различных поликристаллических пленок

- Влияние межкристаллитных границ в солнечных элементах с поликристаллическими слоями. Исследования рекомбинации на межкристаллитных границах в бикристалле и поликристалле с большим размером кристаллитов. Снижение рекомбинации на межкристаллитной границе

- Тонкопленочные солнечные батареи на основе халькогенидов. Особенности устройства. Материалы для тонкопленочных солнечных батарей. Факторы, влияющие на эффективность солнечных батарей. Солнечные батареи на основе CdTe: свойства материалов, эффективность и особенности создания. Прямая схема. Инверсная схема.

- Тонкопленочные солнечные батареи на основе четверных соединений меди. Комбинации элементов, обладающие фотовольтаическими свойствами.

- Новые материалы и концепции для солнечных батарей и модулей. Материалы, их особенность и структура. Высокотехнологичные материалы и концепции фотовольтаических модулей. Наноструктуры в фотовольтаике.

- Солнечные батареи на основе Cu-In-Ga-S(Se). Структура, свойства. Дизайн солнечного преобразователя CIGS. Фотовольтаические характеристики

- Солнечные батареи на основе кестеритов Cu-Zn-Sn-S(Se). Дизайн и фотовольтаические характеристики. Перспективы экологически чистой

технологии. Параметры, определяющие эффективность преобразования солнечной энергии

- Органические солнечные элементы. История развития. Молекулярные и органические материалы. Устройство и методы получения. Параметры солнечных элементов. Теоретическая модель. Перспективы развития.

- Мезоскопические фотопреобразователи гетероструктурного типа. История развития. Устройство и методы получения. Параметры солнечных элементов. Тандемные структуры.

- Коллоидные квантовые точки в солнечных элементах. Синтез коллоидных квантовых точек.

- Зарядово-транспортные свойства слоев квантовых точек. Поверхностная модификация квантовых точек. Эффект многоэкситонной генерации и роль «горячих» носителей заряда в квантовых точках. Солнечные элементы на основе контакта Шоттки.

- Гибридные солнечные элементы на основе гетероперехода сопряженный полимер/квантовые точки. Архитектура и принцип работы. Полимеры и квантовые точки, используемые в гибридных солнечных элементах

- Солнечные элементы на основе гетероперехода полупроводник/полупроводник.

- Солнечные элементы, сенсibilизированные квантовыми точками. Принцип действия. Методы изготовления. Квантовые точки, используемые как сенсibilизаторы. Фотоанод.

- Новые идеи и тенденции в фотовольтаике. Солнечная энергетика и экономическая целесообразность. Вопросы экологии.

Программа «Химическая технология новых материалов и малотоннажного синтеза»

1.1 Традиционные углеродные материалы

Углерод, аллотропные модификации. Структура природных форм углерода. Переходные формы углерода: смешанные формы и промежуточные формы с дробным показателем степени гибридизации. Диаграмма аллотропных форм углерода.

Классификация углеродных материалов. Природные и искусственные углеродные материалы. Состояние, перспективы производства и применения углеродных материалов.

Исходное сырье для производства углеродных материалов.

Твердые горючие ископаемые. Структура и физико-химические свойства углей. Природный графит. Шунгит.

Нефть. Элементный и фракционный состав нефти. Физико-химические свойства нефти.

Природные горючие газы. Попутные (нефтяные) газы. Газы газоконденсатных месторождений.

Каменноугольный и нефтяной пеки – как связующие в производстве углеродных материалов. Основные свойства пеков. Технологии производства пеков. Способы совершенствования потребительских качеств нефтяного и каменноугольного пеков. Обзор рынка каменноугольного и нефтяного пеков в России.

Нефтяные и пековые коксы. Структура и качество коксов. Подготовка сырья для коксования. Влияние температуры, скорости нагрева и давления на выход и свойства продуктов коксования. Процессы, протекающие при коксовании. Сравнение различных способов коксования. Кубовые установки коксования, установки замедленного коксования, коксование в камерных печах. Конструкции печей коксования твердых горючих ископаемых: неподвижные с внешним обогревом, вращающиеся с внешним обогревом, с перемешиванием топлива и внутренним обогревом. Современное состояние рынка нефтяного и пекового коксов в России.

Углеграфитовые материалы. Классификация углеграфитовых материалов. Электродные изделия, огнеупорные материалы, химически стойкие изделия, электроугольные изделия, углеродные массы и пасты, антифрикционные изделия, графитовые материалы для атомной энергетики. Схема производства углеграфитовых материалов. Обработка исходного углеродного сырья, смешивание со связующим, прессование, обжиг, графитация. Технологии обжига углеграфитовых материалов. Механизм и технология процесса графитации. Основное оборудование графитировочных цехов. Графитировочные печи периодического действия с нерегулируемым сопротивлением (печи Ачесона). Печи продольной графитации (способ Кастнера). Получение анодных масс, электродов для металлургии.

Пористые углеродные материалы. Структура ПУМ: микро-, мезо- и макропоры. Основные стадии получения ПУМ из различного углеродсодержащего сырья: карбонизация и активация. Химические и парогазовые методы активации ПУМ.

Технический углерод (сажа). Основные характеристики технического углерода. Получение сажи: печной, канальный и термический методы получения. Форсуночная, ламповая, антраценовая, ацетиленовая сажи. Преимущества и недостатки различных методов получения технического углерода. Теоретические основы процесса сажеобразования. Общие сведения о химическом составе жидкого сырья для производства сажи. Газы, применяемые в производстве сажи. Твердые горючие ископаемые как сырье для получения сажи.

Стеклоуглерод – изотропный углеродный материал. Свойства и структура стеклоуглерода. Получение и области применения.

Природные и синтетические алмазы. Физико-химические свойства алмаза, структура, нахождение алмазов в природе. Получение искусственных алмазов. Шлифпорошки на основе природных и синтетических алмазов. Ультратонкодисперсные алмазы. Алмазные пленки. Свойства, технологии получения и применение алмазных пленок.

1.2 Углеродные волокна и углеродные композиционные материалы

Углеродные волокна на основе гидратцеллюлозы, полиакрилонитрила, пека. Высокомодульные и высокопрочные углеродные волокна. Технология получения УВ на основе полиакрилонитрила: формирование исходного ПАН-волокна, термостабилизация, карбонизация, графитация. Сравнение различных типов углеродных волокон. Преимущества и недостатки различных технологий получения углеродных волокон. Влияние технологических параметров на свойства углеродных волокон. Требования, предъявляемые к углеродным волокнам. Мировое производство углеродных волокон. Области применения углеродного волокна. Полимерные композиционные материалы на основе углеродных волокон.

Традиционные электропроводящие углерод-углеродные материалы. Пиронасыщенные и упрочненные С-С материалы. Структурная схема процесса получения углерод-углеродных композиционных материалов. Способы формирования углеродной матрицы. Способ циклической пропитки – карбонизации. Формирование углеродной матрицы химическим осаждением углерода из газовой фазы. Влияние состава пиролизуемой среды, температуры и природы подложки на структуру и свойства пироуглерода.

1.3 Уплотнительные, огнезащитные и сорбционные материалы на основе интеркалированного графита

Основные стадии получения интеркалированного и терморасширенного графита. Интеркалирование природного графита. Нитрат и бисульфат графита. Окисленный графит. Огнезащитные материалы.

Установки для вспенивания окисленного графита и прокатки ТРГ. Сорбционные материалы на основе терморасширенного графита. Гибкая графитовая фольга, основные физико-механические характеристики графитовой фольги. Факторы, определяющие свойства графитовой фольги. Уплотнительные материалы на основе графитовой фольги.

1.4 Инновационные углеродные материалы на основе фуллеренов, нанотрубок, графена

Фуллерены. Структура, разнообразие фуллеренов. История открытия, синтез и применение фуллеренов. Пути оптимизации технологических условий синтеза для увеличения выхода фуллеренов. Методы очистки фуллеренов.

Нанотрубки; история открытия. Структура нанотрубок: хиральность, одностенные нанотрубки, многослойные нанотрубки. Электрические, магнитные, капиллярные свойства нанотрубок. Методы получения нанотрубок Перспективы промышленного синтеза нанотрубок.

Графен. Структура, свойства. Получение графена методом скотча, CVD метод. Возможные области применения материалов на основе графена.

1.5 Методы исследования углеродных материалов и экологические проблемы производства

Методы определения пористой структуры углеродных материалов. Эталонная порометрия. Низкотемпературная адсорбция азота Методы исследования термических свойств углеродных материалов. Дифференциальная сканирующая калориметрия и термогравиметрия. Метод лазерной вспышки. Методы исследования механических свойств углеродных материалов. Методы исследе-

дования углеродных наноструктур. Просвечивающие и сканирующие электронные микроскопы и для исследования углеродных наноматериалов. Зондовый сканирующий и атомно-силовой микроскопы.

Утилизация и обезвреживание твердых, жидких и газообразных отходов в производстве углеродных материалов.

2.1 Основы технологии и синтеза полимеров

Классификация полимеров. Принципиальные особенности строения и свойств полимеров, их основные отличия от низкомолекулярных соединений. Сравнение реакционной способности низкомолекулярных соединений и полимеров. Эффект соседних групп. Пространственные и электростатические эффекты. Конформационный, конфигурационный и морфологический эффекты. Номенклатура полимеров. Аморфное и кристаллическое состояние. Особенности кристаллизации полимеров. Степень кристалличности. Физические (релаксационные) состояния аморфных полимеров. Термомеханический метод. Основные реакции синтеза полимеров.

Цепные процессы синтеза макромолекул.

Радикальная полимеризация. Механизм радикальной полимеризации. Мономеры для радикальной полимеризации. Радикальная полимеризация виниловых мономеров. Контроль скорости радикальной полимеризации и молекулярной массы образующихся продуктов. Методы проведения полимеризации.

Катионная полимеризация. Механизм катионной полимеризации. Мономеры для катионной полимеризации. Катионная полимеризация виниловых мономеров. Катионная полимеризация циклов. Контроль скорости катионной полимеризации и молекулярной массы образующихся продуктов.

Анионная полимеризация. Механизм анионной полимеризации. Мономеры для анионной полимеризации. Анионная полимеризация виниловых мономеров. Анионная полимеризация циклов. Контроль скорости анионной полимеризации и молекулярной массы образующихся продуктов. Живая анионная полимеризация. Синтез блоксополимеров.

Ионно-координационная полимеризация. Механизм ионно-координационной полимеризации. Мономеры для ионно-координационной полимеризации. Стереорегулярные полимеры: виды и способы получения.

Полимеризация циклов. Полимеризация эпоксидов, циклических простых эфиров, лактонов и лактамов.

Сополимеризация. Виды сополимеров. Механизмы сополимеризации. Кривые состава сополимеров.

Полиэтилен. Этилен, его получения, свойства и методы очистки. Полимеризация этилена при высоком давлении, аппаратное оформление процесса. Увеличение единичной мощности агрегата за счет совершенствования аппаратного оформления, применения более активных катализаторов и повышения давления. Получение полиэтилена при низком давлении с катализаторами Циглера-Натта. Применение растворимых катализаторов и совершенствование процесса очистки полимера. Структура, свойства и способы стаби-

лизации полиэтилена. Регулирование и модификация структуры и свойства полиэтилена. Методы переработки и области применения полиэтилена.

Полистирол и его сополимеры. Стирол, его получение, свойства и методы очистки. Общая характеристика методов получения полистирола. Пути интенсификации процесса полимеризации стирола. Производство полистирола в массе непрерывным методом и анализ технологических схем. Производство полистирола блочно-суспензионным методом. Технологические особенности производства полистирола в эмульсии и суспензии. Непрерывные автоматизированные агрегаты производства. Свойства полистирола, полученного различными методами, его переработка и основные области применения. Сополимеры стирола с акрилонитрилом, метилметакрилатом, с синтетическими каучуками, тройной сополимер АБС. Их свойства и применение. Модификация полистирола. Производство пенополистирола.

Поливинилхлорид. Винилхлорид, его получение и свойства. Сравнительный анализ методов получения поливинилхлорида и особенности технологических процессов. Производство поливинилхлорида полимеризацией в массе, в суспензии и эмульсии. Основные свойства, структура и переработка поливинилхлорида. Стабилизация поливинилхлорида. Винипласт и пластикат, способы их получения, свойства и применение. Хлорированный поливинилхлорид. Сополимеры винилхлорида.

Полиакрилаты. Методы синтеза полиакрилатов. Основные типы полиакрилатов. Свойства, структура, переработка и перспективы применения полиакрилатов. Различные типы лакокрасочных материалов на основе полиакрилатов. Ступенчатые процессы синтеза макромолекул.

Ступенчатые процессы синтеза макромолекул. Поликонденсация. Миграционная полимеризация. Полиприсоединение. Полирекомбинация. Функциональность мономера. Функциональность смеси мономеров. Формула Каро-зерса. Условия образования сшитых полимеров при поликонденсации.

Поликонденсационные полимеры. Полиэфиры. Методы синтеза, свойства и области применения полиэфиров. Полиэфиры, модифицированные маслами и жирными кислотами (алкиды). Механизм и особенности получения алкидов, их классификация. Свойства и применение алкидов. Лакокрасочные материалы на основе алкидов.

Полиамиды. Методы синтеза, свойства и области применения.

Поликарбонаты. Методы синтеза, свойства и области применения.

Полиуретаны. Методы синтеза, свойства и области применения.

Фенолформальдегидные олигомеры. Новолачные и резольные смолы. Мочевиноформальдегидные олигомеры.

Основные подходы к синтезу полиэфирсульфонов, полиэфиркетонов, полиимидов, полибензимидазолов.

2.2 Лакокрасочные материалы

Компоненты лакокрасочных материалов. Состав полимерных материалов, функции различных компонентов.

Пластификация и пластификаторы. Красители и пигменты: особенности окрашивания полимеров и полимерных материалов. Химические, физические

и технологические свойства пигментов. Изменение свойств поверхности пигмента модифицированием. Взаимодействие поверхности пигмента с компонентами пленкообразующих систем. Стабилизаторы и их виды. Антистатики. Антипирены.

Пути регулирования свойств полимерных материалов. Наполнители: их свойства и классификация. Методы введения различных наполнителей. Оптимальные и предельные концентрации наполнителей.

Технологические процессы получения наполненных лакокрасочных материалов. Жидкие лакокрасочные материалы (органодисперсионные и воднодисперсионные), 100%-ные пленкообразующие системы, порошковые лакокрасочные материалы. Оптимизация состава лакокрасочных материалов. Оптимизация условий диспергирования пигментов и наполнителей в пленкообразующих системах. Технологические схемы процесса производства лакокрасочных материалов различных типов. Основные стадии процессов. Основное оборудование для получения жидких и порошковых лакокрасочных материалов. Вспомогательное оборудование. Методы получения лакокрасочных материалов различных типов. Сравнительные объемы производства лакокрасочных материалов различных типов.

Программа «Технологии индустрии 4.0 в нефтегазохимической и полимерной отрасли»

2. 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. Методы построения кинетических моделей гомогенных и гетерогенных реакций.

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

3. 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.

2.3. 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.

2.4. 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.

2.5. Основы промышленной химии полимерных материалов.

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

2.6. Производства тонкого органического синтеза и их специфика. Специфика сырьевой базы и методов синтеза органических красителей, пигментов, химических добавок для полимеров, фармацевтических препаратов, душистых и вкусовых веществ.

4. Теория химических процессов органического синтеза

3.3. Теоретические основы химической технологии топлива и углеродных материалов

3.1. Углерод.

3.1.1. Аллотропные модификации углерода. Физико-химические свойства углерода. Химические свойства углерода.

3.1.2. Синтез углерода из газовой фазы.

3.1.3. Синтез углерода из конденсированной фазы.

3.1.4. Принципы синтеза углерода из жидкой фазы.

3.2. Природные энергоносители.

3.2.1. Исходный растительный материал. Превращения исходного растительного материала в процессе углеобразования. Гумолиты и сапропелиты. Петрографические характеристики углей. Виды ТГИ. Групповой состав ТГИ.

3.2.2. Органическая и минеральная части. Гетероатомы в органической массе углей.

3.2.3. Структура углей. Структура микрокомпонентов углей.

3.2.4. Технический анализ угля. Элементный и групповой анализ.

3.2.5. Классификация углей. Генетические, промышленные и промышленно-генетические классификации.

3.3. Нефть.

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

3.3.2. Гетероатомные соединения нефти и газа. Смолисто-асфальтеновые вещества, их коллоидные свойства.

3.3.3. Техническая характеристика нефтей.

3.3.4. Классификация нефтей.

3.3.5. Природный газ. Происхождение природного газа.

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

3.4.1. Роль термодинамики и кинетики химических процессов в технологии природных энергоносителей и углеродных материалов.

- 3.4.2. Термические процессы. Радикально-цепной механизм деструкции углеводородов. Пиролиз и крекинг нефтепродуктов, термическое дегидрирование. Полукоксование и коксование углей.
- 3.4.3. Каталитические процессы. Механизм катионно-цепного процесса. Каталитический крекинг и алкилирование.
- 3.4.4. Гидрогенизационные процессы. Механизм гетерогенно-кatalитического процесса. Гидрирование и дегидрирование. Гидроочистка. Риформинг.
- 3.4.5. Окислительные процессы. Механизмы: радикальный цепной и нецепной. Окисление углеродсодержащих веществ.
- 3.4.6. Газификация угля. Влияние условий процесса на состав продуктов.
- 3.4.7. Синтезы на основе оксида углерода и водорода, механизмы и возможности управления процессами.

5. Химическая технология топлива и углеродных материалов.

- 4.1. Синтетическое жидкое топливо
 - 4.1.1. Процесс гидрогенизации углей. Недеструктивная и деструктивная гидрогенизация. Особенности подготовки сырья к гидрогенизации. Технология гидрогенизации. Схема установок. Основные технологические режимы процессов.
 - 4.1.2. Синтез в потоке взвешенного порошкообразного катализатора (процесс Фишера-Тропша). Схема установки. Технология получения метанола из синтез-газа. Основные закономерности процесса. Схема установки.
- 4.2. Технология переработки нефти
 - 4.2.1. Способы подготовки нефтей и конденсатов к переработке. Аппаратура.
 - 4.2.2. Первичная переработка нефти. Технологические схемы.
 - 4.2.3. Вторичные процессы переработки нефти, связанные с изменением структуры углеводородов. Типовые технологические схемы.
 - 4.2.4. Пиролиз нефтяного сырья. Температурно-временные режимы. Установка пиролиза. Замедленное коксование. Установка замедленного коксования в необогреваемых камерах.
- 4.3. Углеродные и углеродсодержащие композиционные материалы
 - 4.3.1. Принципиальная схема производства углеграфитовых материалов. Температурно-временные режимы стадий процесса. Аппаратура.
 - 4.3.2. Технологические схемы получения углеродных материалов: технический углерод, сорбенты на основе углерода, терморасширенный графит, стеклоуглерод, пироуглерод, синтетические алмазы.
 - 4.3.3. Технологические схемы получения волокнистых углеродных материалов. Типовое аппаратное оформление, используемое в технологии производства углеродных волокон.
 - 4.3.4. Технология композиционных материалов на основе волокнистых наполнителей: углепластики, боропластики, карбидопластики, органопластики, углерод-углеродные композиционные материалы.
- 4.4. Низко- и среднетемпературная переработка твердых топлив.
 - 4.4.1. Основные способы переработки твердых топлив. Краткая характеристика основных способов переработки топлив.

- 4.4.2. Подготовка топлив к переработке (углеподготовка). Механические способы переработки: грохочение, дробление, измельчение, их брикетирование и гранулирование.
- 4.4.3. Низкотемпературная переработка торфов и бурых углей. Принципиальная технологическая схема.
- 4.4.4. Полукоксование твердых природных энергоносителей. Технологические схемы полукоксования.
- 4.5. Высокотемпературная переработка твердых природных энергоносителей.
- 4.5.1. Высокотемпературное коксование. Типы камерных печей (ПК, ПВР). Устройство коксовой батареи.
- 4.5.2. Газификация твердых природных энергоносителей. Основные типы газогенераторов, их устройство и принцип работы.

6. 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.

Металлокомплексный катализ. Элементарные стадии. Примеры механизмов реакций. Ферментативный катализ. Особенности кинетики и обработки кинетических данных. Имобилизованные гомогенные катализаторы.

5.5. Кинетика гетерофазных реакций

Кинетическая область гетерофазных реакций. Кинетика, катализ межфазного переноса. Кинетика гетерофазных реакций в переходной области. Диффузионная область. Влияние гетерофазности на селективность.

5.6. 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.

5.7. 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.

5.8. Использование кинетических моделей для выбора условий проведения реакции

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

Расчёт материального и теплового баланса реактора по заводским данным.

7. 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 эпоксицированием 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 ацетоксигирования в жидкой и газовой фазах.

6.6. Технология карбоновых кислот и их производных

Промышленные способы получения карбоновых кислот и их производных.

Аппаратурное 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 ацетилена 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 хлоргидринирования и гидрогалогенирования. Комбинированные технологии и совмещенные процессы хлорирования. Технология винилхлорида.

8. Оборудование и основы проектирования производств органического синтеза

7.1. 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.

7.2. 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.

Расчет реакторов по математическим моделям. Реакторный узел полупериодического процесса. Конструкции реакторов для непрерывных процес-

сов. Расчет по идеальным моделям. Изотермические условия. Адиабатический режим. Расчет реакторов для простых и сложных реакций с учетом температурного профиля. Автотермический режим работы реакторов.

7.3. 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

9. Химия высокомолекулярных соединений Введение

Основные понятия и определения химии ВМС: полимер, олигомер, мономер, составное повторяющееся звено, полимеризация, степень полимеризации; пространственные формы полимерных молекул: тактические, регулярные, стереорегулярные.

Структурные формы полимерных молекул: линейные (одно- и двух-тяжные), макроциклические, циклоцепные, разветвленные, сшитые (трехмерные).

Номенклатура полимеров. Рациональная номенклатура и номенклатура, основанная на химическом строении составного повторяющегося звена.

Номенклатура регулярных линейных однотяжных и квазиоднотяжных неорганических и элементоорганических полимеров.

Классификация полимеров. Классификация ВМС по реакциям образования (происхождению) или по свойствам. Общая классификация полимеров по химическому строению составного повторяющегося звена цепи: класс-подкласс-группа-подгруппа-вид.

9.2. Основные представители промышленных полимеров (исходные мономеры, способы получения, области применения)

Полимеры получаемые цепной полимеризацией: полиолефины (полиэтилен, полипропилен, полиизобутилен), полидиены (полибутадиен, полиизопрен, полихлоропрен, сополимеры бутадиена со стиролом и другими мономерами), полистирол, поливинилхлорид, поликапроамид, полиакрилаты (полиметилметакрилат, полиакриловая кислота, полиакриламид).

Полимеры, получаемые ступенчатой полимеризацией: сложные полиэфиры (полиэтилентерефталаты, поликарбонаты, полиарилаты, полисульфоны), полиамиды (полиметиленадипамид, поли-*p*-фенилен- и поли-*m*-фенилентерефталамиды), феноло-формальдегидные олигомеры, мочевиноальдегидные олигомеры, олиго- и полиэпоксиды.

Полимеры, синтезируемые полимераналогичными превращениями: поливинилацетат, поливинилен, карбин, полиакрилимиды, вулканизированные каучуки (резины), производные целлюлозы (простые и сложные эфиры).

9.3. Особенности молекулярного строения полимеров и их физических свойств

Понятия конформации и конфигурации в приложении к макромолекулам; вращательный и изгибательный механизмы гибкости цепных молекул. Термодинамическая и кинетическая гибкость и факторы их определяющие. Понятие сегмента Куна. Пространственные формы полимерных молекул.

Тепловое движение в полимерах; кинетические элементы цепных молекул (атомы и радикалы, сегменты, макромолекулы).

Количественная оценка гибкости: размер сегмента, квадрат расстояния между концами цепи, радиус инерции, персистентная длина, параметры заторможенности вращения. Гибкость жесткоцепных макромолекул.

9.4. Цепные процессы образования макромолекул.

Методы инициирования цепных процессов образования полимеров. Строение мономера и его способность к полимеризации по цепному механизму.

Радикальная полимеризация. Методы инициирования радикальной полимеризации. Инициаторы радикальной полимеризации; скорость инициирования. Стадии и кинетика радикальной полимеризации.

Методы осуществления радикальной полимеризации: в массе, в растворе, в суспензии и в эмульсии.

Ионная полимеризация. Общие закономерности ионной полимеризации (ИПМ). Активные центры ИПМ. Общее кинетическое описание ИПМ при быстром и медленном инициировании.

Анионная полимеризация алкенов: виды инициирования; полимеризация неполярных мономеров в неполярных и полярных средах; особенности анионной полимеризации полярных мономеров в полярных средах.

Катионная полимеризация алкенов: инициирование протонными кислотами, солями карбония и комплексами кислот Льюиса. Рост и обрыв цепи при катионной полимеризации алкенов.

Ионная полимеризация мономеров по карбонильной, нитрильной и изоцианатной группам.

Ионно-координационная полимеризация: гомогенные и гетерогенные катализаторы. Наиболее вероятные механизмы стереорегулирования, кинетика.

Цепная сополимеризация. Общие положения, дифференциальные уравнения сополимеризации; константа относительной активности сомономеров и методы их определения. Идеальная и чередующаяся сополимеризация.

Радикальная сополимеризация, стерический и полярный эффекты при радикальной сополимеризации, скорость процесса.

Катионная и анионная сополимеризация ненасыщенных мономеров. Сополимеризация гетероциклов.

9.5. Ступенчатые процессы образования макромолекул.

Мономеры, используемые в ступенчатых процессах синтеза макромолекул; реакционные центры, функциональность, возможность образования трехмерных полимеров и возможность циклизации. Классификация мономеров для поликонденсации.

Стадии и кинетика поликонденсации.

Методы осуществления ступенчатых процессов получения полимеров.

9.6. Полимераналогичные превращения полимеров

Полимераналогичные превращения (ПАП). Отличие ПАП от соответствующих реакций низкомолекулярных соединений. Реакционная способность полимеров (полимерные эффекты): доступность функциональных групп, влияние соседних групп, конформационный, конфигурационный, электростатический, кооперативный и надмолекулярный эффекты. Циклизация в процессе ПАП. Особенности ПАП трехмерных полимеров.

Деструкция полимерных молекул: деполимеризация по закону концевых групп, распад по закону случая, смешанный тип распада. Особенности деструкции полимеров в твердом состоянии.

Реакции сшивания макромолекул: взаимодействие функциональных групп цепей одного и того же или различных полимеров. Реакции макромолекул с полифункциональным низкомолекулярным агентом. Вулканизация каучуков, циклообразование при вулканизации.

9.7. Растворы и методы определения молекулярной массы полимеров

Особенности свойств растворов полимеров. Химическая природа полимера и его способность к растворению. Термодинамика растворов полимеров: верхняя и нижняя температура смешения. Осмотическое давление растворов полимеров; второй вириальный коэффициент. Изменение термодинамических параметров при растворении полимеров. Влияние различных факторов на термодинамику растворения. Понятия «хороший», «плохой», идеальный растворитель.

9.8. Особенности упорядоченного строения полимеров. Кристаллические и жидкокристаллические полимеры

Мезоморфные состояния веществ. Глобулярные, лиотропные и термотропные жидкие кристаллы полимеров. Необходимые условия кристаллизации полимеров. Особенности свойств кристаллических полимеров. Кинетика кристаллизации и многообразие морфологических форм кристаллических полимеров. Причины складывания макромолекул при кристаллизации и пути исключения складывания.

9.9. Физические состояния аморфных полимеров

Физические состояния линейных аморфных полимеров и методы их определения: термомеханический, частотно-температурный, dilatометрический, диэлектрический, по изменению теплоемкости, метод ЯМР.

Природа и особенности высокоэластичности. Термодинамика высокоэластической деформации. Релаксационные механические свойства полиме-

ров: упругое последствие, релаксация напряжения, упругий гистерезис. Механические модели аморфных полимеров.

Стеклообразное состояние высокомолекулярных соединений. Причины нехрупкого поведения, температуры стеклования и хрупкости, области работоспособности стеклообразных полимеров.

Вязко-текущие полимеры. Особенности свойств жидких полимеров. Деформации при течении ВМС. Сегментарный, молекулярный и надмолекулярный механизмы течения полимеров. Законы течения полимеров. Наибольшая и наименьшая ньютоновские вязкости, эффективная вязкость.

10. Химическая технология получения полимеров

10.1. Введение

История и основные направления развития промышленности пластических масс в России и за рубежом. Основные виды и источники сырья для производства полимерных материалов. Полимеры в народном хозяйстве. Классификация полимерных материалов. Перспективы развития производства полимеров.

Предмет и задача общей химической технологии полимеров как основы технологических процессов их синтеза. Совершенствование существующих производств и создание новых высокопроизводительных технологических процессов получения полимерных материалов. Влияние технологических и гидродинамических условий процесса на свойства получаемого полимера в реальных условиях. Пути улучшения качества полимеров и пластических масс на их основе.

Технологический регламент производства и его аппаратурно-технологическая схема – техническая документация, обеспечивающая получение полимера с необходимыми потребительскими свойствами.

Классификация пластических масс по методам синтеза полимеров:

- пластические массы на основе полимеров, получаемых по реакциям полимеризации;
- пластические массы на основе полимеров, получаемых по реакциям поликонденсации;
- пластические массы, получаемые химической модификацией природных и синтетических полимеров.

Специфические особенности массо- и теплообменных процессов в зависимости от метода производства полимеров.

Наполненные и ненаполненные пластические массы. Исходные вещества для получения пластических масс: связующие, наполнители, пластификаторы, стабилизаторы, отвердители, смазывающие вещества и другие добавки. Влияние компонентов на эксплуатационные свойства пластмасс.

Классификация полимерных материалов по их поведению при нагревании: термопластичные и термореактивные полимеры и пластмассы на их основе. Различие их свойств и способов переработки в изделия.

10.2. Пластические массы на основе полимеров, получаемых по реакции полимеризации

Способы проведения полимеризации: в газовой фазе, в массе, в суспензии, в эмульсии, в растворе, в твердой фазе. Молекулярно-массовые характеристики полимеров, полученных различными способами. Зависимость физико-химических свойств от способа получения. Методы стабилизации полимеров.

Факторы, влияющие на процесс: температура, давление, концентрация инициатора или катализатора, их природа и др.

Особенности конструкций реакторов и их отдельных узлов, связанные со следующими факторами: высокая вязкость реакционных сред, гетерогенность процессов, трудность отвода тепла экзотермических реакций, налипание полимера на стенки аппарата, высокое давление в реакторе при полимеризации газообразных мономеров.

Способы создания устойчивых режимов в реакторах. Способы перемешивания реакционных сред. Способы подачи исходных компонентов и эвакуации реакционных масс из реакторов.

Рециклы в полимеризационных процессах. Очистка сточных вод и газовых выбросов. Сравнение экономической эффективности способов полимеризации.

10.2.1. Полимеризация в массе

Особенности осуществления процесса полимеризации в массе. Полимеризация в массе до глубоких степеней превращения. Достоинства и недостатки способа.

Стадии технологического процесса полимеризации в массе. Необходимость проведения процессов до неполных конверсий мономеров. Наличие рециклов в схемах с очисткой мономеров, возвращаемых в технологический процесс.

Аппаратурное оформление основных и вспомогательных стадий процесса. Способы отвода тепла экзотермических реакций – основная проблема при осуществлении полимеризации в массе.

Основные промышленные процессы полимеризации в массе: полиэтилен высокого давления, полипропилен, полистирол и сополимеры стирола, АБС-пластики, поливинилхлорид, поликаприамид, полиметилметакрилат. Основные закономерности и параметры процессов. Периодические и непрерывные процессы полимеризации в массе. Перспектива способа полимеризации в массе.

Основные правила безопасного ведения процессов полимеризации в массе. Энергоемкость процессов полимеризации в массе.

10.2.2. Полимеризация в растворе

Особенности процессов гомогенной и гетерогенной полимеризации в растворе. Достоинства и недостатки способа.

Стадии технологических процессов гомогенной и гетерогенной полимеризации в растворе. Наличие стадий регенерации растворителей и возврат их в технологический процесс.

Аппаратурное оформление основных и вспомогательных стадий процесса полимеризации в растворе. Перспектива практического использования способа полимеризации в растворе.

Основные промышленные процессы полимеризации в растворе: полиолефины, полиформальдегид и сополимеры формальдегида, поливинилацетат и поливиниловый спирт, полиакриламид, полиоксиалкилены, полиуретаны, пентон.

Основные закономерности и параметры процессов. Периодические и непрерывные процессы полимеризации в растворе. Энергоемкость процессов.

Основные правила безопасного ведения процессов полимеризации в растворе.

10.2.3. Полимеризация в эмульсии

Особенности эмульсионной полимеризации. Компоненты реакционной среды при полимеризации в эмульсии. Достоинства и недостатки способа.

Стадии технологического процесса эмульсионной полимеризации. Агрегативная устойчивость и выделение полимеров.

Аппаратурное оформление основных и вспомогательных стадий процесса. Перспектива практического использования способа. Ограничения в его применении. Большое количество сточных вод и трудность очистки их от мономеров и других компонентов эмульсионной полимеризации.

Основные промышленные процессы полимеризации в эмульсии: полистирол и сополимеры стирола, поливинилхлорид и сополимеры винилхлорида, полиметилметакрилат, полиакрилонитрил, политетрафтор- и политрифторхлорэтилен.

Основные закономерности и параметры процессов. Периодические и непрерывные процессы эмульсионной полимеризации. Энергоемкость процессов.

Основные правила безопасного ведения процессов полимеризации в эмульсии.

10.2.4. Полимеризация в суспензии

Полимеризация в суспензии как разновидность эмульсионной полимеризации. Стабилизаторы суспензии. Основные компоненты реакционной среды. Достоинства и недостатки способа. Сравнения со свойствами полимеров, полученных полимеризацией в массе и в эмульсии.

Стадии технологического процесса суспензионной полимеризации.

Аппаратурное оформление основных и вспомогательных стадий процесса.

Перспектива развития способа. Высокое качество полимеризационных материалов и удобства в управлении процессом – основа для расширения способа суспензионной полимеризации. Ограничения в применении непрерывных процессов. Разработка промышленных периодических процессов полимеризации в суспензии в аппаратах большой единичной мощности.

Основные промышленные процессы полимеризации в суспензии: полистирол и сополимеры стирола, поливинилхлорид, полиакрилаты, фторированные полимеры, полиоксиолефины.

Блочно-суспензионная полимеризация на примере получения пенеполестирила. Особенности процесса и перспективы его развития.

10.2.5. Пластические массы и композиционные материалы на основе полимеров, получаемых по реакции полимеризации

Исходные компоненты для производства пластических масс на основе полимеров, получаемых по реакции полимеризации. Аппаратурное оформление процессов получения композиционных материалов (смесители, вальцы, червячные машины). Пластические массы на основе поливинилхлорида: винипласт и мягкий поливинилхлорид (пластикат пленочный и кабельный).

Композиционные материалы на основе термопластов: дисперснонаполненные термопласты (наполнители: мел, тальк, графит и др.), стекло- и асбонаполненные термопласты (полиолефины, полиамиды).

Газонаполненные полиуретаны: эластичные (поролон) и жесткие пенопласты. Пенополистирол, получаемый прессовым методом.

Перспектива развития производства композиционных материалов.

Перечень основных свойств полимерных материалов: диэлектрические, механические, теплофизические, химическая стойкость, морозостойкость, водостойкость, физиологическая безвредность, горючесть, а также оптические свойства.

Классификация полимерных материалов на группы в зависимости от свойств.

Области практического использования полимеров и пластических масс на их основе в зависимости от принадлежности по свойствам к той или иной группе.

10.3. Пластические массы на основе полимеров, получаемых по реакции поликонденсации

Основные закономерности процесса поликонденсации. Гомополиконденсация и гетерополиконденсация. Равновесная и неравновесная поликонденсация.

Способы проведения процессов поликонденсации: в расплаве, в растворе, в эмульсии, на границе раздела фаз (межфазная поликонденсация), в твердой фазе.

Факторы, влияющие на процесс: температура, характер и концентрация катализатора, соотношение мономеров, характер растворителя и др.

Применение методов моделирования и оптимизации при разработке промышленных поликонденсационных процессов.

Реакционная аппаратура периодического и непрерывного действия для проведения поликонденсационных процессов. Специфические особенности конструкций реакторов и их отдельных узлов.

Способы создания устойчивых режимов в реакторах. Способы перемешивания, подачи исходных компонентов, эвакуации реакционных масс из реакторов, герметизации рабочих пространств реакторов.

Особенности оборудования, применяемого на последующих стадиях поликонденсационного процесса: охлаждения, сушки, измельчения, грануляции и др.

Вспомогательная аппаратура к реакторам для поликонденсации: мерники, плавители, дозирующие устройства, обеспечивающие строгое соблюдение соотношения исходных компонентов.

Создание безотходных и экологически чистых поликонденсационных процессов.

Энергоемкость процессов поликонденсации в зависимости от способа проведения.

10.3.1. Неравновесная поликонденсация (в растворе, в эмульсии, на границе раздела фаз)

Основные закономерности процессов неравновесной поликонденсации в растворе, в эмульсии и в суспензии. Назначение и характер растворителя.

Гомогенные и гетерогенные процессы, сопровождаемые выделением полимера из раствора в ходе реакции поликонденсации в растворе.

Влияние основных факторов на характеристику полимера при проведении процесса в растворе, в эмульсии и на границе раздела фаз. Влияние основных факторов на характеристики полимеров полученных в различных процессах и системах: жидкость-жидкость и жидкость-газ. Характер растворителей в межфазной поликонденсации и роль границы раздела фаз. Поликонденсация во встречных потоках растворов мономеров. Достоинства и недостатки способов.

Стадии технологических процессов гомогенной и гетерогенной поликонденсации в растворе, в эмульсии и на границе раздела фаз. Регенерация растворителей.

Технологические параметры и аппаратное оформление основных промышленных процессов неравновесной поликонденсации в растворе: фенолоальдегидные, карбамидо- и меламиноформальдегидные олигомеры, полиэпоксиды, фурановые олигомеры, элементарорганические полимеры, полиэфиры, получаемые при участии хлорангидридов и ангидридов кислот, в эмульсии: фенилона и на границе раздела фаз: поликарбонатов, полиарилатов.

Периодические и непрерывные процессы поликонденсации в растворе. Энергоемкость процессов. Основные закономерности и параметры процессов, правила их безопасного ведения, сравнение характеров и энергоемкости

10.3.2. Равновесная поликонденсация (в расплаве, в растворе)

Закономерности обратимых реакций поликонденсации в расплаве и в растворе. Побочные реакции.

Особенности параметров обратимых реакций: высокая температура, пониженное давление, инертная атмосфера и др. Влияние параметров процессов на свойства полимеров. Достоинства и недостатки способов.

Стадии технологических процессов и аппаратное оформление основных и вспомогательных стадий промышленных процессов получения путем равновесной поликонденсации следующих полимеров: в расплаве – полиэфиров (термопластичных насыщенных и ненасыщенных), полиамидов, поликарбонатов, в растворе – насыщенных полиэфиров, полиарилатов, полиимидов.

Периодические и непрерывные процессы поликонденсации в расплаве и в растворе. Характер и энергоемкость процессов и основные правила их безопасного ведения.

10.3.3. Пластические массы и композиционные материалы на основе полимеров, получаемых по реакции поликонденсации

Исходные компоненты в производстве пластических масс: связующие, наполнители, пластификаторы, стабилизаторы, красители, смазывающие вещества и др.

Классификация фенопластов в зависимости от характера наполнителя: порошкообразные фенопласты, волокниты, текстолиты, гетинаксы и др. Сухой и мокрый способы производства фенопластов.

Стадии технологических процессов и аппаратурное оформление при производстве фенопластов различного типа. Вальцевый и экструзионный способы производства порошкообразных фенопластов. Характер и конструкции смесителей.

Аппаратурное оформление и параметры процессов получения аминопластов, эпоксидных компаундов, наполненных полиамидами, пластических масс на основе фурановых олигомеров с различными наполнителями.

Энергоемкость процессов. Механизация и автоматизация процессов. Экологические проблемы, связанные с большим выделением пыли и вредных паро- и газообразных веществ.

Охрана труда на производствах с возможными случаями травматизма при работе смесителей, вальцев, дробильных агрегатов.

Характеристика основных свойств полимеров и пластических масс на их основе: диэлектрических, физико-механических, теплофизических, химической стойкости, водостойкости и др. Выделение полимерных материалов с высокими механическими и теплофизическими свойствами: текстолит, стеклотекстолит, полиарилаты, поликарбонаты, полиимиды, фурановые полимеры и др.

Области практического использования полимеров поликонденсационного типа и пластмасс на их основе.

11. Свойства полимеров и материалов на их основе. Методы их оценки

11.1. Структура полимеров.

Современные представления о строении и особенностях надмолекулярной структуры полимеров. Полимеры аморфные и кристаллизующиеся. Условия образования различных видов надмолекулярных структур, влияние химического строения и внешней среды; возможности их взаимного перехода.

Надмолекулярные структуры аморфных полимеров, их виды. Предпосылки и условия возникновения кристалличности. Надмолекулярные структуры кристаллических полимеров: единичные кристаллы, дедриты, сфероиды и др. Складчатая и сферолитная кристаллизация. Образование кристаллов с выпрямленными цепями. Специфические свойства кристаллических образований в полимерах.

Современные методы исследования структуры полимеров – электронная и оптическая микроскопия, рентгеновские методы, ИК-спектроскопия, дифференциальный термический анализ, дифференциальная сканирующая калориметрия, нейтронография и др.

11.2. Полимеры и полимерные материалы.

Классификация полимеров по сферам применения и масштабам производства. Основные сферы применения полимеров и их связь со свойствами полимеров.

Понятие о полимерных материалах и их классификация. Материалы наполненные и армированные. Полимерные композиционные материалы. Возможности регулирования свойств полимерных материалов.

11.3. Компоненты полимерных материалов.

Состав полимерных материалов, функции различных компонентов.

Основные виды наполнителей и их влияние на свойства материалов.

Пластификация и пластификаторы.

Стабилизаторы и их виды. Антистатики. Антипирены.

Пути регулирования свойств полимерных материалов.

11.4. Методы приготовления полимерных материалов.

Методы смешения полимеров: сухое смешение, смешение в жидкой фазе и в расплаве. Контроль качества смешения.

Методы пропитки волокнистых и листовых наполнителей.

Контроль технологических свойств полимерных материалов.

11.5. Реология расплавов и концентрированных растворов полимеров

Основные аксиомы реологии полимеров. Реологические жидкости, их классификация. Реологические модели. Тиксотропия и реопексия. Тиксотропия лакокрасочных материалов. Основные реологические уравнения. Кривые течения и реологические характеристики расплавов полимеров.

Вязкость при сдвиговом течении. Температурная зависимость вязкости энергии активации вязкого течения. Зависимость вязкостных свойств от молекулярной массы и разветвленности полимеров; критическая молекулярная масса. Зависимость вязкости от давления. Обобщенная характеристика вязкостных свойств полимеров.

Установившееся ламинарное изотермическое течение жидкости в каналах круглого сечения и в зазоре между двумя коаксиальными цилиндрами. Куэтовское и пуазейлевское течения. Уравнения Пуазейля, Рабиновича-Вайсенберга, Маргулиса. Экспериментальные методы изучения реологических свойств расплава и концентрированных растворов полимеров. Капиллярные и ротационные вискозиметры, принципы их работы и сравнительная характеристика.

Нормальные напряжения при течении полимерных систем. Эффект Вайссенберга. Аномалия вязкости и нормальные напряжения.

Высокоэластическая деформация в растворах и расплавах полимеров. Зависимость высокоэластичности полимерных систем от молекулярного массового распределения. Свободное упругое восстановление струи и Баррус-

эффект.

Неустойчивое течение расплавов полимеров, явление срыва. Явление "проскальзывание-прилипание".

11.6. Физические и химические процессы при переработке полимеров

Формирование свойств термопластичных полимеров в процессах стеклования и кристаллизации; роль надмолекулярных структур. Остаточные напряжения и их проявление. Методы регулирования структуры и свойств в процессах переработки термопластов.

Структурирование каучуков и отверждение олигомеров. Отверждающие и вулканизирующие системы. Стадии процесса отверждения. Пространственная сетка и методы ее оценки. Релаксационные свойства структурированных систем, остаточные напряжения и пути их снижения. Методы регулирования свойств сшитых полимеров в процессах переработки.

Радиационное сшивание полимеров различного строения, его преимущества и недостатки.

11.7. Деструкция и стабилизация полимеров.

Общие представления о деструктивных процессах в полимерах в свете положений квантовой физики и химической термодинамики.

Термоокислительная деструкция, ее характер и механизм. Особенности термоокисления основных типов полимеров. Уравнения важнейших реакций. Пути стабилизации и основные классы стабилизаторов. Синергизм.

Термическая деструкция. Характер процессов и влияние на свойства. Стабилизация полимеров различного строения.

Фотохимическая и радиационная деструкция. Влияние химического строения, температуры, интенсивности облучения. Существующие подходы к стабилизации и важнейшие классы стабилизаторов.

Деструкция, инициированная механическим воздействием. Основное уравнение механокрекинга, возможные пути использования этого явления.

Связь деструктивных процессов с особенностями структуры; структурная стабилизация. Процессы структурирования и условия их протекания. Деструкция в процессах переработки и эксплуатации полимеров. Старение полимеров. Стабилизация полимеров в процессах переработки и эксплуатации.

12. Основные процессы переработки полимеров

12.1. Современное состояние промышленности переработки пластмасс, перспективы развития

Классификация методов получения изделий и пластмасс, исходя из состояния и свойств материала, места в общем объеме производства изделий.

Выбор метода переработки в зависимости от свойств материала, назначения изделия, его конфигурации и тиражности.

Общая схема процесса производства изделий из пластмасс. Основные стадии процесса. Переработка в вязкотекучем, высокоэластическом, стеклообразном состояниях. Особенности переработки термопластичных и термореактивных материалов.

Особенности переработки термопластичных и термореактивных материалов.

12.2. Подготовка полимерного материала к переработке

Оценка технологических свойств полимерного материала и выбор условий формования. Смешение. Смеси полимеров, композиционные материалы. Оценка качества смешения. Сушка. Измельчение. Транспортировка полимерного материала.

12.3. Формование изделий из термопластичных материалов

Формование в вязкотекучем состоянии.

12.4. Экструзия (непрерывное профильное выдавливание)

Сущность процесса. Работа экструзионного агрегата. Питание экструдера материалом. Пластикация материала. Особенности процесса на одно- и двухчервячных экструдерах. Формующая головка.

Гидродинамическая теория червячной экструзии. Зоны червяка. Виды потоков. Уравнение, описывающее течение расплава в канале червяка. Производительность червяка. Связь производительности с геометрией червяка и переменными параметрами режима экструзии. Расход через головку. Влияние характеристик червяка и головки на производительность экструдера. Влияние технологических параметров и реологических свойств полимера на качество изделий.

Использование экструзии для получения различных профильных изделий.

Получение пленок. Основные технологические особенности различных способов производства. Получение листов, труб. Способы калибровки.

Характеристика работоспособности труб при эксплуатации. Формование полых изделий. Нанесение кабельной изоляции при экструзии. Особенности процессов.

Основные тенденции развития экструзионных методов переработки пластмасс.

12.5. Литье под давлением

Сущность процесса. Цикл формования. Основные операции. Технологические параметры процессы. Выбор температурного режима. Изменение давления в форме во время цикла. Взаимосвязь температуры, давления и объема отливки. Рабочая диаграмма цикла. Определение оптимальных условий формования. Температура формы. Время цикла. Остаточные напряжения в изделиях при литье, причины возникновения и возможности их устранения. Особенности литья аморфных и кристаллизующихся полимеров.

12.6. Вальцевание и каландрование

Основные процессы, происходящие при вальцевании и каландровании. Гидродинамика течения расплава между валками. Производительность процесса. Распорное усилие между валками. Способы компенсации прогиба валков. Стадии процесса. Вальцевание. Формование на каландре. Каландровый эффект. Технологические процессы производства листовых и пленочных изделий.

Программа «Химическая технология полимеров медико-биологического назначения»

1. Ценные процессы синтеза макромолекул.

1.1. Радиальная полимеризация.

1.1.1. Механизм радикальной полимеризации. Мономеры для радикальной полимеризации. Радиальная полимеризация виниловых мономеров

1.1.2. Контроль скорости радикальной полимеризации и молекулярной массы образующихся продуктов. Методы проведения полимеризации.

1.2. Катионная полимеризация.

1.2.1. Механизм катионной полимеризации. Мономеры для катионной полимеризации. Катионная полимеризация виниловых мономеров. Катионная полимеризация циклов.

1.2.2. Контроль скорости катионной полимеризации и молекулярной массы образующихся продуктов.

1.3. Анионная полимеризация.

1.3.1. Механизм анионной полимеризации. Мономеры для анионной полимеризации. Анионная полимеризация виниловых мономеров. Анионная полимеризация циклов.

1.3.2. Контроль скорости анионной полимеризации и молекулярной массы образующихся продуктов.

1.3.3. Живая анионная полимеризация. Синтез блоксополимеров.

1.4. Ионно-координационная полимеризация.

1.4.1. Механизм ионно-координационной полимеризации. Мономеры для ионно-координационной полимеризации.

1.4.2. Стереорегулярные полимеры: виды и способы получения.

1.5. Полимеризация циклов.

Полимеризация эпоксидов, циклических простых эфиров, лактонов и лактамов.

1.6. Сополимеризация.

Сополимеризация. Виды сополимеров. Механизмы сополимеризации. Кривые состава сополимеров.

2. Ступенчатые процессы синтеза макромолекул.

2.1. Общие вопросы.

2.1.1. Ступенчатые процессы синтеза макромолекул. Поликонденсация. Миграционная полимеризация. Полиприсоединение. Полирекомбинация.

2.1.2. Функциональность мономера. Функциональность смеси мономеров. Формула Карозерса. Условия образования сшитых полимеров при поликонденсации.

2.2. Поликонденсационные полимеры.

2.2.1. Полиэфиры. Методы синтеза, свойства и области применения.

2.2.2. Полиамиды. Методы синтеза, свойства и области применения.

2.2.3. Поликарбонаты. Методы синтеза, свойства и области применения.

2.2.4. Полиуретаны. Методы синтеза, свойства и области применения.

2.2.5. Фенолформальдегидные олигомеры. Новолачные и резольные смолы. Мочевинформальдегидные олигомеры.

2.2.6. Основные подходы к синтезу полиэфирсульфонов, полиэфиркетонов, полиимидов, полибензимидазолов.

3. Химические реакции полимеров.

3.1. Общие вопросы.

Сравнение реакционной способности низкомолекулярные соединений и полимеров. Эффект соседних групп. Пространственные и электростатические эффекты. Конформационный, конфигурационный и морфологический эффекты.

3.2. Полимераналогичные превращения.

Получение поливинилового спирта. Получение поливинилбутираля. Полимераналогичные превращения полистирола.

3.3. Другие реакции полимеров.

Сшивание полимеров. Вулканизация каучука. Термодеструкция, термоокислительная деструкция и окислительная деструкция полимеров.

4. Применение полимеров в медико-биологических областях.

4.1. Общие вопросы.

Биосовместимость. Биodeградация и биодеструкция полимеров. Эндопротезы и имплантаты на основе полимеров. Способы стерилизации изделий медико-биологического назначения.

4.2. Применение полимеров в медицине.

Применение полимеров для замещения органов и тканей. Применение полимеров для замещения в сердечно-сосудистой системе. Кровезаменители. Замещение костей. Замещение связок и сухожилий. Замещение суставов. Полимерные составы в стоматологии. Применение полимеров в изготовлении нитей.

5. Аморфное и кристаллическое состояние полимеров.

Аморфное и кристаллическое состояние. Особенности кристаллизации полимеров. Степень кристалличности. Физические (релаксационные) состояния аморфных полимеров. Термомеханический метод. Термомеханическая кривая для линейных однотяжных полимеров.

Программа «Технология нефтегазохимии, органического синтеза и углеродных материалов»

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 солевого 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.

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. Углехимическое 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.

2.3. 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.

2.4. 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.

2.5. Основы промышленной химии полимерных материалов.

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

2.6. Производства тонкого органического синтеза и их специфика.

Специфика сырьевой базы и методов синтеза органических красителей, пигментов, химических добавок для полимеров, фармацевтических препаратов, душистых и вкусовых веществ.

1. Теоретические основы химической технологии топлива и углеродных материалов

1.1. Углерод.

1.1.1. Аллотропные модификации углерода. Физико-химические свойства углерода. Химические свойства углерода.

1.1.2. Синтез углерода из газовой фазы.

1.1.3. Синтез углерода из конденсированной фазы.

1.1.4. Принципы синтеза углерода из жидкой фазы.

1.2. Природные энергоносители.

1.2.1. Исходный растительный материал. Превращения исходного растительного материала в процессе углеобразования. Гумолиты и сапропелиты. Петрографические характеристики углей. Виды ТГИ. Групповой состав ТГИ.

1.2.2. Органическая и минеральная части. Гетероатомы в органической массе углей.

- 1.2.3. Структура углей. Структура микрокомпонентов углей.
- 1.2.4. Технический анализ угля. Элементный и групповой анализ.
- 1.2.5. Классификация углей. Генетические, промышленные и промышленно-генетические классификации.
- 1.3. Нефть.
 - 1.3.1. Происхождение нефти и природного газа. Фракционный, групповой и структурно-групповой состав нефти. Фракционный состав газов.
 - 1.3.2. Гетероатомные соединения нефти и газа. Смолисто-асфальтеновые вещества, их коллоидные свойства.
 - 1.3.3. Техническая характеристика нефтей.
 - 1.3.4. Классификация нефтей.
 - 1.3.5. Природный газ. Происхождение природного газа.
- 1.4. Химизм и механизмы основных процессов технологии природных энергоносителей и углеродных материалов.
 - 1.4.1. Роль термодинамики и кинетики химических процессов в технологии природных энергоносителей и углеродных материалов.
 - 1.4.2. Термические процессы. Радикально-цепной механизм деструкции углеводородов. Пиролиз и крекинг нефтепродуктов, термическое дегидрирование. Полукоксование и коксование углей.
 - 1.4.3. Каталитические процессы. Механизм катионно-цепного процесса. Каталитический крекинг и алкилирование.
 - 1.4.4. Гидрогенизационные процессы. Механизм гетерогенно-кatalитического процесса. Гидрирование и дегидрирование. Гидроочистка. Риформинг.
 - 1.4.5. Окислительные процессы. Механизмы: радикальный цепной и нецепной. Окисление углеродсодержащих веществ.
 - 1.4.6. Газификация угля. Влияние условий процесса на состав продуктов.
 - 1.4.7. Синтезы на основе оксида углерода и водорода, механизмы и возможности управления процессами.
- 2. Химическая технология топлива и углеродных материалов.
 - 2.1. Синтетическое жидкое топливо
 - 2.1.1. Процесс гидрогенизации углей. Недеструктивная и деструктивная гидрогенизация. Особенности подготовки сырья к гидрогенизации. Технология гидрогенизации. Схема установок. Основные технологические режимы процессов.
 - 2.1.2. Синтез в потоке взвешенного порошкообразного катализатора (процесс Фишера-Тропша). Схема установки. Технология получения метанола из синтез-газа. Основные закономерности процесса. Схема установки.
 - 2.2. Технология переработки нефти
 - 2.2.1. Способы подготовки нефтей и конденсатов к переработке. Аппаратура.
 - 2.2.2. Первичная переработка нефти. Технологические схемы.
 - 2.2.3. Вторичные процессы переработки нефти, связанные с изменением структуры углеводородов. Типовые технологические схемы.

2.2.4. Пиролиз нефтяного сырья. Температурно-временные режимы. Установка пиролиза. Замедленное коксование. Установка замедленного коксования в необогреваемых камерах.

2.3. Углеродные и углеродсодержащие композиционные материалы

2.3.1. Принципиальная схема производства углеграфитовых материалов. Температурно-временные режимы стадий процесса. Аппаратура.

2.3.2. Технологические схемы получения углеродных материалов: технический углерод, сорбенты на основе углерода, терморасширенный графит, стеклоуглерод, пироуглерод, синтетические алмазы.

2.3.3. Технологические схемы получения волокнистых углеродных материалов. Типовое аппаратное оформление, используемое в технологии производства углеродных волокон.

2.3.4. Технология композиционных материалов на основе волокнистых наполнителей: углепластики, боропластики, карбидопластики, органо-пластики, углерод-углеродные композиционные материалы.

2.4. Низко- и среднетемпературная переработка твердых топлив.

2.4.1. Основные способы переработки твердых топлив. Краткая характеристика основных способов переработки топлив.

2.4.2. Подготовка топлив к переработке (углеподготовка). Механические способы переработки: грохочение, дробление, измельчение, их брикетирование и гранулирование.

2.4.3. Низкотемпературная переработка торфов и бурых углей. Принципиальная технологическая схема.

2.4.4. Полукоксование твердых природных энергоносителей. Технологические схемы полукоксования.

2.5. Высокотемпературная переработка твердых природных энергоносителей.

2.5.1. Высокотемпературное коксование. Типы камерных печей (ПК, ПВР). Устройство коксовой батареи.

2.5.2. Газификация твердых природных энергоносителей. Основные типы газогенераторов, их устройство и принцип работы.

3. Общие методы получения ароматических продуктов.

3.1. Сульфирование.

3.1.1. Цель введения сульфогруппы в ароматическое соединение, применение сульфокислот. Сульфлирующие 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).

3.1.2. Технология сульфирования. Контроль производства. Методы выделения сульфокислот: высаливание, известкование. Разделение изомерных сульфокислот.

3.1.3. Технология сульфирования в парах на примере толуола.

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

- 3.5.2. Технология получения важнейших промежуточных продуктов (п-крезола, резорцина, 2-нафтола). Контроль процесса, анализ гидроксисоединений.
- 3.6. Диазотирование и превращение диазосоединений.
 - 3.6.1. Схема диазотирования, реагенты. Свойства солей диазония.
 - 3.6.2. Превращение диазосоединений без выделения азота. Азосочетание. Восстановление диазосоединений с образованием арилгидразинов.
 - 3.6.3. Превращение диазосоединений с выделением азота. Замещение диазогруппы атомом водорода, гидроксильной группой, атомом галогена, циангруппой, арильным остатком, серусодержащими группами.
 - 3.6.4. Стойкие формы диазо-соединений. Контроль в ходе диазотирования, анализ диазосоединений.
 - 3.6.5. Меры предосторожности при работе с диазосоединениями.
- 3.7. Алкилирование.
 - 3.7.1. N-Алкилирование ароматических аминов. Реагенты. Алкилирование спиртами, простыми эфирами, алкилгалогенидами. Схема реакции.
 - 3.7.2. O-Алкилирование ароматических гидроксисоединений. Схемы и реагенты алкилирования.
- 3.8. Ацилирование.
 - 3.8.1. 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.
 - 3.8.2. O-Ацилирование ароматических гидроксисоединений. Реагенты. Получение кубозолей.
- 3.9. Процессы окисления.
 - 3.9.1. Типы реакций окисления. Окислители. Реакции окисления с сохранением углеродного скелета молекулы.
 - 3.9.2. . Реакции окисления с изменением углеродного скелета молекулы. Получение карбоновых кислот (антраниловой, 1,4,5,8-нафталинтетракарбоновой).
 - 3.9.3. Получение гидроксисоединений (из кумола, из медной соли бензойной кислоты). Сравнение методов получения фенола.
- 3.10. Реакции конденсации.
 - 3.10.1. Карбоксилирование ароматических соединений (получение салициловой и БОН-кислоты).
 - 3.10.2. Конденсация с выделением воды (получение антрахинона и его производных).
- 4. Теория химических процессов органического синтеза
 - 4.1. Введение

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

4.2. 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.

4.3. 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.

4.4. 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.

Металлокомплексный катализ. Элементарные стадии. Примеры механизмов реакций. Ферментативный катализ. Особенности кинетики и обработки кинетических данных. Имобилизованные гомогенные катализаторы.

4.5. Кинетика гетерофазных реакций

Кинетическая область гетерофазных реакций. Кинетика, катализ межфазного переноса. Кинетика гетерофазных реакций в переходной области. Диффузионная область. Влияние гетерофазности на селективность.

4.6. 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. Внутريدиффузионная и переходные области, фактор эффективности, модуль Тиле. Влияние области протекания на селективность.

4.7. 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.

4.8. Использование кинетических моделей для выбора условий проведения реакции

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

Расчёт материального и теплового баланса реактора по заводским данным.

5. Технология органических веществ

5.1. Введение

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

5.2. Технология исходных веществ

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

5.3. Основные химические процессы органического синтеза

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

5.4. 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.

5.5. 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 ацетоксигидрирования в жидкой и газовой фазах.

5.6. 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 гидрокарбокислирования олефинов в присутствии различных каталитических систем. Технология получения уксусного ангидрида дегидратацией уксусной кислоты.

5.7. 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. Катализа-

торы. Аппаратурное оформление реакторных узлов и температурный режим. Кумольный метод получения фенола.

5.8. 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.

5.9. Технология алкилароматических соединений

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

5.10. Технология галогенорганических соединений

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

5.11. Технология органических красителей.

5.11.1. Классификация и номенклатура красителей.

5.11.2. Азокрасители.

Хромофорная система азокрасителей. Основные способы получения азосоединений.

Процесс диазотирования.

Процесс азосочетания.

5.11.3. Моноазокрасители, полиазокрасители.

5.11.4. Полициклохиноновые красители.

5.11.5. Нитро- и нитрозокрасители.

5.11.6. Арилметановые красители.

5.11.7. Антрахиноновые и арилметановые красители.

5.11.8. Ариламиновые красители.

5.11.9. Индигоидные красители.

5.11.10. Макрогетероциклические красители.

6. Основы проектирования технологии топлива и углеродных материалов

6.1. Принципы построения экотехнологий.

6.1.1. Определение экологически целесообразных технологий; иерархия критериев в механизме принятия технологических решений.

6.1.2. Банк экологически целесообразных веществ; выбор стратегического «коридора» реализуемости технологий.

6.1.3. Механизмы построения организованных ХТС; принципы построения технологий на основе законов К.Ф.Рулэ и Г. и Э.Одумов.

6.1.4. 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.

6.2. Основы эксергетического и эксергоэкономического методов анализа.

6.2.1. Понятие эксергии, окружающей среды; типы окружающих сред – веществ отсчета.

6.2.2. Эксергетические характеристики процессов и систем; эксергетический анализ процессов горения; виды потерь эксергии; эксергетические диаграммы процессов в печах и газогенераторах.

6.3. Математическое моделирование и расчет реакторов.

6.3.1. Стехиометрические соотношения и материальный баланс; тепловой баланс химического аппарата; определение основных размеров аппарата по данным действующего регламента.

6.3.2. 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 гетерогенно-каталитических процессов.

7. Оборудование и технология производств переработки топлива.

7.1. Сырьевые характеристики нефти. Первичная разгонка нефти.

7.1.1. Методы выражения и определения состава нефти.

7.1.2. Технологическая классификация и товарные характеристики нефти.

7.1.3. Углеводородные газовые топлива. Нефтяные топлива, масла и смазки. Понятие о химмотологии. Твердые нефтепродукты. Нефтепродукты специального назначения.

7.1.4. Методы разделения компонентов нефти и газа.

7.2. Первичная переработка нефти.

7.2.1. Сортировка нефтей. Методы разрушения водонефтяных эмульсий. Конструкция основных аппаратов.

7.2.2. 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.

7.2.3. Конструкция основных аппаратов установок АВТ. Трубчатые печи и их характеристики. Тепловой баланс и технологические показатели трубчатых печей.

7.3. Переработка углеводородных газов.

7.3.1. Методы очистки газа и характеристика поглотителей. Абсорбционные и хемосорбционные процессы очистки. Конструкция основных аппаратов.

7.3.2. Очистка газов от меркаптанов. Утилизация сероводорода. Конструкция основных аппаратов.

7.3.3. Глубокая осушка природного газа. Общие положения.

7.3.4. Извлечение тяжелых углеводородов из газа. Конструкция основных аппаратов.

7.3.5. Извлечение гелия из очищенного газа.

7.4. Оборудование и технология процессов переработки нефти.

7.4.1. 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.

7.4.2. Производство нефтяного кокса, технического углерода. Принципиальные технологические схемы.

7.4.3. Нефтяные битумы, принципиальные технологические схемы производства.

7.5. Каталитические процессы переработки нефтяных фракций.

7.5.1. Технологические схемы установок каталитического крекинга, риформинг бензина, изомеризация парафиновых углеводородов.

7.5.2. Гидрогенизационные процессы нефтепереработки. Гидроочистка депарафинированных масляных рафинатов. Гидрокрекинг высоковязкого масляного сырья.

7.6. Производство товарных нефтепродуктов.

7.6.1. Производство масел. Способы очистки масляных фракций. Потоочные схемы масляного блока НПЗ.

7.6.2. Химические методы очистки нефтяных фракций. Депарафинизация нефтяного сырья. Очистка и разделение нефтяного сырья избирательными растворителями. Конструкция основных аппаратов для производства масел.

7.6.3. Компаундирование топлив. Добавки и присадки к топливам.

7.6.4. Нефтяные растворители. Принципиальные технологические схемы производства.

8. Оборудование и технология производств углеродных материалов.

8.1. Измельчение и формование углеродсодержащих материалов.

8.1.1. Измельчение твердых материалов.

8.1.2. Классификация размольных машин. Затраты энергии на измельчение. Основные требования к размольным машинам. Типовые схемы размольных установок.

8.1.3. Классификация дисперсных материалов. Физические основы анализа и расчета процессов классификации. Оборудование. Сравнение достоинств и недостатков. Классификация зернистых материалов. Общие сведения.

8.1.4. Составление шихт, формование углеродсодержащих материалов. Назначение операции. Принципы составления шихт.

8.1.5. Формование изделий из шихты. Назначение операции. Способы формования изделий. Основы выбора оборудования для формования изделий. Оборудование для прессования изделий.

8.2. Термическая обработка углеродсодержащих материалов.

8.2.1. Прокаливание сырьевых материалов и обжиг изделий. Классификация печей. Основы расчета печей (материальные и тепловые балансы).

8.2.2. Графитация (графитирование) изделий. Назначение операции. Общие положения о графитировании углеродных изделий. Оборудование для

графитации изделий.

8.3. Вспомогательные стадии получения углеродных материалов.

8.3.1. Механическая обработка изделий. Назначение операции. Оборудование.

8.3.2. Хранение сырья и готовой продукции.

9. Оборудование и основы проектирования производств органического синтеза

9.1. 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.

9.2. 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.

Расчет реакторов по математическим моделям. Реакторный узел полупериодического 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.

9.3. 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

9.4. Основы проектирования производств тонкого органического синтеза.

9.4.1. Теплообмен и перемешивание в емкостных реакционных аппаратах.

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

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

9.4.4. Аппаратурно-технологическое оформление процессов сульфирования ароматических соединений.

9.4.5. Аппаратурно-технологическое оформление процессов нитрова-

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

Программа «Химия и технология биологически активных веществ»

1. «Основы биохимии»

1. Введение

Роль биохимии в изучении механизма действия биологически активных веществ. Этапы разработки лекарственных средств и агрохимических препаратов. Биологические основы существования живых систем.

2. Структурные молекулы биополимеров

Строение и химические свойства моно-, ди-, олиго- и полисахаридов; их роль в живой природе и использование в производстве лекарственных форм. Строение рибонуклеиновых и дезоксирибонуклеиновых кислот. Процессы репликации, транскрипции и трансляции. Химический мутагенез. Производные нуклеотидов в качестве лекарственных средств. Структурные классы липидов. Строение клеточных мембран. Пассивный и активный транспорт веществ через клеточные мембраны. Строение белковых аминокислот и их классификация. Незаменимые и заменимые аминокислоты. Роль функциональных групп аминокислот в белках. Первичная, вторичная, третичная и четвертичная структура белков. Пептиды, белки и их функции.

3. Ферменты

Номенклатура и классификация ферментов. Теории ферментативного катализа. Механизмы регуляции активности ферментов. Простетические группы, коферменты и кофакторы. Витамины в роли предшественников коферментов. Ингибирование ферментов.

4. Метаболизм

Взаимосвязь катаболических и анаболических превращений, их локализация. Линейные и циклические превращения метаболитов. Аденозинтрифосфат в роли универсального носителя химической энергии в метаболических процессах. Катаболические превращения углеводов, аминокислот и жирных кислот; генерирование восстановительного потенциала и энергетические выходы этих процессов. Аэробный и анаэробный катаболизм глюкозы. Окислительное фосфорилирование и синтез АТФ. Фотосинтез. Биосинтез углеводов, жирных кислот, аминокислот, пептидов и белков.

5. Механизмы регуляции и защиты жизнедеятельности клетки

Основные принципы нейрогуморальной регуляции. Гормоны, цитокины и нейромедиаторы. Гормональные системы человека, растений и насекомых. Метаболизм ксенобиотиков. Механизмы образования активных форм кислорода в живых клетках. Гипероксидный и оксидативный стресс. Механизм окислительного повреждения компонент клеточных мембран. Супероксид-дисмутаза и каталаза. Природные антиоксиданты.

2. «Химия и технология биологически активных веществ»

1. Введение

Классификация биологически активных веществ (БАВ). Основные методы и подходы при разработке новых БАВ. Аналоговый синтез, химическая модификация природных веществ. Связь структура – активность, молекулярное моделирование. Понятие токсической группы. Пути поступления ксенобиотиков в организм. Препаративные формы пестицидов, лекарственные формы. Меры активности. Понятие терапевтической широты.

2. Химия, токсикология и лекарственные свойства агрохимических препаратов и их структурных аналогов.

Классификация агрохимических препаратов, экономические аспекты и экологические последствия их применения.

Фитоактивные соединения. Гербицидные препараты, нарушающие фотосинтез. Вещества, блокирующие транспорт электронов в фотосистеме II, акцепторы электронов в фотосистеме I. Вещества, нарушающие биосинтез и функционирование хлорофиллов, гашение синглетного кислорода. Фотодинамические гербициды и лекарственные средства.

Фитогормоны и их аналоги. Арилоксиуксусные кислоты и другие синтетические ауксины и антиауксины. Технология получения, роль хлорированных дибензодиоксинов как экотоксикантов. Гиббереллины и ретарданты. Этилен и его образование в растениях.

Гербициды с антиметаболитным механизмом действия. Фосфометилглицин и механизм его гербицидного действия, сульфонилгетерилмочевины. Глюфосинат аммония, синтез, гербицидная активность и токсичность.

Средства борьбы с патогенными грибами: фунгициды и антимикотики. Микотоксины и роль фунгицидов в сохранении сельскохозяйственной продукции. Контактные и системные фунгициды. Вещества, нарушающие биосинтез эргостерина. Триазольные и имидазольные фунгициды и антимикотики. Применение антимикотиков в медицине, тербинафин.

Фунгициды, нарушающие клеточное дыхание. Стробилурин и его аналоги. Азоксистробин. Вещества нарушающие процесс клеточного деления. Бензимидазольные фунгициды. Карбендазим.

Инсектоакарициды и их роль в сельском хозяйстве. Хлорорганические инсектициды, ДДТ, гексахлоран, производные перхлорциклопентадиена. Экологические последствия применения персистентных хлорорганических препаратов. Фосфорорганические инсектициды и ингибиторы холинэстеразы в качестве лекарственных средств. Синтез тионфосфатов, хлорофоса, и ди-хлорофоса. Производные дитиофосфорной кислоты: малатион, диметоат.

Пиретрины и пиретроиды, механизм инсектицидной активности, биорациональный подход к структуре пиретроидов. Синтез хризантемовой кислоты.

Регуляторы роста и развития насекомых, ингибиторы биосинтеза хитина, ювеноиды и экдизоиды. Димелин, метопрен. Применение феромонов. Биологические способы борьбы с насекомыми вредителями.

3. Токсиканты и лекарства, нарушающие течение биоэнергетических процессов

Блокировка катаболизма алкилаторами, производными тяжелых металлов, фторацетатом и цианидами. Противораковые средства на основе 2-хлорэтиламина и другие цитостатики.

Антикоагулянтная и геморрагическая активность структурных аналогов витамина К, применение производных 4-гидроксикумарина и 1,3-индандиона в качестве зооцидов и лекарственных средств. Сульфамидные препараты как антиметаболиты фолиевой кислоты.

4. Психохимические лекарственные препараты

Центральная и периферическая нервная система, нервно-мышечная передача. Нейромедиаторы центральной и периферической нервной системы. Нарушение баланса нейромедиаторов в ЦНС в качестве основы психохимии.

Холинэргический синапс. Строение нейрона возбуждения, передача нервного импульса по аксону, синаптическое окончание. Нарушение работы натриевого и калиевого канала, Na,K-АТФ-азы. Экзоцитоз ацетилхолина и ботулотоксин. Агонисты и антагонисты ацетилхолина в М- и N-холинорецепторах (ХР), организация ХР в двигательных концевых пластинках, гипотеза Хромова-Борисова. Замещенные карбаматы с лекарственным и инсектицидным действием. Карбарил. Холинэстераза, обратимое и необратимое ее ингибирование, антидотные композиции. Диизопропилфторфосфат, и 2-ПАМ.

γ-Аминомасляная кислота и ГАМК-эргический синапс, блокировка сигнала возбуждения за счет гиперполяризации мембраны. Комплекс рецепторов ГАМК-эргического синапса. Агонисты и антагонисты ГАМК в каче-

стве лекарственных средств. Бензодиазепины, фармакологическая активность барбитуратов и фенитоина. Хлорный канал и его блокировка бициклическими эфирами, силатранами.

Ингибиторы циклооксигеназ в качестве лекарственных средств (ацетилсалициловая кислота, ибупрофен, бутадион). Внутривенные анестетики и наркотические препараты. Морфин, диацетилморфин и кодеин, спектр биологической активности. Пути модификации структуры морфина, антагонисты морфина и применение их в качестве лекарственных средств. Просидол, фентанил, трамадол. Механизм привыкания и развития болезненного пристрастия к наркотикам. Энкефалины, эндорфины и другие нейропептиды.

3. «Основы проектирования производств биологически активных веществ»

1. Введение.

Проектирование, его роль и место в процессе создания научно-технического потенциала и производительных сил.

Основные принципы проектирования производств БАВ и полупродуктов для их производства.

2. Основы технологии проектирования

Организация проектных работ. Экономические критерии эффективности производства. Основные стадии проектирования и исходные данные. Техничко-экономическое обоснование, проект, последовательность выполнения проекта. Задачи и критерии решений, принимаемых при проектировании. Мощность производства, точка строительства, проблемы обеспеченности сырьем и энергетикой, отходы производства и их утилизация. Экология и природоохранные мероприятия. Генплан и кооперирование с подрядными организациями. Инженерные коммуникации и сооружения.

Технологическое проектирование, основные задачи. Периодические и непрерывные производства. Понятие о гибких автоматизированных производствах (ГАПС).

Основные модули технологического модуля. Подготовка сырья, химическое превращение, разделение и очистка продукта, утилизация отходов.

Автоматизация и управление технологическим процессом. Охрана труда. Согласование и утверждение проекта. Авторский надзор.

3. Принципы проектирования реакционных узлов в технологиях БАВ.

Материальные и тепловые процессы. Расчет процессов периодических и непрерывных. Расчет реакторов идеальных в изотермических и неизотермических условиях. Диагностика режима эксплуатации.

4. Элементы анализа и синтеза ХТС в технологиях БАВ.

Критерии оптимизации химико-технологического процесса. Приведенные затраты и их структура. Доход предприятия и его анализ. Особенности автоматизированного проектирования в технологиях БАВ.

Примеры производств БАВ и их полупродуктов, принципиальные технологические схемы, расчет материальных потоков для конкретных реакторных узлов.

Оценка подходов к принятию решений по оптимизации работы одного из техноло-гических модулей.

Программа «Современные технологии и аналитические методы исследований в производстве лекарственных и косметических средств и в системе допинг- и наркоконтроля»

1. Основы биологической и медицинской химии.

1.1. Аминокислоты. Химия белков.

1.1.1. Определение и классификация аминокислот. Заменяемые и незаменимые аминокислоты. Строение аминокислот. Общие химические и физико-химические свойства аминокислот. Образование пептидной связи. Методы определения аминокислот. Полный химический гидролиз белка.

1.1.2. Первичная структура белка и методы ее идентификации. Вторичная структура белка: α -спираль и β -структура. Роль водородных связей в образовании и стабилизации вторичной структуры белка. Третичная и четвертичная структура белка. Размеры и формы белковых молекул. Глобулярные и фибриллярные белки. Денатурация белков.

1.1.3. Методы качественного и количественного определения белков. Определение рI белка. Хроматографические методы в химии белков. Основные типы белков: альбумин, иммуноглобулины, коллаген, липопroteины.

1.2. Ферменты и витамины.

1.2.1. Номенклатура и классификация ферментов. Единицы измерения активности ферментов. Порядок и молекулярность реакций с участием ферментов. Уравнение Михаэлиса-Ментон и способы его линеаризации. Регуляция активности ферментов. Активаторы и ингибиторы. Механизмы ферментативных реакций.

1.2.2. Определение и классификация витаминов и витаминоподобных веществ. Строение молекул витаминов и производных коферментов: А, D, E, K, C, B1, B2, B6, PP, B12, пантотеновая кислота (кофермент А), фолиевая кислота, биотин, убихинон (кофермент Q), липоевая кислота, холин, инозитол.

1.3. Химия углеводов и липидов.

1.3.1. Определение и классификация углеводов. Моносахариды. Циклические формулы альдоз и кетоз. Биологически важные пентозы и гексозы. Производные моносахаридов: аминсахара и сахарные кислоты. Олиго-полисахариды. Природа и характеристики гликозидной связи. Химическая структура природных дисахаридов: лактоза, мальтоза, сахароза. Биологически важные гомополисахариды: крахмал, гликоген, целлюлоза. Гетерополисахариды. Химическая структура гиалуроновой кислоты и хондроитинсульфата. Функциональное значение углеводов.

1.3.2. Определение и классификация липидов. Влияние длины цепи и степени насыщенности жирных кислот на агрегатное состояние липидов. Простагландины, тромбоксаны и лейкотриены. Воска. Глицериды: нейтраль-

ные липиды и фосфоглицериды. Химическая структура фосфатидной кислоты и ее производных. Сфинголипиды. Стероиды. Химическая структура холестерина, желчных кислот и стероидных гормонов. Образование мицелл, бислоев и липосом. Функциональное значение липидов.

1.3.3. Биологические мембраны. Липидный состав биологических мембран и строение фосфолипидного бислоя. Мембранные белки: поверхностные и интегральные. Гликолипиды и гликопротеины мембран. Механизмы переноса веществ через мембраны: простая диффузия; активный, облегченный и пассивный транспорт; гематоэнцефалический барьер. Разнообразие мембранных структур и функций биологических мембран. Способы введения лекарственных средств в организм человека. Понятие «фармакокинетика» и «биодоступность». Зависимость биодоступности лекарственного средства от способа его введения.

1.4. Биоэнергетика.

1.4.1. Энергетический обмен в живых системах. АТФ как универсальный энергетический реагент в живых системах. НАД-зависимые и флавиновые дегидрогеназы. Митохондриальная цепь переноса электронов: НАДН-дегидрогеназа, КоА-дегидрогеназа, цитохром. Окисленные и восстановленные формы переносчиков электронов. Механизм окислительного фосфорилирования. Энергетический баланс окисления ацетил-КоА, пируватов и отдельных метаболитов цикла Кребса. Энергетический баланс полного окисления глюкозы.

1.5. Обменные процессы в живых системах.

1.5.1. Понятие о метаболизме и катаболизме. Ферменты и метаболизм. Регуляторные этапы основных метаболических путей. Катаболизм основных пищевых продуктов: углеводов, липидов, белков. Общие и специфические пути катаболизма.

1.5.2. Катаболизм глюкозы. Гликолиз и спиртовое брожение. Гликогенолиз. Регуляция и энергетическая эффективность гликолиза и гликогенолиза. Биосинтез гликогена. Аэробный распад глюкозы. Окислительное декарбоксилирование пировиноградной кислоты. Взаимосвязь аэробного и анаэробного путей распада глюкозы.

1.5.3. Окисление жирных кислот. Виды и конечные продукты окисления. Перекисное окисление липидов. Биосинтез жирных кислот. Транспорт и активация ацетил-КоА. Удлинение цепи жирных кислот. Биосинтез триглицеридов, фосфолипидов, холестерина и его производных.

1.5.4. Биосинтез мочевины. Декарбоксилирование аминокислот. Виды, продукты и биохимическое значение реакций декарбоксилирования аминокислот.

1.5.5. Метаболизм лекарственных средств в живых системах. Лекарства и пролекарства. Изменение фармакологической активности в результате метаболических процессов. Пути потери лекарств в живых системах. Депонирование и выведение лекарственных средств из живых систем.

1.6. Биорегуляторы в живых системах.

1.6.1. Классификация биорегуляторов: гормоны, нейромедиаторы. Ксенобиотики и лекарства. Классификация гормонов: стероидные, белковые и пептидные. Клетки-мишени и клеточные рецепторы гормонов. Механизмы передачи гормонального сигнала эффекторным системам. Нейромедиаторы: адреналин, норадреналин, ацетилхолин, серотонин, дофамин, гистамин. Их агонисты и антагонисты. Лекарства и ксенобиотики: механизм действия и метаболизм.

2. Физико-химические основы технологии лекарственных и косметических средств

2.1. Физическая и коллоидная химия поверхностно-активных веществ (ПАВ).

2.1.1. Классификация ПАВ: ионогенные, неионогенные, амфотерные. Сырьевые источники и методы получения. Анализ ПАВ (спектроскопические, хроматографические и другие методы анализа). Поверхностная активность и адсорбционная способность ПАВ. Методы измерения поверхностного натяжения. Состояние ПАВ на границе раздела фаз. Адсорбция. Типы изотерм поверхностного натяжения.

2.1.2. Строение монослоев ПАВ на границе раствор-воздух. Определение поверхностного давления, поверхностного (межфазного потенциала), реологических характеристик. Пленки Ленгмюра-Блоджетт: получение и применение. Пены: получение, классификация, свойства, применение. Особенности агрегативной и седиментационной устойчивости пен.

2.1.3. Особенности адсорбции ПАВ на границе раздела вода/масло. Строение адсорбционных слоев. Эмульсии: типы эмульсий, методы получения, обращение эмульсий. Определение дисперсионного состава эмульсий. Агрегативная устойчивость эмульсий, микроэмульсии и наноэмульсии. Особенности поведения и основные характеристики.

Микрокапсулирование. Методы получения микрокапсул, свойства и применение микрокапсул. Реологические свойства микрокапсулированных и эмульсионных систем и методы их определения.

2.1.4. Адсорбционные слои ПАВ на границе раздела жидкость/твердое. Особенности строения адсорбционных слоев. Классификация изотерм адсорбции по Джайлсу. Смачивание. Модифицирование твердых поверхностей при помощи ПАВ.

2.1.5. Мицеллообразование в растворах ПАВ. Мицеллярные растворы ПАВ, как лиофильные дисперсные системы. Методы определения ККМ. Солюбилизация. Фазовые равновесия в многокомпонентных системах, содержащих ПАВ.

2.2. Физическая и коллоидная химия высокомолекулярных соединений

2.2.1. Сырьевые источники и классификация высокомолекулярных соединений. Разновидности гетерогенно-дисперсного состояния полимерных систем. Поверхность раздела фаз и ее состояние в полимерных системах.

2.2.2. Растворы полимеров, как молекулярные лиофильные коллоидные системы. Особенности образования растворов полимеров. Конформации

макромолекул в растворах. Ассоциация в растворах полимеров. Образование надмолекулярных и пространственных структур в полимерных системах.

2.2.3. Свойства разбавленных растворов полимеров. Рассеяние света в растворах полимеров. Определение средней молекулярной массы полимеров и размеров макромолекул по угловой зависимости интенсивности рассеянного света. Гидродинамические свойства растворов полимеров. Вязкость растворов полимеров. Кривые течения и эффективной вязкости для разбавленных растворов полимеров. Уравнение Хаггинса и Марка-Хаувинка. Молекулярно-массовое распределение и методы его определения. Характеристики размеров и формы макромолекул в растворах, методы их определения.

2.2.4. Водорастворимые полимеры. Разновидности водорастворимых полимеров, особенности их растворения и свойства их растворов. Полиэлектролиты. Особенности растворов полиэлектролитов. Электрокинетические свойства и вязкость растворов полиэлектролитов. Применение водорастворимых полимеров в косметических и лекарственных средствах в качестве регуляторов вязкости и кондиционирующих веществ.

2.2.5. Структурообразование в растворах полимеров. Неньютоновское течение концентрированных растворов полимеров. Явление тиксотропии и реопексии. Гистерезис вязкости. Адсорбция из растворов полимеров на поверхностях. Адсорбция макромолекул из разбавленных и концентрированных растворов полимеров. Методы исследования адсорбции полимеров. Адгезия и смачивание в полимерных системах. Критическое поверхностное натяжение смачивания.

2.3. Структурно-механические свойства концентрированных дисперсных систем.

2.3.1. Типы пространственных структур и условия их возникновения. Специфика процессов структурообразования в лиозолях, суспензиях и эмульсиях. Типы структур по классификации П.А.Ребиндера. Связь реологического поведения дисперсных систем с типом формирующейся структуры. Методы изучения реологических свойств дисперсных систем.

2.3.2. Водные суспензии оксидов и солей. Механизм образования двойного электрического слоя в системах с водной дисперсионной средой. Методы регулирования процессов структурообразования и реологического поведения водных суспензий.

2.3.3. Эмульсии типа м/в и водные суспензии неполярных наполнителей. Требования к адсорбционным слоям, необходимые для обеспечения агрегативной устойчивости таких систем. Использование смесей ПАВ для создания адсорбционных слоев заданной архитектуры.

2.3.4. Эмульсии типа в/м и суспензии с неполярной дисперсионной средой. Закономерности адсорбции ПАВ из неполярных сред. Использование смесей ПАВ с углеводородными радикалами различной длины для создания плотных адсорбционных слоев.

3. Основы химии и технологии органических веществ. Общие методы получения биологически активных веществ и активных фармацевтических субстанций

3.1. Сырьевая база промышленности органического синтеза и биологически активных веществ.

3.1.1. Невозобновляемое сырье. Нефть и природный газ, как основной источник углеводородов. Процессы первичной и вторичной переработки нефти: ректификация, крекинг, риформинг, изомеризация, алкилирование. Применение продуктов переработки нефти в технологии косметических и фармацевтических средств. Каменный уголь, как природный источник ароматических и гетероциклических соединений.

3.1.2. Возобновляемое сырье. Растительное сырье, как источник углеводов, жиров, карбоновых кислот и спиртов. Выделение душистых веществ и эфирных масел из растительного сырья.

3.2. Сульфирование и сульфатирование.

3.2.1. Сульфатирование алифатических спиртов, как способ получения анионных ПАВ. Сульфатирующие агенты. Выделение продуктов сульфатирования и методы контроля качества алкилсульфатов.

3.2.2. Сульфирование ароматических соединений. Цель введения сульфогруппы в ароматические соединения и применение сульфокислот. Сульфорирующие агенты и общая схема процесса сульфирования. Влияние структуры субстрата и условий проведения реакции на процесс сульфирования. Выделение ароматических сульфокислот.

3.2.3. Сульфирование бензола и его замещенных. Сульфирование нафталина и 2-нафтола. Особенности сульфирования ароматических аминов. Сульфирование антрахинона. Сульфохлорирование. Анализ и идентификация сульфокислот.

3.3. Нитрование и нитрозирование.

3.3.1. Цели и задачи реакции нитрования. Нитрующие агенты. Влияние природы субстрата и условий проведения реакции на процесс нитрования. Механизм нитрования.

3.3.2. Нитрование бензола и его замещенных. Особенности нитрования фенолов, ароматических аминов и альдегидов. Контроль реакции нитрования. Выделение и анализ нитросоединений.

3.3.3. Нитрозирование фенолов и ароматических аминов. Нитрозирующие агенты. Таутомерия нитрозофенолов.

3.3.4. Применение ароматических нитро- и нитрозосоединений в органическом синтезе, фармацевтической и косметической промышленности. Лекарственные субстанции, содержащие нитрогруппу: фурацилин, метронидазол, нитразепам, нифедипин, нимодипин.

3.4. Галогенирование.

3.4.1. Галогенирование алканов и алкенов. Радикально-цепное, жидкофазное и ионно-каталитическое хлорирование. Получение дихлорэтана, метилхлорида, винилхлорида, хлораля, хлоруксусной кислоты. Бромсодер-

жащие продукты алифатического ряда. Технология этилового эфира α -бромизовалериановой кислоты.

3.4.2. Галогенирование в ароматическом ряду. Хлорирование ароматических соединений в ядро и боковую цепь. Механизм реакций. Технология хлорбензола и бензилхлорида. Особенности хлорирования фенола. Бромирование и иодирование ароматических соединений.

3.4.3. Контроль процессов галогенирования. Методы контроля качества галогенсодержащих соединений. Применение галогенсодержащих соединений в органическом синтезе, косметической и фармацевтической промышленности.

3.5. Восстановление ароматических нитро- и нитрозосоединений.

3.5.1. Общая схема превращений ароматических нитросоединений при восстановлении. Восстанавливающие реагенты. Восстановление нитросоединений до первичных ароматических аминов. Парофазное и жидкофазное гидрирование. Восстановление железом в среде электролита.

3.5.2. Восстановление металлами в кислой среде. Получение п-хлоранилина и п-аминофенола. Избирательное восстановление солями сернистой кислоты и сероводородной кислоты. Восстановление цинком в щелочной среде. Получение гидразосоединений и их перегруппировка в производные бензидина. Восстановление нитрозосоединений. Технология N,N-диалкил-пара-фенилендиаминов.

3.5.3. Контроль процессов восстановления и анализ ароматических аминов. Качественное определение первичных ароматических аминов в лекарственных средствах.

3.6. Технология нуклеофильного замещения в ароматических соединениях.

3.6.1. Нуклеофильное замещение галогена в ароматическом ряду. Замещение атома галогена на гидрокси-, алкокси- и арилоксигруппу, как метод получения фенолов и простых эфиров. Замещение атома галогена на амино- и ариламиногруппу, как метод получения ароматических аминов и производных дифениламина.

3.6.2. Замещение сульфогруппы на гидрокси- и аминогруппу. Реакция щелочного плавления и реагенты, используемые в этом процессе. Открытая и закрытая плавка. Избирательное замещение сульфогруппы на гидроксигруппу в сульфокислотах нафталинового ряда. Окислительное щелочное плавление. Получение ализарина. Получение 1-аминоантрахинона.

3.6.3. Взаимопревращения ароматических амино- и гидроксисоединений. Реакция Бухерера. Получение 1,4-диариламиноантрахинонов. Реакция арамирования. Технология дифениламина и 2-(ариламино)нафталинов.

3.7. Процессы окисления.

3.7.1. Типы реакций окисления. Окисление по насыщенному атому углерода и окисление атома углерода цикла. Типы окислителей. Гомогенный и гетерогенный катализ в технологии окисления.

3.7.2. Технология циклогексанона, капролактама, ε-аминокапроновой кислоты, адипиновой кислоты, щавелевой кислоты, бензальдегида, бензойной кислоты, п-нитробензойной кислоты, фталевой, изофталевой и терефталевой кислот, малеинового и нафталенового ангидрида, аценафтенхинона.

3.8. Процессы конденсации

3.8.1. Конденсации с образованием двойной связи углерод-углерод. Конденсации по карбонильной группе. Получение халконов. Конденсации по активированной метиленовой группе. Получение производных стильбена, цианиновых красителей, хинофталонов.

3.8.2. Реакции конденсации ароматических соединений, не приводящие к образованию новых циклов. Реакции галоген- и оксиметилирования. Получение диарилметанов. Технология салициловой и п-гидроксibenзойной кислоты. Формилирование ароматических соединений. Алкилирование и ацилирование по Фриделю-Крафтсу. Перегруппировка Фриса.

3.8.3. Конденсации, приводящие к образованию новых циклов, и окислительная конденсация. Получение 2-замещенных антрахинонов, хинизарина, бензантрона, дибензпиренхинона, виолантрона.

3.8.4. Конденсации с образованием гетероциклических структур. Получение производных пиразола, 5-пиразолона, пиридина, хинолина, изохинолина, индола, кумарина. Роль гетероциклических структур в фармацевтической химии. Получение дротаверина, бензодиазепиновых производных.

3.9. Алкилирование и ацилирование гидроксид- и аминогрупп.

3.9.1. Цель введения алкильной группы в амины, спирты и фенолы. Алкилирующие агенты. Алкилирование аминов с использованием алкилгалогенидов, спиртов и окиси этилена. Получение четвертичных аммонийных солей и их применение в качестве катионных ПАВ. Эфиры на основе целлюлозы и их применение в технологии лекарств и косметических средств. Получение эфиров полиэтиленгликоля и их использованием в качестве неионогенных ПАВ.

3.9.2. Цель введения ацильной группы в амины, спирты и фенолы. Ацилирующие агенты. Ацилирование аминов. Влияние основности амина на выбор ацилирующего агента. Получение парацетамола, лидокаина и его аналогов, сульфониламидов.

3.10. Процессы этерификации.

Теоретические аспекты реакции этерификации. Получение и применение эфиров неорганических кислот: азотной, угольной и фосфорной. Получение эфиров и амидов алифатических и ароматических карбоновых кислот и их применение в фармацевтической и косметической промышленности.

3.11. Диазотирование и превращения диазосоединений.

3.11.1. Схема реакции диазотирования. Диазотирующие агенты. Строение солей диазония. Контроль реакции диазотирования.

3.11.2. Превращения солей диазония с выделением азота. Замещение диазогруппы на атомы водорода, галогена, гидроксильную группу, цианогруппу, ароматический остаток, серусодержащие группы.

3.11.3. Превращения солей диазония без выделения азота. Восстановление диазосоединений до арилгидразинов. Реакция азосочетания.

3.12. Основы химии и технологии красителей.

3.12.1. Определение понятий "краситель", "пигмент", "лак", "краска". Причины избирательного поглощения света. Спектральные и дополнительные цвета. Понятие "хромофорной системы" красителя.

3.12.2. Классификация и номенклатура красителей. Химическая классификация. Техническая классификация. Основные классы красителей, используемых в фармацевтической и косметической промышленности: полиметиновые, арилметановые, ариламиновые, азометиновые, антрахиноновые, индигоидные, азокрасители.

3.13. Контроль качества активных фармацевтических субстанций (АФС).

3.13.1. Определение подлинности АФС. Качественные реакции на функциональные группы. Физические и физико-химические методы оценки подлинности. Хроматографические методы.

3.13.2. Определение степени чистоты АФС. Методы оценки наличия примесей неорганических веществ в АФС. Хроматографические методы определения примесных органических соединений: ТСХ, ГЖХ, ВЭЖХ.

3.13.3. Методы количественного определения АФС. Титриметрические методы, спектрофотометрия, хроматографические методы.

4. Биохимическая и аналитическая токсикология наркотических средств, психотропных и сильнодействующих веществ

4.1. Молекулярная токсикология. Закономерности метаболизма токсикантов

4.1.1. Молекулярная токсикология (основные понятия). Определения и термины, используемые в токсикологии. Формирование эффекта как фактор взаимодействия токсиканта, организма и окружающей среды. Понятие о рецепторах токсичности. Рецепторные комплексы как молекулярные мишени. Механизмы токсического действия и межклеточной коммуникации. Избирательная токсичность. Генный полиморфизм и индивидуальная химическая чувствительность. Зависимость «структура—токсичность». Корреляция взаимосвязи уровня вещества в крови с токсическим эффектом. Классификация токсичных агентов. Виды токсического действия.

4.1.2. Закономерности метаболизма токсикантов. Токсикокинетика чужеродных соединений. Общие закономерности абсорбции и распределения веществ в организме. Транспорт чужеродных соединений через мембраны организма. Токсикокинетические особенности пероральных, ингаляционных, перкутанных и других отравлений. Факторы, влияющие на распределение. Основные токсикокинетические параметры распределения. Связывание с белками сыворотки крови. Связывание с компонентами органов и тканей. Число основных центров связывания. Влияние различных факторов на связывание чужеродных соединений. Объем распределения. Взаимосвязь с физико-химическими характеристиками веществ.

4.1.3. Биотрансформация чужеродных соединений в организме. Этапы биотрансформации. Образование фармакологически активных метаболитов. Инактивация. Метаболизм и токсичность. Основные пути биотрансформации чужеродных соединений. Факторы, влияющие на метаболизм чужеродных соединений. Генетические факторы и внутривидовые различия. Индукция метаболизирующих ферментов, угнетение метаболизма. Возрастные особенности, длительное применение лекарств, патологические состояния и прочие. Метаболиты и токсичность. Представление о вторичном метаболизме у микроорганизмов, растений, животных. Образование вторичных соединений (аминов и т.п.) в процессе гниения тканей и органов. Метаболизм токсических веществ под действием бактерий. Основные реакции вторичного метаболизма (декарбоксилирование, дезаминирование, ароматическое гидроксилирование и др.). Современные технологии определения путей метаболизма.

4.2. Методология системного химико-токсикологического анализа.

Основные направления, цели и задачи химико-токсикологического анализа(ХТА). Основные этапы ХТА. Направленный и ненаправленный ХТА. Скрининговые и подтверждающие методы ХТА. Формирование положительных и отрицательных результатов. Отбор проб у живых лиц. Способы фальсификации образца. Объекты исследования при проведении судебно-химического анализа СХА. Отбор образцов трупного материала при проведении СХА. Правила направления объекта исследования на анализ. Условия транспортировки и хранения. Консервирование. Этапы преданалитической подготовки пробы. Взаимосвязь между содержанием токсиканта в анализируемом биообъекте и интерпретацией результатов исследования. Особенности методологии клинико-токсикологического анализа. Особенности методологии ХТА при определении наркотиков у живых лиц. Время возможного выявления часто используемых наркотических и психотропных веществ и некоторых их метаболитов в моче. Скрининговые и подтверждающие исследования. Пороги обнаружения (*cut-off*) наркотических и психотропных веществ в моче. Ограничения на применение мочи и крови в качестве объектов исследования. Альтернативные объекты для определения наркотиков. Особенности анализа объектов небиологического происхождения на наличие наркотиков. Особенности интерпретации результатов ХТА. Обеспечение качества анализа и надлежащая лабораторная практика. Принципы GLP в работе современной лаборатории.

4.3. Химико-токсикологический анализ наркотических средств.

4.3.1. Наркотическая и лекарственная зависимость. Основные понятия. Диагностические признаки наркотического опьянения. Предполагаемые механизмы развития абстиненции, вызываемой различными наркотическими средствами. Опиоидные рецепторы. Реализуемые эффекты опиоидных рецепторов. Нормативные документы. Основные группы наркотических средств, психотропных и сильнодействующих веществ.

4.3.2. Опиаты и опиоиды. Общая характеристика группы. Токсические дозы и токсические концентрации, взаимосвязь с токсическим эффектом. Симптомы острого отравления опиатами. Способы введения. Механизм дей-

ствия. Токсикокинетика и биотрансформация. Изолирование из биологических объектов. Предварительные экспресс-тесты на опиаты. Характеристика объектов исследования. Операции по подготовке объектов к исследованию. Методы изолирования. Дериватизация. Предварительные и подтверждающие методы определения: химические, иммунохимические, хроматографические, спектральные. Количественное определение метаболитов героина в биологических образцах методом газовой хроматографии с использованием различных детекторов.

4.3.3. Каннабиноиды. Наркотические средства, приготовляемые из различных частей растения каннабис. Общая характеристика группы. Основные действующие вещества каннабиса. Строение, физико-химические свойства. Способы введения. Токсические дозы и токсические концентрации, взаимосвязь с токсическим эффектом. Механизм действия. Каннабиноидные рецепторы. Токсикокинетика и биотрансформация. Изолирование из биологических объектов. Подготовка и характеристика объектов исследования. Дериватизация. Предварительные и подтверждающие методы определения: химические, иммунохимические, хроматографические, спектральные. Обнаружение каннабиноидов в моче постоянных и непостоянных потребителей с помощью ИФА. Реакции окрашивания. Метод ТСХ при анализе смывов с пальцев рук, ладоней, губ, полости рта. Синтетические каннабиноиды, или каннабимиметики; синтетические аналоги предполагаемых эндогенных каннабиноидов. Общая характеристика группы. Распространенность и причины отравлений. Способы введения. Психоделические эффекты. Предварительные и подтверждающие методы определения.

4.3.4. Фенилалкиламины. Общая характеристика группы. Классификация фенилалкиламинов по химическому строению, фармакологическому действию, источникам получения и происхождению. Фенилалкиламины природного происхождения. Распространенность и причины отравлений. Строение, физико-химические свойства. Основные типы фармакологического действия. Способы введения. Токсические дозы и токсические концентрации, взаимосвязь с токсическим эффектом. Признаки хронической интоксикации. Механизм действия. Токсикокинетика и биотрансформация. Изолирование из биологических объектов. Выбор, подготовка и характеристика объектов исследования. Методы изолирования. Предварительные и подтверждающие методы определения: химические, иммунохимические, хроматографические, спектральные.

Синтетические фенилалкиламины. Распространенность и причины отравлений. Строение, физико-химические свойства. Основные типы фармакологического действия. Способы введения. Токсические дозы и токсические концентрации, взаимосвязь с токсическим эффектом. Признаки хронической интоксикации. Механизм действия. Токсикокинетика и биотрансформация. Изолирование из биологических объектов. Подготовка и характеристика объектов. Выбор метода. Дериватизация. Предварительные и подтверждающие методы определения. Особенности интерпретации результатов.

4.3.5. Кокаин. Распространенность и причины отравлений. Строение, физико-химические свойства. Основные типы фармакологического действия. Способы введения. Токсические дозы и токсические концентрации, взаимосвязь с токсическим эффектом. Основные признаки потребления кокаина. Токсикокинетика и биотрансформация. Соотношение содержания основных метаболитов кокаина в различных биообъектах. Изолирование из биологических объектов. Выбор, подготовка и характеристика объектов исследования. Выбор метода изолирования. Предварительные и подтверждающие методы определения. Хроматографическая подвижность кокаина. УФ-спектр кокаина. ИК-спектры кокаин-основания и кокаина гидрохлорида. Фрагментация кокаина при масс-спектрометрии. Условия определения методами ГЖХ, ВЭЖХ, ГХ-МС. Особенности интерпретации результатов. Исследование волос и ногтей.

4.3.6. Психодислептики (галлюциногены). ЛСД. Распространенность и причины отравлений. Способы введения. Основные признаки потребления. Токсические дозы и токсические концентрации. Механизм действия. Токсикокинетика и биотрансформация. Характеристика объектов исследования. Трудности идентификация ЛСД в биологических жидкостях. Меры предосторожности при хранении и обработке образцов и стандартов. Операции по подготовке объектов к исследованию. Методы изолирования. Выбор метода. Предварительные и подтверждающие методы определения. Реакции окрашивания. Детекция ЛСД при ТСХ по флюоресценции. Определение ЛСД и его метаболитов в биологических жидкостях и волосах хроматографическими методами.

Триптамин и его структурные аналоги: псилоцин, псилоцибин. Распространенность и причины отравлений. Способы введения. Токсические дозы и токсические концентрации. Механизм действия. Строение, физико-химические свойства. Токсикокинетика и биотрансформация. Характеристика объектов исследования. Операции по подготовке объектов к исследованию. Предварительные и подтверждающие методы определения.

4.4. Химико-токсикологический анализ психотропных и сильнодействующих веществ

4.4.1. Барбитураты. Общая характеристика группы. Структура токсикологически значимых барбитуратов. Физико-химические свойства. Механизм действия. Барбитуровая абстиненция. Основные симптомы барбитуромании. Токсикокинетика и биотрансформация. Характеристика объектов исследования. Операции по подготовке объектов к исследованию. Особенности выделения барбитуратов из крови, мочи, тканей, слюны, пота и волос (ЖЖЭ и ТФЭ, условия проведения). Дериватизация. Предварительные и подтверждающие методы определения. Хромогенные реакции. Хроматографическая подвижность. УФ-ВИД-спектрофотометрия. ИК-Фурье-спектрометрия, ВЭЖХ (обращеннофазовые колонки, УФ-детектор или диодная матрица), ГХ-ИК-Фурье-спектрометрия, ВЭЖХ-МС, ГХ-ПИД, ГХ-АФД, ГХ-МС.

4.4.2. Производные 1,4-бензодиазепина. Общая характеристика группы. Различия в структуре производных 1,4-бензодиазепина. Физико-химические

свойства. Механизм действия. Токсикокинетика и биотрансформация. Характеристика объектов исследования. Операции по подготовке объектов к исследованию. Методы изолирования. Дериватизация. Скрининговые методы определения. Предварительные и подтверждающие методы определения. Хромогенные реакции. Хроматографическая подвижность. Абсорбция производных 1,4-бензодиазепинов в УФ-области спектра. ИК–Фурье-спектрометрия. Система ТФЭ-ВЭЖХ-ДМД (диодно-матричный детектор). Условия определения методами ГЖХ, ВЭЖХ, ГХ-МС. Особенности интерпретации результатов определения производных бензодиазепина в крови и моче.

4.4.3. Нейролептические средства. Общая характеристика группы. Нейролептики различных химических групп. Производные бутирофенона. Нейролептики второго поколения (атипичные нейролептики). Новейшие нейролептики (рисперидон, оланзапин). Физико-химические свойства. Механизм действия. Токсикокинетика и биотрансформация. Характеристика объектов. Операции по подготовке объектов к исследованию. Методы изолирования. ЖЖЭ и ТФЭ. Дериватизация. Предварительные и подтверждающие методы определения. Хромогенные реакции. Хроматографическая подвижность. Условия определения с использованием ГХ- ЭЗД, ГХ- АФД, ВЭЖХ (УФ-, флюориметрическое, электрохимическое детектирование), ГХ-ПИД (дериватизация), ГХ- ЭЗД (дериватизация), ГХ-АФД (дериватизация), ГХ-МС.

4.4.5. Тимолептики и тимеретики. Антидепрессанты трициклической структуры; избирательные ингибиторы МАО; гетероциклические антидепрессанты второго поколения; избирательные ингибиторы обратного нейронального захвата серотонина (ИОНЗС). Строение. Физико-химические свойства. Механизм действия. Особые свойства трициклического антидепрессанта *тианептина* (коаксила). Токсикокинетика и биотрансформация. Характеристика объектов исследования. Операции по подготовке объектов к исследованию. Методы изолирования. Дериватизация. Предварительные и подтверждающие методы определения. Условия определения с использованием методов ГХ- ЭЗД или АФД (дериватизация), ВЭЖХ (УФ-детектирование), ВЭЖХ-МС, ГХ-МС, КЭФ-МС, мицеллярный электрокинетический капиллярный электрофорез.

5. Основы проектирования производств лекарственных и косметических средств.

5.1. Основные принципы и понятия, определяющие порядок обращения лекарственных средств в Российской Федерации.

Федеральный закон от 12 апреля 2010г. № 61-ФЗ «Об обращении лекарственных средств». Основные понятия и определения: "фармацевтическая субстанция", "вспомогательное вещество", "лекарственный препарат", "лекарственная форма", "оригинальное лекарственное средство", "воспроизведенное лекарственное средство", "международное непатентованное наименование лекарственного средства (МНН) ", "серия продукции".

5.2. Химико-технологический процесс и химико-технологическая система.

5.2.1. Основные понятия и определения: "химико-технологический процесс", "химико-технологическая стадия", "технологическая операция", "технологический параметр", "химико-технологическая система". Классификация химико-технологических стадий: механические, физико-механические, физико-химические, химические, биохимические.

5.2.2. Современные тенденции развития химических, фармацевтических и косметических производств. Способы организации производства: непрерывный и периодический; их преимущества и недостатки. Общая характеристика реакторов, используемых в фармацевтических и косметических производствах. Факторы, определяющие выбор метода производства и необходимого технологического оборудования.

5.3. Организация проектирования производств лекарственных и косметических средств.

5.3.1. Исходные данные для проектирования. Технико-экономическое обоснование. Этапы проектирования.

5.3.2. Технологический регламент производства. Типы технологических регламентов: лабораторный, опытно-промышленный, пусковой, промышленный, типовый. Содержание технологического регламента. Блок-схема и аппаратурно-технологическая схема производства. Изложение технологического процесса.

5.3.3. Основные расчеты, выполняемые при проектировании: материальные, энергетические, технологические. Их назначение, порядок выполнения и представление.

5.4. Аппаратурно-технологическое оформление типовых процессов в фармацевтических и косметических производствах.

5.4.1. Измельчение. Значение операции измельчения в технологии лекарственных и косметических средств. Способы измельчения. Оборудование, используемое для измельчения. Разделение измельченных материалов. Характеристики измельченных материалов.

5.4.2. Смешивание твердых материалов. Значение операции смешивания в технологии лекарственных и косметических средств. Способы смешивания. Типы смесителей. Гранулирование. Характеристики гранулированных порошков.

5.4.3. Основы технологии растворов. Растворители, используемые в технологии лекарственных и косметических средств. Типы растворов. Организация перемешивания в емкостных аппаратах. Факторы, определяющие выбор типа перемешивающего устройства. Перемешивание в трубопроводах. Циркуляционное перемешивание. Ультразвуковое перемешивание.

5.4.4. Разделение жидких гетерогенных систем. Отстаивание. Способы очистки растворов от механических примесей: фильтрование, центрифугирование. Основные типы фильтров и фильтрующих материалов. Стерилизующая фильтрация.

5.4.5. Сушка. Значение операции сушки в технологии лекарственных и косметических средств. Способы организации сушки: контактная, конвективная, радиационная, сублимационная. Типы сушилок. Сушка в псевдоожиженном слое. Распылительная сушилка.

5.4.6. Организация теплообмена. Основные теплоносители и конструкция элементов теплообменных устройств, применяемых в технологии лекарственных и косметических средств.

5.5. Основы стандартизации и контроля качества лекарственных средств.

5.5.1. Требования к контролю качества лекарственных средств. Государственная Фармакопея Российской Федерации. Зарубежные фармакопеи: Европейская Фармакопея (ЕР), Британская Фармакопея (ВР), Фармакопея США (USP). Общая фармакопейная статья. Фармакопейная статья предприятия (ФСП), как основной документ, определяющий требования к качеству лекарственного средства.

5.5.2. Содержание ФСП на фармацевтическую субстанцию и готовую лекарственную форму. Аналитические методы, используемые при контроле качества лекарственных средств. Особенности пробоподготовки при контроле качества готовых лекарственных форм и активных фармацевтических субстанций.

6. Криминалистическая экспертиза наркотических средств, психотропных, сильнодействующих, ядовитых веществ и прекурсоров

6.1. Нормативно-правовое обеспечение и место экспертизы наркотических средств, психотропных, сильнодействующих, ядовитых веществ и прекурсоров (НСПСЯВ), как вида криминалистических экспертиз.

Предмет, система, задачи науки криминалистики. Место криминалистики в системе научных знаний, ее взаимосвязь и преемственность с другими науками. Методы криминалистики. Общие положения криминалистической техники. Традиционные и специальные и виды экспертиз. Экспертиза наркотических средств, психотропных, сильнодействующих, ядовитых веществ и прекурсоров (НСПСЯВ), как вид экспертизы материалов, веществ и изделий.

6.2. Основные НСПСЯВ, встречающиеся в незаконном обороте на территории Российской Федерации. Классификация НСПСЯВ. Общие положения криминалистической экспертизы НСПСЯВ. Наркотические средства, получаемые из конопли и мака, как основные объекты незаконного оборота. Проблемы кустарноготавливаемых препаратов. Основные анатомо-морфологические признаки различных частей растения мак и конопля, псилоцин- и псилоцибинсодержащих грибов. Морфология листьев коки. Особенности строения растений, схожих по морфологическим признакам. Морфология хмеля, крапивы и табака.

6.3. Исследование НСПСЯВ с применением химико-аналитических аналитических методов исследования. Отбор проб при исследовании НСПСЯВ. Использование экспресс-тестов при определении наркотических средств, психотропных, и сильнодействующих веществ в криминалистических исследованиях. Типы хроматографических пластин. Применение обра-

щенно-фазной ТСХ для криминалистических исследований. Проявляющие реагенты. Понятие ТСХ-денситометрии. Исследование наркотических средств растительного происхождения методом ТСХ. Исследование наркотических средств полусинтетического и синтетического происхождения. Возможности ТСХ для скрининговых исследований НСПСЯВ.

6.4. Исследование НСПСЯВ с применением инструментальных аналитических методов исследования. Аналитическое оборудование, применяемое для криминалистических исследований НСПСЯВ.

Криминалистическое исследование НСПСЯВ методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Виды аналитических колонок для ВЭЖХ. Детекторы для жидкостных хроматографов. Способы увеличения эффективности разделения на прямофазных и обращеннофазных колонках. Профилактическое обслуживание жидкостных хроматографов. Буферные смеси. Градиентное и изократическое элюирование. Выбор режима элюирования, в зависимости от природы анализируемого вещества. Абсолютная калибровка УФ детекторов жидкостных хроматографов по внешнему стандарту.

Методы количественного определения НСПСЯВ методом газожидкостной хроматографии. Виды капиллярных аналитических колонок для газовой хроматографии. Детекторы для газовых хроматографов. Способы увеличения эффективности разделения на капиллярных колонках. Профилактическое обслуживание газовых хроматографов. Выбор температурного режима режима хроматографирования. Калибровка пламенно-ионизационных детекторов по внутреннему стандарту. Относительные массовые коэффициенты.

Криминалистическое исследование НСПСЯВ методом газовой хроматографии с масс-селективным детектированием. Программное обеспечение хроматомасс-спектрометрических комплексов. Ввод пробы с делением и без деления потока. Дериватизация проб. Особенности пробоподготовки объектов различной природы. Расшифровка спектров различной сложности. Спектральные библиотеки, конвертация библиотек и спектров.

Криминалистическое исследование НСПСЯВ методами ИК- и УФ-спектрометрии. Характеристики и обслуживание ИК-Фурье спектрометров. Пробоподготовка объектов различной природы. Возможности программного обеспечения современных ИК-Фурье спектрометров. Расшифровка спектров. Спектральные библиотеки разных производителей.

Применение методов эмиссионного спектрального, атомного абсорбционного, рентгенофлуоресцентного и рентгеновского фазового анализов для исследования наркотических средств растительного происхождения.

Методические основы сравнительного исследования НСПСЯВ. Основные параметры, характеризующие источник происхождения и способ синтеза наркотических средств синтетического и кустарного изготовления. Принципы сравнительного исследования наркотических средств растительного происхождения. Применение газовой, жидкостной хроматографии и эмиссионного спектрального анализа в сравнительных исследованиях.

7. Основы общей криминалистики

Основные положения теории криминалистики, криминалистической техники, тактики, методики раскрытия и расследования отдельных видов преступлений.

Предмет науки криминалистики. Система криминалистики. Место криминалистики в системе научных знаний и проблемы ее взаимосвязи и преемственности с другими науками и учебными дисциплинами. Методы криминалистики. Формирование частных научных теорий в отечественной криминалистике. Современный этап развития криминалистики (формирование общей теории науки). Система и структура экспертных и научных криминалистических учреждений в России.

Задачи криминалистики в обеспечении деятельности правоохранительных органов (с акцентом на ФСКН России) по раскрытию, расследованию и предотвращению преступлений на современном этапе. Научные основы криминалистической идентификации. Понятие свойства и признака объекта, идентификационного комплекса признаков и идентификационного периода. Задачи криминалистической идентификации. Субъекты и объекты криминалистической идентификации, ее формы и виды. Процесс криминалистической идентификации. Значение криминалистической идентификации.

Общие положения криминалистической техники. Понятие криминалистической техники как раздела науки криминалистики и комплекса материальных средств, используемых при раскрытии и расследовании преступлений. Система криминалистической техники и проблемы ее развития. Правовые основы применения технико-криминалистических средств и методов. Субъекты и формы применения технико-криминалистических средств и методов. Понятие криминалистической экспертизы.

Понятие и структура криминалистического исследования документов. Правила изъятия документов. Исследование рукописных документов. Понятие письма, почерка и письменной речи, классификация признаков письменной речи и почерка. Подготовка и назначение почерковедческой экспертизы и экспертизы письменной речи. Использование рукописных документов для розыска преступника и установления обстоятельств преступления. Техническое исследование документов. Понятие реквизитов документов. Понятие признаков полной и частичной подделки документов. Подготовка и назначение технико-криминалистической экспертизы документов. Использование результатов технико-криминалистического исследования документов для установления обстоятельств преступления. Исследование документов, исполненных с помощью полиграфической техники и копировальных средств.

Тактика проведения отдельных следственных действий. Планирование расследования преступлений. Понятие и содержание криминалистической тактики. Связь криминалистической тактики с другими частями науки криминалистики. Система криминалистической тактики. Тактика отдельных следственных действий как основная часть этого раздела криминалистики. Тактико-криминалистические приемы и рекомендации. Тактические и оперативно-тактические комбинации. Тенденции развития криминалистической тактики.

Понятие, сущность и задачи обыска и выемки. Их различие. Значение этих следственных действий в раскрытии и расследовании преступлений. Принцип законности при производстве обыска и выемки. Технические средства, применяемые при обыске. Подготовка к обыску. Тактические приемы и порядок проведения обыска и выемки. Фиксация результатов обыска и выемки.

Понятие, сущность и значение в раскрытии и расследовании преступлений следственного эксперимента и проверки показаний на месте. Их цели. Виды и отличия следственного эксперимента и проверки показаний на месте. Подготовка к данным следственным действиям. Общие положения тактики следственного эксперимента и проверки показаний на месте. Фиксация хода и результатов следственного эксперимента и проверки показаний на месте, оценка их результатов.

Значение получения образцов для сравнительного исследования в раскрытии и расследовании преступлений. Понятие образцов для сравнительного исследования. Виды образцов. Подготовка к получению образцов. Общие положения тактики этого следственного действия. Фиксация хода и результатов получения образцов.

Понятие и виды судебных экспертиз. Проблема классификации криминалистических экспертиз. Организация судебной экспертизы в России, система судебно-экспертных органов. Подготовка экспертизы и ее назначение. Тактика назначения судебной экспертизы. Содержание постановления о назначении экспертизы. Процесс экспертного исследования. Его стадии. Работа эксперта на различных стадиях исследования. Содержание заключения эксперта. Требования, предъявляемые к заключению, критерии его оценки.

3. ПРИМЕРНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ВОПРОСОВ К ВСТУПИТЕЛЬНЫМ ИСПЫТАНИЯМ

Примерное содержание вопросов по программе «Технология неорганических веществ»

Вопросы по химической технологии:

1. Сырье в технологии основного неорганического синтеза: виды, значение, способы обогащения.
2. Термическая переработка минерального сырья без доступа кислорода.
3. Промышленные параметры процессов получения продуктов основного неорганического синтеза.
4. Катализаторы для промышленных процессов основного неорганического синтеза: составы, свойства, синтез.
5. Технологические схемы промышленных процессов получения продуктов основного неорганического синтеза.

6. Методы очистки и разделения газов.
7. Конструктивные особенности реакторов для заданного промышленного процесса.
8. Обжиг серосодержащих руд
9. Основные особенности современных агрегатов для производства неорганических продуктов.
10. Каталитическое гидрирование.
11. Получение редких газов и их применение
12. Газификация твердого и жидкого топлива
13. Методы каталитического обезвреживания отходящих газов
14. Кинетика процессов в водносолевых и солеплавовых системах
15. Сырьевые материалы для производства минеральных удобрений и солей и технологические требования к ним
16. Азотные удобрения. Ассортимент, качество, агрохимическая эффективность.
17. Калийные удобрения, методы получения.
18. Фосфорные удобрения. Кислотные и другие методы переработки фосфатного сырья на фосфорсодержащие удобрения и соли.
19. Полифосфорные кислоты: свойства, физико-химические основы, методы получения.
20. Получение нитроаммофосфатных удобрений
21. Жидкие и суспендированные комплексные удобрения: составы, требования к свойствам.

Теоретические вопросы

1. Основы метода фракционной конденсации сложных газовых смесей
2. Холодильные циклы и их применение для получения сжиженных газов
3. Теоретические основы абсорбционных методов очистки газов от заданных веществ.
4. Углеродородный метод получения ацетилен
5. Физико-химические основы процессов получения заданного продукта.
6. Физико-химические основы разделения воздуха.
7. Физико-химические основы каталитического гидрирования.
8. Термохимические циклы при получении неорганических веществ.
9. Физико-химические основы поверхностных явлений: адсорбция, адсорбенты
10. Основы адсорбционного разделения газов.

Физико-химические основы процессов синтеза продуктов технологии неорганических веществ:

1. Понятие разделительных элементов первого и второго рода в процессах разделения изотопов легких элементов
2. Построение каскадов из разделительных элементов первого рода. Идеальный каскад
3. Построение каскадов из разделительных элементов второго рода. Сравнение величин потоков в идеальном и прямоугольном каскадах

Базовые положения гетерогенно-каталитических процессов:

1. Роль катализаторов в процессах разделения изотопов легких элементов

Классификация основных процессов в технологии неорганических веществ:

1. Процессы фазового изотопного обмена в технологии разделения изотопов легких элементов, их основные характеристики
2. Процессы химического изотопного обмена в технологии разделения изотопов легких элементов, их основные характеристики

Физико-химические основы методов очистки и разделения газовых и жидкостных потоков и методов получения неорганических продуктов:

1. Основы необратимых процессов разделения изотопов легких элементов, их характеристика
2. Основы обратимых процессов разделения изотопов легких элементов, их характеристика
3. Формальная кинетика реакций изотопного обмена. Расчетные уравнения для определения экспериментальной константы скорости реакции изотопного обмена.

Подготовка сырья для синтеза неорганических продуктов:

Общие принципы в технологии и организации технологических схем производства:

1. Технология тяжелой воды. Методы производства и типовых технологические схемы
2. Технология разделения изотопов кислорода. Производство изотопа кислород-18
3. Технология разделения изотопов бора, азота и углерода. Сравнение используемых рабочих систем

Соли, реактивы, способы их получения:

Решение вопросов экологии в технологии неорганических веществ:

1. Защита окружающей среды от выбросов трития объектов ядерной энергетики. Методы детритизации газовых и жидкостных потоков

Примерное содержание вопросов по программе «Электрохимические процессы и производства»

Вопросы по химической технологии:

1. Влияние адсорбции ПАВ на кинетику электровосстановления ионов металлов. Эффект Лошкарёва. Предельный адсорбционный ток.
2. Распределение тока и металла по поверхности катода, рассеивающая способность электролитов. Микрораспределение металла. Диффузионно-адсорбционная теория выравнивания. Получение блестящих покрытий. Теории блескообразования.
3. Основные закономерности совместного разряда ионов металлов. Электроосаждение сплавов.
4. Защитные и защитно-декоративные покрытия. Многослойные и композиционные гальванические покрытия.
5. Функциональная гальванотехника. Области применения функциональных гальванических покрытий.

6. Технологии электрохимических покрытий для различных применений.
7. Технологии электролитических производств заданных продуктов.
8. Электросинтез окислителей – соединений марганца.
9. Электросинтез органических соединений.

Теоретические вопросы

1. Классификация проводников электрического тока, проводники I и II рода. Электролиз как окислительно-восстановительный процесс.
2. Законы Фарадея. Число Фарадея и его физический смысл. Основные типы кулометров. Причины кажущихся отклонений от законов Фарадея.
3. Ионогены и ионофоры. Классификация растворов электролитов. Механизм образования растворов электролитов. Теория электролитической диссоциации Аррениуса: достоинства и недостатки, границы применимости.
4. Уравнение Гиббса–Дюгема. Ион-ионное взаимодействие в растворах электролитов. Коэффициент активности как мера межионного взаимодействия. Зависимость коэффициентов активности от концентрации.
5. Теория Дебая–Гюккеля: основные допущения, представление о ионной атмосфере, определение коэффициентов активности. Достоинства и недостатки.
6. Диффузия и миграция ионов. Межионное взаимодействие в условиях прохождения постоянного тока через растворы электролитов: теория Дебая–Гюккеля–Онзагера. Катафоретический и релаксационный эффекты.
7. Электропроводность при больших напряжённыхностях электрического поля: эффект Вина. Высокочастотный эффект Дебая–Фолькенгагена..
8. Числа переноса и методы их определения. Подвижность ионов водорода и гидроксидов в водных растворах.
9. Электропроводность неводных растворов.
10. Модельные представления о строении ионных жидкостей. Механизм электропроводности расплавов. Твёрдые электролиты. Числа переноса в твёрдых электролитах. Суперионные проводники.
11. Скачки потенциала на фазовых границах. Поверхностный, внешний и внутренний потенциалы. Вольта-потенциал и гальвани-потенциал.
12. Электродвижущая сила (ЭДС), как сумма гальвани-потенциалов и вольта-потенциалов. Условия равновесия между контактирующими фазами. Определение электродного потенциала. Уравнение Нернста для идеальных и реальных систем. Уравнение Нернста при очень низких концентрациях электролита.
13. Механизмы возникновения и природа ДЭС в электрохимических системах.
14. Основное уравнение электрокапиллярности; адсорбционное уравнение Гиббса и 1-е уравнение Липпмана.
15. Методы изучения ДЭС. Ёмкость ДЭС. 2-е уравнение Липпмана.
16. Модели ДЭС Гельмгольца, Гуи–Чэпмена. Их достоинства и недостатки. Представление о ДЭС как о плоском конденсаторе; учёт диффузной

природы ДЭС; природа и заряд плотного и диффузного слоёв. Модель Грэма.

17. Определение перенапряжения и поляризации. Основные стадии электрохимической реакции.
18. Суммарный поток и его составляющие. Связь суммарного потока с плотностью тока. Диффузионный, миграционный и конвективный потоки.
19. Первый закон Фика. Коэффициент диффузии. Подвижность ионов, её связь с коэффициентом диффузии (уравнение Нернста–Эйнштейна).
20. Электрохимическое перенапряжение; основные уравнения теории замедленного разряда. Уравнение Фольмера, его частные случаи при малых и больших перенапряжениях. Уравнение Тафеля.
21. Уравнение Фрумкина. Влияние природы металла и pH на перенапряжение выделения водорода в растворах с постоянной ионной силой и в растворах чистых кислот и оснований.

Примерное содержание вопросов по программе «Технология обезвреживания жидких техногенных отходов и водоподготовка»

Вопросы по химической технологии

Промышленные техногенные отходы. Примеры источников образования отходов.

Техногенные отходы I-II класса опасности. Примеры в химических и электрохимических процессах.

Современные методы очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов.

Классификация.

Мембранные методы очистки сточных вод. Характеристики, область применения.

Электрохимические методы очистки сточных вод. Характеристики, область применения. Достоинства и недостатки.

Ионный обмен как метод очистки сточных вод и обессоливания воды.

Сорбционные методы очистки воды от органических загрязнений Сравнение методов водоподготовки (ионный обмен, обратный осмос). Эффективность, энергозатраты.

Основные источники загрязнений для предприятий химических технологий и электрохимических процессов.

Наиболее токсичные компоненты, встречающиеся в сточных водах. Их действие.

Твердые техногенные отходы в химической технологии и электрохимических производствах.

Свойства отходов, токсичность. Варианты обезвреживания и переработки отходов.

Обезвреживание водных растворов. Рекуперация ценных компонентов. Утилизация. Примеры электрохимического и химического производства.

Реагентные методы очистки сточных вод (окисление, восстановление,

нейтрализация, химическое осаждение). Характеристики, область применения.

Предварительные методы очистки сточных вод (фильтрация, коагуляция, флокуляция и др.).

Окислительные методы очистки сточных вод (термоокислительные методы, катализ, фотокатализ).

Теоретические вопросы

1. Сущность катализа. Механизмы каталитического процесса и виды катализа.
2. Скорость физического растворения. Факторы, влияющие на растворение.
3. Химическое растворение, его типы. Выщелачивание, его особенности.
4. Кристаллизация из растворов. Способы и стадии кристаллизации
5. Химическое осаждение, способы осуществления.
6. Абсорбция. Области применения. Кинетика абсорбции.
7. Экстракция, основные понятия. Количественные характеристики процесса.
8. Адсорбция. Основные понятия. Физическая и химическая адсорбция, отличия.
9. Структура промышленных адсорбентов и их применение.
10. Ионный обмен. Классификация ионитов, их строение.
11. Равновесие ионного обмена. Количественные характеристики процесса.
12. Селективность ионного обмена. Ряды селективности.
13. Методы осуществления ионного обмена, области применения.
14. Катализ. Типы катализаторов и промоторов, свойства.

Примерное содержание вопросов по программе «Химическая технология материалов и изделий электроники и нанoeлектроники»

Вопросы по химической технологии:

1. Молекулярно-кинетическая теория разреженных газов. Методы получения и измерения вакуума. Основные типы вакуумных откачных систем.
2. Правило фаз.
3. Основные типы гетерофазных реакций (эвтектические, перитектические, синтектические).
4. Принципы построения диаграмм фазовых равновесий бинарных систем.
5. Методы исследования структуры материалов.
6. Термические методы исследования
7. Электрические свойства металлов, диэлектриков и полупроводников. Зонная теория идеальных и реальных полупроводников. Собственные и примесные полупроводники.
8. Основные свойства и методы создания p-n переходов
9. Поляризация диэлектриков. неполярные и полярные диэлектрики. Природа проводимости в диэлектриках.
10. Преломление света в кристаллах и стеклах, показатели преломления. Сила двойного лучепреломления. Оптический знак кристалла.

11. Преломление и отражение света. Явление Брюстера. Коэффициент отражения и пропускания. Оптические волноводы. Виды световодов.
12. Причины возникновения в кристаллах оптической активности. Эффект Фарадея.
13. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках. Поглощение и отражение света. Фотопроводимость.
14. Люминесценция. Механизмы люминесценции.
15. Физические основы работы лазеров. Газовые и твердотельные лазеры.

Теоретические вопросы

1. Структура и симметрия идеального кристалла. Понятие элементарной ячейки. Элементы симметрии. Кристаллографические системы (сингонии). Точечные группы симметрии.
2. Симметрия кристаллов и анизотропия их свойств. Атомные и ионные радиусы. Плотнейшие упаковки кристаллов. Понятие координационного числа и координационного многогранника.
3. Структура и симметрия реального кристалла. Классификация дефектов реального кристалла. Собственные и примесные дефекты в элементарном кристалле; точечные и протяженные дефекты.
4. Понятие нестехиометрии. Классификация нестехиометрических фаз. Методы определения дефектов нестехиометрии бинарных кристаллов.
5. Принцип построения основных оптических поверхностей для кристаллов разных сингоний
6. Классификация методов роста кристаллов (по типу фазовых переходов, приводящих к кристаллизации; по характеру и заданию движущей силы; консервативные и неконсервативные методы).
7. Движущая сила кристаллизации. Пересыщение и переохлаждение. Способы создания пересыщения. Метастабильное, стабильное и лабильное состояния системы.
8. Послойный и нормальный рост кристаллов. Механизмы роста кристаллов (зародышевый, механизм спирального роста, механизм нормального роста). Атомарно-гладкие, атомарно-ступенчатые и шероховатые грани.
9. Энтропия плавления. Критерий Джексона.
10. Концентрационное переохлаждение. Условие отсутствия концентрационного переохлаждения. Ячеистый рост, дендритный рост.
11. Концепция пограничных слоев при росте кристаллов. Виды пограничных слоев (динамический, тепловой и диффузионный) и безразмерные критерии, характеризующие их толщину (критерии Рейнольдса, Пекле, Прандтля и Шмидта).
12. Методы выращивания кристаллов из расплава. Способы нагрева. Дефекты кристаллов, присущие расплавному методу роста. Примеры кристаллов, выращиваемых расплавами методами.
13. Выращивание кристаллов из раствора и его разновидности. Зависимость растворимости от температуры и выбор метода кристаллизации. Примеры кристаллов, выращиваемых растворными методами.

14. Эпитаксия и ее разновидности. Эпитаксиальная температура. Ограничения эпитаксии. Дислокации несоответствия. Методы эпитаксии из газовой фазы.

Примерное содержание вопросов по программе «Химическая технология высокотемпературных функциональных материалов»

***Программа вступительных испытаний по разделу
«Химическая технология стекла»***

Вопросы по химической технологии:

1. Архитектурно-строительное стекло (армированное, узорчатое, коврово-мозаичная плитка) – классификация, ассортимент, химические составы, области применения. Технологическая схема производства, характеристика отдельных технологических стадий.
2. Стеклянная тара – классификация, ассортимент, химические составы. Технологическая схема производства, характеристика отдельных технологических стадий.
3. Сортное стекло – назначение, классификация, ассортимент. Особенности химических составов бесцветной, цветной и хрустальной посуды. Технологическая схема производства, характеристика отдельных технологических стадий.
4. Листовое стекло – классификация, ассортимент, химический состав, области применения. Технологическая схема производства, характеристика отдельных технологических стадий.
5. Отжиг как одна из технологических стадий производства стеклоизделий – назначение, технологические режимы и параметры, основное технологическое оборудование.
6. Классификация, принципы и особенности механизированных способов формования стеклоизделий.
7. Силикато- и стеклообразование как начальные этапы стекловарения, их характеристика и особенности. Пути интенсификации этих процессов в технологии стекла.
8. Классификация методов упрочнения стекла. Закалка стеклоизделий – назначение, теоретические основы процесса, практическая реализация.
9. Основные и вспомогательные сырьевые материалы для стекловарения.
10. Требования, предъявляемые к сырьевым материалам для стекловарения. Методы подготовки сырья.

Теоретические вопросы:

1. Определение понятий «стекло», «температура стеклования», «интервал стеклования». Изменение свойств стекла в интервале стеклования.
2. Гипотезы строения стекла (гипотеза непереводимой сетки Захариасена, кристаллитная гипотеза А.А. Лебедева). Основные положения гипотез, отличительные особенности, экспериментальное подтверждение.

3. Современные представления о структуре стекла. Понятия «стеклообразователь», «модификатор», «мостиковый кислород», «немостиковый кислород». Роль различных элементов в структуре стекол.
4. Вязкость стекла и ее температурная зависимость. Влияние состава на вязкостные характеристики; связь вязкости со структурными параметрами стекол и коэффициентом диффузии катионов.
5. Теоретическая и реальная прочность стекла. Дефектность стекла, ее роль в разупрочнении реальных стекол. Теория Гриффита.
6. Электропроводность стекол и стекольных расплавов. Природа проводимости силикатных стекол. Влияние температуры и состава стекла на электропроводность.
7. Диэлектрическая проницаемость и диэлектрические потери в стеклах – определения, диапазон значений для стекол, связь с другими свойствами. Влияние состава стекла, частоты поля, температуры.
8. Оптические свойства стекол – пропускание, поглощение, отражение света, оптическая плотность.
9. Тепловое расширение стекла. Температурные коэффициенты линейного и объемного расширения – определение, диапазон значений для стекол, влияние состава стекла на ТКЛР.
10. Химическая стойкость стекол. Механизм и кинетика коррозии стекол при воздействии реагентов I группы (вода, влажная атмосфера, кислоты). Влияние химического состава стекла, полищелочной эффект. Гидролитические классы.

***Программа вступительных испытаний по разделу
«Химическая технология композиционных и вяжущих материалов»***

Вопросы по химической технологии:

1. Производство портландцементного клинкера по мокрому способу, его преимущества и недостатки.
2. Производство декоративных цементов.
3. Производство портландцементного клинкера по сухому способу, его преимущества и недостатки.
4. Производство извести.
5. Способы производства низкообжиговых гипсовых вяжущих.
6. Сухие вяжущие композиции.
7. Редиспергируемые полимерные порошки для вяжущих композиций.
8. Сырьевые материалы для производства гипсовых вяжущих.
9. Производство белого портландцемента.
10. Сырьевые компоненты для производства расширяющихся цементов.

Теоретические вопросы:

1. Твердофазные процессы при спекании клинкера.
2. Схема термических превращений гипса и свойства различных модификаций сульфата кальция.
3. Механизм гидратации и твердения гипсовых вяжущих.

4. Классификация сухих вяжущих композиций.
5. Основные химические реакции при гидратации портландцемента.
6. Химико-минералогический состав и модульные характеристики портландцементного клинкера.
7. Механизмы гашения и твердения извести.
8. Реакции минералообразования с участием жидкой фазы, состав и свойства клинкерного расплава.
9. Причины и механизмы коррозии цементного камня.
10. Современные представления о механизме гидратации портландцемента.

***Программа вступительных испытаний по разделу
«Химическая технология керамики»***

Вопросы по химической технологии:

1. Обобщенная схема технологического процесса производства керамики с применением метода полусухого прессования.
2. Обобщенная схема технологического процесса производства керамики с применением водного шликерного литья.
3. Обобщенная схема технологического процесса производства керамики с применением пластического формования.
4. Обобщенная схема технологического процесса производства керамики с применением литья из парафиновых шликеров.
5. Типовая схема производства огнеупоров на примере шамотных огнеупоров.
6. Типовая схема производства строительной керамики на примере керамического кирпича.
7. Типовая схема производства электротехнической керамики на примере фарфоровых изоляторов.
8. Типовая схема производства технической керамики на примере корундовой керамики.
9. Типовая схема производства пористых керамических материалов.
10. Типовая схема производства керамических плиток.

Теоретические вопросы:

1. Особенности структуры керамических материалов. Слагающие ее элементы структуры и их вклад в свойства керамики.
2. Основные физико-химические процессы, протекающие при формировании заготовок из пластических масс.
3. Основные физико-химические закономерности полусухого прессования.
4. Основные физико-химические закономерности шликерного литья.
5. Физико-механические свойства керамических материалов.
6. Теплофизические свойства керамических материалов.
7. Электропроводность керамических материалов.
8. Химические свойства керамических материалов.
9. Твердофазовое спекание керамических материалов.

10. Жидкофазное спекание керамических материалов.

Примерное содержание вопросов по программе «Современная технология полимеров, композитов и покрытий»

Вопросы по химической технологии:

1. Полимеризация в массе. Влияние основных факторов на процесс полимеризации в массе. Достоинства и недостатки способа. Привести примеры.
2. Пластические массы на основе стирола и его сополимеров.
3. Полимеризация в суспензии. Влияние основных факторов на процесс полимеризации в суспензии. Достоинства и недостатки способа. Привести примеры.
4. Промышленные полимеры получаемые химической модификацией высокомолекулярных соединений.
5. Пластические массы на основе фенолформальдегидных олигомеров.
6. Полимеризация в эмульсии. Влияние основных факторов на процесс полимеризации в эмульсии. Достоинства и недостатки способа. Привести примеры.
7. Особенности получения и технологии производства полиэфиров. Переработка полиэфиров.
8. Промышленные процессы полимеризации в растворе. Влияние основных факторов на процесс, сравнительная характеристика, достоинства и недостатки. Привести примеры.
9. Особенности получения и технология получения полиолефинов.
10. Межфазная поликонденсация. Влияние основных факторов на процесс межфазной поликонденсации в системе жидкость-жидкость. Достоинства и недостатки способа. Привести примеры.
11. Сравнительная оценка различных способов проведения процессов полимеризации. Зависимость свойств полимеров от способа производства. Привести примеры.
12. Сравнительная оценка различных способов проведения процессов поликонденсации. Зависимость свойств полимеров от способа производства. Привести примеры.
13. Поликонденсация в растворе. Особенности проведения процесса в активных растворителях. Привести примеры.
14. Особенности получения и технология производства пенопластов. Привести примеры.
15. Технологические особенности оформления процессов производства промышленных полимеров. Привести сравнение.
16. Основные особенности процесса поликонденсации на границе раздела фаз. Влияние основных факторов на характеристики полимеров при поликонденсации в системах: жидкость-жидкость.

17. Основные особенности процесса поликонденсации на границе раздела фаз. Влияние основных факторов на характеристики полимеров при поликонденсации в системах: жидкость-газ.
18. Полипропилен, особенности получения и технология производства.
19. Общая технологическая схема производства полимерных пленкообразующих материалов. Принципы составления. Основные аппаратурные элементы процессов получения пленкообразующих веществ и пигментированных материалов.
20. Порошковые краски. Состав. Способы получения в расплаве и сухим смешением. Оборудование для получения. Отверждение. Свойства. Технологическая схема производства порошковых красок способом смешения в расплаве.
21. Периодические реакторы для синтеза пленкообразующих веществ. Основные конструкционные элементы. Принципы выбора перемешивающих устройств. Типы применяемых мешалок. Конструкции уплотнительных устройств вала мешалки.
22. Основные виды обогрева реакторов для синтеза пленкообразующих веществ. Схема обогрева реактора жидким ВОТ. Принцип и схема обогрева реактора с помощью индукционных катушек.
23. Физико-химические основы диспергирования пигментов и наполнителей. Оптимизация процесса. Факторы, влияющие на эффективность диспергирования. Основное оборудование процесса. Основные виды диспергаторов с жестко закрепленными рабочими телами и со свободно движущимися рабочими телами.
24. Бисерные мельницы с горизонтальным расположением рабочей камеры. Принцип работы. Конструкции дисков, расположенных на валу бисерной мельницы. Факторы, влияющие на эффективность диспергирования. Бисерные мельницы циркуляционного типа. Принцип работы. Особенности конструкции мешалки.
25. Производство цветных лакокрасочных материалов методом «белых базовых эмалей». Принципиальная аппаратурно-технологическая схема производства. Основное оборудование.
26. Производство пигментированных лакокрасочных материалов способом «многопигментных цветных» паст. Принципиальная блок-схема технологического процесса. Основное оборудование.
27. Наиболее важные физико-механические, защитные и декоративные свойства лакокрасочных покрытий. Общее описание методов испытаний физико-механических и технических свойств лакокрасочных покрытий.
28. Химические способы очистки металлов. Эмульсионное, ультразвуковое и электрохимическое обезжиривание металлов. Основы способов, обезжиривающие составы, оборудование.
29. Виды конверсионных покрытий, сравнение и особенности. Кристаллическое фосфатирование поверхности металла: химизм процесса, особенности технологии, применяемые составы и их особенности. Виды

кристаллического фосфатирования. Сравнение, особенности технологии и применяемые составы

30. Электроосаждение из водных растворов. Описание. Сравнение анодного и катодного электроосаждения. Зависимость толщины покрытия от продолжительности осаждения. Химические реакции протекающие на катоде. Требования к лакокрасочным материалам. Недостатки и преимущества метода.
31. Электростатическое и трибоэлектрическое распыление порошковых материалов. Описание и сравнение методов. Факторы, влияющие на эффективность трибозарядки порошковых материалов. Конструкция трибо-распылителя. Схема зарядки в поле коронного разряда при распылении порошковых красок. Процессы в осажденном слое порошковых материалов на поверхности изделия. Эффект «обратной короны».
32. Конвективный способ отверждения покрытий. Основы способа. График зависимости продолжительности отверждения покрытий от температуры. Схема движения газов в сушильных камерах конвективного типа. Конструкционные разновидности сушильных камер.
33. Переработка полимеров методом экструзии. Принципиальная схема одношнекового экструдера. Основные параметры процесса экструзии. Виды шнеков и их характеристики. Особенности технологии изготовления листов, труб. Схемы экструзионных головок.
34. Переработка полимеров методом ротационного формования. Принципы. Последовательность техпроцесса. Основные достоинства и недостатки. Примеры получения типовых изделий.
35. Методы модификации полимеров.
36. Отверждение олигомеров. Методы отверждения и состав отверждающих систем.
37. Методы получения композиционных материалов на основе термореактивных связующих
38. Методы получения композиционных материалов на основе термопластичных связующих
39. Получение пленок из термопластов экструзией
40. Технологические свойства полимерных материалов и их влияние на параметры режима переработки.
41. Получение профильных изделий из термопластов.
42. Особенности формования изделий из заготовок

Теоретические вопросы

1. Классификация полимеров: карбоцепные и гетероцепные полимеры /свойства, примеры отдельных видов полимеров/. Классификация реакций синтеза полимеров: ступенчатые и цепные реакции, их сравнительная характеристика, примеры реакций.
2. Влияние низкомолекулярного побочного продукта на молекулярную массу полимера при равновесной поликонденсации и способы его преодоления. Влияние функциональности мономеров на ход реакции поликонденсации, уравнение Карозерса.

3. Влияние соотношения исходных мономеров и добавок монофункциональных соединений на молекулярную массу полимера при линейной поликонденсации. Практическое значение этих зависимостей. Поликонденсация: основные элементарные стадии процесса поликонденсации, влияние добавок монофункциональных соединений и соотношения мономеров на молекулярную массу полимера.
4. Поликонденсация: функциональность мономеров, ее влияние на процесс, понятие о средней функциональности системы. Поликонденсация: влияние характера исходных соединений на строение образующегося полимера, понятие о средней функциональности системы. Примеры систем с различной функциональностью.
5. Реакции поликонденсации: основные виды, зависимость молекулярной массы полимера от глубины поликонденсации и исходного соотношения мономеров. Равновесная и неравновесная поликонденсация: определение понятий общая характеристика, примеры реакций равновесной и неравновесной поликонденсации. Кинетика реакции полиэтерификации.
6. Трехмерная поликонденсация: определение понятия, основные закономерности, основные понятия: коэффициент разветвленности, явление гелеобразования, изменение характеристик реакционной системы в ходе процесса трехмерной поликонденсации. примеры реакции.
7. Термопластичные и термореактивные полиакрилаты: получение, свойства, применение в лакокрасочной промышленности. Сырье для получения. Технологические стадии получения. Отверждение. Свойства. Применение. Переработка
8. Алкидные олигомеры. Исходное сырье для получения. Схема синтеза. Отверждение. Свойства.
9. Эпоксидные олигомеры. Исходное сырьё для получения диановых эпоксидных олигомеров. Технологический процесс получения низкомолекулярных олигомеров. Отверждение. Свойства. Применение.
10. Фенол-формальдегидные олигомеры. Исходное сырье для получения. Схема синтеза. Отверждение. Свойства. Применение.
11. Поливинилхлорид. Исходное сырьё. Методы получения поливинилхлорида. Суспензионный поливинилхлорид. Мягкий поливинилхлорид (пластикат). Свойства, области применения, переработка. Стабилизаторы и пластификаторы
12. Пенополистирол. Прессовый и блочно-суспензионный способы получения пенополистирола. Технологические стадии. Особые свойства. Основные сферы применения.
13. Основные закономерности смачивания жидкими лакокрасочными материалами твердой поверхности. Факторы, определяющие формирование поверхности контакта.
14. Классификация и характеристика способов защиты металлов от коррозии. Принципы электрохимической и протекторной защиты металлов от коррозии.

15. Реологические свойства пигментированных материалов. Стабильность наполненных систем.
16. Физические (релаксационные) состояния полимеров.
17. Стеклообразное состояние полимеров
18. Высокоэластическое состояние полимеров.
19. Вязкотекучее состояние полимеров
20. Кристаллическое состояние полимеров.
21. Жидкокристаллическое состояние полимеров.
22. Ориентированное состояние полимеров.
23. Методы модификации полимеров.
24. Пластификация полимеров.
25. Смеси полимеров.
26. Остаточные напряжения в полимерных изделиях.
27. Основные понятия и определения химии ВМС. Номенклатура и классификация полимеров.
28. Основные представители промышленных полимеров (исходные мономеры, способы получения, области применения).
29. Гибкость полимерных молекул.
30. Особенности теплового движения в полимерах.
31. Радикальная полимеризация. Инициирование, рост, обрыв и передача цепи при радикальной полимеризации. Кинетика радикальной полимеризации.
32. Ионная полимеризация. Анионная полимеризация алкенов. Катионная полимеризация алкенов. Ионная полимеризация мономеров по карбонильной, нитрильной и изоцианатной группам.
33. Ионно-координационная полимеризация. Кинетика и особенности процесса.
34. Цепная сополимеризация. Кинетика и особенности процесса.
35. Методы осуществления ступенчатых реакций синтеза полимеров.
36. Полимераналогичные превращения полимеров. Деструкция полимерных молекул. Реакции сшивания макромолекул.
37. Физико-химия растворов полимеров.
38. Физические состояния аморфных полимеров.
39. Особенности упорядоченного строения полимеров. Кристаллические и жидко-кристаллические полимеры.

Примерное содержание вопросов по программе «Материалы и технологии смарт энергосистем»

Вопросы по химической технологии:

1. Первичные источники тока. Типы, общие принципы работы, практическое применение, история развития. Литий-ионные батареи.
2. Понятие о суперконденсаторах. Типы. Принципы работы. Виды. Режимы работы. Емкость. Параметры, влияющие на емкость. Отличие от

- классических конденсаторов. Тестирование суперконденсатора. Применение.
3. Вторичные источники тока. Кислотные и щелочные аккумуляторы. Типы устройств и их применение. Электроды. Электролиты. Процессы, лежащие в основе работы. Характеристики
 4. Топливные элементы. Классификация. Общие принципы работы. Понятие о трехфазной границе. Практическое применение ТЭ, история развития.
 5. Твердополимерные топливные элементы (ТПТЭ). Принципы и условия работы. Виды топлив. Реакции. Катализаторы. Устройство.
 6. Топливные элементы на основе органических топлив. Типы. Катализаторы. Прямые и побочные реакции. Недостатки и преимущества. Мембранно-электродный блок. Специфика. Особенности конструкции. Характеристики. Области применения.
 7. ТОТЭ (Твердооксидные ТЭ). Принципы работы. Основные отличия. Материалы. Рабочие диапазоны температур. Мембранно-электродный блок. Специфика. Характеристики. Коэффициент температурного расширения. Особенности конструкции. Области применения.
 8. Биотопливные элементы. Типы. Принципы работы. Основные отличия. Материалы. Рабочие режимы. субстрат и катализатор, медиатор. Мембранно-электродный блок. Специфика. Характеристики. Особенности конструкции. Области применения.
 9. Химия и технология полимеров для получения мембран твердополимерных низкотемпературных топливных элементов. Полимеры Nafion. Требования к полимерной топливной мембране. Физико-химические свойства полимерных топливных мембран.
 10. Получение и применение полимерных материалов для фотовольтаических и светоизлучающих устройств. Полимерные светодиоды, дисплеи, сенсоры, солнечные батареи. Фотолитографический процесс и роль полимеров в нем.
 11. Влияние последовательного и шунтирующего сопротивлений на работу источника тока. Оценочный расчет потерь мощности на сопротивлениях.

Теоретические вопросы

12. Классификация электрохимических методов анализа. Основы метода кондуктометрии. Основы метода потенциометрии. Основы метода вольтамперометрии.
13. Классификация проводников электрического тока, проводники I и II рода. Электролиз как окислительно-восстановительный процесс.
14. Основные положения теории Аррениуса. Закон разведения Оствальда. Ион-дипольное взаимодействие в растворах электролитов.
15. Энергии кристаллической решетки и сольватации ионов. Уравнения Борна и Борна – Бьеррума.

- 16.Ион-ионное взаимодействие в растворах электролитов. Теория Дебая - Хюккеля: понятие ионной атмосферы, ограничения теории.
- 17.Законы Фарадея. Число Фарадея и его физический смысл. Основные типы кулометров. Причины кажущихся отклонений от законов Фарадея.
- 18.Электропроводность растворов электролитов: удельная, эквивалентная и молярная электропроводности, определение подвижности отдельных ионов, первоначальная и современная формулировки закона Кольрауша.
- 19.Диффузия и миграция ионов. Межионное взаимодействие в условиях прохождения постоянного тока через растворы электролитов: теория Дебая–Гюккеля–Онзагера. Катафоретический и релаксационный эффекты.
- 20.Разности потенциалов в электрохимических системах: понятия внешнего, внутреннего и поверхностных потенциалов; разности потенциалов Вольта и Гальвани; потенциал нулевого заряда и методы его определения.
- 21.Электрохимический потенциал. Условия равновесия на границе электрода с раствором и в электрохимической цепи. Уравнение Нернста.
- 22.Определение рН, ионного состава, титрование, стационарный и равновесный потенциалы. Коррозионный потенциал. Потенциал разомкнутой цепи.
- 23.Числа переноса и методы их определения. Подвижность ионов водорода и гидроксидов в водных растворах.
- 24.Модельные представления о строении ионных жидкостей. Механизм электропроводности расплавов. Твердые электролиты. Числа переноса в твердых электролитах. Суперионные проводники.
- 25.Импеданс. Основные понятия. Основы метода. Области применения. Получаемые параметры. Частотные зависимости. Годографы (спектры).
- 26.Спектроэлектрохимия. Основы методов. Области применения. Техника эксперимента. Получаемые параметры.
- 27.Механизмы возникновения и природа ДЭС в электрохимических системах.
- 28.Первичные источники тока. Типы, общие принципы работы, практическое применение, история развития.
- 29.Вторичные источники тока. Типы, общие принципы работы, практическое применение, история развития.
- 30.Электронно-дырочные переходы. Гомогенные переходы. Свойства потенциального барьера в области перехода. Диффузионный механизм протекания тока в гомопереходах с р- и n-областями бесконечно большой и конечной толщины.
- 31.Расчет КПД преобразования солнечной энергии. Идеальный солнечный элемент при наличии освещения.

Примерное содержание вопросов по программе «Химическая технология новых материалов и малотоннажного синтеза»

Вопросы по химической технологии:

1. Полимеризация в массе. Влияние основных факторов на процесс полимеризации в массе. Достоинства и недостатки способа. Привести примеры.
2. Пластические массы на основе стирола и его сополимеров.
3. Полимеризация в суспензии. Влияние основных факторов на процесс полимеризации в суспензии. Достоинства и недостатки способа. Привести примеры.
4. Промышленные полимеры получаемые химической модификацией высокомолекулярных соединений.
5. Пластические массы на основе фенолформальдегидных олигомеров.
6. Полимеризация в эмульсии. Влияние основных факторов на процесс полимеризации в эмульсии. Достоинства и недостатки способа. Привести примеры.
7. Особенности получения и технологии производства полиэфиров. Переработка полиэфиров.
8. Промышленные процессы полимеризации в растворе. Влияние основных факторов на процесс, сравнительная характеристика, достоинства и недостатки. Привести примеры.
9. Особенности получения и технология получения полиолефинов.
10. Межфазная поликонденсация. Влияние основных факторов на процесс межфазной поликонденсации в системе жидкость-жидкость. Достоинства и недостатки способа. Привести примеры.
11. Сравнительная оценка различных способов проведения процессов полимеризации. Зависимость свойств полимеров от способа производства. Привести примеры.
12. Сравнительная оценка различных способов проведения процессов поликонденсации. Зависимость свойств полимеров от способа производства. Привести примеры.
13. Поликонденсация в растворе. Особенности проведения процесса в активных растворителях. Привести примеры.
14. Особенности получения и технология производства пенопластов. Привести примеры.
15. Технологические особенности оформления процессов производства промышленных полимеров. Привести сравнение.
16. Основные особенности процесса поликонденсации на границе раздела фаз. Влияние основных факторов на характеристики полимеров при поликонденсации в системах: жидкость-жидкость.
17. Основные особенности процесса поликонденсации на границе раздела фаз. Влияние основных факторов на характеристики полимеров при поликонденсации в системах: жидкость-газ.
18. Полипропилен, особенности получения и технология производства.

19. Общая технологическая схема производства полимерных пленкообразующих материалов. Принципы составления. Основные аппаратурные элементы процессов получения пленкообразующих веществ и пигментированных материалов.
20. Порошковые краски. Состав. Способы получения в расплаве и сухим смешением. Оборудование для получения. Отверждение. Свойства. Технологическая схема производства порошковых красок способом смешения в расплаве.
21. Периодические реакторы для синтеза пленкообразующих веществ. Основные конструкционные элементы. Принципы выбора перемешивающих устройств. Типы применяемых мешалок. Конструкции уплотнительных устройств вала мешалки.
22. Основные виды обогрева реакторов для синтеза пленкообразующих веществ. Схема обогрева реактора жидким ВОТ. Принцип и схема обогрева реактора с помощью индукционных катушек.
23. Физико-химические основы диспергирования пигментов и наполнителей. Оптимизация процесса. Факторы, влияющие на эффективность диспергирования. Основное оборудование процесса. Основные виды диспергаторов с жестко закрепленными рабочими телами и со свободно движущимися рабочими телами.
24. Бисерные мельницы с горизонтальным расположением рабочей камеры. Принцип работы. Конструкции дисков, расположенных на валу бисерной мельницы. Факторы, влияющие на эффективность диспергирования. Бисерные мельницы циркуляционного типа. Принцип работы. Особенности конструкции мешалки.
25. Производство цветных лакокрасочных материалов методом «белых базовых эмалей». Принципиальная аппаратурно-технологическая схема производства. Основное оборудование.
26. Производство пигментированных лакокрасочных материалов способом «многопигментных цветных» паст. Принципиальная блок-схема технологического процесса. Основное оборудование.
27. Наиболее важные физико-механические, защитные и декоративные свойства лакокрасочных покрытий. Общее описание методов испытаний физико-механических и технических свойств лакокрасочных покрытий.
28. Виды конверсионных покрытий, сравнение и особенности. Кристаллическое фосфатирование поверхности металла: химизм процесса, особенности технологии, применяемые составы и их особенности. Виды кристаллического фосфатирования. Сравнение, особенности технологии и применяемые составы
29. Конвективный способ отверждения покрытий. Основы способа. График зависимости продолжительности отверждения покрытий от температуры. Схема движения газов в сушильных камерах конвективного типа. Конструкционные разновидности сушильных камер.
30. Технология получения углеродных волокон.

31. Технология получения углеграфитовых материалов, углеродных композитов, искусственных алмазов.

Теоретические вопросы

1. Классификация полимеров: карбоцепные и гетероцепные полимеры /свойства, примеры отдельных видов полимеров/. Классификация реакций синтеза полимеров: ступенчатые и цепные реакции, их сравнительная характеристика, примеры реакций.
2. Влияние низкомолекулярного побочного продукта на молекулярную массу полимера при равновесной поликонденсации и способы его преодоления. Влияние функциональности мономеров на ход реакции поликонденсации, уравнение Карозерса.
3. Влияние соотношения исходных мономеров и добавок монофункциональных соединений на молекулярную массу полимера при линейной поликонденсации. Практическое значение этих зависимостей. Поликонденсация: основные элементарные стадии процесса поликонденсации, влияние добавок монофункциональных соединений и соотношения мономеров на молекулярную массу полимера.
4. Поликонденсация: функциональность мономеров, ее влияние на процесс, понятие о средней функциональности системы. Поликонденсация: влияние характера исходных соединений на строение образующегося полимера, понятие о средней функциональности системы. Примеры систем с различной функциональностью.
5. Реакции поликонденсации: основные виды, зависимость молекулярной массы полимера от глубины поликонденсации и исходного соотношения мономеров. Равновесная и неравновесная поликонденсация: определение понятий общая характеристика, примеры реакций равновесной и неравновесной поликонденсации. Кинетика реакции полиэтерификации.
6. Трехмерная поликонденсация: определение понятия, основные закономерности, основные понятия: коэффициент разветвленности, явление гелеобразования, изменение характеристик реакционной системы в ходе процесса трехмерной поликонденсации. примеры реакции.
7. Термопластичные и термореактивные полиакрилаты: получение, свойства, применение в лакокрасочной промышленности. Сырье для получения. Технологические стадии получения. Отверждение. Свойства. Применение. Переработка
8. Алкидные олигомеры. Исходное сырье для получения. Схема синтеза. Отверждение. Свойства.
9. Эпоксидные олигомеры. Исходное сырьё для получения диановых эпоксидных олигомеров. Технологический процесс получения низкомолекулярных олигомеров. Отверждение. Свойства. Применение.
10. Фенол-формальдегидные олигомеры. Исходное сырье для получения. Схема синтеза. Отверждение. Свойства. Применение.
11. Поливинилхлорид. Исходное сырьё. Методы получения поливинилхлорида. Суспензионный поливинилхлорид. Мягкий поливинилхлорид

- (пластикат). Свойства, области применения, переработка. Стабилизаторы и пластификаторы
12. Пенополистирол. Прессовый и блочно-суспензионный способы получения пенополистирола. Технологические стадии. Особые свойства. Основные сферы применения.
 13. Основные закономерности смачивания жидкими лакокрасочными материалами твердой поверхности. Факторы, определяющие формирование поверхности контакта.
 14. Классификация и характеристика способов защиты металлов от коррозии. Принципы электрохимической и протекторной защиты металлов от коррозии.
 15. Реологические свойства пигментированных материалов. Стабильность наполненных систем.
 16. Физические (релаксационные) состояния полимеров.
 17. Стеклообразное состояние полимеров
 18. Высокоэластическое состояние полимеров.
 19. Вязкотекучее состояние полимеров
 20. Кристаллическое состояние полимеров.
 21. Жидкокристаллическое состояние полимеров.
 22. Ориентированное состояние полимеров.
 23. Методы модификации полимеров.
 24. Пластификация полимеров.
 25. Смеси полимеров.
 26. Остаточные напряжения в полимерных изделиях.
 27. Основные понятия и определения химии ВМС. Номенклатура и классификация полимеров.
 28. Основные представители промышленных полимеров (исходные мономеры, способы получения, области применения).
 29. Гибкость полимерных молекул.
 30. Особенности теплового движения в полимерах.
 31. Радиальная полимеризация. Инициирование, рост, обрыв и передача цепи при радикальной полимеризации. Кинетика радикальной полимеризации.
 32. Ионная полимеризация. Анионная полимеризация алкенов. Катионная полимеризация алкенов. Ионная полимеризация мономеров по карбонильной, нитрильной и изоцианатной группам.
 33. Ионно-координационная полимеризация. Кинетика и особенности процесса.
 34. Цепная сополимеризация. Кинетика и особенности процесса.
 35. Методы осуществления ступенчатых реакций синтеза полимеров.
 36. Полимераналогичные превращения полимеров. Деструкция полимерных молекул. Реакции сшивания макромолекул.
 37. Физико-химия растворов полимеров.
 38. Физические состояния аморфных полимеров.

39. Особенности упорядоченного строения полимеров. Кристаллические и жидко-кристаллические полимеры.
39. Химизм получения металлургического кокса и искусственного графита.
40. Химизм процессов полукоксования и коксования ТГИ. Первичные и вторичные продукты. Аналогии и различия с термическим крекингом и пиролизом углеводородов.
41. 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.
42. Технология фракционирования нефтей. Технология каталитических процессов переработки нефти. Каталитический крекинг, риформинг, висбрекинг. Основные схемы нефтепереработки нефтей по различным направлениям.
43. Углерод, аллотропные модификации. Классификация углеродных материалов. Исходное сырье для производства углеродных материалов.
44. Стеклоуглерод. Свойства и структура стеклоуглерода. Получение и области применения.
45. Уплотнительные, огнезащитные и сорбционные материалы на основе интеркалированного графита
46. Инновационные углеродные материалы на основе фуллеренов, нанотрубок, графена.
47. Углерод-углеродные материалы.
48. Методы исследования углеродных материалов.
49. Экологические проблемы производства углеродных материалов

***Примерное содержание вопросов по программе
«Технологии индустрии 4.0 в нефтегазохимической и полимерной отрас-
ли»***

Вопросы по химической технологии:

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 демеркаптанизации углеводородных систем и термического растворения углей.
9. Уравнения материально-тепловых балансов реактора идеального смешения, работающего в периодическом режиме, на примере процессов переработки природных энергоносителей*.
10. Уравнения материально-тепловых балансов реактора идеального смешения, работающего в непрерывном режиме, на примере процессов переработки природных энергоносителей*.
11. Уравнения материально-тепловых балансов реактора идеального вытеснения, работающего в непрерывном режиме, на примере процессов переработки природных энергоносителей*.
12. Уравнения материально-тепловых балансов реакторов, рассчитываемых по ячеечной модели, на примере процессов переработки природных энергоносителей*.
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.
16. Эволюция сырьевой базы, структуры и методов промышленной органической химии. Тенденции и перспективы развития отрасли.
17. Основные группы продуктов основного органического синтеза.
18. Основы промышленной химии полимерных материалов.
19. Производство тонкого органического синтеза и их специфика.
20. Построение технологической схемы производства с учетом термодинамических и физических характеристик участвующих веществ на конкретном примере одного из продуктов основного органического и нефтехимического синтеза.
21. Построение цепочки технологических процессов получения одного из продуктов промышленной органической химии на базе указанного первичного сырья.
22. Полимеризация в массе. Влияние основных факторов на процесс полимеризации в массе. Достоинства и недостатки способа. Привести примеры.

23. Пластические массы на основе стирола и его сополимеров.
24. Полимеризация в суспензии. Влияние основных факторов на процесс полимеризации в суспензии. Достоинства и недостатки способа. Привести примеры.
25. Промышленные полимеры получаемые химической модификацией высокомолекулярных соединений.
26. Пластические массы на основе фенолформальдегидных олигомеров.
27. Полимеризация в эмульсии. Влияние основных факторов на процесс полимеризации в эмульсии. Достоинства и недостатки способа. Привести примеры.
28. Особенности получения и технологии производства полиэфиров. Переработка полиэфиров.
29. Промышленные процессы полимеризации в растворе. Влияние основных факторов на процесс, сравнительная характеристика, достоинства и недостатки. Привести примеры.
30. Особенности получения и технология получения полиолефинов.
31. Межфазная поликонденсация. Влияние основных факторов на процесс межфазной поликонденсации в системе жидкость-жидкость. Достоинства и недостатки способа. Привести примеры.
32. Сравнительная оценка различных способов проведения процессов полимеризации. Зависимость свойств полимеров от способа производства. Привести примеры.
33. Сравнительная оценка различных способов проведения процессов поликонденсации. Зависимость свойств полимеров от способа производства. Привести примеры.
34. Поликонденсация в растворе. Особенности проведения процесса в активных растворителях. Привести примеры.
35. Особенности получения и технология производства пенопластов. Привести примеры.
36. Технологические особенности оформления процессов производства промышленных полимеров. Привести сравнение.
37. Основные особенности процесса поликонденсации на границе раздела фаз. Влияние основных факторов на характеристики полимеров при поликонденсации в системах: жидкость-жидкость.
38. Основные особенности процесса поликонденсации на границе раздела фаз. Влияние основных факторов на характеристики полимеров при поликонденсации в системах: жидкость-газ.
39. Полипропилен, особенности получения и технология производства.
40. Методы модификации полимеров.
41. Отверждение олигомеров. Методы отверждения и состав отверждающих систем.
42. Методы получения композиционных материалов на основе термореактивных связующих
43. Методы получения композиционных материалов на основе термопластичных связующих

44. Получение пленок из термопластов экструзией
45. Технологические свойства полимерных материалов и их влияние на параметры режима переработки.
46. Получение профильных изделий из термопластов.
47. Особенности формования изделий из заготовок
48. Аппаратурное оформление и физико-химические основы совмещенных реакционно-массообменных процессов.
49. Материальный и тепловой расчет технологических процессов.
50. Расчеты реакторов по производственным данным.
51. Сырьевая база, структура и методы промышленной органической химии.

Теоретические вопросы

1. Цепные реакции. Радикально-цепной механизм процесса на примере способов переработки природных энергоносителей*. Привести последовательность реакций**. 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**.
3. Цепные реакции. Ионно-цепной механизм процесса на примере способов переработки природных энергоносителей*. Привести последовательность реакций**. Для выбранного процесса обосновать технологические режимы установок.
4. Нецепные реакции. Радикально-нецепной механизм процесса на примере окисления нефтяных углеводородов. 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 и искусственного графита.
7. Химизм процессов полукоксования и коксования ТГИ. Первичные и вторичные продукты. Аналогии и различия с термическим крекингом и пиролизом углеводородов.
8. 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.
9. Простые и сложные реакции. Кинетическая модель гомогенных реакций различных порядков***.
10. Гомогенный катализ. Применение методов квазистационарности и квазиравновесия к созданию кинетической модели на основе предполагаемого механизма реакции.
11. Гетерогенный катализ. Основные теории гетерогенного катализа.

12. Области протекания гетерогенного процесса для пористых частиц. Распределение концентраций реагента по длине поры.
13. Гетерогенно-каталитический процесс на внешней поверхности катализатора. Математическая модель процесса для реакции различных порядков.
14. Технология фракционирования нефтей. Технология каталитических процессов переработки нефти. Каталитический крекинг, риформинг, висбрекинг. Основные схемы нефтепереработки нефтей по различным направлениям.
15. Технология получения углеродных волокон, углеграфитовых материалов, углеродных композитов, искусственных алмазов.
16. Технология конверсии углеводородов в смеси CO и H₂. Технология синтеза Фишера-Тропша.
17. Вывод кинетического уравнения на базе механизма заданной радикально-цепной реакции.
18. Вывод кинетического уравнения на базе механизма заданной гомогенно-каталитической реакции.
19. Вывод кинетического уравнения заданной гетерофазной реакции.
20. Вывод кинетического уравнения заданной гетерогенно-каталитической реакции.
21. Расчет выхода и селективности для сложных реакций.
22. Расчет материального баланса реактора для заданной сложной химической реакции.
23. Расчет удельной производительности, степени конверсии, выхода и селективности для заданной сложной химической реакции для заданного идеального реактора.
24. Оптимизация реакционного узла по заданному экономическому критерию.
25. Классификация полимеров: карбоцепные и гетероцепные полимеры /свойства, примеры отдельных видов полимеров/. Классификация реакций синтеза полимеров: ступенчатые и цепные реакции, их сравнительная характеристика, примеры реакций.
26. Влияние низкомолекулярного побочного продукта на молекулярную массу полимера при равновесной поликонденсации и способы его преодоления. Влияние функциональности мономеров на ход реакции поликонденсации, уравнение Карозерса.
27. Влияние соотношения исходных мономеров и добавок монофункциональных соединений на молекулярную массу полимера при линейной поликонденсации. Практическое значение этих зависимостей. Поликонденсация: основные элементарные стадии процесса поликонденсации, влияние добавок монофункциональных соединений и соотношения мономеров на молекулярную массу полимера.
28. Поликонденсация: функциональность мономеров, ее влияние на процесс, понятие о средней функциональности системы. Поликонденсация: влияние характера исходных соединений на строение образующе-

- гося полимера, понятие о средней функциональности системы. Примеры систем с различной функциональностью.
29. Реакции поликонденсации: основные виды, зависимость молекулярной массы полимера от глубины поликонденсации и исходного соотношения мономеров. Равновесная и неравновесная поликонденсация: определение понятий общая характеристика, примеры реакций равновесной и неравновесной поликонденсации. Кинетика реакции полиэтерификации.
 30. Трехмерная поликонденсация: определение понятия, основные закономерности, основные понятия: коэффициент разветвленности, явление гелеобразования, изменение характеристик реакционной системы в ходе процесса трехмерной поликонденсации. примеры реакции.
 31. Термопластичные и термореактивные полиакрилаты: получение, свойства, применение в лакокрасочной промышленности. Сырье для получения. Технологические стадии получения. Отверждение. Свойства. Применение. Переработка
 32. Алкидные олигомеры. Исходное сырье для получения. Схема синтеза. Отверждение. Свойства.
 33. Эпоксидные олигомеры. Исходное сырьё для получения диановых эпоксидных олигомеров. Технологический процесс получения низкомолекулярных олигомеров. Отверждение. Свойства. Применение.
 34. Фенол-формальдегидные олигомеры. Исходное сырье для получения. Схема синтеза. Отверждение. Свойства. Применение.
 35. Поливинилхлорид. Исходное сырьё. Методы получения поливинилхлорида. Суспензионный поливинилхлорид. Мягкий поливинилхлорид (пластикат). Свойства, области применения, переработка. Стабилизаторы и пластификаторы
 36. Пенополистирол. Прессовый и блочно-суспензионный способы получения пенополистирола. Технологические стадии. Особые свойства. Основные сферы применения.
 37. Основные закономерности смачивания жидкими лакокрасочными материалами твердой поверхности. Факторы, определяющие формирование поверхности контакта.
 38. Классификация и характеристика способов защиты металлов от коррозии. Принципы электрохимической и протекторной защиты металлов от коррозии.
 39. Реологические свойства пигментированных материалов. Стабильность наполненных систем.
 40. Физические (релаксационные) состояния полимеров.
 41. Стеклообразное состояние полимеров
 42. Высокоэластическое состояние полимеров.
 43. Вязкотекучее состояние полимеров
 44. Кристаллическое состояние полимеров.
 45. Жидкокристаллическое состояние полимеров.
 46. Ориентированное состояние полимеров.

47. Методы модификации полимеров.
48. Пластификация полимеров.
49. Смеси полимеров.
50. Остаточные напряжения в полимерных изделиях.
51. Основные понятия и определения химии ВМС. Номенклатура и классификация полимеров.
52. Основные представители промышленных полимеров (исходные мономеры, способы получения, области применения).
53. Гибкость полимерных молекул.
54. Особенности теплового движения в полимерах.
55. Радикальная полимеризация. Инициирование, рост, обрыв и передача цепи при радикальной полимеризации. Кинетика радикальной полимеризации.
56. Ионная полимеризация. Анионная полимеризация алкенов. Катионная полимеризация алкенов. Ионная полимеризация мономеров по карбонильной, нитрильной и изоцианатной группам.
57. Ионно-координационная полимеризация. Кинетика и особенности процесса.
58. Цепная сополимеризация. Кинетика и особенности процесса.
59. Методы осуществления ступенчатых реакций синтеза полимеров.
60. Полимераналогичные превращения полимеров. Деструкция полимерных молекул. Реакции сшивания макромолекул.
61. Физико-химия растворов полимеров.
62. Физические состояния аморфных полимеров.
63. Особенности упорядоченного строения полимеров. Кристаллические и жидко-кристаллические полимеры.
 - * Выбор процесса осуществляется принимающей комиссией: каталитический крекинг, риформинг, коксование каменного угля, газификация, синтез Фишера-Тропша
 - ** Выбор модельных веществ для иллюстрации механизма процесса осуществляется принимающей комиссией.
 - *** Выбор реакции осуществляется принимающей комиссией.

Примерное содержание вопросов по программе «Химическая технология полимеров медико-биологического назначения»

Вопросы по химической технологии:

1. Методы проведения полимеризации: в массе (блоке), в растворе, в суспензии. Отличительные особенности эмульсионной полимеризации.
2. Привести примеры полимеризационных полимеров получаемых в промышленности и описать принцип и технологию их получения.
3. Привести уравнения реакций, отражающие основные способы получения заданного типа полимера.

4. Основные способы проведения полимеризации в технологических процессах.
5. Целлюлоза. Искусственные полимеры на основе целлюлозы.
6. Привести реакции, лежащие в основе синтеза важнейших водорастворимых полимеров.
7. Эндопротезы и имплантаты на основе полимеров. Способы стерилизации изделий медико-биологического назначения.
8. Применение полимеров для замещения органов и тканей. Применение полимеров для замещения в сердечно-сосудистой системе.
9. Кровезаменители.
10. Замещение костей. Замещение связок и сухожилий. Замещение суставов.
11. Полимерные составы в стоматологии.

Теоретические вопросы

1. Гомополимеризация и сополимеризация. Основные виды сополимеров.
2. Дать определения понятиям цепная полимеризация, ступенчатая полимеризация, поликонденсация и полиприсоединение. Привести примеры с описанием механизма.
3. Основные способы инициирования радикальной полимеризации. Вещества, используемые в качестве инициаторов радикальной полимеризации.
4. Механизмы радикальной полимеризации.
5. Основные типы ионной полимеризации в соответствии с природой активного центра.
6. Катализаторы Циглера – Натта. Механизм ионно-координационной полимеризации.
7. Механизмы полимеризации циклов.
8. Механизмы химических реакций между наиболее распространенными парами функциональных групп, участвующими в ступенчатых процессах синтеза макромолекул.
9. Методы модификации полимера для обеспечения его распада при гидролизе.
10. Сшивание полимеров. Вулканизация каучука. Термодеструкция и термоокислительная деструкция полимеров.
11. Физические состояния линейных однотяжных аморфных полимеров. Вид термомеханической кривой.
12. Определения аморфных и кристаллических полимеров. Степень кристалличности полимера.

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

Вопросы по химической технологии:

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 газозных, жидкофазных и многофазных процессов на примере каталитического крекинга, щелочной демеркаптанзации углеводородных систем и термического растворения углей.
9. Уравнения материально-тепловых балансов реактора идеального смешения, работающего в периодическом режиме, на примере процессов переработки природных энергоносителей*.
10. Уравнения материально-тепловых балансов реактора идеального смешения, работающего в непрерывном режиме, на примере процессов переработки природных энергоносителей*.
11. Уравнения материально-тепловых балансов реактора идеального вытеснения, работающего в непрерывном режиме, на примере процессов переработки природных энергоносителей*.
12. Уравнения материально-тепловых балансов реакторов, рассчитываемых по ячеечной модели, на примере процессов переработки природных энергоносителей*.
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.
16. Эволюция сырьевой базы, структуры и методов промышленной органической химии. Тенденции и перспективы развития отрасли.
17. Основные группы продуктов основного органического синтеза.
18. Основы промышленной химии полимерных материалов.
19. Производства тонкого органического синтеза и их специфика.
20. Построение технологической схемы производства с учетом термодинамических и физических характеристик участвующих веществ на конкрет-

ном примере одного из продуктов основного органического и нефтехимического синтеза.

21. Построение цепочки технологических процессов получения одного из продуктов промышленной органической химии на базе указанного первичного сырья.
22. Аппаратурное оформление и физико-химические основы совмещенных реакционно-массообменных процессов.
23. Материальный и тепловой расчет технологических процессов.
24. Расчеты реакторов по производственным данным.
25. Сырьевая база, структура и методы промышленной органической химии.
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

1. Цепные реакции. Радикально-цепной механизм процесса на примере способов переработки природных энергоносителей*. Привести последовательность реакций**. 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**.
3. Цепные реакции. Ионно-цепной механизм процесса на примере способов переработки природных энергоносителей*. Привести последовательность реакций**. Для выбранного процесса обосновать технологические режимы установок.
4. Нецепные реакции. Радикально-нецепной механизм процесса на примере окисления нефтяных углеводородов. 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 и искусственного графита.

7. Химизм процессов полукоксования и коксования ТГИ. Первичные и вторичные продукты. Аналогии и различия с термическим крекингом и пиролизом углеводородов.
8. 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.
9. Простые и сложные реакции. Кинетическая модель гомогенных реакций различных порядков***.
10. Гомогенный катализ. Применение методов квазистационарности и квазиравновесия к созданию кинетической модели на основе предполагаемого механизма реакции.
11. Гетерогенный катализ. Основные теории гетерогенного катализа.
12. Области протекания гетерогенного процесса для пористых частиц. Распределение концентраций реагента по длине поры.
13. Гетерогенно-каталитический процесс на внешней поверхности катализатора. Математическая модель процесса для реакции различных порядков.
14. Технология фракционирования нефтей. Технология каталитических процессов переработки нефти. Каталитический крекинг, риформинг, висбрекинг. Основные схемы нефтепереработки нефтей по различным направлениям.
15. Технология получения углеродных волокон, углеграфитовых материалов, углеродных композитов, искусственных алмазов.
16. Технология конверсии углеводородов в смеси СО и Н₂. Технология синтеза Фишера-Тропша.
17. Вывод кинетического уравнения на базе механизма заданной радикально-цепной реакции.
18. Вывод кинетического уравнения на базе механизма заданной гомогенно-каталитической реакции.
19. Вывод кинетического уравнения заданной гетерофазной реакции.
20. Вывод кинетического уравнения заданной гетерогенно-каталитической реакции.
21. Расчет выхода и селективности для сложных реакций.
22. Расчет материального баланса реактора для заданной сложной химической реакции.
23. Расчет удельной производительности, степени конверсии, выхода и селективности для заданной сложной химической реакции для заданного идеального реактора.
24. Оптимизация реакционного узла по заданному экономическому критерию.
25. Электрофильное ароматическое замещение.
26. Нуклеофильное замещение в ароматическом ряду.
27. Радикальное замещение. Цепной характер радикальных реакций.
28. Процесс диазотирования и превращение диазосоединений. Устойчивые формы диазосоединений.

29. Реакции взаимных превращений amino- и гидроксисоединений.
30. Восстановление соединений с группами, не содержащими азота.
31. Араминирование в присутствии солей сернистой кислоты.
32. Восстановление ароматических нитросоединений.
33. Реакции алкилирования и ацилирования в ароматическом ряду.

** Выбор процесса осуществляется принимающей комиссией: каталитический крекинг, риформинг, коксование каменного угля, газификация, синтез Фишера-Тропша*

*** Выбор модельных веществ для иллюстрации механизма процесса осуществляется принимающей комиссией.*

**** Выбор реакции осуществляется принимающей комиссией.*

Примерное содержание вопросов по программе «Химия и технология биологически активных веществ»

Технологические вопросы:

1. Производства тонкого органического синтеза и их специфика. Особенности производства БАВ.
2. Сырьевая база производств биологически активных веществ.
3. Способы организации производства. Факторы, обуславливающие выбор химического реактора.
4. Особенности анализа и синтеза химико-технологических схем в технологии тонкого органического синтеза. Совмещенные технологические схемы. Понятие о гибких автоматизированных производствах (ГАПС).
5. Химическая схема синтеза, как основа разработки технологии БАВ. Факторы, определяющие технологичность процесса, на примере одного из продуктов тонкого органического синтеза.
6. Использование уравнения Тафта для прогнозирования реакционной способности органических соединений.
7. Использование уравнения Гаммета для прогнозирования реакционной способности ароматических соединений.
8. Тепловой расчет реактора периодического действия. Расчет теплового эффекта химического процесса.
9. Материальный баланс технологического процесса. Расчет и применение.
10. Критерии экономической эффективности производства. Особенности экономики производства БАВ.
11. Выбор способов перемещения жидкофазных смесей. Выбор перемешивающего устройства.
12. Промышленные способы подвода и отвода теплоты в химической аппаратуре.
13. Удаление, улавливание, утилизация и обезвреживание отходов производств БАВ

14. Методы получения органических сульфокислот и сульфохлоридов в химической технологии БАВ.

15. Методы получения органических нитросоединений в химической технологии БАВ

16. Методы получения органических галогенидов в химической технологии БАВ.

17. Методы восстановления в химической технологии БАВ.

18. Методы окисления в химической технологии БАВ.

19. Методы замещения галогена в органической молекуле на другие функциональные группы в химической технологии БАВ.

20. Применение реактора идеального смешения при производстве БАВ, преимущества и недостатки.

21. Применение реактора идеального вытеснения при производстве БАВ и их прекурсоров, преимущества и недостатки.

22. Селективность, как один из основных технологических показателей. Влияние способов организации технологического процесса на селективность. Теоретические вопросы.

1. Классификация биологически активных веществ (БАВ). Основные методы и подходы при разработке БАВ.

2. Биомедицинские препараты: природные, синтетические и модифицированные природные вещества.

3. Пути поступления ксенобиотиков в организм, две фазы метаболической трансформации.

4. Строение и химические свойства моно-, ди-, олиго- и полисахаридов; их роль в живой природе

5. Пестициды: определение, классификация, смесевые препараты, синергизм.

6. Определение начальной, медианной и абсолютной токсичности, эффективная доза, индекс безопасности. Определение ПДК.

7. Карбаматы с инсектицидными и лекарственными свойствами, получение, механизм действия.

8. Пиридоксальфосфатзависимые ферменты, функции в организме, их ингибиторы.

9. Фосфорорганические инсектициды: получение, механизм действия. Зависимость активности от строения производных кислот фосфора (формула Шрадера).

10. Хлорорганические инсектициды: получение, механизм действия, особенности применения.

11. Строение, синтез и биологическая активность пиретринов и пиретроидов.

12. Строение рибонуклеиновых и дезоксирибонуклеиновых кислот. Процессы репликации, транскрипции и трансляции и их ингибиторы.

13. Структурные классы липидов. Строение клеточных мембран. Межмембранный потенциал и транспорт веществ через клеточные мембраны.

14. Номенклатура и классификация ферментов. Теории ферментативного катализа. Механизмы регуляции активности ферментов. Простетические группы, коферменты и кофакторы в составе ферментов, регуляторные и каталитические (активные) центры в ферментах.

15. Витамины в роли предшественников коферментов. Влияние тяжелых металлов на работу ферментов.

16. Цикл Кребса и его роль в процессах функционирования живых систем. Ингибиторы цикла.

17. Гемостаз. Свертывающая и противосвертывающая, фибринолитическая и антифибринолитическая системы крови. Витамин К и антикоагулянты.

18. Аденозинтрифосфат в роли универсального носителя химической энергии в метаболических процессах.

19. Катаболические превращения углеводов, аминокислот и жирных кислот; генерирование восстановительного потенциала

20. Окислительное фосфорилирование и синтез АТФ

21. Фотосинтез. Гербициды, блокирующие транспорт электронов в фотосистеме II, акцепторы электронов в фотосистеме I.

22. Гербициды, нарушающие биосинтез и функционирование хлорофиллов.

23. Основные принципы нейрогуморальной регуляции. Гормоны, цитокины и нейромедиаторы.

24. Холинэргический синапс. Агонисты и антагонисты ацетилхолина.

25. Холинэстераза, ее обратимое и необратимое ингибирование, антидоты.

26. Нейромедиаторы центральной и периферической нервной системы. Нарушение баланса нейромедиаторов в ЦНС в качестве основы психохимических процессов.

27. Гамма-аминомасляная кислота и ГАМК-эргический синапс. Агонисты и антагонисты ГАМК.

28. Седативно-снотворные препараты. Барбитураты и бензодиазепины.

29. Лекарственные средства - ингибиторы циклооксигеназ. Нестероидные противовоспалительные препараты.

30. Энкефалины, эндорфины и другие нейропептиды как факторы антиноцицептивной системы.

31. Наркотические анальгетики природного происхождения и их синтетические аналоги, получение, механизм действия.

32. Нейростимуляторы: строение, получение, механизм действия, особенности применения.

33. Местные обезболивающие средства: строение, получение, механизм действия.

34. Антагонисты гистамина в H1- и H2-рецепторах: строение, получение, механизм действия.

35. Контактные и системные фунгициды. Дитиокарбаматы и замещенные бензимидазолы.

36. Никотин и неоникотиноиды: получение, механизм действия, особенности применения.
37. Биорациональные инсектициды. Ювенильный гормон и ювеноиды.
38. Азольные фунгициды: получение, механизм действия, особенности применения.
39. Ингибиторы клеточного дыхания: стробилурин и его аналоги, получение, механизм действия.
40. Инсектицидная активность арилтиофосфатов и дитиофосфатов, механизм действия.
41. Биосинтез ароматических и алифатических аминокислот в растениях и его ингибиторы. Получение ингибиторов и особенности их применения.

Примерное содержание вопросов по программе «Современные технологии и аналитические методы исследований в производстве лекарственных и косметических средств и в системе допинг- и нарко-контроля»

Технологические вопросы:

Направленность: химико-фармацевтические и косметические средства

1. Сульфирование и сульфатирование. Сульфирующие и сульфатирующие агенты. Влияние природы субстрата на выбор реагента. Получение алкилсульфатов из природного сырья. Сульфирование бензола и его замещенных. Выделение алкилсульфатов и ароматических сульфокислот. Методы идентификации, контроль качества и области применения этих соединений.
2. Получение ароматических аминов из ароматических нитросоединений. Факторы, определяющие выбор восстановителя. Получение ароматических аминов с использованием реакций нуклеофильного замещения. Методы определения первичных ароматических аминов.
3. Алкилирование и ацилирование ароматических аминов. Реагенты, применяемые для осуществления этих процессов. Условия проведения реакций.
4. Получение катионных поверхностно активных веществ.
5. Способы получения фенолов и их эфиров с использованием реакций нуклеофильного замещения. Механизмы реакций и условия проведения процессов.
6. Карбонизация фенолов. Получение салициловой и парагидроксибензойной кислоты и их производных по фенольной и карбоксильной группе. Реагенты, применяемые для осуществления этих реакций. Условия проведения процессов. Методы идентификации фенолов и карбоновых кислот
7. Способы получения альдегидов ароматического и гетероциклического ряда. Методы идентификации альдегидной группы. Азотсодержащие производные ароматических альдегидов и кетонов.

8. Диазотирование ароматических аминов. Выбор диазотирующего агента. Реакции диазосоединений с сохранением азота. Получение ароматических азосоединений и гидразинов. Превращения диазосоединений с выделением азота.
9. Способы получения азотсодержащих гетероциклических соединений на примере производных индола, пиразола, хинолина и изохинолина. Кислотно-основные свойства этих соединений.

Направленность: допинг- и наркоконтроль

1. Методики и техника количественного определения НПСЯВ методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.
2. Виды аналитических колонок для ВЭЖХ. Детекторы для жидкостных хроматографов. Технология обслуживания жидкостных хроматографов. Буферные смеси. Абсолютная калибровка УФ детекторов жидкостных хроматографов по внешнему стандарту.
3. Методики и техника количественного определения НПСЯВ методом газо-жидкостной хроматографии. Виды капиллярных аналитических колонок для газовой хроматографии. Детекторы для газовых хроматографов. Технология обслуживания газовых хроматографов. Выбор температурного режима хроматографирования.
4. Методики и техника количественного определения НПСЯВ методом газо-жидкостной хроматографии НПСЯВ методом газовой хроматографии с масс-селективным детектированием. Программное обеспечение хроматомасс-спектрометрических комплексов. Особенности технологии пробоподготовки объектов различной природы. Расшифровка спектров различной сложности.
5. Методики и техника количественного определения НПСЯВ НПСЯВ методами ИК и УФ спектromетрии. Характеристики и обслуживание ИК-Фурье спектрометров. Пробоподготовка объектов различной природы. Возможности программного обеспечения современных ИК-Фурье спектрометров. Расшифровка спектров. Спектральные библиотеки разных производителей.
6. Для конкретного вещества привести промышленную технологическую схему получения. Описать технологию и особенности.
7. Сульфирование ароматических соединений. Сульфлирующие агенты и общая технологическая схема процесса сульфирования. Влияние структуры субстрата и условий проведения реакции на процесс сульфирования.
8. Восстановление ароматических нитро- и нитрозосоединений. Восстанавливающие реагенты. Восстановление нитросоединений до первичных ароматических аминов. Парофазное и жидкофазное гидрирование.
9. Понятие "производных" и аналогов наркотических средств и психотропных веществ. Примеры соединений, экспертная и правовая процедура отнесения к соответствующим типам соединений. Понятие "дизайнерских наркотиков". Общая характеристика, возможности экс-

пертного исследования. Синтетические каннабиноиды. Общая характеристика, возможности экспертного исследования.

10. Алкилирование и ацилирование гидроксид- и аминоксипп. Алкилирующие агенты. Алкилирование аминов с использованием алкилгалогенидов, спиртов и окиси этилена. Ацилирующие агенты. Ацилирование аминов. Технологическая схема процесса ацилирования.
11. Классификации судебных экспертиз. Особенности производства традиционных криминалистических экспертиз. Особенности назначения и производства судебно-химических и специальных экспертиз. Тактика производства следственного осмотра различных видов.
12. Общая характеристика и методы исследования наркотических средств, получаемых из снотворного мак и конопли. Понятие опиатов и опиоидов. Понятие каннабиноидов. Действие тетрагидроканнабинолов.
13. Понятие и классификация наркотических средств, психотропных, сильнодействующих, ядовитых веществ и прекурсоров (НСПСЯВ). Правовая основа оборота НСПСЯВ.
14. Реакции электрофильного замещения. Нуклеофильное замещение.
15. Пятичленные гетероциклы как диены в реакциях Дильса–Альдера.
16. Синтез производных *n*-аминобензойной кислоты.
17. Химико-токсикологические характеристики допинговых средств: классификация и строение, биосинтез, механизм физиологического действия, фармакологическая активность и побочные эффекты, метаболизм, методы аналитического исследования, интерпретация результатов: анаболические стероиды (эндогенные андрогены, синтетические стероидные анаболики), новые анаболические средства.

Теоретические вопросы.

Направленность: химико-фармацевтические и косметические средства

1. Классификация ПАВ: ионогенные, неионогенные, амфотерные. Сырьевые источники и методы получения. Гидрофильно-липофильный баланс, расчет чисел ГЛБ. Анализ ПАВ (спектроскопические, хроматографические и другие методы анализа).
2. Состояние ПАВ на границе раздела фаз. Адсорбция. Типы изотерм поверхностного натяжения. Поверхностная активность и адсорбционная способность ПАВ. Методы измерения поверхностного натяжения.
3. Строение монослоев ПАВ на границе раствор-воздух. Определение поверхностного давления, поверхностного (межфазного), реологических характеристик. Пленки Ленгмюра-Блоджетт: получение и применение. Пены: получение, классификация, свойства, применение. Особенности агрегативной и седиментационной устойчивости пен.
4. Особенности адсорбции ПАВ на границе раздела вода/масло. Строение адсорбционных слоев. Эмульсии: типы эмульсий, методы получения, обра-

ние эмульсий. Определение дисперсионного состава эмульсий. Агрегативная устойчивость эмульсий, микроэмульсии и наноэмульсии. Особенности поведения и основные характеристики.

5. Адсорбционные слои ПАВ на границе раздела жидкость/твердое. Особенности строения адсорбционных слоев. Классификация изотерм адсорбции. Смачивание. Модифицирование твердых поверхностей при помощи ПАВ.

6. Мицеллообразование в растворах ПАВ. Мицеллярные растворы ПАВ, как лиофильные дисперсные системы. Методы определения ККМ. Солюбилизация. Фазовые равновесия в многокомпонентных системах, содержащих ПАВ.

7. Растворы полимеров, как молекулярные лиофильные коллоидные системы. Особенности образования растворов полимеров. Конформации макромолекул в растворах. Ассоциация в растворах полимеров. Образование надмолекулярных и пространственных структур в полимерных системах.

8. Свойства разбавленных растворов полимеров. Рассеяние света в растворах полимеров. Определение средней молекулярной массы полимеров и размеров макромолекул по угловой зависимости интенсивности рассеянного света. Гидродинамические свойства растворов полимеров. Вязкость растворов полимеров. Кривые течения и эффективной вязкости для разбавленных растворов полимеров. Уравнение Хаггинса и Марка-Хаувинка. Молекулярно-массовое распределение и методы его определения. Характеристики размеров и формы макромолекул в растворах, методы их определения.

9. Структурообразование в растворах полимеров. Неньютоновское течение концентрированных растворов полимеров. Явление тиксотропии и реопексии. Гистерезис вязкости. Адсорбция из растворов полимеров на поверхностях. Адсорбция макромолекул из разбавленных и концентрированных растворов полимеров. Методы исследования адсорбции полимеров. Адгезия и смачивание в полимерных системах. Критическое поверхностное натяжение смачивания.

10. Типы пространственных структур и условия их возникновения. Специфика процессов структурообразования в лиозолях, суспензиях и эмульсиях. Типы структур по классификации П.А.Ребиндера. Связь реологического поведения дисперсных систем с типом формирующейся структуры. Методы изучения реологических свойств дисперсных систем.

11. Водные суспензии оксидов и солей. Механизм образования двойного электрического слоя в системах с водной дисперсионной средой. Методы регулирования процессов структурообразования и реологического поведения водных суспензий.

Направленность: допинг- и наркоконтроль

1. Типы реакций окисления. Окисление по насыщенному атому углерода и окисление атома углерода цикла. Типы окислителей. Гомогенный и гетерогенный катализ в технологии окисления.
2. Лекарственные вещества ароматического ряда. Биогенные амины. Психостимуляторы, антибиотики и гормоны на их основе. Их синтезы.
3. Синтез антипиретиков и анальгетиков пиразолинового ряда.

4. Синтезы лекарственных веществ на основе тетрагидропиридина.
5. Понятия "производных" и аналогов наркотических средств и психотропных веществ. Примеры соединений, экспертная и правовая процедура отнесения к соответствующим типам соединений. Понятие "дизайнерских наркотиков". Общая характеристика, возможности экспертного исследования.
6. Химико-токсикологические характеристики допинговых средств: классификация и строение, биосинтез, механизм физиологического действия, фармакологическая активность и побочные эффекты, метаболизм, методы аналитического исследования, интерпретация результатов: бета-2 агонисты.
7. Эфедрин и псевдоэфедрин как прекурсоры синтеза соединений амфетаминового ряда. Получение соединений амфетаминового ряда восстановлением с использованием иода и фосфора. Характерные примеси и полупродукты.
8. Объекты экспертизы наркотических средств, психотропных, сильнодействующих, ядовитых веществ и прекурсоров и решаемые ею вопросы.
9. Синтез лекарственных веществ пиримидинового ряда: седативно-снотворные препараты –барбитураты. Лекарственные вещества на основе семичленных гетероциклов – производные 1,4-бензодиазепина.
10. Структура и биологическая роль пептидов и белков.
11. Система криминалистики. Криминалистическая идентификация и ее роль в криминалистике.
12. Особенности ХТА при проведении судебно-химической экспертизы
13. Хроматография в анализе наркотических средств
14. Иммуноферментные методы анализа на наркотические средства

ЛИТЕРАТУРА

«Технология неорганических веществ»

1. Позин М.Е., Зинюк Р.Ю. Физико-химические основы неорганической технологии. Л.: Химия, 1985. 369 с.
2. Кидней А., Пэрриш У., Мак-Картни Д. Основы переработки природного газа. Перевод с англ. 2-го изд. Под ред. Лыкова О.П., Голубевой И.А. СПб: Профессия. 2013. 650 с.
3. Соколовский А.А., Яхонтова Е.Л. Применение равновесных диаграмм в технологии минеральных солей. М.: Химия, 1982. 256 с.
4. Данквертс П.В. Газо-жидкостные реакции. М.: Химия, 1973. 296 с.
5. Кувшинников И.М. Минеральные удобрения и соли. Свойства и способы их улучшения. М.: Химия, 1987. 256 с.
6. Третьяков Ю.Д. Твердофазные реакции. М.: Химия, 1978. 359 с.
7. Электротермические процессы химической технологии./ Под ред. Ершова В.А. Л.: Химия, 1984. 464 с.

8. Свит Т.Ф. Основы разделения воздуха методом глубокого охлаждения и ректификации: учебное пособие/ Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова.- Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2005 132 с
9. Технология связанного азота / Под ред. В.И. Атрощенко. Киев: Вища школа, 1985. 326с.
10. Производство азотной кислоты в агрегатах большой единичной мощности / Под. ред. В.М. Олевского. М.: Химия, 1985. 398 с.
11. Очистка технологических газов / Под ред. Т.А. Семеновой. М.: Химия, 1977. 488 с.
12. Амелин А.Г. Технология серной кислоты. М.: Химия, 1983. 350 с.
13. Позин М.Е Технология минеральных удобрений и солей. Л.: Химия, 1983. 354 с.

«Электрохимические процессы и производства»

Основная литература

1. Теоретическая электрохимия: Учебн. для образоват. учреждений. высш. проф. обр. /А.Л. Ротинян, К.И. Тихонов, И.А. Шошина, А.М. Тимонов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: «Студент», 2013. – 494 с.
2. Прикладная электрохимия: Учебник. /Под ред. Томилова А.П.– Изд. 3-е, пер. и доп. – М., Химия, 1984. – 520 с.
3. Гамбург Ю.Д. Электрохимическая кристаллизация металлов и сплавов. – М.: «Янус-К», 1997. – 384 с.
4. Кудрявцев Н.Т. Электролитические покрытия металлами – М.: Химия, 1979. – 351 с.
5. Мамаев В.И., Кудрявцев В.Н. Никелирование: учебное пособие. Под ред. В.Н. Кудрявцева. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2014. – 192 с.

Дополнительная литература

1. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия: Учебник для вузов. – М.: Химия, 2006. – 624 с.
2. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. Введение в электрохимическую кинетику. – М.: Высш. школа, 1983. – 400 с.
3. Л.Н.Солодкова, В.Н.Кудрявцев Электролитическое хромирование. /Под ред. В.Н. Кудрявцева. М.: «Глобус», 2007. – 190 с.
4. В.В.Окулов Цинкование. Техника и Технология. /Под ред. В.Н. Кудрявцева. М.: «Глобус», 2008. – 248 с.
5. Мазанко А.Ф., Ромашин О.П. Промышленный мембранный электролиз. – М.: Химия, 1989. – с.
6. Томилов А.П., Фиошин М.Я., Смирнов В.А. Электрохимический синтез органических веществ. – Л.: Химия, 1976. – 424 с.

«Химическая технология материалов и изделий электроники и нанoeлектроники»

1. Егоров-Тисменко Ю.К. Кристаллография и кристаллохимия. М.: КДУ, 2010, 588 с.

2. Чупрунов Е.В., А.Ф.Хохлов, М.А.Фаддеев. Основы кристаллографии. М.: Физматлит, 2006, 498 с.
3. Шаскольская М.П. Кристаллография. М., Высшая школа, 1984.
4. Урусов В.С., Еремин Н.Н. Кристаллохимия. Краткий курс. Изд. МГУ, 2010, 256 с.
5. Глазов В.М., Павлова Л.М. Химическая термодинамика и фазовые равновесия. М.: Металлургия, 1988, 560 с.
6. Третьяков Ю.Д., Лепис Х. Химия и технология твердофазных материалов. Изд. МГУ, 1985, 256 с.
7. Майер А.А. Физическая химия твердого тела: Кристаллооптика, МХТИ, М., 1984.
8. Ковтуненко П.В. Физическая химия твердого тела. Кристаллы с дефектами. М. Высшая школа, 1993, 352 с.
9. Построение P – T – x диаграмм фазовых равновесий. Задачник: учебное пособие / И. Х. Аветисов, Е.Н. Можевитина, О.Б. Петрова. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2014. – 64 с.
10. Зломанов В.П. Фазовые равновесия. Химия дефектов в кристалле. Учебное пособие. – М.: МГУ, 2011, 114с
11. Майер А.А. Процессы роста кристаллов, РХТУ, М., 1999, 176 с.
12. Багдасаров Х.С. Высокотемпературная кристаллизация из расплава, Физматлит, М.2004г., 160с
13. Багдасаров Х.С., Горяинов Л.А. Тепло- и массоперенос при выращивании монокристаллов направленной кристаллизацией. М.: Физматлит, 2006, 224 с.
14. Терехов В.А. Задачник по электронным приборам: Учебное пособие. – Санкт-Петербург: Лань, 2003. – 276 с.
15. Зи С. Физика полупроводниковых приборов: В 2-х книгах. Кн. 1. Пер. с англ. — М.: Мир, 1984. — 456 с, ил.
16. Холодков И.В., Ефремов А.М., Светцов В.И.. Твердотельная электроника: Учебное пособие. – ГОУВПО «Иван. гос. хим.-технол. ун-т» - Иваново, 2004. – 195 с.
17. Физическая электроника (полупроводники). Решение задач: учеб. пособие. Петрова О.Б. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2013 - 44 с.
18. Василенко О.А. Оптические явления в твердом теле: конспект лекций: Учеб. пособие М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2004. – 136 с.
19. Фалькевич Э.С., Пульнер Э.О., Червоный И.Ф. и др. Технология полупроводникового кремния. Металлургия, М., 1992, 408с.
20. Рябцев Н.Г. Материалы квантовой электроники. М.: Сов. Радио, 1972, 384 с.
21. Блистанов А.А. Кристаллы квантовой и нелинейной оптики. Изд. МИСИС, М., 2007, 432с.
22. Матт Янг. Оптика и лазеры, включая волоконную оптику и оптические волноводы: Пер. с англ. – М.: Мир, 2005. – 541 с., ил.
23. Основы оптоэлектроники. Под ред. К.М.Галанта. М: Мир, 1988, -288с.

- 24.Ландсберг Г. С. Оптика: Учеб. пособие для вузов. изд. 6-е –М. : Физматлит, 2010. – 848 с.
- 25.Белозеров В. В. Современные методы диагностики материалов и изделий из них. Белозеров В.В., Босый С.И., Буйло С.И., Прус Ю.В. – Ростов н/Д : ЮФУ, 2007. – 224 с. .
- 26.Методы исследования материалов электронной техники и наноматериалов. Лабораторный практикум: учеб. пособие / Н. Г. Горашенко, О. Б. Петрова, И. В. Степанова. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2012. – 94 с.
- 27.Альмяшев В. И., Гусаров В. В. Термические методы анализа: учеб. пособие/ А 57 СПбГЭТУ (ЛЭТИ).– СПб.,1999. – 40 с.

«Технология обезвреживания жидких техногенных отходов и водоподготовка»

- 1.Рябчиков Б.Е. Современная водоподготовка. - М.: ДеЛи плюс, 2013 680 с.
- 2.Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике. М. МЭИ. 2006, 309 с.
- 3.А.А. Пантелеев, Б.Е. Рябчиков, О.В. Хоружий, С.Л. Громов, А.Р. Сидоров. Технологии мембранного разделения в промышленной водоподготовке. - М.: ДеЛи плюс, 2012. 429 с.
- 4.А.В. Десятов, А.Е. Баранов, Е.А. Баранов, Н.П. Какуркин, Н.Н.Казанцева, А.В. Асеев. Опыт использования мембранных технологий для очистки и опреснения воды. Под ред. акад. А.С. Коротеева. М.: Химия, 2008. 240 с.
- 5.Орлов Н.С. Промышленное применение мембранных процессов: учебное пособие. М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2007. 168 с.
6. Родионов А.И., Клушин В.Н., Систер В.Г. Технологические процессы экологической безопасности/ Учебник для студентов технических и технологических специальностей. Калуга: Издательство Н.Ф. Бочкаревой, 2007. 800 с.
- 7.Милютин В.В., Алехина М.Б. Рябчиков Б.Е. Современные методы очистки техногенных сточных вод от токсичных примесей: учеб. пособие / М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева. 2016. 132 с.
8. А.В.Десятов, А.Е.Баранов, Е.А.Баранов, Н.П.Какуркин, Н.Н.Казанцева, А.В.Асеев. Опыт использования мембранных технологий для очистки и опреснения воды. Под ред. А.С.Коротеева. М.:Химия, 2008. 240 с.
9. Зайцев В.А. Промышленная экология: Учебное пособие/ В.А. Зайцев. М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 383 с.
10. Вода техногенная: проблемы, технологии, ресурсная ценность / З. М. Шуленина, В. В. Багров, А.В. Десятов и др. Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. 401 с.
11. Колесников В. А., Меньшуткина Н. В., Десятов А. В. Оборудование, технологии и проектирование систем очистки сточных вод. М: ДеЛи плюс, 2016. 289 с.
12. Позин М.Е., Зинюк Р.Ю. Физико-химические основы неорганической технологии. Л.: Химия, 1985.

«Химическая технология высокотемпературных функциональных материалов»

Основная литература:

1. Химическая технология стекла и ситаллов. Под ред. Н.М. Павлушкина. – М.: Стройиздат, 1983. 431 с.
2. Павлушкин Н.М., Сентюрин Г.Г., Ходаковская Р.Я. Практикум по технологии стекла и ситаллов. – М.: Стройиздат, 1970. 512 с.
3. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих веществ. – М.: Высшая школа, 1980. 472 с.
4. Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Практикум по технологии вяжущих материалов. – М.: Высшая школа, 1973. 504 с.
5. Химическая технология керамики. Под ред. И. Я. Гузмана. – М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2011. 440 с.
6. Практикум по технологии керамики. Под ред. И. Я. Гузмана. – М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2005. 260 с.

Дополнительная литература:

1. Гулоян Ю.А. Технология стекла и стеклоизделий. – Владимир: «Транзит», 2003. 479 с.
2. Панкова Н.А., Михайленко Н.Ю. Теория и практика промышленного стекловарения: учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2000. 102 с.
3. Михайленко Н.Ю., Семин М.А. Технологические свойства стекла: учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2014. 128 с.
4. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник. Под общей ред. А.В. Ферронской – М.: Изд. АСВ, 2004. 488 с.
5. Кузнецова Т.В., Сычев М.М., Осокин А.П. и др. Специальные цементы. – С.-Пб.: Стройиздат, 1997. 314 с.
6. Корнеев В.И., Зозуля П.В. Словарь «Что» есть «что» в сухих строительных смесях. – С.-Пб.: НП «Союз производителей сухих строительных смесей», 2004. 312 с.
7. Михеев С.В., Строганов Г.Б., Ромашин А.Г. Керамические и композиционные материалы в авиационной технике. – М.: Аль-текс, 2010. 276 с.
8. Матренин С.В., Слосман А.И. Техническая керамика. – Томск: Из-во ТПУ, 2004. 75 с.
9. Баринов В.Я., Шевченко С.М. Техническая керамика. – М.: Наука, 1993. 260 с.
10. Августиник А.И. Керамика. – М.: Стройиздат, 1975. 592 с.

«Химическая технология пластических масс»

1. Сорокин М.Ф., Кочнова З.А., Шодэ Л.Г. Химия и технология пленкообразующих веществ. - М.: Химия. 1989. -490с.
2. Ермилов П.И., Индейкин Е.А., Толмачев И.А. Пигменты и пигментированные лакокрасочные материалы. -Л.: Химия. 1987. -200с.

3. Яковлев А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий. - Санкт-Петербург: Химиздат, 2008, 448с.
4. Тагер А.А. Физико-химия полимеров. -М. Химия. -1978, -544 С.
5. Горловский И.А., Козулин Н.А., Евтюков Н.З. Оборудование заводов лакокрасочной промышленности. СПб, Химия, 1992. 333с.
6. Фомичева Т.Н. Химия и технология пигментов. Кристалличность неорганических пигментов. Текст лекций. —М.: МХТИ им. Менделеева, - 1981. - 32 с.
7. Брок Т., Гротеклиус М., Мишке П. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям. — М.: ООО «Пейнт-Медиа», 2004.
8. Технология пластических масс. Под ред. В.В. Коршака. М. Издательство Химия, 1985 г., 560 С.
9. Кулезнёв В.Н., Шершнев В.А. Химия и физика полимеров. Учебник для вузов. М.: Высш. шк. 1988, 312 с.
10. Тугов И.И., Кострыкина Г.И. Химия и физика полимеров. М.: Химия.- 1989.- 432 с.
11. Малкин А.Я., Куличихин С.Г. Реология в процессах образования и превращения полимеров.- М.: Химия.- 1985.- 240 с.
12. Кербер М.Л., Буканов А.М., Вольфсон С.И., Горбунова И.Ю., Кандырин Л.Б., Сирота А.Г., Шерышев М.А. Физические и химические процессы при переработке полимеров М.: Научные основы и технологии. 2013, 314 с.
13. А.Е. Корнев, А.М. Буканов, О.Н. Шевердяев. Технология эластомерных материалов. – М.: Эксим, 2000. – 288 с.
14. Б.А. Догадкин, А.А. Донцов, В.А. Шершнев. Химия эластомеров. 2-е изд. перераб. и дополн. – М.: Химия, 1981. – 376 с.
15. А.П. Кирпичников, Л.А. Аверко-Антонович, Ю.О. Аверко-Антонович. Химия и технология синтетического каучука, - Л.: Химия, 1987, 423 с.
16. Основы технологии переработки пластмасс. /Под ред. Кулезнева В.Н., Гусева В.К. М.: Химия, 1995.
17. Бортников В.Г. Производство изделий из пластмасс: Учебное пособие для вузов в трех томах. Том 1. Теоретические основы проектирования изделий, дизайн и расчет на прочность. Казань: Изд-во «Дом Печати». - 2001. –246 с.
18. Кербер М. Л., Горбаткина Ю.А., Куперман А.М. и др. Полимерные композиционные материалы. Структура. Свойства. Технологии. Издательство Профессия. 2011.- 500 с.
19. Шерышев М.А. Основы конструирования формующего инструмента для переработки пластмасс. Учебное пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2007, 152 с.
20. В.Е. Гуль, В.Н. Кулезнев. Структура и механические свойства полимеров. 4-е изд. дополн. и перераб. – М.: Лабиринт, 1994. – 367с.
21. Гуль В.Е., Акутин М.С. Основы переработки пластмасс. – М.: Химия.1985. – 399 с.
22. Басов Н.И., Вражинский В.А., Казанков Ю.В. Расчет и конструирование

формующего инструмента для изготовления изделий из полимерных материалов. – М.: Химия, 1991. – 349 с.

23. Берлин Ал.Ал., Вольфсон С.А., Ошмян В.Г., Ениколопов Н.С. Принципы создания полимерных композиционных материалов. М.: Химия, 1990.
24. В.В. Киреев Высокомолекулярные соединения, М. изд. «Юрайт», 2013г
25. Сборник лабораторных работ по химии полимеров под редакцией И.А. Новакова, ВолГТУ, 2013г.
26. Савельянов В.П. Общая химическая технология полимеров: учеб. пособие для вузов. М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. 336 с.
27. Сутягин В.М., Ляпков А.А. Общая химическая технология полимеров: учеб. пособие . Томск: Изд-во ТПУ, 2007. 195 с.

Дополнительная литература

1. Ф.Ф. Кошелев, А.Е. Корнев, А.М. Буканов. Общая технология резины. Изд. 4-е, переработ, и дополн. – М.: Химия, 1978. - 528 с.
2. Ю.О. Аверко-Антонович и др. Технология резиновых изделий. – Л.: Химия, 1991. – 351с.
3. Вольфсон С.А. Основы создания технологического процесса получения полимеров. М.: Химия, 1987.
4. Торнер Р.В., Акутин М.С. Оборудование заводов по переработке пластмасс. – М.: Химия, 1986. – 394 с.
5. Энциклопедия полимеров. – М.: Сов. энциклопедия, т. 1, 1972 г; т. 2, 1974 г.; т. 3, 1977 г.
6. В.И. Кленин, И.В. Федусенко Высокомолекулярные соединения, С-Пб. изд. «Лань», 2013г.
7. Ю.Д. Семчиков, С.Ф. Жильцов, С.Д. Зайцев Введение в химию полимеров, С-Пб. изд. «Лань», 2013г.
8. В.И. Иржак Архитектура полимеров, М. изд. «Наука», 2012г.
9. Зотов С.Б., Тужиков О.О., Алейникова Т.П. Моделирование технологических процессов синтеза ВМС: учебное пособие. Волгоград: Изд-во ВГТУ, 2006. 110 с.
10. Подвальный С.Л. Моделирование промышленных процессов полимеризации. М.: Химия, 1979. 256 с.
11. Силинг М.И. Поликонденсация. Физико-химические основы и математическое моделирование. М.: Химия, 1988. 256 с.
12. Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения. М.: «Академкнига», 2003. 368 с.
13. Симонов-Емельянов И.Д., Кулезнев В.Н. Основы создания композиционных материалов: Учебное пособие. МИТХТ им. М.В. Ломоносова. М., 1986. 86 с.
14. Коршак В.В., Виноградова С.В. Равновесная поликонденсация. М.: Наука, 1972. 444 с.
15. Коршак В.В., Виноградова С.В. Неравновесная поликонденсация. М.: Наука, 1972. 696 с.

16. Вольфсон С.А. Основы создания технологического процесса получения полимеров. М.: Химия, 1987. 262 с.
17. Николаев А.Ф. Технология пластических масс. Л.: Химия, 1977. 368 с.

«Материалы и технологии смарт энергосистем»

Основная литература

1. Теоретическая электрохимия: Учебн. для образоват. учрежд. высш. проф. обр. /А.Л. Ротинян, К.И. Тихонов, И.А. Шошина, А.М. Тимонов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: «Студент», 2013. – 494 с.
2. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. М.: Химия, 2006. 672 с.
3. Колмогоров Ю.Н., Сергеев А.П., Тарасов Д.А., Арапова С.П. Методы и средства научных исследований. Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та. 2017. 152 с.
4. Прикладная электрохимия: Учебник. /Под ред. Томилова А.П.– Изд. 3-е, пер. и доп. – М., Химия, 1984. – 520 с.
5. Гамбург Ю.Д. Электрохимическая кристаллизация металлов и сплавов. – М.: «Янус-К», 1997. – 384 с.
6. Bard A.J., Faulkner L.R. Electrochemical methods. Fundamentals and applications. 2nd ed. Wiley. 2001. 850 p.
7. Bagotsky V.S., Skundin A.M., Volfkovich Yu.M. Electrochemical Power Sources: Batteries, Fuel Cells, and Supercapacitors. N.-Y.: Wiley, 2015. - 400 p.

Дополнительная литература

1. Багоцкий В.С. Основы электрохимии. М.: Химия, 1988. 400 с.
2. Багоцкий В.С., Скундин А.М. Химические источники тока. М.: Энергоиздат, 1981. 360 с.
3. Коровин Н.В., Скундин А.М. Химические источники тока. М.: МЭИ, 2003. — 740 с.
4. Добровольский Ю.А., Гутерман В.Е., Смирнова Н.В., Лысков Н.В., Фролова Л.А., Куриганова А.Б. Электрохимические накопители и преобразователи энергии: Учебное пособие / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. – Новочеркасск: ЮРГТУ(НПИ), 2012. – 76 с.
5. Brett Ch., Brett A. Electrochemistry. Principles, methods, and applications. Oxford University Press. 1994. 444 p.
6. Conway, B. E. Electrochemical Supercapacitors. Scientific Fundamentals and Technological Applications. Springer, 1999.
7. Каменев Ю.Б., Чезлов И.Г. Современные химические источники тока. Гальванические элементы, аккумуляторы, конденсаторы. Учебно-справочное пособие. Санкт-Петербург, СПбГУКиТ, 2009. — 90 с.

«Химическая технология новых материалов и малотоннажного синтеза»

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 термохимия 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. Глущенко И.М. Теоретические основы технологии горючих ископаемых. М.: Metallurgia, 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. Metallurgia, 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., Сеницин С.А. Переработка твердых природных энергоносителей. – М., РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2001, 160 с.
12. Сеницин С.А., Королева Н.В. Переработка жидких и газообразных природных энергоносителей. – М., РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2001, 103 с.
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., Metallurgia, 1990. 235 с.

19. Фиалков А.С. Процессы и аппараты производства порошковых углеродистых 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. Иностранная литература, 1963. 829 с.
26. Сорокин М.Ф., Кочнова З.А., Шодэ Л.Г. Химия и технология пленкообразующих веществ. - М.: Химия. 1989. -490с.
27. Ермилов П.И., Индейкин Е.А., Толмачев И.А. Пигменты и пигментированные лакокрасочные материалы. -Л.: Химия. 1987. -200с.
28. Яковлев А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий. - Санкт-Петербург: Химиздат, 2008, 448с.
29. Тагер А.А. Физико-химия полимеров. -М. Химия. -1978, -544 С.
30. Горловский И.А., Козулин Н.А., Евтюков Н.З. Оборудование заводов лакокрасочной промышленности. СПб, Химия, 1992. 333с.
31. Фомичева Т.Н. Химия и технология пигментов. Кристалличность неорганических пигментов. Текст лекций. —М.: МХТИ им. Менделеева, - 1981. - 32 с.
32. Брок Т., Гротеклиус М., Мишке П. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям. — М.: ООО «Пейнт-Медиа», 2004.
33. Технология пластических масс. Под ред. В.В. Коршака. М. Издательство Химия, 1985 г., 560 С.
34. Кулезнёв В.Н., Шершнев В.А. Химия и физика полимеров. Учебник для вузов. М.: Высш. шк. 1988, 312 с.
35. Тугов И.И., Кострыкина Г.И. Химия и физика полимеров. М.: Химия.- 1989.- 432 с.
36. Малкин А.Я., Куличихин С.Г. Реология в процессах образования и превращения полимеров. - М.: Химия.- 1985.- 240 с.
37. А.Е. Корнев, А.М. Буканов, О.Н. Шевердяев. Технология эластомерных материалов. – М.: Эксим, 2000. – 288 с.
38. Б.А. Догадкин, А.А. Донцов, В.А. Шершнев. Химия эластомеров. 2-е изд. перераб. и дополн. – М.: Химия, 1981. – 376 с.
39. А.П. Кирпичников, Л.А. Аверко-Антонович, Ю.О. Аверко-Антонович. Химия и технология синтетического каучука, - Л.: Химия, 1987, 423 с.
40. Бортников В.Г. Производство изделий из пластмасс: Учебное пособие для вузов в трех томах. Том 1. Теоретические основы проектирования изде-

лий, дизайн и расчет на прочность. Казань: Изд-во «Дом Печати». - 2001. – 246 с.

41. Кербер М. Л., Горбаткина Ю.А., Куперман А.М. и др. Полимерные композиционные материалы. Структура. Свойства. Технологии. Издательство Профессия. 2011.- 500 с.

42. В.Е. Гуль, В.Н. Кулезнев. Структура и механические свойства полимеров. 4-е изд. дополн. и перераб. – М.: Лабиринт, 1994. – 367с.

43. Берлин Ал.Ал., Вольфсон С.А., Ошмян В.Г., Ениколопов Н.С. Принципы создания полимерных композиционных материалов. М.: Химия, 1990.

44. В.В. Киреев Высокомолекулярные соединения, М. изд. «Юрайт», 2013г

45. Сборник лабораторных работ по химии полимеров под. редакцией И.А. Новакова, ВолГТУ, 2013г.

46. Савельянов В.П. Общая химическая технология полимеров: учеб. пособие для вузов. М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. 336 с.

47. Сутягин В.М., Ляпков А.А. Общая химическая технология полимеров: учеб. пособие . Томск: Изд-во ТПУ, 2007. 195 с.

«Технологии индустрии 4.0 в нефтегазохимической и полимерной отрасли»

1. Н.Н. Лебедев, М.Н. Манаков, В.Ф. Швец «Теория химических процессов основного органического и нефтехимического синтеза», Москва. Химия, 1984.
2. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза: Учебник для вузов/ Н.Н. Лебедев. 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Химия, 1988. — 592 с.: ил.
3. 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.
4. В.С.Тимофеев, А.А.Серафимов Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза. 2-е изд., перераб. М., Химия, 2003, 536 с.
5. Евстигнеева Р.П. Тонкий органический синтез. — М.: Химия 1991.
6. 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
7. Леффлер У.Л. Переработка нефти/ 2-е издание. — ЗАО «Олимп-Бизнес», 2001.
8. Бартик Д.Л., Леффлер У.Л. Нефтехимия. — ЗАО «Олимп-Бизнес», 2001.
9. Смирнов Н.Н., Волжинский А.И. Химические реакторы в примерах и задачах, Л., Химия, 1986., 224 с.

10. Дигуров Н.Г. и др. Основы проектирования и оборудование заводов ОО и НХС, М., Химия, 1993., 400 с.
11. Рейхсфельд В.О., Еркова Л.Н., Оборудование производств ООС и СК, Л., Химия, 1974., 300 с.
12. Костромина Н.А., Кумок В.Н., Скорик Н.А. Химия координационных соединений. М.: Высш. шк., 1990.
13. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. . 4-е изд. - М.: "Химия", 1991 - 448 с
14. Ингольд К. Механизм реакций и строение органических соединений М.: Мир, 1959. -.
15. Травень В.Ф. Органическая химия. В 2-х томах. М.: Академкнига; Т.1-2004, 727с., Т.2-2004, 582с В.В. Киреев Высокомолекулярные соединения, М. изд. «Юрайт», 2013 г.
16. 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.
17. 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.
18. Букварева О.Ф., Бухаркина Т.В. Кинетика и термохимия процессов термодеструкции углеродсодержащих веществ. М. РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2001. 28 с.
19. Фиалков А.С. Углерод, межслоевые соединения и композиты на его основе. М.: Аспект Пресс, 1997. 718 с.
20. В.В. Киреев Высокомолекулярные соединения, М. изд. «Юрайт», 2013 г.
21. В.Н. Кулезнев, В.А. Шершнев Химия и физика полимеров, М. изд. «КолосС», 2007 г.
22. Технология пластических масс: учебник для вузов; под ред. В.В. Коршака. М.: Химия, 1985. 560 с.
23. Сутягин В.М., Ляпков А.А. Общая химическая технология полимеров: учеб. пособие . Томск: Изд-во ТПУ, 2007. 195 с.
24. Малкин А.Я., Куличихин С.Г. Реология в процессах образования и превращения полимеров.- М.: Химия.- 1985.- 240 с.
25. Кербер М.Л., Буканов А.М., Вольфсон С.И., Горбунова И.Ю., Кандырин Л.Б., Сирота А.Г., Шерышев М.А. Физические и химические процессы при переработке полимеров М.: Научные основы и технологии. 2013, 314 с.
26. Основы технологии переработки пластмасс. /Под ред. Кулезнева В.Н., Гусева В.К. М.: Химия, 1995.

27. В.Е. Гуль, В.Н. Кулезнев. Структура и механические свойства полимеров. 4-е изд. дополн. и перераб. – М.: Лабиринт, 1994. – 367с.
28. Гуль В.Е., Акутин М.С. Основы переработки пластмасс. – М.: Химия.1985. – 399 с.
29. Бортников В.Г. Производство изделий из пластмасс: Учебное пособие для вузов в трех томах. Том 1. Теоретические основы проектирования изделий, дизайн и расчет на прочность. Казань: Изд-во «Дом Печати». - 2001. –246 с.
30. Кербер М. Л., Горбаткина Ю.А., Куперман А.М. и др. Полимерные композиционные материалы. Структура. Свойства. Технологии. Издательство Профессия. 2011.- 500 с.

Дополнительная литература

31. Говаринер В.Г., Висванатхан И.В. Полимеры. — М.: Наука, 1990.
32. Ф.Ф. Кошелев, А.Е. Корнев, А.М. Буканов. Общая технология резины. Изд. 4-е, переработ, и дополн. – М.: Химия, 1978. - 528 с.
33. Ю.О. Аверко-Антонович и др. Технология резиновых изделий. – Л.: Химия, 1991. – 351с.
34. Вольфсон С.А. Основы создания технологического процесса получения полимеров. М.: Химия, 1987.
35. Торнер Р.В., Акутин М.С. Оборудование заводов по переработке пластмасс. – М.: Химия, 1986. – 394 с.
36. Энциклопедия полимеров. – М.: Сов. энциклопедия, т. 1,1972 г; т. 2, 1974 г.; т. 3, 1977 г.
37. В.И. Кленин, И.В. Федусенко Высокомолекулярные соединения, С-Пб. изд. «Лань», 2013г.
38. Ю.Д. Семчиков, С.Ф. Жильцов, С.Д. Зайцев Введение в химию полимеров, С-Пб. изд. «Лань», 2013г.
39. В.И. Иржак Архитектура полимеров, М. изд. «Наука», 2012г.
40. Зотов С.Б., Тужиков О.О., Алейникова Т.П. Моделирование технологических процессов синтеза ВМС: учебное пособие. Волгоград: Изд-во ВГТУ, 2006. 110 с.
41. Подвальный С.Л. Моделирование промышленных процессов полимеризации. М.: Химия, 1979. 256 с.
42. Силинг М.И. Поликонденсация. Физико-химические основы и математическое моделирование. М.: Химия, 1988. 256 с.
43. Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения. М.: «Академкнига», 2003. 368 с.

44. Симонов-Емельянов И.Д., Кулезнев В.Н. Основы создания композиционных материалов: Учебное пособие. МИТХТ им. М.В. Ломоносова. М., 1986. 86 с.
45. Коршак В.В., Виноградова С.В. Равновесная поликонденсация. М.: Наука, 1972. 444 с.
46. Коршак В.В., Виноградова С.В. Неравновесная поликонденсация. М.: Наука, 1972. 696 с.
47. Вольфсон С.А. Основы создания технологического процесса получения полимеров. М.: Химия, 1987. 262 с.
48. Николаев А.Ф. Технология пластических масс. Л.: Химия, 1977. 368 с.
49. Глушченко И.М. Теоретические основы технологии горючих ископаемых. М.: Металлургия, 1990. 296 с.
50. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. – М. Химия, 1988. 592 с.
51. Костиков В.И., Шипков Н.Н., Калашников Я.А. и др. Графитация и алмазообразование. – М. Металлургия, 1991. 223 с.
52. Гюльмалиев А.М., Головин Г.С., Гладун Т.Г. Теоретические основы химии угля. – М. Издательство Московского государственного горного университета. 2003. 556 с.
53. Жоров Ю.М. Кинетика промышленных органических реакций. □ М. Химия, 1989. □ 384 с.
54. Бухаркина Т.В., Дигуров Н.Г. Основы построения кинетических моделей. □ М. РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2002. 63 с.
55. Гаврилов Ю.В., Королева Н.В., Синицин С.А. Переработка твердых природных энергоносителей. – М., РИО РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2001, 160с.
56. Синицин С.А., Королева Н.В. Переработка жидких и газообразных природных энергоносителей. – М., РИО РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2001, 103с.
57. Комарова Т.В. Получение углеграфитовых материалов. – М., РИО РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2001, 94 с.
58. Химическая технология твердого топлива. Под ред. Макарова Г.Н. и Харламповича Г.Д. – М., Химия, 1986, 492 с.
59. Печуро Н.С., Капкин В.Д., Песин С.Ю. Химия и технология синтетического жидкого топлива и газа. – М., Химия, 1986. 349 с.
60. Ахматов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа. – Изд-во Гилем, 2002. 620 с.
61. Мановян А.К. Технология первичной переработки нефти и газа: Учебное пособие для вузов. 2-е изд. – М., Химия, 2001. 586 с.

62. Чалых Е.Ф. Оборудование электродных заводов. М., Металлургия, 1990. 235 с.
63. Фиалков А.С. Процессы и аппараты производства порошковых углеродных материалов. М., Аспект ПРЕСС, 2008. 687 с.
64. У. Леффлер. Переработка нефти. – М., ЗАО Олимп-бизнес, 2003. 350 с.
65. Колесников В.А., Налетов А.Ю. Принципы создания экотехнологий. – М. РХТУ, 2008. 450 с.
66. Дигуров Н.Г., Китайнер А.Г., Налетов А.Ю., Скудин В.В. Проектирование и расчет аппаратов технологии горючих ископаемых. – М. Химия, 1993. 280 с.
67. Налетов А.Ю. Информационный анализ в химической технологии. Стратегия и тактика энергосбережения. – М. Химия, 2001. 240 с.
68. Бертокс П., Радд Д. Стратегия защиты окружающей среды от загрязнений. – М. Мир, 1980. 604 с.
69. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – М. Иностранная литература, 1963. 829 с.

«Химическая технология полимеров медико-биологического назначения»

1. Высокомолекулярные соединения: Учеб. для вузов / Юрий Денисович Семчиков. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 368 с.
2. Высокомолекулярные соединения: Учебник для ун-тов. / Альфред Максович Шур. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1981. – 656 с.
3. Высокомолекулярные соединения: Учебник для бакалавров / Вячеслав Васильевич Киреев. 2-е изд., стер. – М.: Издательство Юрайт, 2013. – 602 с.
4. Полимеры медико-биологического назначения: Учеб. для вузов / Михаил Исаакович Штильман. – М.: Издательство «Академкнига», 2006. – 400 с.
5. Технология пластических масс: Учеб. для вузов / Василий Владимирович Коршак. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1985. – 560 с.

«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. Глущенко 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 природных 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. Иностранная литература, 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. В.С.Тимофеев, А.А.Серафимов Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза. 2-е изд., перераб. М., Химия, 2003, 536 с.
29. Говаринер В.Г., Висванатхан И.В. Полимеры. — М.: Наука, 1990.
30. Евстигнеева Р.П. Тонкий органический синтез. — М.: Химия 1991.
31. 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
32. Бартик Д.Л., Леффлер У.Л. Нефтехимия. — ЗАО «Олимп-Бизнес», 2001.
33. Смирнов Н.Н., Волжинский А.И. Химические реакторы в примерах и задачах, Л., Химия, 1986., 224 с.
34. Дигуров Н.Г. и др. Основы проектирования и оборудование заводов ОО и НХС, М., Химия, 1993., 400 с.
35. Рейхсфельд В.О., Еркова Л.Н., Оборудование производств ООС и СК, Л., Химия, 1974., 300 с.
36. Костромина Н.А., Кумок В.Н., Скорик Н.А. Химия координационных соединений. М.: Высш. шк., 1990.
37. Сайкс П Механизмы реакций в органической химии. . 4-е изд. - М.: "Химия", 1991 - 448 с
38. Ингольд К. Механизм реакций и строение органических соединений М.: Мир, 1959. -.
39. Травень В.Ф Органическая химия. В 2-х томах. М.: Академкнига; Т.1-2004, 727с., Т.2-2004, 582с
40. Химия и технология ароматических соединений: учебн. пособие / В.Н. Лисицын. — М.: ДеЛи плюс, 2014. — 391с.
41. Продукты органического синтеза и их применение: учебн. пособие / Ю.А. Москвичев, В.Щ. Фельдблюм. — СПб: «проспект Науки», 2009. — 376с.
42. Химическая кинетика: Курс лекций: В 3 ч. / Под ред. А. Г. Окунева. Новосибир. гос. ун-т. Новосибирск. — 2003, Ч.1. — 88с.
43. Колесников И.М. Катализ и производство катализаторов. — М.: Техника, 2004. — 399с.
44. 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.
45. Горелик М.В., Эфрос Л.С. Основы химии и технологии ароматических соединений. — М.: Химия. — 1992. — 640с.
46. Перевалов В.П., Колдобский Г.И. Основы проектирования и оборудование производств тонкого органического синтеза. — М.: Химия, 1997. — 288с.

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

«Химия и технология биологически активных веществ»

1. Эллиот В., Эллиот Д. Биохимия и молекулярная биология. – М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2002
2. Кольман Я., Рем К.-Г. Наглядная биохимия. – М.: Мир, 2000.
3. Коваленко Л.В. Биохимические основы химии биологически активных веществ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.
4. Солвей Дж.Г. Наглядная медицинская биохимия. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011.
5. Мельников Н.Н., Пестициды. Химия, технология и применение. М.: Химия, 1987, 712 с.
6. Николс Д., Мартин Р., Валлас Б., Фукс П. От нейрона к мозгу: Пер. с англ. - М.: Едиториал УРСС, 2003. – 672 с.
7. Альберт А. Избирательная токсичность. В двух томах. Т. 1 – М.: Медицина, 1989, 400 с., Т. 1 – М.: Медицина, 1989, 432 с.
8. Тимофеев В.С., Серафимов Л.А., Тимошенко А.В. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза. М., Высшая школа, 2010 408 с.
9. Химия и технология ароматических соединений: учебн. пособие / В.Н. Лисицын. – М.: ДеЛи плюс, 2014. – 391с
10. Н.Н.Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. М.: Химия, 1988. – 459с
11. Перевалов В.П., Колдобский Г.И. Основы проектирования и оборудование производств тонкого органического синтеза. – М.: Химия, 1997. – 288с.
12. Коваленко Л.В., Попков С.В., Психоактивные соединения. Химия и биологическая активность: Учебное пособие / М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2012, - 124 с.
13. Захарычев. В.В., Коваленко Л.В. Гербициды с негормональным механизмом действия: Учебное пособие / М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2001, 184 с.
14. Захарычев.В.В. Фитогормоны, их аналоги и антагонисты в качестве гербицидов и регуляторов роста растений: Учебное пособие / М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 1999, 56 с.
15. Захарычев В.В., Грибы и фунгициды.: Учебное пособие / М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2003, 184 с.

«Современные технологии и аналитические методы исследований в производстве лекарственных и косметических средств и в системе допинг- и наркоконтроля»

1. Комов В.П., Шведова В.Н. Биохимия. Учебное пособие. – М.: Дрофа, 2004. – 545с.
2. Пассет Б.В. Основные процессы химического синтеза биологически активных веществ.- М.: ГЭОТАР-МЕД, 2002. 376 с.
3. Биохимия: Учебник / Под ред. Е. С. Северина. – 2-е изд., испр. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2004. – 784 с.: ил. – (Серия «XI век»).
4. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. – М.: Альянс, 2004. – 464с.
5. Практикум и задачник по коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. / Под ред. В.В.Назарова и А.С.Гродского. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 372с.
6. Практикум по технологии косметических средств: коллоидная химия поверхностно-активных веществ и полимеров. / Под ред. В.Е.Кима и А.С.Гродского. – М.: ТОП-Книга, 2002. – 144с.
7. К. Холмберг, Б.Йёнссон, Б.Кроссберг, Б.Линдман. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах. – М.: БИНОМ, 2007. – 528 с.
8. Р. Геннис. Биомембраны. Молекулярная структура и функции. – М.: Мир, 1997. – 624 с.
9. К.Р. Ланге. Поверхностно-активные вещества. Синтез, свойства анализ и применение / пер.с англ. Л.П. Зайченко. С-Пб.: Профессия. – 2005. – 240 с.
- 10.В.И. Ролдугин. Физикохимия поверхности. – Долгопрудный. – Интеллект. – 2008. – 565 с.
- 11.Д. Израелашвили. Межмолекулярные и поверхностные силы / пер. с англ. И.М. Охапкин, К.Б. Зельдович. –М.: Научный Мир. – 2011. – 456 с.
12. Химия и технология ароматических соединений: учебн. пособие / В.Н. Лисицын. – М.: ДеЛи плюс, 2014. – 391с.
- 13.Продукты органического синтеза и их применение: учебн. пособие / Ю.А. Москвичев, В.Щ. Фельдблюм. – СПб: «проспект Науки», 2009. – 376с.
- 14.Степанов Б.И. Введение в химию и технологию органически красителей. М.: Химия, 1984. – 667с.
- 15.Мокрушин В.С., Вавилов Г.А. Основы химии и технологии биоорганических и синтетических лекарственных веществ. Екатеринбург, ВПО Уральский ГТУ-УПИ, 2004. – 357с.
16. Н.Н.Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. М.: Химия, 1988. – 459с.
17. Перевалов В.П., Колдобский Г.И. Основы проектирования и оборудование производств тонкого органического синтеза. – М.: Химия, 1997. – 288с.
18. Основы курсового и дипломного проектирования: учеб. пособие / Шапошников Г.П., Перевалов В.П., Майзлиш В.Е., Борисов А.В. – Иваново, 2010. – 200 с.

19. Государственная Фармакопея Российской Федерации. Издание XI, XII, XIII.
20. Федеральный закон от 12 апреля 2010г. № 61-ФЗ «Об обращении лекарственных средств».
21. ОСТ 64-02-003-2002. «Продукция медицинской промышленности. Технологические регламенты производства. Содержание, порядок разработки, согласования и утверждения».
22. ОСТ 91500-05.001-00. Отраслевой стандарт «Стандарты качества лекарственных средств. Основные положения».
23. Солдатенков А.Т., Колядина Н.М., Шендрик И.В. Основы органической химии лекарственных веществ. М.: Химия, 2002. 188 с.
24. Яхонтов Л.Н., Глушков Р.Г. Синтетические лекарственные средства / Под ред. А.Г. Натрадзе. М.: Медицина, 1983. 272 с.
25. Токсикологическая химия. Аналитическая токсикология. Учебник с электронным приложением /Под ред. проф. Р.У. Хабриева и проф. Н.И. Калетиной. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. — 752 с.
26. Курс лекций проф. Калетиной Н.И. «Система допинг-контроля в РФ», 2011.
27. Высокоэффективная газовая хроматография./ под. ред. К. Хайвера. — М.: Мир, 1993.
28. Стыскин Е.Л., Ициксон Л.Б., Брауде Е.В. Практическая высокоэффективная жидкостная хроматография. — М.: Химия, 1986 г
29. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия в органической химии. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003.
30. Пентин Ю. А., Вилков Л. В. Физические методы исследования в химии. - М.: Мир, 2003.
31. Аверьянова Т.В., Белкин Р.С. «Криминалистика. Учебник для ВУЗов». Учебник. М.: Норма, 2004, С.944.
32. Криминалистика: учебник для вузов / А.Ф. Волынский, Т.В. Аверьянова, И.Л. Александрова и др. // Под ред. А.Ф. Волынского. — М. : Закон и право: ЮНИТИ-ДАНА. 2000. — 615 с.
33. Криминалистика: практикум : Учебное пособие / Под ред. Н. П. Яблокова. - М. : Юристь. 2005. — 573 с.
34. Шурухнов Н.Г. Криминалистика: Учебник. — М.: Изд-во «Эксмо». 2005. — 720 с.
35. Криминология: Учеб. / Под ред. В.Н. Кудрявцева и В.Е. Эминова. 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Юристь, 2007. - 734 с.