

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

**Программа вступительных испытаний
подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре
по направлению
18.06.01 Химическая технология**

Направленность «Технология неорганических веществ»

Направленность «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов»

Направленность «Технология электрохимических процессов и защита от коррозии»

Направленность «Технология органических веществ»

Направленность «Технология и переработка полимеров и композитов»

Направленность «Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ»

Направленность «Процессы и аппараты химических технологий»

Направленность «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов»

Направленность «Мембраны и мембранная технология»

Москва 2019

Разработчики программы:

- член Комиссии университета по разработке образовательных программ высшего образования подготовки научно-педагогических кадров (ПНПК) в аспирантуре – разработчик ПНПК по направлению 18.06.01 – Химическая технология, профессор кафедры технологии основного органического и нефтехимического синтеза, д.х.н., доц. *Р.А. Козловский*,
- заведующий кафедрой технологии неорганических веществ, д.т.н., проф. *А.И. Михайличенко*,
- И.О. заведующего кафедрой технологии электрохимических процессов, к.т.н., проф. *В.Т. Новиков*,
- заведующий кафедрой технологии изотопов и водородной энергетики, д.х.н., проф. *М.Б. Розенкевич*,
- заведующий кафедрой химической технологии углеродных материалов, д.х.н., проф. *Т.В. Бухаркина*,
- И.О. заведующего кафедрой химической технологии пластических масс, д.х.н., проф. *В.В. Киреев*,
- заведующий кафедрой технологии переработки пластмасс, д.т.н., проф. *В.С. Осипчик*,
- заведующий кафедрой процессов и аппаратов химической технологии, д.т.н., проф. *Е.А. Дмитриев*,
- заведующий кафедрой химической технологии керамики и огнеупоров, д.х.н., проф. *А.В. Беляков*,
- заведующий кафедрой химической технологии стекла и ситаллов, д.х.н., проф. *В.Н. Сигаев*,
- заведующий кафедрой композиционных и вяжущих материалов, к.т.н., доц. *С.П. Сивков*,
- заведующий кафедрой мембранной технологии, д.т.н., проф. *Г.Г. Каграманов*,
- заведующий кафедрой композиционных материалов и технологий защиты от коррозии, д.т.н., проф. *Т.А. Ваграмян*.

1. Введение

Программа вступительных испытаний подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре предназначена для лиц, желающих поступить в аспирантуру ФГБОУ ВПО «РХТУ им. Д.И. Менделеева» по направлению подготовки 18.06.01 – «Химическая технология» (направленности: «Технология неорганических веществ», «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов», «Технология электрохимических процессов и защиты от коррозии», «Технология органических веществ», «Технология и переработка полимеров и композитов», «Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ», «Процессы и аппараты химических технологий», «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов», «Мембраны и мембранная технология»).

Программа разработана в соответствии с Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденным приказом Министерства образования и науки РФ от 19 ноября 2013 г. № 1259.

Программа рекомендуется для подготовки к вступительным испытаниям выпускников классических университетов, технологических и технических вузов, а также институтов Российской академии наук, ведущих образовательную деятельность, 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.

Содержание программы базируется на следующих учебных дисциплинах, преподаваемых в РХТУ им. Д.И. Менделеева: «Общая и неорганическая химия» («Неорганическая химия»), «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», «Органическая химия», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Общая химическая технология» («Химическая технология»), «Процессы и аппараты химической технологии» и других учебных дисциплинах подготовки бакалавров, специалистов и магистров, указанных в программах вступительных испытаний по направленностям: «Технология неорганических веществ», «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов», «Технология электрохимических процессов и защиты от коррозии», «Технология органических веществ», «Технология и переработка полимеров и композитов», «Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ», «Процессы и аппараты химических технологий», «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов», «Мембраны и мембранная технология».

Настоящая программа состоит из двух частей – программы по направлению и программ по направленностям, включенным в направление 18.06.01 – «Химическая технология».

2. Содержание программы

2.1. Программа вступительных испытаний по направлению 18.06.01 - Химическая технология

Форма проведения испытаний – устная.

1. Теоретические основы организации химико-технологических процессов

Типы реакторов. Реакторы для газофазных, жидкофазных и многофазных процессов. Реакторы и реакторные узлы для совмещенных процессов. Организация реакторных узлов для высоко экзо- и эндотермических процессов. Достоинства, недостатки и особенности реакторов периодического и непрерывного действия. Аппараты для массообменных процессов в химической технологии. Аппараты для теплообменных процессов в химической технологии.

2. Современные проблемы химической технологии

Сырьевая база химической промышленности. Энергетическая база химической промышленности. Проблемы энерго- и ресурсосбережения. Проблемы экологии химических производств и химической продукции. Проблемы использования альтернативных и нетрадиционных источников сырья.

3. Моделирование ХТП и ХТС

Математическое моделирование - современный метод анализа и синтеза химико-технологических процессов (ХТП) и химико-технологических систем (ХТС). Сущность и цели математического моделирования объектов химической технологии; формы представления информации о ХТП (управления, регрессии, дифференциальные уравнения, интегральные уравнения, конечные и конечно-разностные уравнения). Общий вид систем уравнений материально-тепловых балансов химико-технологических систем (ХТС).

2.2. Программы вступительных испытаний по направленностям

*Программа вступительных испытаний по направленности
«Технология неорганических веществ»*

Физико-химические основы процессов синтеза продуктов технологии неорганических веществ:

1. Физико-химические основы процесса синтеза аммиака.
2. Физико-химические основы процесса синтеза азотной кислоты.
3. Физико-химические основы процесса конверсии природного газа.
4. Физико-химические основы процесса синтеза серной кислоты.

5. Физико-химические основы процесса получения технической фосфорной кислоты.
6. Физико-химические основы процесса получения соды.

Базовые положения гетерогенно-каталитических процессов:

7. Катализ, виды катализа, кинетика гетерогенно-каталитических реакций.
8. Катализ, внешне- и внутридиффузионное торможение гетерогенно-каталитических реакций.

Классификация основных процессов в технологии неорганических веществ:

9. Основные процессы в технологии неорганических веществ. Классификация процессов по разным признакам: физико-химическим, технологическим, продуктовым.

Физико-химические основы методов очистки и разделения газовых и жидкостных потоков и методов получения неорганических продуктов:

10. Кристаллизация. Основные закономерности, способы реализации и особенности процесса в технологии неорганических веществ.
11. Фракционная конденсация. Основные закономерности, способы реализации и особенности процесса в технологии неорганических веществ.
12. Ректификация. Основные закономерности, способы реализации и особенности процесса в технологии неорганических веществ.
13. Абсорбция. Основные закономерности, способы реализации и особенности процесса в технологии неорганических веществ.
14. Адсорбция. Основные закономерности, способы реализации и особенности процесса в технологии неорганических веществ.
15. Ионный обмен. Основные закономерности, способы реализации и особенности процесса в технологии неорганических веществ.
16. Экстракция. Основные закономерности, способы реализации и особенности процесса в технологии неорганических веществ.

Подготовка сырья для синтеза неорганических продуктов:

17. Подготовка сырья. Способы подготовки сырья: дробление, флотация, обжиг, растворение, сепарация.
18. Свойства, применение и способы получения азота, кислорода, инертных газов.
19. Свойства, применение и способы получения водорода, синтез-газа.

Общие принципы в технологии и организации технологических схем производства:

20. Технология аммиака. Блок-схема производства. Свойства и применение аммиака.
21. Технология азотной кислоты. Блок-схема производства. Свойства и применение азотной кислоты.

22. Серная кислота. Свойства и применение. Способы производства из различного сырья.
23. Соляная кислота. Свойства и применение. Способы производства.
24. Фтористоводородная кислота. Свойства и применение. Способы производства.
25. Фосфорная кислота. Свойства и применение. Производство технической фосфорной кислоты из апатита.
26. Производство технической фосфорной кислоты из фосфоритов.
27. Азотсодержащие удобрения. Способы получения. Свойства и применение.
28. Фосфорсодержащие удобрения. Способы получения. Свойства и применение.
29. Калийсодержащие удобрения. Способы получения. Свойства и применение.
30. Комплексные удобрения. Способы получения. Свойства и применение.
32. Карбид кальция. Способы получения. Свойства и применение.
33. Термический фосфор, термическая фосфорная кислота. Способы получения. Свойства и применение.

Соли, реактивы, способы их получения:

34. Соли и неорганические реактивы. Классификация, свойства и применение (сульфаты, нитраты, хлориды, фосфаты). Основные способы получения.
35. Особо чистые вещества. Классификация, природа примесей, методы глубокой очистки. Требования к конструкционным материалам.
36. Диаграммы фазовых равновесий. Применение диаграмм растворимости для анализа процессов производства солей.

Решение вопросов экологии в технологии неорганических веществ:

37. Защита окружающей среды от выбросов оксидов азота в производстве азотной кислоты.
38. Защита окружающей среды от выбросов сернистого газа в производстве серной кислоты.
39. Защита окружающей среды от выбросов фтористых соединений в производстве минеральных удобрений

*Программа вступительных испытаний по направленности
«Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов»*

Применение материалов на основе редких, рассеянных и радиоактивных элементов для современной энергетики:

1. Развитие и роль ядерной энергетики. Экологические характеристики различных способов производства энергии.
2. Применение редких металлов и их соединений в ядерной энергетике.

3. Неядерные области применения редких металлов, сплавов и соединений редких металлов.
4. Понятие «редкий элемент». Специфика технологии редких элементов. Цель, иерархия целей, характеристики и типичные стадии технологических процессов.

Ресурсная база для производства редких, рассеянных и радиоактивных элементов:

5. Понятие о минерале и руде. Типы месторождений и основные стадии рудообразования.
6. Основные природные и техногенные источники редких металлов, динамика их использования и расширения запасов.

Базовые процессы переработки минерального и техногенного сырья редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Процессы подготовки руд и обогащение:

7. Подготовки руд и обогащение. Физико-химические основы процессов механической обработки и измельчения руд редких, рассеянных и радиоактивных элементов.
8. Методы дробления, измельчения минерального и техногенного сырья и оборудование в технологии редких, рассеянных и радиоактивных элементов.
9. Разделение частиц измельченной руды (обогащение). Виды и физико-химические основы процессов обогащения руд редких, рассеянных и радиоактивных элементов.
10. Обезвреживание отходов процессов первичной переработки руд. Экономическая оценка процессов первичной переработки руд.

Процессы разложения рудных концентратов. Растворение и выщелачивание:

11. Физико-химические основы процессов разложения и выщелачивания рудных концентратов.
12. Особенности кислотного, щелочного и карбонатного выщелачивания. Растворение во фтористоводородной кислоте.
13. Высокотемпературные операции – спекание, сульфатизация, обжиг. Разложение концентратов в плазме.
14. Разновидности и принципы организации выщелачивания (агитационное и перколяционное, при атмосферном и повышенном давлении, с механическим и пневматическим перемешиванием, выщелачивание в каскадах, в автоклавах, с замесом, подземное, кучное и бактериальное выщелачивание).
15. Методы интенсификации выщелачивания. Механическая активация. Применение пульсаций, вибрации и ультразвука.
16. Механические операции, сопутствующие выщелачиванию – сгущение, классификация, отстаивание, декантация.

Переработка рудных щелоков и аффинажные процессы. Ионный обмен:

17. Требования к чистоте материалов ядерной энергетики. Основные примеси, присутствующие в минеральном сырье. Их поведение в процессе переработки.
18. Очистка технологических растворов от кремния, железа, радиоактивных примесей.
19. Ионообменные материалы: синтез, строение, классификация, физико-химические и технологические свойства.
20. Физико-химические основы статики и динамики ионного обмена и ионообменной хроматографии.
21. Ионообменная технология в гидрометаллургии редких металлов.

Жидкостная экстракция:

22. Физико-химические основы экстракционных процессов и особенности их применения в технологии редких, рассеянных и радиоактивных элементов.
23. Экстрагенты, их смеси и разбавители: классификация, свойства, основы синтеза, селективность, механизмы экстракции, синергетный и антагонистический эффект.
24. Аффинажные экстракционные процессы, особенности разделения близких по свойствам редких, рассеянных и радиоактивных элементов.
25. Жидкостная экстракция в технологии редких, рассеянных и радиоактивных металлов.

Осаждение и сушка:

26. Осаждение и сушка как заключительные стадии гидрометаллургического передела.
27. Теория и методы осаждения из растворов. Перекристаллизация и дробная кристаллизация. Золь-гель процесс как особый вид осаждения.
28. Механические и физико-химические операции, сопутствующие осаждению – отмывка осадка, фильтрация, центрифугирование.
29. Теория и методы сушки. Применение сушки в технологии редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Технология оксидов, фторидов и хлоридов редких металлов:

30. Технология оксидов, фторидов, хлоридов редких, рассеянных и радиоактивных элементов.
31. Физико-химические основы взаимодействия твердых веществ с газами. Разновидности способов организации взаимодействия порошкообразных веществ с газами: неподвижный, перемешиваемый, вибрирующий, фонтанирующий, взвешенный, фильтрующий и вихревой слой.
32. Кинетика и термодинамика фторирования и хлорирования. Роль добавок углерода при хлорировании. Особенности восстановления высших оксидов. Разделение и очистка летучих галогенидов: ректификация,

селективная сорбция, селективное восстановление или разложение, солевая очистка. Аппаратура для фторирования и хлорирования.

33. Процессы в солевых расплавах. Фторирование и хлорирование отдельных концентратов.

34. Технологические процессы в пламени. Разновидности и особенности процессов в плазме.

35. Вспомогательные процессы: конденсация, десублимация, пылеулавливание, газоочистка.

Металлургия: металлотермия, электролиз, плавка, рафинирование металлов:

36. Металлургия редких металлов, методы и формы получения изделий. Физико-химические и технологические основы выбора восстановителей для получения редких металлов и урана из оксидов, хлоридов и фторидов.

37. Классификация металлотермических способов восстановления и их краткая характеристика. Получение слитков металлов, лигатур и сплавов.

38. Кальциетермия и магниетермия. при получении U из тетрафторида, редких металлов из трифторидов.

39. Получение губки редких металлов. Процесс Кроля. Получение порошкообразных металлов методом металлотермии и карботермии.

40. Натриетермия при восстановлении комплексных фторидов Nb и Ta.

41. Водородное восстановление оксидов и галогенидов редких металлов (Mo, W из оксидов, хлоридов и фторидов, Ta и Nb из галогенидов). Нанесение покрытий и получение порошков.

42. Электролиз. Плавкость солевых систем. Строение расплавленных солей и принципы выбора электролита. Физико-химические свойства солевых систем. Процессы электролитического получения Li, Be, Ti, Zr и др. редких металлов.

43. Рафинирование редких металлов и урана. Иодидное рафинирование тугоплавких металлов. Электронно-лучевой переплав, электролитическое рафинирование. Дистилляция. Литье и плавка редких металлов.

44. Порошковая металлургия. Общая характеристика и технологические свойства металлических порошков. Основы формования, спекания и обработки изделий из порошков редких металлов.

Химия и технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов:

45. Химия и технология лития, бериллия, стронция.

46. Химия и технология скандия, иттрия, лантана и лантаноидов.

47. Химия и технология урана и тория.

48. Химия и технология керамического ядерного топлива на основе соединений урана, плутония и тория.

49. Химия и технология переработки отработавшего ядерного топлива.

50. Химия и технология титана, циркония, гафния, ниобия и тантала.

51. Химия и технология молибдена, вольфрама, рения и осмия.

Переработка отходов и охрана природы:

52. Основные и сопутствующие минералы в рудах и концентратах радиоактивных и редких металлов. Поведение их на различных стадиях переделов. Методы переработки (обезвреживания) отходов.

53. Обращение с радиоактивными отходами, образующимися при производстве ядерного топлива и при переработке отработавшего ядерного топлива.

54. Принципы устройства хвостохранилищ. Пути снижения расхода свежей воды в гидрометаллургических производствах. Реализация принципов малоотходного производства в технологии редких металлов.

Программа вступительных испытаний по направленности «Технология электрохимических процессов и защита от коррозии»

1. Растворы электролитов

Законы Фарадея. Кулометры. Выход по току и по энергии. Вторичные и побочные процессы при электролизе.

Проводимость. Классификация проводников. Единицы электропроводности. Методы измерения электропроводности растворов. Влияние концентрации на электропроводность. Отношение эквивалентных электропроводностей. Классификация электролитов. Закон независимого движения ионов. Ионные проводимости. Кондуктометрическое титрование. Электропроводность неводных растворов. Влияние на нее вязкости, диэлектрической постоянной растворителя.

Абсолютные скорости и подвижности ионов. Аномальная подвижность ионов водорода и гидроксила. Числа переноса ионов, методы экспериментального определения чисел переноса. Регулирующее соотношение Кольрауша.

Парциальные молярные величины. Термодинамические и химические потенциалы. Стандартное состояние. Неидеальные растворы. Различные формы выражения для активностей и коэффициенты активности. Активность и коэффициенты активности электролитов и отдельных ионов. Способы определения коэффициентов активности. Уравнение Гиббса-Дюгема. Плотность заряда, потенциал и толщина ионной атмосферы. Правило ионной силы и предельный закон Дебая-Гюккеля. Уравнение Дебая-Гюккеля при высоких частотах и градиентах потенциала.

Ассоциация ионов. Теория Бьеррума. Ионные тройники и минимум электропроводности.

2. Обратимые элементы

Обратимые и необратимые элементы. Измерение ЭДС обратимого элемента. Связь ЭДС с константой равновесия и изменение изобарно-изотермического потенциала. Уравнение Томсона и Гиббса-Гельмгольца.

Концентрационные элементы с одним электролитом. Концентрационные элементы без переноса и с переносом. Определение коэффициентов активности с помощью концентрационных цепей.

Диффузионные потенциалы. Тип границы и диффузионный потенциал. Уравнения для определения величины диффузионных потенциалов. Способы устранения влияния диффузионных потенциалов при измерении ЭДС.

Уравнения Нернста и водородная шкала электродных потенциалов. Правило знаков. Стандартные потенциалы. Обратимые электроды 1, 2, 3 рода.

Окислительно–восстановительные электроды. Измерение электродных потенциалов. Электроды сравнения и электроды для измерения рН. Правило Лютера. Потенциометрическое титрование.

3. Равновесные свойства заряженных межфазных границ

Скачки потенциалов на фазовых границах. Поверхностный, внутренний и внешний потенциалы. Гальвани – потенциал. Вольта – потенциал. Электрохимический потенциал и условие равновесия в электрохимической системе. Реальный потенциал и работа выхода. Выражение ЭДС через сумму гальвани – и вольта – потенциалов. Выражение вольта – потенциала через работу выхода электрона.

Идеально – поляризуемый и неполяризуемый электроды. Механизм возникновения ДЭС. Понятие о нулевом растворе.

Адсорбционный метод исследования ДЭС. Понятие о поверхностной фазе и поверхностном избытке. Электрокапиллярные явления. Адсорбционное уравнение Гиббса. Основное уравнение электрокапиллярности. I и II уравнение Липманна. Расчеты плотности заряда и относительных поверхностных избытков из результатов электрокапиллярных измерений.

Электрокапиллярные свойства твердых электродов. Нулевые точки металлов. Связь между точками нулевого заряда и вольта – потенциалом. Дифференциальная и интегральная емкость ДЭС. Методы измерения емкости. Эквивалентные схемы. Исследования строения ДЭС методом кривых заряжения. Потенциодинамический метод исследования строения ДЭС. Влияние потенциала электрода и состава раствора на емкость ДЭС.

Теория Гельмогольца, Гуи – Чапмена, Штерна и Грэма. Распределение потенциала в ДЭС в отсутствие специфической адсорбции. Особенности строения слоя, связанные с дискретным характером специфически адсорбированных ионов. Теория ДЭС при адсорбции органических веществ.

Изотермы адсорбции (Ленгмюра, Темкина, Фрумкина). Методы расчета компонентов заряда и скачков потенциала в ДЭС.

4. Кинетика электродных процессов

Поляризация и перенапряжение. Знак перенапряжения. Методы измерения поляризации. Стадии гетерогенной реакции. Потенциал – определяющая стадия. Классификация перенапряжений.

Суммарный поток реагентов к электроду (продуктов реакции от электрода) и его составляющие. Уравнение первого закона Фика и его применение для расчета суммарного потока к электроду. Распределение концентраций реагентов и продуктов реакции в приэлектродной зоне раствора в стандартных условиях. Предельный ток диффузии при стационарном режиме. Диффузионное уравнение Нернста. Эффективная толщина диффузионного слоя (ВДЭ, плоский электрод в условиях естественной и вынужденной конвекции). Влияние миграции на величину предельного тока в отсутствие и в присутствии фонового электролита. Экзальтация миграционного тока.

Диффузионное перенапряжение и вольтамперные характеристики для различных систем: восстановление металла из простых и комплексных ионов на твердом катоде, восстановление металлов с образованием амальгам, процессов в окислительно – восстановительных системах.

Потенциал полуволны. Омическое падение потенциала в диффузном слое. Зависимость концентрации от времени при наличии диффузии, миграции и конвекции. Второй закон Фика. Эффективный коэффициент диффузии электролита. Нестационарная диффузия к плоскому электроду при потенциостатических условиях. Распределение концентрации, диффузный ток и эффективная толщина диффузного слоя как функция времени.

Нестационарная диффузия к плоскому электроду при гальваностатических условиях. Концентрация окисленной и восстановленной форм у поверхности электрода. Переходное время. Уравнение Караогланова.

Нестационарная диффузия к сферическому электроду при потенциостатических условиях. Относительный вклад стационарного и нестационарного членов. Зависимость силы диффузионного тока от времени для электрода в виде растущей капли. Уравнение Илькевича для мгновенного и среднего токов. Учет движения поверхности капли навстречу раствору.

Принципиальная схема полярографической установки. Уравнение ток – потенциал в классической полярографии. Количественный и качественный полярографический анализ. Полярографические максимумы, подавление максимумов и использование их в аналитических целях.

Химическое перенапряжение. Процессы, контролируемые медленной предшествующей (последующей) гетерогенной стадией. Уравнение Тафеля. Плотность тока обмена. Зависимость перенапряжения от плотности тока при малых отклонениях от равновесия. Предельный кинетический ток.

Электрохимическое перенапряжение. Электронные термы. Влияние скачков потенциалов в ДЭС на энергию активации.

Уравнение Фольмера. Предельные случаи. Уравнение Фрумкина.

Влияние состава раствора на перенапряжение при выделении водорода. Влияние состава раствора на электровосстановление анионов. Влияние температуры на скорость электрохимической реакции.

Поляризация, связанная с образованием новой фазы. Поверхностная диффузия при электроосаждении металлов. Закономерности смешанной кинетики (стадии диффузии и электрохимическая стадия).

Электрохимические реакции с последовательным переносом электронов. Порядок электрохимической реакции и стехиометрическое число.

*Программа вступительных испытаний по направленности
«Технология органических веществ»*

1. Исходные вещества для процессов основного органического и нефтехимического синтеза.

Теоретические основы, способы и технологические схемы получения парафинов, олефинов, диенов, ароматических углеводородов, ацетилена, оксида углерода, синтез-газа, водорода.

2. Процессы галогенирования.

Теоретические основы, способы и технологические схемы получения галогенпроизводных. Процессы радикально-цепного хлорирования. Процессы ионно-каталитического хлорирования. Сочетание процессов хлорирования. Процессы фторирования.

3. Процессы гидролиза, гидратации, дегидратации, этерификации и амидирования.

Химия и теоретические основы процессов. Производство хлоролефинов и α -оксидов щелочным дегидрохлорированием. Производство спиртов и фенолов щелочным гидролизом. Гидратация олефинов и ацетилена. Процессы получения эфиров и амидов карбоновых кислот.

4. Процессы алкилирования.

Химия и теоретические основы процессов. Технологии алкилирования ароматических углеводородов, фенолов, парафинов. Алкилирование по атомам кислорода, серы и азота. Процессы β -оксиалкилирования. Процессы винилирования. Синтез кремнийорганических соединений. Алюминийорганические соединения и синтезы на их основе.

5. Процессы сульфатирования, сульфирования и нитрования.

Химия, теоретические основы процессов, технологические схемы процессов сульфатирования спиртов и олефинов, сульфирования алкенов и ароматических углеводородов, сульфохлорирования и сульфоокисления парафинов, нитрования ароматических соединений и парафинов.

6. Процессы окисления.

Радикально-цепное окисление: получение гидропероксидов; совместное производство фенола и ацетона; окисление парафинов, нафтенов и их производных; окисление метилбензолов в ароматические кислоты; окисление насыщенных альдегидов и спиртов; получение пероксида водорода.

Гетерогенно-каталитическое окисление: окисление олефинов по насыщенному атому углерода; окислительный аммонолиз; синтез фталевого и малеинового ангидридов; производство оксида этилена и оксида пропилена.

Окисление в присутствии металлокомплексных катализаторов: эпоксидование ненасыщенных соединений; производство оксида пропилена; производство ацетальдегида из этилена.

7. Процессы гидрирования и дегидрирования.

Теоретические основы процессов. Термодинамика реакций гидрирования и дегидрирования. Катализаторы процессов. Химия и технология дегидрирования: дегидрирование и окисление спиртов; производство стирола и его гомологов; производство бутадиена, изопрена и пропилена.

Химия и технология гидрирования: гидрирование углеводородов; гидрирование кислородсодержащих соединений; гидрирование азотсодержащих соединений; технологии гозофазного и жидкофазного гидрирования.

8. Синтезы на основе оксида углерода.

Химия, теоретические основы процессов, технологические схемы процессов Фишера-Тропша; синтеза метанола; карбонилирования метанола; карбоксилирования ненасыщенных углеводородов; оксосинтеза; получения муравьиной кислоты.

9. Процессы конденсации по карбонильной группе.

Химия, теоретические основы процессов, технологические схемы процессов получения дифенилолпропана; циклогексаноноксима и капролактама; 2-этилгексанола; пентаэритрита; окиси мезитила; ацетонциангидрина. Синтез ацеталей и реакция Принса. Получение изопрена.

10. Использование возобновляемых источников сырья в технологии органических веществ.

Переработка жиров и масел: получение карбоновых кислот, спиртов, углеводородов, биотоплив (биодизелей), глицерина. Переработка глицерина: гидрирование, окисление, дегидратация. Переработка молочной кислоты: получение алкиловых эфиров (зеленых растворителей), пропиленгликоля, акриловой кислоты и ее эфиров, пропиленгликоля, лактида. Переработка других карбоновых кислот, получаемых микробиологически из возобновляемого сырья.

1. Основы технологии и синтеза полимеров

1.1. Классификация полимеров.

Принципиальные особенности строения и свойств полимеров, их основные отличия от низкомолекулярных соединений. Номенклатура полимеров.

1.2. Основные реакции синтеза полимеров.

1.2.1. Полимеризация.

Основные особенности реакций полимеризации. Радикальная полимеризация. Механизм и основные стадии полимеризации (инициирование, рост, обрыв и передача цепи). Ингибирование и регулирование радикальной полимеризации. Кинетика радикальной полимеризации. Влияние строения мономера на процесс полимеризации. «Живые» полимеры. Ионная сополимеризация. Стереоспецифическая полимеризация и ее особенности. Катализаторы реакции. Механизм образования стереоспецифических полимеров и их характеристика. Полимеризация циклических соединений. Технические способы проведения полимеризации: в массе, в растворе, в эмульсии и суспензии.

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. Соплимеры 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. Сырье для получения политетрафторэтилена. Производство политетрафторэтилена в суспензии и эмульсии. Химические и физико-механические свойства политетрафторэтилена. Его сополимеры с гексафторпропиленом (тефлон 100) и другими мономерами. Особенности переработки фторопластов, их свойства и применение.

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.

1.2.2. 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.

Полиэффиры.

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.

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 полиэффиры. Механизм и особенности образования ненасыщенных полиэфиров, их классификация. Свойства и применение ненасыщенных полиэфиров. Стеклопластики и пресслитневые материалы на основе ненасыщенных полиэфиров, их получение и свойства.

Полиэффиры 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. Другие типы полиэфиров. 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 непрерывным способами. Свойства капролактама.

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

Полиимиды. Основные реакции получения полиимидов. Исходные продукты для получения полиимидов. Отверждение и свойства покрытий на основе полиимидов.

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 аппаратное 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.

Фенолальдегидные олигомеры. Механизм и особенности реакций образования фенолформальдегидных олигомеров. Новолачные олигомеры, механизм и условия образования, периодический и непрерывный способ производства. Резольные олигомеры, механизм и условия образования, промышленное производство. Процесс отверждения фенолформальдегидных олигомеров. Материалы на основе фенолформальдегидных олигомеров. Пресспорошки, их производство, свойства, переработка и применение. Волокнистые и слоистые прессматериалы, их свойства и применение. Лакокрасочные материалы на основе фенолформальдегидных олигомеров, свойства 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. Свойства полимеров и материалов на их основе. Методы их оценки.

1.3.1. 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, сферолиты 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.

1.3.2. 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.

1.3.3. Компоненты полимерных 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. Антистатики. Антипирены.

Пути регулирования свойств полимерных материалов.

1.3.4. Методы приготовления полимерных материалов.

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

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

Технологические процессы получения полимерных материалов.

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.

Получение лакокрасочных покрытий на подложке. Адгезия полимеров, различные теории адгезии. Формирование покрытий из органодисперсий. Формирование покрытий из водных дисперсий. Структура и свойства тонких полимерных покрытий. Специфика формирования покрытий из порошковых материалов.

Прочностные и деформационные свойства лакокрасочных материалов. Проницаемость полимерных покрытий.

Методы пропитки волокнистых и листовых наполнителей.

Контроль технологических свойств полимерных материалов.

1.3.5. 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. Математическое описание процессов течения расплавов и возможности его моделирования на ЭВМ.

Вязкость при сдвиговом течении. Температурная зависимость вязкости. Энергия 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".

Реологические свойства структурирующихся полимерных систем. Реологические свойства термореактивных полимеров и резиновых смесей. Основные закономерности и эффекты, протекающие при деформировании материалов на основе реакционно-способных олигомеров. Реологические основы создания литьевых термореактивных материалов. Явление

сверханомалии вязкости. Внутренний срыв. Бессдвиговое течение наполненных олигомеров. Методы и приборы для изучения реологических свойств реактопластов, каучуков и резиновых смесей.

1.3.6. 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.

1.3.7. 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.

2. Основные процессы переработки полимеров

Современное состояние промышленности переработки пластмасс и промышленности лакокрасочных материалов, перспективы развития. Рациональное использование полимерных материалов при производстве изделий, лаков и красок. Сокращение отходов производства. Утилизация отходов. Связь этих проблем с охраной окружающей среды.

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

Методы получения лакокрасочных материалов различных типов. Сравнительные объемы производства лакокрасочных материалов различных типов. Тенденции развития отрасли.

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.

Технологические схемы процесса производства лакокрасочных материалов различных типов. Основные стадии процессов. Основное оборудование для получения жидких и порошковых лакокрасочных материалов. Вспомогательное оборудование.

Особенности переработки термопластичных и термореактивных материалов.

2.2. 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.

2.3. Формование изделий из термопластичных материалов.

2.3.1. Формование в вязкотекучем состоянии.

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.

2.3.2. 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.

2.3.3. 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.

2.3.4. Специальные методы.

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

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 «формоустойчивость» изделий.

Способы:

штампование; пневмо- и вакуумформование (негативное, позитивное, с предварительной вытяжкой). Комбинированные способы. Выбор способа, исходя из конфигурации изделия и требований к его качеству.

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.

Прессование.

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

Использование отходов.

Интенсификация процесса. Использование роторного прессования, роторных и автоматизированных линий.

Прессование листов из слоистых прессматериалов.

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.

Изделия из газонаполненных пластмасс.

Виды газонаполненных материалов. Их свойства, применение. Вспенивающие вещества.

Основные особенности получения газонаполненных изделий.

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

2.3.5. Обработка изделий.

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

Особенности склеивания изделий. Способы сварки.

3. Технология получения лакокрасочных покрытий

Теория коррозии металлов и основы антикоррозионной защиты (типы коррозии металлов, типы коррозионных сред, теории пассивности металлов, влияние различных факторов на коррозию, методы защиты от коррозии).

Методы подготовки поверхности металла к окраске. Механические методы, термические методы, химические методы.

Нанесение конверсионных покрытий. Типы конверсионных покрытий (кристаллическое и аморфное фосфатирование, хроматирование, оксидирование).

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.

3.1. 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.

3.2. Расчет аппаратуры для синтеза пленкообразующих веществ и получения наполненных лакокрасочных материалов.

Технологические схемы получения пленкообразующих материалов различных классов.

Типы реакционных аппаратов. Критерии выбора оснастки реакторов, типа обогрева, мешалок. Материальный баланс. Тепловой и механический расчет реакторов. Типы, оснастка и расчет смесителей. Оборудование для измельчения. Вспомогательное оборудование. Оборудование для очистки лаков.

Оборудование для диспергирования пигментов и наполнителей в пленкообразующих материалах (бисерные мельницы, диссольтеры, шаровые мельницы и др.). Оборудование для очистки эмалей. Вспомогательное оборудование.

Технологические способы получения эмалей. Достоинства и недостатки.

Специфика выбора оборудования для получения водно-дисперсионных красок.

Критерии выбора оборудования для фильтрации.

Оборудование для получения порошковых красок (экструдеры, смесители, оборудование для измельчения).

Оборудование для производства пигментов.

Контрольно-измерительные приборы.

*Программа вступительных испытаний по направленности
«Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ»*

Общие научные основы и закономерности процессов переработки природных энергоносителей и углеродных материалов

1. Химизм процессов полукоксования и коксования ТГИ. Первичные и вторичные продукты. Аналогии и различия с термическим крекингом и пиролизом углеводородов.
2. Радикально-цепной механизм на примере термического крекинга и пиролиза. Инициаторы и ингибиторы.
3. Механизм каталитического крекинга и алкилирования углеводородов.
4. Простые и сложные реакции. Кинетическая модель гомогенных реакций различных порядков.
5. Понятие интегральной и дифференциальной селективности. Связь этих величин. Применение к расчету оборудования.
6. Гетерогенный катализ. Основные теории гетерогенного катализа.
7. Области протекания гетерогенного процесса для пористых частиц. Распределение концентраций реагента по длине поры.
8. Гетерогенно-каталитический процесс на внешней поверхности катализатора. Математическая модель процесса для реакции различных порядков.
9. Основы расчета технологического оборудования по математическим моделям.
10. Основы расчета технологического оборудования по практическим данным.
11. Основы энерготехнологических расчетов в промышленности энергоносителей.
12. Физические процессы в промышленности ПЭ и УМ.

Научные основы процессов переработки нефтяного и газового сырья

1. Основные стадии промышленных процессов получения метанола из первичного сырья (нефти, природного газа, ТГИ).
2. Технология каталитических процессов переработки нефти. Каталитический крекинг, риформинг.
3. Технология фракционирования нефтей.
4. Основные схемы нефтепереработки нефтей по различным направлениям.
5. Технология процессов синтеза Фишера-Тропша.
6. Технология конверсии метана в смеси СО и Н₂.
7. Основные технологические стадии промышленных процессов производства моторного топлива из нефтяного сырья и на базе твердых природных энергоносителей.
8. Перспективные процессы переработки природного газа и ТГИ, ориентированные на производство углеводородов.

Химическая технология твердых топлив

1. Технология высокотемпературной переработки ТГИ. Коксование углей.
2. Технология газификации ТГИ.
3. Технология низкотемпературной переработки ТГИ. Экстракция, гидрогенизация углей.

Химическая технология углеродных материалов

1. Химизм получения металлургического кокса и искусственного графита.
2. Технология получения углеродных волокон.
3. Технология получения углеграфитовых материалов.
4. Технология получения сажи.
5. Технология получения углеродных композитов.
6. Технология получения твердого углерода из газовой фазы.
7. Технология получения искусственных алмазов.

Программа вступительных испытаний по направленности «Процессы и аппараты химических технологий»

1. Гидродинамика

Модель сплошной среды. Основные гидродинамические величины. Уравнение неразрывности. Уравнения Эйлера и Навье-Стокса. Течение жидкостей по трубам и каналам. Пленочное течение. Коэффициенты трения. Гидравлические машины.

2. Типовые модели структуры потоков в аппаратах непрерывного действия

Модель идеального смешения. Вывод дифференциального уравнения модели. Вид функции отклика модели на стандартные возмущения. Частотные характеристики модели. Условия реализуемости принятых допущений в приложении к аппаратам химической технологии. Модель идеального вытеснения. Вывод дифференциального уравнения модели. Передаточная функция. Вид функции отклика и частотные характеристики модели. Сравнительная оценка идеальных моделей. Учет рассеяния по времени пребывания. Ячеечная модель. Вывод уравнения предельного перехода к модели идеального вытеснения. Диффузионная модель. Комбинированные (многопараметрические) модели. Байпасирование. Последовательное и параллельное включение ячеек идеального смешения и вытеснения. Модель с застойной зоной.

3. Гидромеханические процессы (разделение неоднородных систем).

Внешняя задача гидродинамики. Обтекание твердых тел. неподвижные зернистые слои. Гидродинамика псевдооживленных слоев. Осаждение, отстойники. Фильтрация суспензий и неоднородных газовых систем.

4. Химическая термодинамика

Система. Состояние системы. Уравнения состояния. Энергия. Работа. Теплота. Нулевой и первый законы термодинамики. Основные законы термохимии. О равновесных и обратимых процессах. Второй и третий законы термодинамики. Эксергия.

5. Теплообменные процессы.

Теплопроводность, конвективный теплообмен, тепловое излучение. Закон Фурье и уравнение Фурье-Кирхгофа. Теплоотдача и теплопередача. Движущая сила. Коэффициенты теплоотдачи и их расчет при движении в трубах и каналах. Конденсация и кипение. Поверхностные, смесительные и регенеративные теплообменники. Расчет теплообменных аппаратов.

6. Массообменные процессы

Диффузия, закон Фика. Уравнения неразрывности, конвективной диффузии. Движущие силы. Коэффициенты массоотдачи, массопередачи. Материальные балансы, рабочие линии. Расчет массообменных аппаратов с непрерывным и ступенчатым контактом фаз. Методы расчета на основе понятия теоретической ступени разделения и на основе коэффициентов массопередачи.

7. Сушка. Математические модели и аппараты.

Кинетика сушки. Контактные сушилки. Сушилки со стационарным слоем. Сушилки с псевдоожиженным и движущимся слоем. Особенности математического описания сушилок.

8. Кристаллизация. Математические модели и аппараты.

Описание роста кристаллов и зародышеобразования. Типы используемых кристаллизаторов. Математические модели кристаллизаторов различного типа.

9. Абсорбция. Математические модели и аппараты.

Равновесие и массопередача в системах жидкость–газ. Типы абсорбционных аппаратов, их математическое описание.

10. Перегонка и ректификация. Математические модели и аппараты.

Ректификационные аппараты. Их типы. Описание равновесия в системах жидкость–пар. Расчет ректификационных аппаратов.

11. Экстракция. Математические модели и аппараты.

Равновесие и массопередача в системах жидкость–жидкость. Типы используемых экстракционных аппаратов. Математические модели колонных экстракторов.

12. Мембранные процессы разделения

Общая характеристика мембранных способов разделения смесей. Их классификация. Виды мембран. Описание процесса переноса в мембранах.

13. Гомогенные химические реакторы

Гомогенные изотермические реакторы. Классификация реакторов по гидродинамическому признаку. Реактор периодического действия. Проточный реактор с мешалкой. Каскад реакторов идеального смешения. Оптимальное соотношение объемов реакторов в каскаде. Реактор с продольным перемешиванием потока (ламинарный и турбулентный режимы). Выбор типа реактора с учетом селективности реакции. Автотермические реакторы. Устойчивость работы адиабатических и политропических реакторов. Взаимосвязь устойчивости и селективности.

14. Гетерогенные химические реакторы

Гетерогенные каталитические реакторы, классификация каталитических реакторов по конструктивному и гидродинамическим признакам. Одно- и многослойные реакторы со стационарным слоем катализатора. Квазигомогенная и гетерогенная модели. Горячие точки в реакторе со стационарным слоем катализатора. Реакторы с псевдооживленным слоем катализатора. Реакторы с движущимся слоем катализатора.

15. Моделирование и анализ ХТП и ХТС.

Постановка задачи разработки математической модели химико-технологического процесса (ХТП). Два подхода к составлению математической модели ХТП: детерминированный и стохастический. Возможности и сферы использования этих подходов к математическому моделированию ХТП. Общая характеристика химико-технологических систем (ХТС) как объектов исследования. Виды типовых технологических операторов ХТС. Понятия малоотходных и ресурсосберегающих химико-технологических систем (ХТС). Виды критериев эффективности ХТС. Основные свойства ХТС. Классификация химико-технологических систем (ХТС) по особенностям технологической структуры, или топологии. Классификация ХТС по способу функционирования. Классификация моделей и понятие идентификации химико-технологических систем (ХТС). Основные сведения о проектировании и эксплуатации ХТС. Понятия анализа, оптимизации и синтеза ХТС. Операторно-символические математические модели химико-технологических систем (ХТС). Прямые методы идентификации статических режимов ХТС.

1. Силикаты и другие тугоплавкие соединения в различных состояниях.

Химическая связь в силикатах и другие тугоплавких соединениях. Структура кристаллических силикатов и их классификация. Полиморфизм. Политипизм. Дефекты кристаллической решетки. Расплавы силикатов. Особенности жидкого состояния и строение расплавов силикатов. Силикаты в стеклообразном состоянии. Гипотезы строения стекла.

Силикаты в высокодисперсном состоянии. Устойчивость и коагуляция коллоидных силикатных систем. Коллоидные свойства кремнезема, гели кремневой кислоты.

2. Физико-химические основы процессов при синтезе силикатных и других тугоплавких соединений.

Диссоциация. Константа равновесия и упругость диссоциации и их зависимость от температуры для карбонатов, сульфатов и нитратов.

Дегидратация. Формы связи воды в твердых телах и ее структурное состояние. Факторы, влияющие на процесс дегидратации. Поведение веществ и структурные изменения при дегидратации. Энтальпия дегидратации.

Твердофазовые реакции. Общие сведения и значение гетерогенных реакций для технологии силикатных и других тугоплавких материалов. Виды и механизм диффузии при твердофазовых реакциях и стадии, лимитирующие их скорость. Теория Таммана-Хедвала. Особенности реакций в твердом состоянии и факторы, влияющие на их скорость. Роль жидкой и газовой фаз при твердофазовых реакциях.

Спекание. Виды спекания. Механизм твердофазового спекания по Френкелю и Пинесу. Кинетика процесса спекания. Факторы, влияющие на процесс спекания. Влияние спекания на структуру и свойства материалов.

Рекристаллизация. Сущность, признаки и движущая сила процесса рекристаллизации. Механизм и кинетика процесса рекристаллизации. Факторы, влияющие на скорость рекристаллизации, ее влияние на микроструктуру и свойства материалов.

Плавление. Плавление как фазовый переход первого рода. Температура плавления и ее связь с теплотой плавления и изменением энтропии. Внутренние и внешние факторы, влияющие на температуру плавления.

Кристаллизация. Образование центров кристаллизации и рост кристаллов. Склонность расплавов силикатов к переохлаждению. Механизм роста кристаллов в сильно и слабо пересыщенных расплавах. Кривые Таммана. Значение процесса кристаллизации в технологии силикатов и его влияние на свойства материалов.

3. Общая технология вяжущих материалов.

Общие признаки вяжущих материалов, закономерности проявления вяжущих свойств. Классификация вяжущих материалов.

Технология, свойства и применение гипсовых вяжущих материалов.

Технология, свойства и применение портландцемента. Химико-минералогический состав портландцементного клинкера. Сырьевые материалы для производства портландцемента. Способы производства портландцемента. Процессы синтеза портландцементного клинкера во вращающихся печах при различных способах производства. Охлаждение клинкера. Измельчение клинкера и получение цемента.

Гидратация портландцемента. Химические реакции и фазовый состав продуктов гидратации. Механизм процессов гидратации и твердения портландцемента. Формирование структуры цементного камня.

4. Общая технология керамики и огнеупоров.

Структура керамического материала. Классификация керамических материалов и изделий по составу, структуре и областям применения.

Подготовка формовочных смесей: подготовка порошков, классификация, смешивание порошков и введение временной технологической связки.

Формование керамического полуфабриката: полусухое прессование, пластическое формование, литье из водных и неводных суспензий. Режимы удаления временной технологической связки. Механизмы спекания: жидкофазное, твердофазное, реакционное, спекание при горячем прессовании. Послеобжиговая обработка керамики: механическая обработка, глазурование, металлизация.

Технология, свойства, применение строительной керамики. Технология, свойства, применение хозяйственной, санитарно-технической, электротехнической керамики на основе фарфоровых масс. Технология, свойства, применение огнеупорных материалов. Технология, свойства, применение технической керамики.

5. Общая технология стекла и ситаллов.

Стеклообразное состояние вещества, его характерные признаки и закономерности. Современные представления о структуре стекол.

Свойства стекол как функция их химического состава, структуры, теплового прошлого. Технологические свойства стекла – вязкость и скорость твердения стекломассы, кристаллизационные свойства, поверхностное натяжение. Теплофизические, электрические, оптические и спектральные, химические, механические свойства стекол. Принципы проектирования и корректировки составов стекол с заданными свойствами.

Классификация и основные типы промышленных и специальных стекол.

Обобщенная технологическая схема и технологические стадии получения промышленных видов стекла. Сырьевые материалы стекольной

промышленности и приготовление стекольной шихты. Стекловарение как сложный физико-химический процесс. Этапы стекловарения - силикатообразование, стеклообразование, осветление, гомогенизация, студка. Практика стекловарения. Теплообмен и массообмен в ваннных печах и пути их оптимизации. Технологические режимы стекловарения. Перспективы и методы интенсификации стекловарения. Пороки стекломассы, их природа, причины появления, диагностика и способы устранения. Классификация и разновидности способов формования. Методы прессования, выдувания, вытягивания, проката, литья. Особенности методов, их машинное оформление, технологические характеристики и параметры, области применения, методы управления процессом формования. Пороки формования. Теоретические основы отжига стеклоизделий и их практическая реализация. Механическая и химическая обработка стеклоизделий.

Типовые технологические схемы в производстве крупнотоннажных и специальных видов стекол - листового, архитектурно-строительного, тарного, сортового, технического (оптического, электровакуумного, медицинского, светотехнического, кварцевого, химиколaborаторного), стеклянного волокна, дров и труб, пеностекла, эмалей. Технологические линии и типы применяемого оборудования. Технологический контроль процесса производства, контроль качества готовых стеклоизделий. Основные тенденции развития и перспективные технологии промпереработки стекла.

Ситаллы. Теоретические основы направленной кристаллизации стекла. Технологические схемы и стадии получения ситаллов. Классификация ситаллов, свойства основных типов и их применение.

*Программа вступительных испытаний по направленности
«Мембраны и мембранная технология»*

1. Терминология. Основные понятия и размерности величин.

2. Технология мембран.

Принципы классификации мембран; требования к мембранам; методы исследования структуры мембран и их калибровки, сертификация мембран. Методы производства мембран. Мембранный рынок – мировой и российский.

3. Баромембранные процессы.

Массоперенос через мембрану. Модели и уравнения переноса. Движущая сила баромембранных процессов Основные характеристики процессов разделения жидких смесей. Удельная производительность, влияние основных технологических параметров (состав и концентрация исходного раствора, величина рН, температура, рабочее давление). Понятие наблюдаемой и истинной селективности мембран, способы их измерения и расчета. Влияние состава и концентрации исходного раствора, величины рН, температуры, рабочего давления на селективность мембран. Явление

концентрационной поляризации. Мембранные аппараты, классификация, основные требования и характеристики. Технологические особенности и сферы оптимального применения аппаратов с рулонными, трубчатыми, полуволоконными мембранными элементами и аппаратов типа «фильтр-пресс». Влияние и расчет гидравлического сопротивления мембранных аппаратов. Методы очистки и регенерации мембран.

Технологический расчет установок мембранного разделения жидких смесей. Секционирование мембранных аппаратов. Многоступенчатые схемы (простые и с рециклом). Расчет баромембранных процессов с использованием компьютерных программ производителей мембранной техники.

Примеры промышленного применения баромембранных процессов.

4. Диффузионные мембранные процессы.

Движущая сила и уравнения массопереноса. Пористые и непористые мембраны. Массоперенос через непористые мембраны. Структурно-морфологические особенности непористых мембран. Механизм массопереноса – растворимость, диффузия и проницаемость компонентов. Влияние температуры, давления и состава разделяемой смеси жидкостей и газов на проницаемость и селективность разделения. Явление концентрационной поляризации.

Диффузионное разделение газов. Мембраны и мембранные системы.

Разделение на непористых мембранах: влияние основных технологических параметров на производительность и селективность разделения газовых смесей.

Особенности разделения газов на пористых мембранах. Поверхностные явления в пористых средах. Расчет проницаемости и селективности разделения пористых мембран.

Способы организации процесса. Материальный баланс. Расчет мембранных модулей (аппаратов) и установок.

Промышленное применение мембранного разделения газов. Техно-экономическая оценка процесса, сравнение с другими способами – криогенным, абсорбционным и адсорбционным.

Диализ. Принцип осуществления процесса, движущая сила. Простой и Доннановский диализ. Равновесный и динамический (непрерывный) процессы. Требования к мембранам. Особенности массообмена, уравнения переноса. Влияние внешних факторов на проницаемость и степень разделения. Гемодиализ и его характеристики.

5. Электромембранные процессы.

Типы электромембранных процессов. Области применения. Мембраны для электромембранных процессов. Основные характеристики мембран (функциональная группа, число переноса, толщина, набухаемость). Перенос через мембраны: осмос, электроосмос, диффузия, Доннановское исключение. Концентрационная поляризация. Влияние основных технологических

параметров на концентрационную поляризацию (температура, гидродинамические режимы и т.д.). Электродиализное обессоливание и концентрирование. Модификации электролиза (электродеионизация, электролиз с биполярными мембранами, реверсивный электролиз) – особенности протекания данных процессов. Энергозатраты на процесс электродиализного разделения. Конструктивные особенности аппаратов для электромембранных процессов; схема организации потоков; геометрия канала. Методика расчета электродиализных установок. Промышленное применение электромембранных процессов – примеры, технико-экономические показатели. Сравнительная характеристика электромембранных и других методов обессоливания.

6. Мембранные процессы с инверсией фаз.

Первапорация (испарение через мембрану). Задачи разделения, типы и способы проведения, варианты аппаратного оформления. Характеристики эффективности разделения. Принципы выбора мембран и материалов для мембран и способы их модификации. Механизм и факторы, определяющие эффективность разделения: природа и состав разделяемой смеси; температура; толщина мембраны; внешнедиффузионные сопротивления и остаточное давление под мембраной. Методы исследования и расчета, примеры практического применения и их анализ, технико-экономические показатели.

Мембранная дистилляция. Характеристики эффективности разделения. Варианты реализации и их сопоставление. Мембраны: материалы и способы получения; структура пор. Механизм. Факторы, определяющие гидродинамический и тепловой режим в напорном и дренажном каналах, тепло – и массоперенос через мембрану: давление, температура, природа и концентрация разделяемой жидкости (капиллярные явления); поверхностно-активные вещества. Методы исследования и расчета, примеры практического применения и их анализ, технико-экономические показатели.

Мембранный катализ (МК) и мембранные реакторы (МР). Типы мембранных катализаторов и конструкции МР. Преимущества проведения каталитических реакций в МР. Реакции с использованием мембранных катализаторов. Примеры практического применения МР и их анализ, технико-экономические показатели. Мембранный биореактор.

Мембранные контакторы: газ-жидкость; жидкость/жидкость; с изменением фаз. Примеры технологических схем, их анализ и расчет.

7. Мембранные процессы в альтернативной энергетике

Топливные элементы (ТЭ). Основные источники энергии. Химические источники тока, ТЭ: щелочные; с прямым окислением метанола; с электролитом из расплава карбоната лития и натрия; фосфорнокислые; с протонообменной мембраной; обратимые; с твердым электролитом. Мембраны и мембранные материалы. Сферы применения, технико-экономические аспекты.