

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева» (РХТУ им. Д.И. Менделеева)



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке
РХТУ им. Д.И. Менделеева

А.А. Щербина

« 17 » октябрь 2023 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ
ПО ГРУППЕ НАУЧНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ
2.6. ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ, НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ,
МЕТАЛЛУРГИЯ**

Научные специальности:

- 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы
- 2.6.7. Технология неорганических веществ
- 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов
- 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
- 2.6.10. Технология органических веществ
- 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов
- 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий
- 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов
- 2.6.15. Мембраны и мембранная технология
- 2.6.17. Материаловедение

Москва 2023 г.

Общие положения

Программа вступительного испытания по группе научных специальностей 2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия разработана с учетом требований к поступающим, определёнными Правилами приема.

Цель проведения экзамена - оценка уровня знаний поступающих в области группы научных специальностей 2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия для отбора наиболее подготовленных поступающих для обучения по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Задачей вступительного испытания в аспирантуру является оценка уровня владения специальной дисциплиной, в том числе проверка наличия у поступающего необходимых теоретических и практических знаний по выбранному направлению научного исследования.

Поступающий должен показать профессиональное владение теорией и практикой в предметной области, продемонстрировать умение вести научную дискуссию.

Разделы программы

1. Форма проведения вступительного испытания.
2. Язык проведения вступительного испытания.
3. Содержание вступительного испытания.
4. Структурированное по разделам (областям) содержание вступительного испытания.
5. Шкала оценивания для оценивания вступительного испытания.
6. Примерный перечень вопросов для экзамена.
7. Рекомендуемая литература для подготовки к вступительному испытанию.

1. Форма проведения вступительного испытания.

Вступительное испытание проводится в устной форме и включает в себя вопросы по научной специальности.

2. Язык проведения вступительного испытания.

Язык проведения экзамена – русский.

3. Содержание вступительного испытания.

Экзаменационный билет состоит из вопросов по научной специальности.

На подготовку ответа отводится 20 минут.

4. Структурированное по разделам (предметным областям) содержание вступительного испытания.

Раздел 1. Нанотехнологии и наноматериалы

1.1. Основные понятия о наноматериалах и нанотехнологии

Нанообъекты, наноструктуры, нанотехнология, наноматериалы. Основные причины особых свойств наноматериалов и

наноструктурированных систем. Классификация наноструктурированных систем – нульмерные, одномерные, двумерные, трехмерные; примеры соответствующих систем. Конструкционные и функциональные наноматериалы – примеры.

1.2. Общие свойства и типы нанобъектов

Классификация нанобъектов. Размерный эффект, влияние размерного фактора на свойства наноматериалов. Роль межфазных границ в формировании свойств наноматериалов, влияние кривизны на свойства поверхности раздела фаз. Особенности термодинамики нанобъектов. Термодинамически устойчивые и термодинамически неустойчивые нанобъекты. Примеры термодинамически стабильных наносистем. Седиментационная устойчивость наносистем. Агрегация нанобъектов и агрегативная устойчивость наносистем: изотермическая перегонка (Оствальдово созревание), коалесценция, коагуляция. Особенности диффузионных процессов на поверхности раздела фаз. Зернограничная диффузия.

1.3. Порошки и объемные наноструктурные материалы

Особенности нанопорошков по сравнению с грубодисперсными порошками. Примеры наиболее распространенных нанопорошков и их применение. Методы получения нанопорошков.

1.4. Наноструктуры в электронике: основные типы и применение

Квантовые ямы, нити и точки. Гетероструктуры. Получение квантовых точек. Использование наноматериалов для создания активных лазерных сред.

1.5. Углеродные наноматериалы.

Фуллерены, углеродные нанотрубки, наноалмазы, графен; их структура и основные свойства. Перспективы применения углеродных наноструктур.

1.6. Пористые и мембранные наноматериалы

Номенклатура размеров пор. Физические и химические свойства нанопористых тел, молекулярных сит, их строение. Классификация мембран. Примеры мембранных материалов и процессов с их участием.

1.7. Композиционные материалы

Основные типы композиционных материалов и их физические и химические свойства. Характеристики матриц и наполнителей.

1.8. Наноструктуры, образованные поверхностно-активными веществами, наноструктуры в жидкостях

Мицеллы. Микроэмульсии. Лиотропные жидкие кристаллы. Пленки Ленгмюра-Блоджетт. Метод молекулярного наслаивания. Коллоидные частицы металлов. Магнитные жидкости. Физические и химические свойства мицеллярных систем и микроэмульсий, зольей.

1.9. Супрамолекулярные ансамбли

Ассемблеры и молекулярные машины. Молекулярное распознавание, комплементарность. Молекулярные и супрамолекулярные устройства. Самосборка и самоорганизация супрамолекулярных систем.

1.10. Физические основы электронной микроскопии

Источники электронов («электронные пушки») для электронных микроскопов, электронная «оптика», магнитные линзы. Вакуумные условия для различных типов электронных микроскопов. Взаимодействие электронного пучка средних энергий с твердым телом. Радиационное повреждение исследуемого объекта. Требования к объектам электронно-микроскопических исследований.

1.11. Сканирующая электронная микроскопия для исследования наноматериалов

Общая схема и принцип действия сканирующего электронного микроскопа. Возможности и особенности применения сканирующей электронной микроскопии для анализа наноматериалов. Требования к объектам исследования для сканирующей электронной микроскопии.

1.12. Просвечивающая электронная микроскопия для исследования наноматериалов

Общая схема и принцип действия просвечивающего электронного микроскопа. Реализация режимов наблюдения изображения, микродифракции. Механизмы формирования контраста изображения в просвечивающем электронном микроскопе. Возможности и особенности применения просвечивающей электронной микроскопии для анализа наноматериалов. Требования к объектам исследования для просвечивающей электронной микроскопии.

1.13. Сканирующая зондовая микроскопия

Основные физические принципы сканирующей зондовой микроскопии. Туннельная и атомно-силовая зондовая микроскопия, их особенности. Устройство и основные элементы сканирующего зондового микроскопа. Требования к объектам исследования при использовании различных видов сканирующей зондовой микроскопии.

1.14. Дифракционные методы исследования нанообъектов

Дифракция рентгеновских лучей и электронов. Уравнения Лауэ, уравнение Вульфа-Брэгга. Малоугловое рассеяние рентгеновских лучей и электронов. Методы лазерной дифракции. Применение дифракционных методов для определения размера наночастиц.

1.15. Физические методы получения наночастиц

Получение наночастиц путем возгонки-десублимации. Получение наночастиц путем лазерной абляции. Получение наночастиц путем диспергирования в электродуговом разряде. Механическое, ультразвуковое и детонационное измельчение. Метод взрывающихся проволок. Электроискровая эрозия для получения наночастиц.

1.16. Физические методы получения массивных наноструктурированных материалов

Получение массивных наноструктурированных материалов методами интенсивной пластической деформации. Образование наноструктур при кристаллизации из аморфного состояния. Направленная кристаллизация аморфных сплавов и стекол.

1.17. Методы получения пленок и покрытий.

Термическое, электронно-лучевое, магнетронное напыление для получения наноструктурированных пленок и покрытий. Молекулярно-лучевая эпитаксия, литография и нанолитография при получении наноструктурированных материалов. Химическое

осаждение металлоорганических соединений из газовой фазы.

1.18. Химические газофазные методы получения наночастиц и наноструктурированных пленок

Реакции химического осаждения из газовой фазы и их разновидности. CVD метод получения наноматериалов. Определение, схема процесса, основные параметры метода химического осаждения из газовой фазы. Стадии CVD процесса. CVD-метод получения углеродных нанотрубок.

1.19. Химические методы получения нанонитей и нанотрубок

Формирование углеродных и неуглеродных нанотрубок из веществ слоистого строения и из веществ со структурным несоответствием. Каталитический пиролиз углеводородов для получения нанонитей и нанотрубок. Матричный метод получения нанонитей и нанотрубок (матрицы-нанонити, матрицы-наноскважины, молекулярные матрицы). Химическое модифицирование нанотрубок. Реакции в полости нанотрубок.

1.20. Синтез наночастиц методами осаждения

Получение наночастиц золота - метод Туркевича и метод Браста-Шифрина. Синтез наночастиц серебра, платины, палладия и других благородных металлов. Стабилизация наночастиц в растворах - электростатическая, адсорбционная, хемосорбционная. Основные факторы, влияющие на размер наночастиц, получаемых методом осаждения. Применение методов осаждения для синтеза наночастиц с однородной и слоистой структурой («ядро-оболочка»).

1.21. Золь-гель технология получения наночастиц и нанопористых материалов

Основные стадии золь-гель-процесса. Основы золь-гель технологии. Образование ксеро- и аэрогелей. Влияние состава реакционной среды и условий протекания золь-гель-процесса на морфологию синтезируемого наноматериала. Примеры получения наночастиц и наноматериалов золь-гель методом.

1.22. Синтез наночастиц в сверхкритических жидкостях

Понятие сверхкритической жидкости, основы сверхкритических технологий. Использование сверхкритической воды и диоксида углерода для получения наночастиц. Основные параметры, влияющие на морфологию синтезируемых наноматериалов, получаемых с использованием сверхкритических жидкостей. Примеры получения наночастиц и наноматериалов синтезом в сверхкритических жидкостях.

1.23. Образование наночастиц при распылении растворов в пламени (мокрое сжигание)

Выпаривание и пиролиз аэрозолей для получения наночастиц. Влияние состава исходного раствора и технологических параметров процесса на размер и морфологию синтезируемых наночастиц. Способы распыления жидкости

при получении наноматериалов. Агломерация наночастиц и получение нанопористых материалов с использованием распыления.

1.24. Электрохимические методы получения наноматериалов. Катодные и анодные процессы при электрохимическом получении наноматериалов. Получение тонких пленок и наноструктурированных покрытий с использованием электрохимических процессов. Электроосаждение наночастиц. Электрохимическое получение нанопористых материалов.

1.25. Синтез наночастиц в мицеллах и микроэмульсиях

Матричный (темплатный) синтез наночастиц – основы метода. Использование мицеллярных систем и микроэмульсий для синтеза наночастиц. Примеры синтеза неорганических наночастиц в обратных микроэмульсиях.

Раздел 2. Технология неорганических веществ

2.1. Теоретические основы технологии неорганических веществ. Введение, классификация процессов по количеству и типу фаз. Термодинамика и кинетика обратимых и необратимых процессов в технологии неорганических веществ. Сырьевые ресурсы и основные направления их переработки. Способы подготовки сырья. Физико-химические процессы растворения, выщелачивания, кристаллизации, экстракции, абсорбции, флотации, обжига, их термодинамические и кинетические характеристики. Физико-химические основы получения низких температур. Термодинамика и кинетика процессов изотопного обмена. Теоретические основы процессов тонкого разделения, изотопное равновесие, способы умножения однократного разделительного эффекта, принципы каскадирования. Классификация особо чистых веществ, природа примесей. Методы глубокой очистки веществ: химические, физические, физико-химические методы. Адсорбция. Теоретические основы адсорбции, её виды, и их применение в технологии неорганических веществ. Кинетика адсорбции. Адсорбционное разделение воздуха. Ионный обмен. Типы ионитов, их свойства. Термодинамика и кинетика ионного обмена, селективность. Катализ и каталитические процессы. Механизм и кинетика гетерогенно-каталитических процессов. Технология адсорбентов и катализаторов.

2.2. Технологии неорганических веществ, основанные на фазовом равновесии. Фазовые диаграммы многокомпонентных систем. Использование фазовых диаграмм для выбора и расчета рациональных способов переработки минерального сырья в неорганические продукты. Классификация минеральных удобрений. Свойства и применение. Способы получения. Соли и неорганические реактивы. Классификация, свойства и применение. Основные способы получения солей и реактивов минеральных и органических кислот. Физико-химические основы получения экстракционной фосфорной кислоты, двойного суперфосфата, соды, поташа, гидроксида натрия и калия.

Ректификация как метод разделения изотопов легких элементов. Изотопное равновесие в системах жидкость-пар и газ-твердое тело.

2.3. *Сорбционные, каталитические и химобменные процессы в технологии неорганических веществ.* Технология аммиака, азотной и серной кислоты. Их свойства и применение, способы производства из различного сырья. Источники загрязнения, их свойства и характеристики - газообразные, жидкие и твердые отходы. Способы уменьшения, обезвреживания и очистки отходов от примесей соединений серы, азота, углерода, галогенов, кислот и растворителей. Утилизация отходов. Разделение изотопов легких элементов методом химического изотопного обмена, рабочие системы, технологические схемы. Катализаторы в технологии разделения изотопов легких элементов.

Раздел 3. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов

3.1. Общие сведения

Классификация редких элементов.

Роль редких и радиоактивных элементов в развитии важнейших направлений научно-технического прогресса. Области применения в народном хозяйстве. Задачи редкометалльной промышленности. Стоимость и объем производства редкометалльной продукции.

Редкометалльное сырье. Распространенность элементов в земной коре. Руды и минералы редких элементов. Рудные месторождения. Природные запасы и перспективы их увеличения. Вторичное сырье. Задачи комплексной переработки сырья. Стоимость и объем производства рудного сырья.

Краткая история промышленности редких и радиоактивных элементов России.

3.2. Химия редких элементов

Положение редких и радиоактивных элементов в периодической системе Д.И. Менделеева и их электронное строение.

Редкоземельные элементы, лантаноиды и актиноиды. Явление лантаноидного сжатия. Вторичная периодичность в группе лантаноидов.

Радиоактивные семейства.

Простые вещества. Основные и индивидуальные физические, физико-химические и химические свойства редких элементов.

Соединения. Строение, физико-химические и химические свойства важнейших бинарных соединений редких элементов – оксидов, фторидов, хлоридов, гидридов, сульфидов, карбидов и др., солей – сульфатов, нитратов, фосфатов и др., а также комплексных соединений.

Растворы соединений редких элементов. Комплексообразование в растворах. Константы устойчивости комплексных ионов. Ряды устойчивости комплексных соединений. Гидролиз и полимеризация. Окислительно-восстановительные реакции в растворах.

Физико-химические методы анализа редких и радиоактивных элементов.

3.3. Технология редких элементов

Специфика технологии редких и радиоактивных элементов. Принципы построения технологических схем. Основные переделы. Гидрометаллургия, пирометаллургия и сольвометаллургия. Требования к чистоте редких элементов. Ядерная чистота. Методы повышения прямого извлечения, снижения норм расхода сырья, энергии и воды при получении редкометаллической продукции. Пути интенсификации производств. Геотехнология и биотехнология металлов. Обеспечение ядерной безопасности.

Важнейшие технологические схемы производства редких и радиоактивных элементов. Основные натуральные показатели технологии. Химия процессов на отдельных стадиях. Поведение примесей. Аппаратурное оформление. Отходы и методы их обезвреживания. Пути интенсификации производства.

Измельчение и обогащение руд. Принципы организации дробления и измельчения. Дробилки. Мельницы и диспергаторы. Гравитационное, флотационное, магнитное, электростатическое и радиометрическое обогащение. Аппаратура для обогащения. Химическое обогащение руд. Состав и возможные пути использования хвостов.

Выщелачивание и растворение. Разновидности выщелачивания. Кинетика выщелачивания. Аппаратура для выщелачивания. Каскады выщелачивания. Механическая переработка выщелоченных пульп - сгущение, отстаивание, декантация, гидроциклонирование. Спекание концентратов как подготовительная операция к выщелачиванию.

Ионообменная сорбция. Основы и разновидности метода. Классификация ионитов. Термодинамика ионного обмена. Кинетика ионообменной сорбции. Динамика сорбции. Фронтальная, вытеснительная и элюентная хроматография. Сорбционные фильтры, пачуки, колонны и контакторы. Организация непрерывного процесса. Примеры применения сорбционных процессов. Их возможности для решения проблем защиты окружающей среды и переработки бедного сырья.

Экстракция. Физико-химические характеристики процесса. Классификация и строение экстрагентов. Равновесие в экстракционных системах, влияние разбавителей на равновесие. Высаливание. Синергетный эффект. Расчет коэффициентов активности в водной фазе. Кинетика экстракционных процессов. Основные типы экстракторов: смесители-отстойники, колонны, виброэкстракторы, центробежные экстракторы. Примеры применения экстракционных процессов. Характеристики процесса с экологических позиций.

Осаждение, кристаллизация, перекристаллизация и сушка осадков. Закономерности процессов. Растворимость оксидов, гидроксидов и фторидов. Промышленные кристаллизаторы. Общие закономерности сушки. Непрерывно действующие сушилки. Сушка пастообразных веществ. Явление соосаждения. Сокристаллизация, адсорбция и окклюзия.

Получение оксидов и галогенидов. Термическое разложение гидроксидов и солей. Принципы газовой металлургии. Реагенты для

хлорирования и фторирования. Диффузионно-кинетическая теория гетерогенного реагирования. Основные аппараты для высокотемпературных процессов – трубчатые и шахтные печи, реакторы кипящего слоя. Процессы в солевых расплавах. Вспомогательные процессы – пылеулавливание, конденсация и десублимация. Возможности применения плазмотронов. Примеры технологических схем производства оксидов, фторидов и хлоридов редких металлов. Улавливание галогенов и галогенидов из отходящих газов.

Получение и рафинирование металлов. Общая характеристика методов получения редких металлов. Металлотермия, силикотермия и карботермия. Восстановление газами. Тепловой расчет процессов. Аппаратура для металлотермии. Примеры металлотермических процессов. Электролитическое восстановление. Кинетика процессов. Требования к электролитам. Конструкции электролизеров. Примеры применения в технологии. Химическое осаждение из газовой фазы. Равновесие и кинетика восстановления летучих галогенидов из газовой фазы. Порошковая металлургия. Прессование и спекание штабиков металлов. Электродуговая и электронно-лучевая плавка. Электролитическое рафинирование. Иодидное рафинирование циркония, транспортные реакции. Принципы утилизации металлургических отходов. Пути интенсификации процессов получения металлов.

Экологические аспекты производства. Законодательные акты в области охраны природы. Поведение сопутствующих радиоактивных элементов при переработке рудных концентратов. Виды отходов, методы утилизации ценных компонентов и обезвреживания. Пути снижения расхода свежей воды в гидromеталлургических производствах. Понятие о малоотходном производстве и принципах его организации. Воздействие предприятий ядерного топливного цикла на окружающую среду. Способы его снижения.

Редкие металлы в ядерной энергетике. Ядерный топливный цикл. Ядерное топливо на основе обогащенного урана и смеси оксидов урана и плутония (МОХ- топливо). Изменение изотопного состава урана, плутония при их рецикле. Переработка отработавшего ядерного топлива. Низко-, средне- и высокоактивные отходы. Кондиционирование отходов. Имобилизация высокоактивных отходов, их хранение и захоронение. Производство радиоактивных изотопов. Реакторные материалы. Понятие о ядерной чистоте. Радиохимия, ее особенности. Аналитические методы с использованием изотопов.

Химия и технология получения геохимических спутников редких металлов, наиболее широко представленных в технологии их получения. Комплексное использование сырья.

Технология функциональных и конструкционных материалов на основе редких металлов. Наноматериалы.

3.4. Радиохимическая технология

Радиоактивные семейства. Правила смещения и расчет числа альфа- и бета-распадов в определенном ряду. Радиоактивные нуклиды, не входящие в семейства. Три вида бета-распада и расчет энергии распада. Термоядерные

реакции на изотопах водорода. Радиоактивное равновесие. Расчет активности дочернего радионуклида по активности материнского на примере. Воздействие атомных электростанций на окружающую среду. Применение радионуклидов в научных исследованиях и в народном хозяйстве. Сорбция как метод концентрирования радионуклидов. Основные понятия сорбции. Типы применяемых сорбентов. Понятие о хроматографии. Фронтальный, элюентный и вытеснительный методы хроматографии. Водно-химический режим АЭС.

Раздел 4. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии

4.1. Растворы электролитов

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

Электрохимические системы. Классификация проводников. Единицы электропроводности. Методы измерения электропроводности растворов. Влияние концентрации на электропроводность. Отношение эквивалентных электропроводностей. Классификация электролитов. Ионные проводимости. Электропроводность неводных растворов.

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

Термодинамические и химические потенциалы. 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.

Ассоциация ионов. Теория Бьеррума.

4.2. Обратимые и необратимые электроды

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

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

Диффузионные потенциалы. Уравнения для определения величины диффузионных потенциалов. Способы устранения влияния диффузионных потенциалов при измерении ЭДС.

Уравнение 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.

4.3. Равновесные свойства заряженных межфазных границ

Скачки потенциалов на фазовых границах. Поверхностный, внутренний внешний потенциалы. Гальвани-потенциал. Вольта-потенциал.

Электрохимический потенциал и условие равновесия в электрохимической системе. Реальный потенциал и работа выхода. Выражение ЭДС через сумму гальвани-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.

Нулевые точки металлов. Связь между точками нулевого заряда и вольта-потенциалом. Дифференциальная и интегральная емкость ДЭС. Эквивалентные схемы. Влияние потенциала электрода и состава раствора на емкость ДЭС.

Теория Гельмгольца, Гуи-Чапмена, Штерна и Грэма. Распределение потенциала в ДЭС в отсутствие специфической адсорбции.

4.4. Кинетика электродных процессов

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

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

Уравнение Фольмера. Предельные случаи.

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. Закономерности смешанной кинетики (стадии диффузии и электрохимическая стадия).

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

4.5. Теоретические основы коррозии

Определение коррозии. Количественная оценка коррозионного разрушения. Механизм электрохимической коррозии. Термодинамика электрохимической коррозии. Диаграмма Пурбе. Кинетика

электрохимической коррозии. Влияние электродного потенциала на скорость коррозии. Коррозия при восстановлении ионов гидроксония. Коррозия при восстановлении кислорода. Коррозии при восстановлении нескольких окислителей. Пассивность металлов, нарушение пассивного состояния. Перепассивация, локальная анодная активация. Газовая коррозия металлов. Термодинамика газовой коррозии. Кинетика газовой коррозии. Основные принципы легирования сталей. Межкристаллитная коррозия нержавеющей сталей.

Раздел 5. Технология органических веществ

5.1. Исходные вещества для процессов тонкого, основного органического и нефтехимического синтеза. Теоретические основы, способы и технологические схемы получения парафинов, олефинов, диенов, ароматических углеводородов, ацетилена, оксида углерода, синтез-газа, водорода.

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

5.3. 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.

5.4. 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.

5.5. 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.

5.6. 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: эпоксирирование ненасыщенных соединений; производство оксида пропилена; производство ацетальдегида из этилена, антрахинона.

5.7. 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 углеводов; гидрирование кислородсодержащих соединений; гидрирование азотсодержащих соединений; технологии гозофазного и жидкофазного гидрирования.

Способы восстановления ароматических нитросоединений. Условия, особенности, получаемые продукты. Технологические схемы процессов.

5.8. Синтезы на основе оксида углерода. Химия, теоретические основы процессов, технологические схемы процессов Фишера-Тропша; синтез метанола; карбонилирования метанола; карбоксилирования ненасыщенных углеводов; оксосинтеза; получения муравьиной кислоты.

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

Химия, теоретические основы процессов, технологические схемы производства индиго, карбоксилирования щелочных солей фенола и нафтолов.

5.10. Процессы диазотирования первичных ароматических аминов и азосочетания. Условия процессов, особенности проведения, связанные со строением применяемых субстратов. Реализация процессов при производстве азокрасителей. Технологическая схема непрерывного диазотирования и азосочетания при производстве азопигментов.

5.11. Процессы щелочного плавления солей ароматических сульфокислот. Условия открытой и закрытой плавки в зависимости от строения целевого продукта. Технология производства 2-нафтола и резорцина.

5.12. Процессы получения производных угольной кислоты. Химия, теоретические основы процессов, технологические схемы процессов получения изоцианатов, карбаматов, мочеви. Синтез алкил-, арил- и ацилизоцианатов. Получение и применение замещенных мочеви. Получение и применение N-алкил-О-арилкарбаматов и N-арил-О-алкилкарбаматов.

5.13. Процессы получения органофосфатов и фосфорорганических соединений. Химия, теоретические основы процессов, технологические схемы процессов получения О-арил- и О-гетерилдиалкилтиофосфатов, S-алкил-О,О-диалкилдитиофосфатов, диалкилфосфонатов. Синтез диалкилхлортиофосфатов, диалкилдитиофосфорных кислот, диалкил- и триалкилфосфитов. Получение и применение О-арил- и О-

гетерилдиалкилтиофосфатов. Получение и применение S-алкил-О,О-диалкилдитиофосфатов. диалкилфосфонатов. Реакция Кабачника-Филдса.

5.14. Процессы получения эфиров замещенных циклопропанкарбоновых кислот. Химия, теоретические основы процессов, технологические схемы процессов получения эфиров хризантемовой, перметриновой кислот. Синтез этиловых эфиров хризантемовой и перметриновой кислот. Получение и применение бензиловых и гетерилметиловых эфиров хризантемовой и перметриновой кислот.

5.15. Процессы получения замещенных 1,2,4-триазолов, имидазолов и бензимидазолов. Химия, теоретические основы процессов, технологические схемы процессов получения 1-замещенных 1,2,4-триазолов и имидазолов, 2-замещенных бензимидазолов. Синтез 1,2,4-триазола и имидазола. Получение и применение замещенных 2-азолилэтанола. Получение и применение 2-азолилметил-2-арил-1,3-диоксоланов. Получение и применение 2-замещенных бензимидазолов.

5.16. Процессы получения 2-арил-3-метоксиакрилатов и 2-арил-2-метоксииминоацетатов. Химия, теоретические основы процессов, технологические схемы процессов получения 2-арил-3-метоксиакрилатов и 2-арил-2-метоксииминоацетатов. Получение и применение замещенных 2-арил-3-метоксиакрилатов и 2-арил-2-метоксииминоацетатов

5.17. Процессы получения замещенных 4-гидроксикумаринов. Химия, теоретические основы процессов, технологические схемы процессов получения замещенных 4-гидроксикумаринов. Синтез 4-гидроксикумарина. Получение и применение 3- замещенных 4-гидроксикумаринов.

5.18. Процессы получения замещенных 1,3-индандионов. Химия, теоретические основы процессов, технологические схемы процессов получения 2-замещенных 1,3-индандионов. Получение и применение замещенных 2-ацил-1,3-индандионов.

5.19. Использование возобновляемых источников сырья в технологии органических веществ. Переработка жиров и масел: получение карбоновых кислот, спиртов, углеводов, 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.

5.20. Органические молекулы. Биополимеры и технологии их получения. Классификация биополимеров. Физико-химические особенности биополимеров. Строение биополимеров. Химические реакции биополимеров. Роль биополимеров и органических молекул в физиологических процессах. Тенденции развития современного рынка биополимеров, их сырьевой базы, технологии получения и применения. Методы исследования биополимеров.

5.21. Технология получения дисперсных систем на основе органических веществ. Получение макро- и микроэмульсий, подбор стабилизатора (ПАВ, ВМС, смесь ПАВ-ВМС). Получение суспензий и зелей – подбор

стабилизатора. Получение и основные свойства везикул на примере фосфолипидов. Сравнение основных свойств мицеллярных и везикулярных систем. Микрокапсулирование – основные методы получения микрокапсул. Простая и сложная коацервация.

5.22. *Анализ лекарственного растительного сырья.* Методы фармакогностического анализа лекарственного растительного сырья (макроскопический, микроскопический, фитохимический, определение числовых показателей, биологический, микробиологический, радиологический и товароведческий).

5.23. *Стандартизация лекарственного растительного сырья.* Виды нормативных документов (ГОСТ, ОСТ, СтП, ТУ, ИСО). Виды НТД на фармацевтические товары (ОФС, ФС, ФСП и др.).

Раздел 6. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов

6.1. Методы синтеза полимеров.

Основные методы синтеза полимеров и их особенности: полимеризация, поликонденсация, полиприсоединение, полимераналогичные превращения. Сополимеризация, виды сополимеров.

Типы полимеризационных процессов: ионная полимеризация, радикальная полимеризация, ионно-координационная полимеризация. Полимеризация в режиме «живых цепей». Полимеризация с раскрытием цикла. Технологические методы получения полимеризационных полимеров, и особенности, достоинства и недостатки: полимеризация в массе, растворе, суспензии, эмульсии. Технология основных полимеров и сополимеров, получаемых методом полимеризации, их свойства и применение: полиэтилен, полипропилен, акриловые полимеры, полистирол, фтор- и хлорсодержащие полиолефины, полимеры на основе производных бутадиена, поливинилацетат, элементоорганические полимеры (полисилоксаны, полифосфазены), простые полиэферы.

Ступенчатые процессы получения полимеров и основные технологические методы их синтеза: в массе, в растворе, в эмульсии, на границе раздела фаз. Технология основных полимеров и сополимеров, получаемых методами поликонденсации и полиприсоединения, их свойства и применение: сложные полиэферы (насыщенные, ненасыщенные, алкидные олигомеры), фенолформальдегидные олигомеры, карбамидформальдегидные олигомеры, меламинформальдегидные олигомеры, эпоксидные олигомеры, полиамиды, полиимиды, кремнийорганические полимеры, полиуретаны.

Полимеры, получаемые путём полимераналогичных превращений, их свойства и применение: эпоксидированные новолаки, эферы целлюлозы, полвиниловый спирт, поливинилацетали.

6.2. Реологические свойства полимеров и полимерных композиционных материалов.

Кривая течения и кривая вязкости. Вязкость при сдвиговом течении. Кривые течения и кривые вязкости для различных жидкостей. Ньютоновская, дилатантная, псевдопластичная жидкость, тела Бингама и Сен Венана. Особенности поведения, связь поведением реальных тел. Тиксотропия и реопексия. Работа тиксотропии.

Особенности течения полимеров. Кривые течения полимеров. Аномалия вязкости. Причины аномалии вязкости. Уравнения, описывающие поведение полимеров в широком диапазоне скоростей и напряжений сдвига.

Зависимость вязкости от температуры, молекулярной массы, давления. Реология растворов полимеров. Реология наполненных полимеров. Уравнения, описывающие течение наполненных систем.

Проявления эффекта Вайссенберга. Причины эффекта Вайссенберга. Баррус-эффект, его причины, уравнения, описывающие Баррус-эффект и связывающие его с первой разницей нормальных напряжений. Зависимость величины Баррус-эффекта от диаметра капилляра.

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

6.3. Физико-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.

Общие представления о деструктивных процессах в полимерах в свете 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.

6.4. Методы получения полимерных композитов и покрытий.

Технологические линии и оборудование для изготовления изделий из полимерных композиционных материалов. Различные варианты технологических процессов производства СНТП, отличающихся типом экструдера, конструкцией шнека» методом подпитки и методом грануляции, непосредственное смешение компонентов в литьевых машинах и т.д.

Литье под давлением изделий из полимерных композиционных материалов. Конструктивные особенности литьевых машин и форм. Технологические особенности переработки, влияние диаметра и длины стекловолокон, степени наполнения, аппретирования, ориентации, типа связующего на свойства изделий из полимерных композиционных материалов. Области применения.

Термопласты, армированные углеродными и органическими волокнами, их свойства и области использования.

Методы получения композиционных материалов на основе терморезистивных связующих, армированных волокнистыми наполнителями, и изделий из них.

6.5. Свойства целлюлозы как сырья для получения углеродных волокон

Природные источники получения целлюлозы. Древесная и хлопковая целлюлоза. Значение целлюлозы и ее эфиров в народном хозяйстве страны. Химический состав целлюлозы. Углеводы. Моносахариды, полисахариды, пентозаны, гексозаны. Связь элементарных звеньев между собой.

Внутримолекулярные и межмолекулярные связи в целлюлозе и ее эфирах. Концевые звенья в макромолекуле целлюлозы. Наличие других элементарных звеньев в препаратах целлюлозы. Идеальная и реальная макромолекула. Надмолекулярные структуры целлюлозы. Методы их исследования.

Фазовое состояние целлюлозы. Кристаллические модификации целлюлозы. Конформационные и конфигурационные свойства целлюлозы и ее производных. Структурная неоднородность целлюлозы: зависимость от вида сырья и способов выделения, практическое значение при получении эфиров из различного целлюлозного сырья. Методы структурной модификации целлюлозы (измельчение, активация, гидролиз, инклюдирование).

6.6. Физико-химические свойства целлюлозы

Зависимость плотности целлюлозы от степени упорядоченности структуры. Внутренняя поверхность целлюлозы. Методы определения. Поры и капилляры, их размеры, применение специальных приемов для увеличения

поверхности пор и капилляров с целью повышения реакционной способности целлюлозы, практическое значение.

Гигроскопичность целлюлозы и ее зависимость от различных факторов. Влага в целлюлозе, ее роль в реакциях этерификации. Набухание и растворение целлюлозы и ее эфиров.

Свойства растворов. Молекулярная масса целлюлозы и ее эфиров. Физические и химические методы определения молекулярной массы целлюлозы. Полидисперсность целлюлозы. Содержание низкомолекулярных и высокомолекулярных фракций, их влияние на свойства. Вязкость растворов целлюлозы. Ее зависимость от различных факторов, методы определения.

Механические свойства изделий из целлюлозы и ее эфиров, их связь со средней молекулярной массой и надмолекулярной структурой. Реакционная способность целлюлозы. Типы реакций целлюлозы. Гетерогенные и гомогенные реакции. Топохимические макроскопические реакции. Зависимость их скорости от скорости диффузии реагентов. Действие щелочей на целлюлозу, влияние химической и физической неоднородности целлюлозы и условий обработки (концентрация растворов щелочи, время, температура). Получение и свойства щелочной целлюлозы, практическое значение. Альфа-целлюлоза и ее определение. Действие кислот на целлюлозу, влияние вида, концентрации кислоты, условий обработки. Гидролиз целлюлозы, зависимость от различных факторов.

Свойства гидролизованных целлюлоз. Действие окислителей на целлюлозу. Зависимость от вида реагента, времени окисления, температуры. Химизм процесса, избирательное окисление. Свойства окисленных целлюлоз. Действие восстановителей на целлюлозу. Действие света и тепла на целлюлозу. Деструкция макромолекулы целлюлозы.

6.7. Технология производства углеродных тканей из гидратцеллюлозных волокон

Различные требования к углеродным волокнам в зависимости от сферы их применения. Композиционные волокна на основе целлюлозы как прекурсора углеродных материалов. Формование целлюлозных и композиционных волокон сухо-мокрым способом. Термическое превращение гидратцеллюлозных волокон в углеродное волокно. Введение катализаторов в объем волокна. Получение прекурсорных волокон из композиционных прекурсоров. Волокна на основе целлюлозы с добавками различной природы.

Применение химических соединений в процессе пиролиза гидратцеллюлозных волокон. Модификация условий подготовки прекурсоров, выбор катализатора. Технологии стадии пропитки и температурно-временного режима пиролиза. Регулирующие добавки, предотвращающие процесс возгорания прекурсоров. Введение активного вещества в целлюлозную матрицу на стадии приготовления прядильных растворов. Подавление процессов термоокислительной деструкции. Реакции внутрициклической, внутримолекулярной и межмолекулярной дегидратации, протекающие при термической обработке целлюлозы. Структурные элементы карбонизованных композитных углеродных волокон.

Графитация карбонизованных волокон. Полиморфные превращения карбонизованного волокна в графитированное при высоких температурах графитации. Совершенствование надмолекулярной структуры с приближением к структуре графита: изменение дефектности, образование и рост кристаллитов, формирование текстуры, ориентация структурных элементов в направлении оси волокна. Морфология композиционных волокон.

6.8. Методы получения полимерных композитов и покрытий.

Методы получения композиционных материалов на основе термореактивных связующих, армированных волокнистыми наполнителями, и изделий из них.

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, стеклообразном состояниях. Особенности переработки термопластичных и термореактивных материалов.

Полимерные композиционные лакокрасочные материалы: виды лакокрасочных материалов, способы их получения. Пигменты, наполнители и функциональные добавки для лакокрасочных материалов. Классификация лакокрасочных покрытий. Технология лакокрасочных покрытий: подготовка поверхности, способы нанесения лакокрасочных материалов, способы сушки лакокрасочных покрытий. Физико-химические основы получения лакокрасочных материалов и покрытий: смачивание и взаимодействие пигментов и наполнителей с полимерной матрицей, адгезия покрытий, внутренние напряжения, механические характеристики покрытий, формирование покрытий из растворов полимеров, расплавов полимеров, органодисперсий полимеров, водных дисперсий полимеров. Функциональные покрытия со специальными свойствами и способы их получения: покрытия с низкой поверхностной энергией, термостойкие, огнезащитные, электропроводящие, теплопроводящие, теплоизолирующие, шумоизолирующие, противообрастающие, износостойкие покрытия.

Раздел 7. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ

ХТУМ:

Раздел 1. Теория технологических процессов химической технологии топлива.

1.1. Теоретические основы получения металлургического кокса и искусственного графита. Термодинамика и механизм процессов. Формирование структур твердого тела.

1.2. Химизм процессов полукоксования и коксования ТГИ. Формирование твердых, жидких и газообразных продуктов термической переработки твердых топлив. Первичные и вторичные продукты.

1.3. Радиально-цепной механизм термической деструкции и конденсации углеводородов. Длина цепи реакции. Инициаторы и ингибиторы.

1.4. Теоретические основы катионного механизма каталитического крекинга и алкилирования углеводородов.

1.5. Кинетическое моделирование простых и сложных реакций. Кинетическая модель гомогенных реакций различных порядков.

1.6. Гетерогенный катализ. Основные теории гетерогенного катализа в применении к процессам переработки горючих ископаемых.

1.7. Принципы математического моделирования гетерогенно-каталитических процессов. Области протекания гетерогенного процесса для непористых и пористых частиц.

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

1.9. Гетерогенно-каталитический процесс в поре катализатора. Математическая модель процесса для реакции 1 порядка.

Раздел 2. Основы проектирования процессов химической технологии топлива

2.1. Понятие интегральной и дифференциальной селективности. Связь этих величин. Применение к расчету оборудования.

2.2. Основы расчета технологического оборудования по математическим моделям идеальных реакторов.

2.3. Основы расчета технологического оборудования для неидеальных реактора вытеснения для гомогенных систем и систем «газ/жидкость – твердое» и «газ – жидкость».

2.4. Основы расчета технологического оборудования по практическим данным для периодических и непрерывных процессов.

2.5. Процесс ректификации. Принципы разделения сложных смесей. Применение в технологии топлив.

2.6. Основы энерготехнологических расчетов в промышленности энергоносителей.

Раздел 3. Основы химической технологии топлива

3.1. Основные технологические стадии промышленных процессов производства моторного топлива на базе твердых природных энергоносителей.

3.2. Перспективные процессы переработки природного газа и ТГИ, ориентированные на производство углеводородов.

3.3. Основные стадии промышленных процессов получения метанола из первичного сырья (нефти, природного газа, ТГИ).

3.4. Технология высокотемпературной переработки ТГИ. Коксование углей.

3.5. Технология газификации ТГИ.

3.6. Технология низкотемпературной переработки ТГИ. Экстракция, гидрогенизация углей.

3.7. Технология каталитических процессов переработки нефти. Каталитический крекинг, риформинг.

3.8. Технология фракционирования нефтей.

3.9. Основные схемы переработки нефтей по различным направлениям.

3.10. Технология получения углеродных волокон.

3.11. Технология получения углеграфитовых материалов.

3.12. Технология получения сажи.

3.13. Технология получения углеродных композитов.

3.14. Технология получения твердого углерода из газовой фазы.

3.15. Технология получения искусственных алмазов.

3.16. Технология процессов синтеза Фишера - Тропша.

3.17. Технология конверсии метана в смеси CO и H₂.

ХТОСА, ХТВМС

1. Химизм получения металлургического кокса и искусственного графита.

2. Основные технологические стадии промышленных процессов производства моторного топлива на базе твердых природных энергоносителей.

3. Перспективные процессы переработки природного газа и ТГИ, ориентированные на производство углеводородов.

4. Химизм процессов полукоксования и коксования ТГИ. Первичные и вторичные продукты.

5. Основные стадии промышленных процессов получения метанола из первичного сырья (нефти, природного газа, ТГИ).

6. Радикально-цепной механизм на примере термического крекинга и пиролиза. Инициаторы и ингибиторы.

7. Механизм каталитического крекинга и алкилирования углеводородов.

8. Простые и сложные реакции. Кинетическая модель гомогенных реакций различных порядков.

9. Понятие интегральной и дифференциальной селективности. Связь этих величин. Применение к расчету оборудования.

10. Гетерогенный катализ. Основные теории гетерогенного катализа.

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

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

13. Технология высокотемпературной переработки ТГИ. Коксование углей.

14. Технология газификации ТГИ.
15. Технология низкотемпературной переработки ТГИ. Экстракция, гидрогенизация углей.
16. Технология каталитических процессов переработки нефти. Каталитический крекинг, риформинг.
17. Технология фракционирования нефтей.
18. Основные схемы нефтепереработки нефтей по различным направлениям.
19. Технология получения углеродных волокон.
20. Технология получения углеграфитовых материалов.
21. Технология получения сажи.
22. Технология получения углеродных композитов.
23. Технология получения твердого углерода из газовой фазы.
24. Технология получения искусственных алмазов.
25. Технология процессов синтеза Фишера - Тропша.
26. Технология конверсии метана в смеси СО и Н₂.
27. Основы расчета технологического оборудования по математической модели реактора идеального вытеснения.
28. Основы расчета технологического оборудования по двухпараметрической модели реактора вытеснения.
29. Основы расчета технологического оборудования по практическим данным.
30. Процесс ректификации. Принципы разделения сложных смесей. Применение в технологии топлив.
31. Кинетика и механизм электрофильного нитрования. Особенности нитрования на различных стадиях получения тринитротолуола. Основные и побочные реакции. Кинетический и диффузионный режимы.
32. Реакции нуклеофильного замещения в технологии нитросоединений. Стадия очистки тротила.
33. Каталитическое восстановление нитросоединений. Механизм реакции, кинетика процесса, основные носители и катализаторы, их влияние на направление и скорость процесса.
34. Технология циклических нитраминов. Особенности получения N-нитросоединений. Технология октогена. Технология гексогена. Нитролизный способ: достоинства и недостатки по сравнению с другими методами.
35. Термостойкие и малочувствительные взрывчатые вещества. Основные требования к ним. Принципы создания. Основные представители.
36. Химия и технология нитроэфиров, общие подходы и технологическое оформление. Основные представители. Особенности нитрования целлюлозы.
37. Термический распад С-О, С-N и N-N нитросоединений.
38. Адиабатический "тепловой взрыв" Максимальная скорость реакции, обратный максимальный безразмерный разогрев. Период индукции.

39. Теория "теплового взрыва" по Н.Н. Семенову (Тепловой взрыв в условиях теплообмена). Различие между адиабатическим "тепловым взрывом" и тепловым взрывом в условиях теплообмена. Критерии.

40. Основные уравнения теории горения: закон сохранения массы, закон сохранения энергии, уравнение Фурье, подобие полей концентраций полю температуры в пламени. Пренебрежение начальной скоростью реакции и метод разложения экспонента.

41. Горение газов и летучих взрывчатых веществ.

42. Влияние начальной температуры и давления на скорость горения конденсированных систем.

43. Горение взрывчатых веществ с тепловыделением в конденсированной фазе.

44. Уравнения сохранения для стационарных волн. Основные соотношения для волн сжатия в инертном веществе.

45. Волны в экзотермически реагирующем веществе. Детонация и дефлаграция.

46. Гидродинамическая теория детонации. Правило отбора Чепмена-Жуге. Модель ZND (Зельдовича-Неймана-Дёринга).

47. Детонация Чепмена-Жуге в идеальном газе. Сравнение теории и эксперимента.

48. Критический диаметр детонации. Принцип Харитона. Критический диаметр в случае гомогенного и баллистического механизма взрывчатого превращения.

49. Основные технологические процессы производства пироксилиновых порохов.

50. Основные технологические процессы производства баллиститных порохов.

51. Основные химико-технологических процессы, используемые в производстве смесевых ракетных топлив.

52. Научные и инженерные основы процессов получения полимерных материалов.

53. Технологические процессы формования полимерных материалов.

54. Требования, предъявляемые к порохам и ТРТ по баллистическим характеристикам.

55. Механизм влияния катализаторов на горение порохов.

56. Катализ горения смесевых топлив на основе ПХА.

57. Физические и теплофизические свойства порохов и ТРТ

58. Структура и физико-механические свойства ТРТ на основе пластифицированных нитратов целлюлозы.

59. Структура и физико-механические свойства СТРТ.

Раздел 8. Процессы и аппараты химических технологий

8.1. Математическое моделирование как современный метод анализа

1. Сущность и цели математического моделирования объектов химической технологии.

8.2. Типовые модели структуры потоков в аппаратах непрерывного действия

1. Модель идеального смешения. Условия реализуемости принятых допущений в приложении к аппаратам химической технологии.
2. Модель идеального вытеснения. Сравнительная оценка идеальных моделей. Учет рассеяния по времени пребывания. Ячеечная модель.
3. Диффузионная модель. Комбинированные (многопараметрические) модели. Байпасирование. Последовательное и параллельное включение ячеек идеального смешения и вытеснения. Модель с застойной зоной.

8.3. Понятие форм и размеров твердых частиц, гранулометрического состава, сыпучести, сил взаимодействия между частицами. Движение ожиженных твердых дисперсных систем. Псевдоожиженные слои.

1. Механические процессы. Процессы измельчения и измельчающие машины. Классификация процессов и машин. Типы дробилок (щековые, конусные, валковые, молотковые и роторные). Типы мельниц (барабанные – центробежные и вибрационные, ударного действия и др.). Смесители сыпучих материалов, кинетика процессов смешивания.

8.4. Тепловые процессы

1. Основные уравнения процессов. Классификация используемых аппаратов. Теплообменники с передачей тепла через стенку. Кипятильники. Основные переменные процесса. Теплообменники смешивания. Теплообменники с идеальной изоляцией, теплообменники с потерями тепла через стенку. Математические модели кожухотрубных теплообменников. Выпарные аппараты. Основные уравнения. Теплообмен излучением. Законы теплового излучения.

8.5. Диффузионные процессы

1. Математическое описание равновесия в многокомпонентных системах. Математическое описание процессов диффузии. Однофазная неподвижная среда. Стационарная диффузия в движущихся средах. Диффузия в многокомпонентных системах.
2. Модели массопередачи. Пленочные и распылительные колонны. Модели тарельчатых колонн. Модели насадочных колонн.

8.6. Математические модели сушильных установок

1. Кинетика сушки. Контактные сушилки. Сушилки со стационарным слоем. Сушилки с псевдоожиженным и движущимся слоем.

8.7. Математические модели кристаллизационных установок

1. Описание роста кристаллов и зародышеобразования. Типы используемых кристаллизаторов.

8.8. Математические модели процессов разделения

1. Равновесие и массопередача в системах жидкость–жидкость. Типы используемых экстракционных аппаратов. Математические модели колонных экстракторов. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Описание равновесия в системах жидкость–пар, жидкость–газ. Типы ректификационных и абсорбционных аппаратов, их математическое описание.
2. Общая характеристика мембранных способов разделения смесей. Их классификация. Виды мембран. Описание процесса переноса в мембранах.

8.9. Гомогенные химические реакторы

1. Гомогенные изотермические реакторы. Классификация реакторов по гидродинамическому признаку. Реактор периодического действия. Проточный реактор с мешалкой. Каскад реакторов идеального смешения. Реактор с продольным перемешиванием потока (ламинарный и турбулентный режимы). Адиабатические и политропические реакторы.

8.10. Гетерогенные химические реакторы

1. Гетерогенные каталитические реакторы, классификация каталитических реакторов. Одно - и многослойные реакторы со стационарным слоем катализатора. Квазигомогенная модель.
2. Реакторы с псевдооживленным слоем катализатора.

Раздел 9. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Кристаллохимические особенности твердых тел и прогнозирование их свойств для создания функциональных материалов

Термодинамические и экологические аспекты производства технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (ТНиСМ)

Проблемы прочности высокотемпературных функциональных материалов

Структурные особенности и альтернативные способы синтеза стеклообразных материалов

Современные и перспективные материалы на основе вяжущих, керамических, стекловидных, композитных систем

Научные основы СиТНМ

Физико-химические основы технологии СиТНМ

Основные закономерности технологических процессов СиТНМ

Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Технология теплоизоляционных материалов и изделий

Раздел 10. Мембраны и мембранная технология

10.1. Терминология. Основные понятия и размерности величин.

10.2. Технология мембран. Принципы классификации мембран; требования к мембранам; методы исследования структуры мембран; методы производства мембран; мембранный рынок – мировой и российский.

10.3. 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, полволоконными мембранными элементами и аппаратов типа «фильтр пресс». Влияние и расчет гидравлического сопротивления мембранных аппаратов. Методы очистки и регенерации мембран. Технологический расчет установок мембранного разделения смесей. Секционирование мембранных аппаратов. Многоступенчатые схемы (простые и с рециклом). Расчет баромембранных процессов. Примеры промышленного применения баромембранных процессов.

10.4. 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 концентрационную поляризацию. Селективность разделения. 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. Способы организации процесса. Материальный баланс. Расчет мембранных модулей (аппаратов) и установок. Промышленное применение мембранного разделения газов. Технико-экономическая оценка процесса, сравнение с другими способами: криогенным, абсорбционным и адсорбционным.

10.5. 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 электродиализа (электродеионизация, электродиализ с биполярными

мембранами, реверсивный электродиализ) 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.

10.6. 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: И температура; толщина мембраны; внешнедиффузионные сопротивления и остаточное давление под мембраной. Методы исследования и расчета, примеры практического применения и их анализ, технико-экономические показатели.

Раздел 11. Материаловедение

11.1. Физико-химические основы материаловедения

Основные понятия о строении, структуре и свойствах материалов. Методы изучения структуры и свойств материалов.

Основные типы кристаллических решеток. Классификация кристаллов по типам связи. Анизотропия свойств кристаллов. Строение реальных кристаллов. Дефекты реальных кристаллов и их влияние на свойства металлов и сплавов. Свойства дислокаций. Диаграмма «плотность дефектов-прочность». Кристаллизация металлов и сплавов. Аморфные материалы. Аллотропические превращения металлов.

Свойства материалов. Показатели свойств. Классификация свойств. Механические, физические, химические, эксплуатационные и технологические свойства материалов. Показатели механических свойств, определяемые при статических испытаниях на растяжение и изгиб. Методы определения твердости материалов. Показатели механических свойств, определяемые при динамических и циклических испытаниях.

Основы теории сплавов. Диаграммы состояния сплавов. Термины и определения. Диаграммы – «состав-свойство». Фазовый состав сплавов. Зависимость между свойствами сплавов и типом диаграммы состояния.

11.2. Металлические материалы

Железоуглеродистые сплавы. Структуры сплавов железо-углерод. Диаграммы состояния железо-цементит. Компоненты, фазы и структурные составляющие сталей и белых чугунов.

Углеродистые и легированные стали. Классификация сталей, определение понятия качества стали (требования к качеству). Маркировка. Влияние углерода и постоянных (технологических) примесей на качество

стали, методы улучшения качества стали (повышение ее конструкционной прочности). Влияние легирующих элементов на свойства стали. Чугуны и твердые сплавы. Свойства и назначение чугуна. Чугуны серые, белые, ковкие, высокопрочные, их свойства, область применения, маркировка.

Теория и практика термической обработки металлов и сплавов. Природа, механизм и условия протекания структурных превращений в стали. Виды термической обработки стали: отжиг I и II рода, полный и неполный отжиг, нормализация, закалка, отпуск. Закаливаемость и прокаливаемость сталей. Влияние термической обработки на механические свойства стали.

11.3. Основы коррозии металлов. Принципы и методы защиты от коррозии.

Основные причины коррозии металлов. Показатели коррозии. Классификация коррозионных процессов. Химическая коррозия. Газовая коррозия. Коррозия в жидкостях – неэлектролитах. Электрохимическая коррозия. Кинетика электрохимической коррозии. Коррозия металлов в условиях технологических сред химических производств.

Принципы и методы защиты от коррозии. Коррозионностойкие металлические и неметаллические материалы. Методы защиты машин и аппаратов химических производств от коррозии. Ингибиторы коррозии. Электрохимическая защита. Защитные покрытия.

11.4. Цветные металлы и сплавы

Алюминий и его сплавы. Классификация алюминиевых сплавов. Деформируемые алюминиевые сплавы. Литейные алюминиевые сплавы. Особенности термической обработки. Спеченные алюминиевые сплавы. Технологические и механические свойства. Области применения алюминия и его сплавов. Коррозионная стойкость алюминия и его сплавов.

Магний и его сплавы. Классификация магниевых сплавов. Деформируемые и литейные сплавы. Термическая обработка магниевых сплавов. Коррозионная стойкость сплавов магния.

Медь и ее сплавы. Влияние примесей на структуру и свойства меди. Классификация медных сплавов. Латунни, их свойства. Строение и свойства оловянных, алюминиевых, свинцовых, марганцовистых и бериллиевых бронз. Медноникелевые сплавы. Коррозионная стойкость меди и её сплавов. Области применения меди и ее сплавов.

Титан и его сплавы. Классификация легирующих элементов и типы сплавов титана. Механические, технологические и коррозионные свойства титановых сплавов. Конструкционные и жаропрочные сплавы титана. Особенности термической обработки.

11.5. Полимеры и пластические массы, эластомеры

Классификация и структура полимерных материалов. Молекулярная структура полимеров. Особенности механических свойств полимеров, обусловленные их строением. Релаксационные свойства. Вязкое течение растворов и расплавов полимеров. Старение и стабилизация полимеров. Деструкция полимеров. Влияние внешних факторов на процесс разрушения.

Физико-механические, адгезионные, фрикционные, антикоррозионные, диэлектрические свойства полимеров.

Состав, классификация и свойства пластических масс. Пластмассы на основе термопластичных и термореактивных полимеров. Основные промышленные полимеры и пластмассы.

Резины общего назначения, специальные резины и области их применения. Лакокрасочные материалы (ЛКМ).

11.6. Силикатные материалы, бетоны

Керамические материалы. Конструкционная, инструментальная и техническая керамика. Свойства и области применения.

Неорганическое стекло. Свойства, классификация, области применения. Технические стекла. Ситаллы, особенности свойств, области применения.

Бетоны. Основные характеристики, применение.

11.7. Композиционные материалы

Классификация, принцип создания и основные типы композиционных материалов. Композиционные материалы на металлической и неметаллической основе. Области и перспективы применения композиционных материалов.

5. Критерии оценки.

Вопросы по научной специальности оцениваются в 70 баллов. Ответы на дополнительные вопросы оцениваются в 30 баллов.

Шкала оценивания

| | | | | |
|--------------------------------|---|---|--|---|
| Ответ на вопросы билета | Полное соответствие содержания ответа вопросу в экзаменационном билете, присутствует ясность, четкость и логика изложения. Поступающий показывает владение понятийным аппаратом, выводы аргументированы, высокий уровень владения материалом, показывает знание смежных вопросов. | Соответствие содержания ответа вопросу в экзаменационном билете, присутствует ясность, четкость и логика изложения. Поступающий показывает владение понятийным аппаратом, выводы не полностью аргументированы, высокий уровень владения материалом, показывает знание смежных вопросов. | Не полное соответствие содержания ответа вопросу в экзаменационном билете. Поступающий показывает недостаточное владение понятийным аппаратом, выводы частично аргументированы, низкий уровень владения материалом, недостаточно показывает знание смежных вопросов. | Не полное соответствие содержания ответа вопросу в экзаменационном билете, отсутствует ясность, четкость и логика изложения. Поступающий показывает слабое владение понятийным аппаратом, выводы не аргументированы, низкий уровень владения материалом, не показывает знание смежных вопросов. |
| Количество баллов | 61-70 | 46-60 | 21-45 | 0-20 |

| | | | | |
|--|---|---|--|---|
| Ответ на дополнительные вопросы | Исчерпывающие и обоснованные ответы на вопросы, абитуриент демонстрирует глубокие теоретические знания, умение сравнивать и оценивать различные научные подходы, пользоваться современной научной терминологией | Полные, достаточно глубокие и обоснованные ответы на вопросы, поставленный экзаменационной комиссией, абитуриент демонстрирует хорошие знания, умение пользоваться современной научной терминологией. | В целом правильные ответы на вопросы, поставленный экзаменационной комиссией, при этом поступающий недостаточно аргументирует ответы | Демонстрирует непонимание основного содержания теоретического материала, поверхностность и слабую аргументацию суждений или допущены значительные ошибки. |
| Количество баллов | 21-30 | 11-20 | 6-10 | 0-5 |

6. Примерный перечень вопросов для экзамена (избранные вопросы по специальной дисциплине)

2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы

1. Классификация нанообъектов и наноматериалов. Конструкционные и функциональные наноматериалы, примеры. Особые физические и химические свойства нанообъектов и наноструктурированных систем.

2. Зависимость свойств от размера частиц (кластеров, зерен). Размерный эффект, влияние размерного фактора на свойства наноматериалов.

3. Границы раздела фаз. Роль межфазных границ в формировании свойств наноматериалов. Особенности термодинамики нанообъектов. Влияние кривизны на свойства поверхности раздела фаз.

4. Седиментационная устойчивость наносистем. Агрегация нанообъектов и агрегативная устойчивость наносистем: изотермическая перегонка (Оствальдово созревание), коалесценция, коагуляция.

5. Особенности диффузионных процессов на поверхности раздела фаз. Зернограничная диффузия.

6. Наноматериалы в электронике. Квантовые точки, квантовые нити, квантовые ямы. Методы получения квантовых точек и использование наноматериалов для создания активных лазерных сред.

7. Наноразмерные порошки простых и сложных оксидов, солей и других соединений, индивидуальных металлов и сплавов. Особенности нанопорошков по сравнению с грубодисперсными порошками. Примеры наиболее распространенных нанопорошков и их применение.

8. Композиционные наноматериалы. Основные типы композиционных материалов и их физические и химические свойства. Характеристики матриц и наполнителей.

9. Углеродные наноматериалы и наноструктуры - фуллерены, углеродные нанотрубки, графен, наноалмаз. Их структура, свойства и перспективы применения.

10. Наноразмерные пленки и покрытия, наноструктуры на подложках, пленки Ленгмюра-Блоджетт.

11. Пористые и мембранные наноматериалы – их классификация, физические и химические свойства. Примеры мембранных материалов и процессов с их участием.

12. Наноструктуры, образованные поверхностно-активными веществами: мицеллы, микроэмульсии, лиотропные жидкие кристаллы.

13. Коллоидные частицы металлов - особенности и области применения. Магнитные жидкости.

14. Супрамолекулярные ансамбли. Молекулярные и супрамолекулярные устройства. Ассемблеры и молекулярные машины. Самосборка и самоорганизация супрамолекулярных систем.

15. Физические основы электронной микроскопии: источники электронов, основы взаимодействия электронного пучка с исследуемым объектом, требования к объектам исследования.

16. Общая схема и принцип действия сканирующего электронного микроскопа. Возможности и особенности применения сканирующей электронной микроскопии для анализа наноматериалов, требования к объектам исследования.

17. Общая схема и принцип действия просвечивающего электронного микроскопа. Режимы наблюдения – темное и светлое поле, микродифракция. Требования к объектам исследования для просвечивающей электронной микроскопии.

18. Сканирующая зондовая микроскопия – основные физические принципы. Туннельная и атомно-силовая зондовая микроскопия, их особенности. Устройство и основные элементы сканирующего зондового микроскопа. Требования к объектам исследования при использовании различных видов сканирующей зондовой микроскопии.

19. Дифракционные методы исследования нанообъектов. Дифракция рентгеновских лучей и электронов. Малоугловое рассеяние рентгеновских лучей, методы лазерной дифракции. Применение дифракционных методов для определения размеров наночастиц.

20. Физические методы получения массивных наноструктурированных материалов. Направленная кристаллизация аморфных сплавов и стекол. Интенсивная пластическая деформация.

21. Физические методы получения наночастиц. Получение наночастиц путем возгонки-десублимации. Получение наночастиц путем лазерной абляции. Получение наночастиц путем диспергирования в электродуговом разряде. Механическое, ультразвуковое и детонационное измельчение. Метод взрывающихся проволок. Электроискровая эрозия для получения наночастиц.

22. Физические методы получения пленок и покрытий. Термическое, электронно-лучевое, магнетронное напыление для получения

наноструктурированных пленок и покрытий. Молекулярно-лучевая эпитаксия, литография и нанолитография при получении наноструктурированных материалов.

23. Синтез наночастиц методами осаждения в жидких средах. Синтез наночастиц золота, серебра, платины, палладия и других благородных металлов. Стабилизация наночастиц в растворах - электростатическая, адсорбционная, хемосорбционная. Синтез наночастиц с однородной и слоистой структурой («ядро-оболочка»).

24. Химические методы получения наночастиц в газовой фазе. Реакции химического осаждения из газовой фазы и их разновидности. CVD метод получения наноматериалов.

25. Химические методы получения пленок и покрытий. Химическое осаждение металлоорганических соединений из газовой фазы. Эпитаксия.

26. Химические методы получения нанонитей и нанотрубок. Каталитический пиролиз углеводородов для получения углеродных нанотрубок. Химическое модифицирование нанотрубок.

27. Золь-гель технология наночастиц и нанопористых материалов. Образование ксеро- и аэрогелей. Влияние состава реакционной среды и условий протекания золь-гель-процесса на морфологию синтезируемого наноматериала. Примеры получения наночастиц и наноматериалов золь-гель методом.

28. Синтез наночастиц в сверхкритических жидкостях – физико-химические основы. Основные параметры, влияющие на морфологию синтезируемых наноматериалов, получаемых с использованием сверхкритических жидкостей. Примеры получения наночастиц и наноматериалов синтезом в сверхкритических жидкостях.

29. Образование наночастиц при распылении растворов в пламени (мокрое сжигание). Влияние состава исходного раствора и технологических параметров процесса на размер и морфологию синтезируемых наночастиц. Способы распыления жидкости при получении наноматериалов.

30. Электрохимические методы получения наноматериалов. Катодные и анодные процессы при электрохимическом получении наноматериалов. Электроосаждение наночастиц. Электрохимическое получение нанопористых

31. Матричный (темплатный) синтез наночастиц и наноматериалов. Использование мицеллярных систем и микроэмульсий для синтеза наночастиц. Примеры синтеза неорганических наночастиц в обратных микроэмульсиях.

2.6.7. Технология неорганических веществ

1. Роль минеральных солей и удобрений в жизни растений. Классификация удобрений.

2. Процессы растворения и кристаллизация солей в водных растворах.

3. Физико-химические основы абсорбции, примеры.

4. Калийное сырьё. Получение хлорида калия из сильвинита политермическим (галургическим) методом: физико-химические основы, блок-схема процесса.

5. Катализ в технологии неорганических веществ. На примере неорганического производства рассмотреть кинетику и механизм каталитического процесса, катализаторы и способы ускорения химических процессов.

6. Физико-химические основы процессов адсорбции. Основные типы промышленных адсорбентов.

7. Производство серной кислоты, физико-химические основы контактного окисления диоксида серы и абсорбции конвертированного газа. Кинетика процесса и факторы, влияющие на равновесную степень превращения. Блок-схема ДКДА

8. Классификация особо чистых веществ, природа примесей. Методы глубокой очистки веществ.

9. Фосфаты аммония: свойства, сырьё для производства, физико-химические основы и блок-схемы процессов.

10. Производство нитрофосфатов азотнокислотным разложением фосфатного сырья: физико-химические основы, способы снижения избыточного кальция ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) в азотнокислотной вытяжке.

11. Производство синтетического аммиака. Физико-химические основы процесса, механизм, кинетика, катализаторы, каталитические яды. Восстановление катализаторов.

12. Физико-химические основы получения низких температур методом изоэнтальпного расширения газа. Физическая сущность процесса. Дифференциальный и интегральный дроссель-эффекты.

13. Производство синтетического аммиака. Физико-химические основы процесса, механизм, кинетика, катализаторы, каталитические яды. Восстановление катализаторов синтеза аммиака, методы получения.

14. Ионный обмен: механизм, селективность, статика и динамика ионного обмена. Типы и структура ионитов.

15. Подготовка природного и технологических газов перед химическим процессом, очистка от серосодержащих примесей и кислородсодержащих соединений, блок-схема МЭА в производстве синтез-газа.

16. Азотные удобрения, сырьё для их производства. Получение аммиачной селитры: свойства, физико-химические основы и блок-схема процесса.

17. Технологическая схема двухступенчатой каталитической конверсии метана и оксида углерода паровоздушной смесью, физико-химические основы процесса и параметры процесса, определяющие максимальный выход синтез-газа.

18. Сырьё для производства фосфорных удобрений. Получение экстракционной фосфорной кислоты: свойства, физико-химические основы и блок-схема дигидратного процесса.

19. Флотация. Теоретические основы процесса, области применения. Виды флотационных реагентов.
20. Азотная кислота, физико-химические основы конверсии аммиака и переработки оксидов азота в разбавленную азотную кислоту.
21. Конструкция фильтров для очистки газов от пыли. Расчёт и подбор фильтров
22. Конструкция насосов. Расчёт и подбор насосов
23. Процесс абсорбции. Конструкция абсорбционных колонн. Влияние давления и температуры на эффективность абсорбции
24. Конструкция теплообменных аппаратов. Расчёт и подбор теплообменных аппаратов
25. Конструкция, применение и метод расчёта аппаратов кипящего слоя
26. Катализ в переработке природного газа. Методы получения синтез-газа окислительной конверсией метана. Синтез метанола и диметилового эфира. Синтез Фишера-Тропша.
27. Процесс в пористом зерне катализатора в форме пластинки, квазигомогенная математическая модель, решение и анализ для реакции первого порядка. Модуль Зельдовича-Тиле. Наблюдаемая скорость превращения и степень использования внутренней поверхности.
28. Физико-химические основы и аппаратное оформление получения серной кислоты. Линия оптимальных температур. Концепции синтеза ХТС на примере производства серной кислоты
29. Физико-химические основы и аппаратное оформление получения аммиака. Концепции синтеза ХТС на примере производства аммиака
30. Физико-химические основы и аппаратное оформление получения азотной кислоты. Концепции синтеза ХТС на примере производства азотной кислоты.
31. Понятие разделительных элементов первого и второго рода в процессах разделения изотопов легких элементов
32. Каскады из разделительных элементов первого рода. Идеальный каскад.
33. Процессы фазового изотопного обмена в технологии разделения изотопов легких элементов, их основные характеристики
34. Каскадов из разделительных элементов второго рода. Сравнение величин потоков в идеальном и прямоугольном каскадах
35. Процессы химического изотопного обмена в технологии разделения изотопов легких элементов, их основные характеристики
36. Основы обратимых процессов разделения изотопов легких элементов, природа возникновения разделительных эффектов, их величина
37. Связь между константой равновесия и коэффициентом разделения реакций химического изотопного обмена
38. Концентрационная зависимость коэффициентов разделения в реакциях химического изотопного обмена с участием водорода.
39. X-Y-диаграмма. Рабочая и равновесные линии. Расчет числа теоретических ступеней разделения с использованием X-Y-диаграммы

40. Реакции гомомолекулярного изотопного обмена. Значения их константы равновесия при бесконечно высокой температуре.

41. Технология тяжелой воды. Методы производства и типовые технологические схемы.

42. Технология разделения изотопов кислорода. Сравнение используемых рабочих систем.

43. Формальная кинетика реакций изотопного обмена. Вывод уравнения для определения экспериментальной константы скорости реакции изотопного обмена при коэффициенте разделения близком к единице.

44. Технология разделения изотопов бора. Сравнение используемых рабочих систем.

45. Использование катализаторов в процессах разделения изотопов легких элементов.

46. Технология разделения изотопов углерода. Сравнение используемых рабочих систем.

47. Защита окружающей среды от выбросов трития объектами ядерной энергетики. Методы детритизации газовых и жидкостных потоков.

48. Технология разделения изотопов азота. Сравнение используемых рабочих систем.

49. Применение стабильных изотопов легких элементов в медицине.

50. Формальная кинетика реакций изотопного обмена. Расчет экспериментальной константы скорости реакции изотопного обмена при значении коэффициента разделения много больше единицы.

2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов

1. ПУРЭКС-процесс для переработки отработавшего ядерного топлива: описание, варианты, преимущества и недостатки.

2. КАРБЭКС-процесс и другие методы переработки отработавшего ядерного топлива в карбонатно-щелочных водных средах, как альтернатива ПУРЭКС-процессу.

3. Основное оборудование водно-химических методов переработки ОЯТ (аппараты растворители, сорбционное и экстракционное оборудование, фильтровальное оборудование, печи для получения конечных продуктов).

4. Производство редкоземельных элементов. Технологические схемы извлечения РЗЭ при переработке апатита, фосфоритов, лопарита, монацитов.

5. Разделение РЗЭ. Технологические схемы разделения коллективных концентратов РЗЭ, выделенных из минерального сырья, на групповые концентраты и индивидуальные элементы.

6. Химия экстракции РЗЭ из нитратных и хлоридных растворов основными типами экстрагентов: ТБФ, Д2ЭГФК, карбоновые кислоты, соли аминов и ЧАО.

7. Применение сорбционных процессов в технологии индивидуальных РЗЭ.

8. Оборудование сорбционных и экстракционных процессов в технологии РЗЭ.

9. Современные требования к технологическим схемам переработки минерального и техногенного редкометалльного сырья.

10. Особенности химической технологии переработки редкометалльного сырья. Современное состояние химической технологии переработки редкометалльного сырья, перспективы ее совершенствования. Роль химии в создании общих принципов построения технологических схем и алгоритм переработки минерального и техногенного сырья редких элементов.

11. Общая характеристика РЗЭ: положение в Периодической системе; краткая историческая справка об индивидуальных элементах; важнейшие области применения редкоземельных металлов (РЗМ) и соединений РЗЭ. Физико-химические свойства РЗМ. Важнейшие для технологии соединения РЗЭ.

12. Минералы и руды редких элементов и методы их обогащения.

13. Кондиции на руды и концентраты редких элементов.

14. Применение магнитного и электростатического обогащения при переработке руд редких элементов.

15. Методы получения редкоземельных металлов.

1. Радиоактивное равновесие. Расчет активности дочернего радионуклида по активности материнского на примере радия.

3. Применение радионуклидов в научных исследованиях и в народном хозяйстве.

4. Сорбция как метод концентрирования радионуклидов. Основные понятия сорбции. Типы применяемых сорбентов. Понятие о хроматографии. Фронтальный, элюентный и вытеснительный методы хроматографии.

5. Водно-химический режим I и II контуров реакторов ВВЭР.

6. Очистка газовых выбросов на АЭС от летучих радионуклидов.

7. Теплоносители для ядерных реакторов. Вода как теплоноситель.

8. Воздействие начального этапа ядерного топливного цикла на окружающую среду. Сравнение с добычей органического топлива.

9. Методы концентрирования радионуклидов. Соосаждение радионуклидов. Понятие об изотопных, специфических и неспецифических носителях.

10. Отверждение ЖРО на АЭС. Сравнительная характеристика методов битумирования, цементирования и остекловывания

11. Получение искусственных радионуклидов облучением нейтронами. Источники нейтронов.

12. Диффузионный метод разделения изотопов урана.

13. Центробежный метод разделения изотопов.

14. Делящиеся вещества. Быстрые, промежуточные и медленные нейтроны.

15. Что такое коллективная доза? Коэффициент риска (вероятность возникновения злокачественных новообразований со смертельным исходом). Расчет эффекта.

2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии

1. Электрохимические системы. Электроды, электродные реакции. Законы Фарадея

2. Побочные и вторичные реакции, примеры. Выход по току, выход по энергии. Кулонометры.

3. Механизм образования раствора электролитов. Энергия кристаллической решетки. Энергия сольватации по модели Борна. Реальная и химическая энергия сольватации.

4. Числа переноса и методы их определения. Вывод уравнения Нернста-Эйнштейна.

5. Электрохимический потенциал и равновесие на границе электрод-раствор. Составные части гальвани и вольта-потенциала. Электродный потенциал определение и методы измерения.

6. Равновесие в электрохимической цепи. Связь ЭДС правильно разомкнутой электрохимической цепи с гальвани и вольта-потенциалами. Связь ЭДС с химическими потенциалами в правильно разомкнутой электрохимической цепи.

7. Образование двойного электрического слоя, привести примеры. Модель Грэма. Влияние электродного потенциала на емкость ДЭС. Методы измерения емкости ДЭС

8. Поляризационная характеристика в условиях лимитирующей стадии массопереноса. Три основных уравнения диффузионной кинетики. Вращающийся дисковый электрод.

9. Теория замедленного разряда и её современное обоснование. Уравнение Фольмера -Батлера. Влияние строения двойного электрического слоя на скорость электрохимической реакции.

10. Электрохимическая коррозия с водородной и кислородной деполяризациями. Кинетика и термодинамика процессов. Диаграммы Пурбе.

11. Влияние электродного потенциала на скорость электрохимической коррозии. Поляризационные диаграммы.

12. Способы повышения коррозионной стойкости металлов и сплавов.

13. Количественная оценка коррозионного разрушения.

14. Механизм электрохимической коррозии.

15. Термодинамика и кинетика электрохимической коррозии.

16. Диаграмма Пурбе.

17. Влияние электродного потенциала на скорость коррозии.

18. Коррозия при восстановлении ионов гидроксония, кислорода и нескольких окислителей.

19. Пассивность металлов, перепассивация, локальная анодная активация.

20. Газовая коррозия металлов. Термодинамика и кинетика газовой коррозии.

21. Основные принципы легирования сталей.

22. Межкристаллитная коррозия нержавеющей сталей.

2.6.10 Технология органических веществ

1. Теоретические основы химии и технологии получения олефинов.

2. Теоретические основы химии и технологии получения формальдегида.

3. Теоретические основы химии и технологии получения оксида этилена.

4. Теоретические основы химии и технологии получения метанола.

5. Теоретические основы химии и технологии получения эфиров карбоновых кислот.

6. Теоретические основы химии и технологии алкилирования ароматических углеводов.

7. Теоретические основы химии и технологии β -оксиалкилирования.

8. Теоретические основы химии и технологии совместное производство фенола и ацетона.

9. Теоретические основы химии и технологии получения оксида пропилена.

10. Теоретические основы химии и технологии получения стирола.

11. Теоретические основы химии и технологии получения ацетальдегида из этилена.

12. Теоретические основы химии и технологии карбонилирования метанола.

13. Теоретические основы химии и технологии получения этиленгликоля.

14. Теоретические основы химии и технологии получения 2-этилгексанола.

15. Теоретические основы химии и технологии процессов гидроформилирования.

16. Технология сульфирования бензола и толуола в парах.

17. Технология непрерывного сульфирования нафталина.

18. Технология непрерывного нитрования бензола при производстве нитробензола.

19. Технология хлорирования бензола в адиабатическом режиме по Беркману.

20. Теоретические основы и технология восстановления замещенных нитробензола в растворе водородом в адиабатическом режиме.

21. Технологическая схема производства азопигментов в непрерывном режиме.

22. Технология получения индиго из К-соли фенилглицина.

23. Технология карбоксилирования при производстве 2-гидрокси-3-нафтойной кислоты.
24. Различия в технологиях открытой плавки при производстве 2-нафтола и резорцина.
25. Технология аминирования 2- и 4-нитрохлорбензолов в производстве нитроанилинов.
26. Технология щелочного и каталитического гидролиза хлорбензола.
27. Теоретические основы технологии контактно-каталитического окисления при производстве малеинового и фталевого ангидридов.
28. Сравнение эффективности трубчатого конвертора и конвертора с кипящим слоем катализатора при производстве фталевого ангидрида.
29. Теоретические основы химии и технологии получения алкил-, арил- и ацилизоцианатов.
30. Теоретические основы химии и технологии получения N,N-диалкил-N-арилмочевин.
31. Теоретические основы химии и технологии получения N1-бензолсульфо-N3-гетарилмочевин и N1-бензоил-N3-арилмочевин.
32. Теоретические основы химии и технологии получения N-метил-O-арилкарбаматов и N-арил-O-алкилкарбаматов.
33. Теоретические основы химии и технологии получения диалкилхлортиофосфатов и диалкилдитиофосфорных кислот O-арил- и O-гетерилдиалкилтиофосфатов.
34. Теоретические основы химии и технологии получения O-арил- и O-гетерилдиалкилтиофосфатов.
35. Теоретические основы химии и технологии получения S-алкил-O,O-диалкилдитиофосфатов.
36. Теоретические основы химии и технологии получения фосфорилметиламиноуксусной кислоты.
37. Теоретические основы химии и технологии получения этиловых и гетерилметилэтиловых эфиров хризантемовой кислоты.
38. Теоретические основы химии и технологии получения этиловых и бензиловых эфиров перметриновой кислоты.
39. Теоретические основы химии и технологии получения 2-азолилэтанолов и 2-азолилметил-2-арил-1,3-диоксоланов.
40. Теоретические основы химии и технологии получения 2-замещенных бензимидазолов.
41. Теоретические основы химии и технологии получения 2-арил-3-метоксиакрилатов и 2-арил-2-метоксииминоацетатов.
42. Теоретические основы химии и технологии получения 3-замещенных 4-гидроксикумаринов.
43. Теоретические основы химии и технологии получения замещенных 2-ацил-1,3-индандионов.
44. Основные растворимые в воде полимеры и биополимеры и уравнения реакций, лежащих в основе их промышленного получения.

45. Углеводы. Гетерополисахариды. Важнейшие представители гетерополисахаридов -

46. гиалуриновая кислота, хондроитинсульфат, гепарин. Роль сложных полисахаридов.

47. Везикулы – особенности строения и свойства. Применение везикулярных систем в фармацевтической и косметической промышленности.

48. Способы стабилизации дисперсных систем. Особенности стабилизации эмульсий.

49. Лекарственные растения, лекарственное растительное сырьё. Пути использования сырья. Методы выявления новых лекарственных растений.

50. Стандартизация лекарственного растительного сырья. Нормативные документы. Государственная Фармакопея РФ. Структура Фармакопейной статьи.

51. Сырьевая база лекарственных растений. Импорт и экспорт лекарственного растительного сырья. Заготовка сырья от дикорастущих и возделываемых лекарственных растений.

52. «Листья», «цветки», «травы»: общие приемы и методы макроскопического и микроскопического анализа лекарственного растительного сырья.

53. . «Плоды», «коры», «семена»: общие приёмы и методы макроскопического и микроскопического анализа лекарственного растительного сырья.

54. «Корни», «корневища», «луковицы, клубнелуковицы»: общие приёмы и методы макроскопического и микроскопического анализа лекарственного растительного сырья.

55. Химический состав лекарственных растений. Связь химического состава лекарственного растительного сырья с фармакологическим действием.

56. Зольность лекарственного растительного сырья. Методика определения общей золы и золы, нерастворимой в 10 % хлористоводородной кислоты.

57. Определение измельчённости лекарственного растительного сырья. Определение содержания экстрактивных веществ в лекарственном растительном сырье. Методики определения.

58. Методы количественного анализа содержания действующих веществ. Их значение в определении доброкачественности лекарственного растительного сырья.

59. Анализ жирных масел. Основные показатели доброкачественности жирных масел.

60. Влажность лекарственного растительного сырья. Методика определения.

61. Основные морфологические виды лекарственного растительного сырья. Сбор лекарственного растительного сырья. Первичная обработка.

62. Приёмка лекарственного растительного сырья и методы отбора проб для анализа на складах, базах и фармацевтических предприятиях.

63. Основные методы фармакогностического анализа лекарственного растительного сырья.

64. Приведение лекарственного растительного сырья в стандартное состояние. Упаковка, маркировка, транспортирование, хранение.

65. Методы отбора проб сырья для анализа. Отбор проб лекарственного растительного сырья «ангро» (партия).

66. Методы отбора проб сырья для анализа. Отбор проб лекарственного растительного сырья фасованного (серия).

67. Определение содержания примесей в лекарственном растительном сырье. Виды примесей. Примеси и дефекты, являющиеся основанием для браковки лекарственного растительного сырья без дальнейшего анализа.

68. Биологические процессы растительных организмов. Первичный и вторичный метаболизм и продукты обмена.

69. Изменчивость химического состава лекарственных растений. Влияние онтогенеза и внешних факторов на накопление БАВ.

70. Токсические характеристики дихлорангидрида угольной кислоты (фосгена). Лабораторные и промышленный способы получения фосгена. Использование фосгена для получения изоцианатов, применение изоцианатов для получения биологически активных мочевины и карбаматов.

71. Получение неполных эфиров фосфористой кислоты. Особенности промышленного производства диметилового эфира фосфористой кислоты. Реакции гидрофосфорильных соединений с окислителями, хлорирующими агентами и непредельными соединениями.

72. Механизмы реакций этерификации и гидролиза сложных эфиров. Химические свойства эфиров карбоновых кислот, применение сложных эфиров в качестве ацилирующих средств в реакции с аминами и в реакции Клейзена.

73. Ингибирование окислительного фосфорилирования в митохондриях, разобщители окислительного фосфорилирования. Механизм токсического действия циановодорода, его получение окислительным аммонолизом метана. Использование циановодорода в производстве полимеров и цианурхлорида.

74. Нейромедиаторы возбуждения в центральной и периферической нервной системе. Биологическая активность никотина, его структурные аналоги с инсектицидной активностью (неоникотиноиды), механизм действия и проблема избирательной токсичности. Метод получения и особенности применения в качестве инсектицида имидаклоприда (1-(6-хлорпиридин-3-илметил)-2-нитроиминоимидазолидин).

75. Кинетическое описание обратимого химического взаимодействия на примере реакции этерификации.

76. Хлорорганические инсектициды. ДДТ (1,1-бис(4-хлорфенил)-2,2,2-трихлорэтан) и его аналоги, полихлорированные углеводороды, гексахлорциклопентадиен в реакции Дильса-Адлера, инсектицидная

активность и способ получения гептахлора. Экологические проблемы практического применения хлорорганических инсектицидов.

77. 2. Способы получения триалкиловых и триариловых эфиров фосфористой кислоты. Промышленный способ получения триметилфосфита и его использование в производстве инсектицидов по реакции Перкова. Реакция Михаэлиса-Арбузова.

78. Использование уравнения Гаммета для прогнозирования реакционной способности ароматических соединений. Примеры применения уравнения Гаммета.

79. Фосфорорганические инсектициды, зависимость активности от строения производных кислот фосфора (формула Шрадера). Синтез хлорофоса (О,О-диметил-1-гидрокси-2,2,2-трихлорэтилфосфоната), его превращение в дихлофос и токсичность для теплокровных организмов.

80. Токсичность, способы получения и химические свойства 2-хлорэтилзамещенных аминов. Применение в качестве противораковых средств соединений с бис(2-хлорэтиламинными) группами: сарколизин, допан. Избирательная цитотоксичность циклофосфана для злокачественных клеток.

81. Методы получения органических галогенидов в химической технологии БАВ. Технологические аспекты галогенирования. Свободнорадикальное галогенирование. Хлорирование алифатических и ароматических соединений в боковую цепь.

82. Замещение галогенов в алифатических и ароматических галогенидах на другие функциональные группы. Основные сведения о механизме реакции. Основные факторы, влияющие на ход процесса нуклеофильного замещения.

83. Метаболизм ксенобиотиков, первая и вторая фазы метаболизма. Образование токсичных метаболитов в биотрансформации ксенобиотиков монооксигеназами.

84. Тепловой баланс и тепловой расчет реактора периодического действия. Стационарный и нестационарный теплообмен. Промышленные способы подвода и отвода теплоты в химической аппаратуре. Теплоносители, используемые в технологии БАВ.

85. Системные фунгициды, преимущества и недостатки. Механизм фунгицидной активности и способ получения 1-(4-хлорфенокси)-3,3-диметил-1-(1Н-1,2,4-триазол-1-ил)бутан-2-ола (триадименола).

86. Антикоагулянтная активность 3-замещенных 4-гидроксикумаринов. Способы получения 4-гидроксикумарина и бензилиденацетона, их конденсация с образованием ратицида варфарина. Механизм выработки резистентности у грызунов к варфарину. Пути преодоления резистентности.

87. Основные представления о механизме генерирования болевого ощущения, механизм обезболивающего действия нестероидных противовоспалительных средств. Местные анестетики кокаин и новокаин. Механизм биологической активности морфина.

88. Цикл Кребса. Включение ацетильного фрагмента молекулы CoAS-COCH₃ в цикл трикарбоновых кислот. Превращение лимонной кислоты в цис-аконитовую и изолимонную кислоту и дальнейшие превращения промежуточных продуктов цикла Кребса. Блокировка цикла Кребса фторацетатом и малонатом. Синтез фторацетатов.

89. Строение пентоз и гексоз. Образование гликозидов в биохимических превращениях и в органическом синтезе. Рибоза и дезоксирибоза в нуклеиновых кислотах.

90. Получение трифенилфосфина, соли трифенилфосфония и их превращение в илидные соединения. Реакция Виттига и реакция Хорнера.

91. Образование аминных нейромедиаторов из аминокислот. Гамма-аминомасляная кислота (ГАМК), механизм биологической активности. Применение ГАМК в качестве лекарственного средства, проблема преодоления гемато-энцефалического барьера. Производные ГАМК – пикамилон и фенибут (3-фенил-4-аминомасляная кислота).

2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов

1. Классификация полимеров
2. Способы получения полимеров
3. Полимеризация. Основные особенности. Типы полимеризации. Основные полимеры, получаемые по полимеризации.
4. Поликонденсация и полиприсоединение. Основные особенности. Типы полимеризации. Основные полимеры, получаемые по полимеризации.
5. Технологические способы получения полимеров по реакциям полимеризации поликонденсации. Их достоинства и недостатки.
6. Полимераналогичные превращения. Основные полимеры, получаемые по данным реакциям.
7. Полиолефины. Технология производства, свойства, применение.
8. Полистирол и его сополимеры. Технология производства, свойства, применение.
9. Галогенсодержащие полиолефины. Технология производства, свойства, применение.
10. Поливинилацетат и его производные. Технология производства, свойства, применение.
11. Акриловые полимеры. Технология производства, свойства, применение.
12. Фенолальдегидные олигомеры. Технология производства, свойства, применение.
13. Аминоальдегидные олигомеры. Технология производства, свойства, применение.
14. Сложные полиэфиры. Технология производства, свойства, применение.
15. Эпоксидные олигомеры. Технология производства, свойства, применение.

16. Полиимиды и полиамиды. Технология производства, свойства, применение.
17. Полиуретаны. Технология производства, свойства, применение.
18. Элементоорганические полимеры. Технология производства, свойства, применение.
19. Что такое наибольшая, наименьшая и эффективная вязкости?
20. Приборы для измерения вязкости
21. Скорость сдвига, напряжение сдвига, вязкость.
22. Как классифицируются реологические жидкости по их поведению при течении?
23. Какие реологические характеристики расплавов полимеров Вы знаете? Что представляет собой кривая течения полимеров?
24. Особенности течения полимеров.
25. Кривые течения полимеров. Аномалия вязкости.
26. Уравнения, описывающие кривую вязкости полимеров.
27. Причины аномалии вязкости полимеров.
28. Тиксотропия и реопексия. Работа тиксотропии.
29. Что такое наибольшая, наименьшая и эффективная вязкости?
30. Как зависит вязкость от температуры?
31. Как влияет на вязкость молекулярная масса?
32. Как определяется энергия активации вязкого течения, какие факторы влияют на нее?
33. Число Деборы и его влияние на поведение расплавов полимеров.
34. Измерение продольной вязкости.
35. Характеристическая вязкость.
36. Вязкость концентрированных растворов.
37. Растворы жидкокристаллических полимеров.
38. Кривая течения жидкокристаллических полимеров.
39. Температурная зависимость вязкости жидкокристаллических полимеров
40. Назовите виды деструкции в процессах формирования изделий и в процессе их эксплуатации.
41. Виды деструкции, используемые как дополнительные стадии при переработке полимеров.
42. Охарактеризуйте процессы, происходящие при деструкции.
43. Основные стадии процесса старения
44. Основные реакции термодеструкции.
45. Кинетические закономерности термодеструкции. Определение энергии активации.
46. Факторы, влияющие на стойкость полимера в условиях термодеструкции.
47. Перечислите способы стабилизации полимеров от термической деструкции.
48. Пути изучения процессов термодеструкции.
49. Механизм процессов термоокислительной деструкции.

50. Методы изучения термоокислительной деструкции.
51. Факторы, влияющие на скорость окисления полимеров.
52. Типы стабилизаторов термоокислительной деструкции, механизм их действия.
53. Что такое период индукции и как он определяется.
54. Что такое синергизм. Назовите примеры синергических смесей.
55. Приведите примеры практического использования механодеструкции полимеров.
56. Особенности механохимической деструкции. Основные стадии процесса.
57. Классификация методов получения изделий из пластмасс, исходя из состояния и свойств материала, места в общем объеме производства изделий.
58. Перечислите особенности переработки в вязкотекучем, высокоэластическом, стеклообразном состояниях.
59. Перечислите особенности переработки термопластичных и терморезистивных материалов.

2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ

ХТУМ

1. Химизм получения металлургического кокса и искусственного графита.
2. Основные технологические стадии промышленных процессов производства моторного топлива из нефтяного сырья и на базе твердых природных энергоносителей.
3. Перспективные процессы переработки природного газа и ТГИ, ориентированные на производство углеводородов.
4. Химизм процессов полукоксования и коксования ТГИ. Первичные и вторичные продукты. Аналогии и различия с термическим крекингом и пиролизом углеводородов.
5. Основные стадии промышленных процессов получения метанола из первичного сырья (нефти, природного газа, ТГИ).
6. Радикально-цепной механизм на примере термического крекинга и пиролиза. инициаторы и ингибиторы.
7. Механизм каталитического крекинга и алкилирования углеводородов.
8. Простые и сложные реакции. Кинетическая модель гомогенных реакций различных порядков.
9. Понятие интегральной и дифференциальной селективности. Связь этих величин. применение к расчету оборудования.
10. Гетерогенный катализ. Основные теории гетерогенного катализа.

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

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

13. Технология высокотемпературной переработки ТГИ. Коксование углей.

14. Технология газификации ТГИ.

15. Технология низкотемпературной переработки ТГИ. Экстракция, гидрогенизация углей.

16. Технология каталитических процессов переработки нефти. Каталитический крекинг, риформинг.

17. Технология фракционирования нефтей.

18. Основные схемы переработки нефтей по различным направлениям.

19. Технология получения углеродных волокон.

20. Технология получения углеграфитовых материалов.

21. Технология получения сажи.

22. Технология получения углеродных композитов.

23. Технология получения твердого углерода из газовой фазы.

24. Технология получения искусственных алмазов.

25. Технология процессов синтеза Фишера-Тропша.

26. Технология конверсии метана в смеси СО и Н₂.

27. Основы расчета технологического оборудования по математическим моделям.

28. Основы расчета технологического оборудования по практическим данным.

29. Энерготехнологический расчет трубчатой печи установки риформинга.

30. Основы расчета ректификационной колонны разделения нефти на фракции.

ХТОСА, ХТВМС

1. Химизм получения металлургического кокса и искусственного графита.

2. Основные технологические стадии промышленных процессов производства моторного топлива на базе твердых природных энергоносителей.

3. Перспективные процессы переработки природного газа и ТГИ, ориентированные на производство углеводородов.

4. Химизм процессов полукоксования и коксования ТГИ. Первичные и вторичные продукты.

5. Основные стадии промышленных процессов получения метанола из первичного сырья (нефти, природного газа, ТГИ).

6. Радиально-цепной механизм на примере термического крекинга и пиролиза. Инициаторы и ингибиторы.

7. Механизм каталитического крекинга и алкилирования углеводородов.
8. Простые и сложные реакции. Кинетическая модель гомогенных реакций различных порядков.
9. Понятие интегральной и дифференциальной селективности. Связь этих величин. Применение к расчету оборудования.
10. Гетерогенный катализ. Основные теории гетерогенного катализа.
11. Области протекания гетерогенного процесса для пористых частиц. Распределение концентраций реагента по длине поры.
12. Гетерогенно-каталитический процесс на внешней поверхности катализатора. Математическая модель процесса для реакции различных порядков.
13. Технология высокотемпературной переработки ТГИ. Коксование углей.
14. Технология газификации ТГИ.
15. Технология низкотемпературной переработки ТГИ. Экстракция, гидрогенизация углей.
16. Технология каталитических процессов переработки нефти. Каталитический крекинг, риформинг.
17. Технология фракционирования нефтей.
18. Основные схемы нефтепереработки нефтей по различным направлениям.
19. Технология получения углеродных волокон.
20. Технология получения углеграфитовых материалов.
21. Технология получения сажи.
22. Технология получения углеродных композитов.
23. Технология получения твердого углерода из газовой фазы.
24. Технология получения искусственных алмазов.
25. Технология процессов синтеза Фишера - Тропша.
26. Технология конверсии метана в смеси СО и Н₂.
27. Основы расчета технологического оборудования по математической модели реактора идеального вытеснения.
28. Основы расчета технологического оборудования по двухпараметрической модели реактора вытеснения.
29. Основы расчета технологического оборудования по практическим данным.
30. Процесс ректификации. Принципы разделения сложных смесей. Применение в технологии топлив.
31. Кинетика и механизм электрофильного нитрования. Особенности нитрования на различных стадиях получения тринитротолуола. Основные и побочные реакции. Кинетический и диффузионный режимы.
32. Реакции нуклеофильного замещения в технологии нитросоединений. Стадия очистки тротила.

33. Каталитическое восстановление нитросоединений. Механизм реакции, кинетика процесса, основные носители и катализаторы, их влияние на направление и скорость процесса.

34. Технология циклических нитраминов. Особенности получения N-нитросоединений. Технология октогена. Технология гексогена. Нитролизный способ: достоинства и недостатки по сравнению с другими методами.

35. Термостойкие и малочувствительные взрывчатые вещества. Основные требования к ним. Принципы создания. Основные представители.

36. Химия и технология нитроэфиров, общие подходы и технологическое оформление. Основные представители. Особенности нитрования целлюлозы.

37. Термический распад C-O, C-N и N-N нитросоединений.

38. Адиабатический "тепловой взрыв" Максимальная скорость реакции, обратный максимальный безразмерный разогрев. Период индукции.

39. Теория "теплового взрыва" по Н.Н. Семенову (Тепловой взрыв в условиях теплообмена). Различие между адиабатическим "тепловым взрывом" и тепловым взрывом в условиях теплообмена. Критерии.

40. Основные уравнения теории горения: закон сохранения массы, закон сохранения энергии, уравнение Фурье, подобие полей концентраций полю температуры в пламени. Пренебрежение начальной скоростью реакции и метод разложения экспонента.

41. Горение газов и летучих взрывчатых веществ.

42. Влияние начальной температуры и давления на скорость горения конденсированных систем.

43. Горение взрывчатых веществ с тепловыделением в конденсированной фазе.

44. Уравнения сохранения для стационарных волн. Основные соотношения для волн сжатия в инертном веществе.

45. Волны в экзотермически реагирующем веществе. Детонация и дефлаграция.

46. Гидродинамическая теория детонации. Правило отбора Чепмена-Жуге. Модель ZND (Зельдовича-Неймана-Дёринга).

47. Детонация Чепмена-Жуге в идеальном газе. Сравнение теории и эксперимента.

48. Критический диаметр детонации. Принцип Харитона. Критический диаметр в случае гомогенного и баллистического механизма взрывчатого превращения.

49. Основные технологические процессы производства пироксилиновых порохов.

50. Основные технологические процессы производства баллиститных порохов.

51. Основные химико-технологических процессы, используемые в производстве смесевых ракетных топлив.

52. Научные и инженерные основы процессов получения полимерных материалов.

53. Технологические процессы формования полимерных материалов.
54. Требования, предъявляемые к порохам и ТРТ по баллистическим характеристикам.
55. Механизм влияния катализаторов на горение порохов.
56. Катализ горения смесевых топлив на основе ПХА.
57. Физические и теплофизические свойства порохов и ТРТ
58. Структура и физико-механические свойства ТРТ на основе пластифицированных нитратов целлюлозы.
59. Структура и физико-механические свойства СТРТ.

2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий

1. Основные гидродинамические величины. Уравнение неразрывности. Уравнения Эйлера и Навье-Стокса. Течение жидкостей по трубам и каналам. Пленочное течение. Коэффициенты трения.
2. Учет рассеяния по времени пребывания. Ячеечная модель. Вывод уравнения предельного перехода к модели идеального вытеснения. Диффузионная модель. Комбинированные (многопараметрические) модели.
3. Внешняя задача гидродинамики. Обтекание твердых тел. неподвижные зернистые слои. Гидродинамика псевдооживленных слоев.
4. 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. 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.
6. Диффузия, закон Фика. Уравнения неразрывности, конвективной диффузии. Движущие силы. Коэффициенты массоотдачи, массопередачи. Материальные балансы, рабочие линии.
7. Кинетика сушки. Контактные сушилки. Сушилки со стационарным слоем. Сушилки с псевдооживленным и движущимся слоем. Особенности математического описания сушилок.
8. Описание роста кристаллов и зародышеобразования. Типы используемых кристаллизаторов. Математическая модель кристаллизатора с мешалкой.
9. Ректификационные аппараты. Их типы. Описание равновесия в системах жидкость–пар. Расчет ректификационных аппаратов.
10. Равновесие и массопередача в системах жидкость–жидкость. Типы используемых экстракционных аппаратов. Математические модели колонных экстракторов.
11. Общая характеристика мембранных способов разделения смесей. Их классификация. Виды мембран. Описание процесса переноса в мембранах.

12. Гомогенные изотермические реакторы. Классификация реакторов по гидродинамическому признаку. Реактор периодического действия. Проточный реактор с мешалкой. Каскад реакторов идеального смешения.

13. 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.

14. Уравнение массоотдачи. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии. Выражение коэффициента массопередачи через коэффициенты массоотдачи, (уравнение аддитивности фазовых сопротивлений) средняя движущая сила процессов массоотдачи и массопередачи.

15. Адсорбция. Общие сведения о процессе и области его применения. Основные промышленные адсорбенты, их структура и свойства. Равновесие при адсорбции. Изотермы адсорбции.

16. Экстрактивная и азеотропная ректификация. Физико-химические основы этих процессов. Схемы установок для проведения экстрактивной азеотропной ректификации.

17. Число единиц переноса. Высота единиц переноса. Теоретическая ступень изменения концентраций (теоретическая тарелка). Высота, эквивалентная теоретической ступени изменения концентрации.

18. Фазовое равновесие. Коэффициент распределения. Летучесть. Равновесие в системе пар-жидкость. Фазовое равновесие. Коэффициент распределения. Летучесть. Равновесие в системе газ-жидкость.

19. Выпаривание. Общие сведения о процессе и области его применения. Методы проведения выпаривания. Однокорпусные и многокорпусные выпарные установки.

20. Тепловое излучение. Теплообмен при излучении. Тепловое излучение газов. Конвекция и теплоотдача. Закон теплоотдачи Ньютона (уравнение теплоотдачи). Дифференциальное уравнение конвективного переноса теплоты (уравнение Фурье-Кирхгофа).

2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

1. Структура кристаллов и кристаллическая решетка. Симметрия кристаллов, трансляционные решетки Бравэ, пространственные группы симметрии. Основы кристаллохимии: простейшие кристаллические структуры, плотнейшие упаковки, атомные и ионные радиусы, координационные числа.

2. Энергетические характеристики кристаллической решетки. Взаимосвязь с физико-химическими свойствами ТНСМ.

3. Твердые растворы: типы твердых растворов, условия образования и термодинамической стабильности. Эффект Френкеля-Киркендала. Твердые растворы. Стехиометрия и отклонения от стехиометрии.

4. Химическая связь в кристаллах. Правила построения ионных кристаллов. Структура тугоплавких простых и сложных оксидов, углерода, карбидов, нитридов и других бинарных соединений. Особенности структуры кристаллических силикатов.

5. Дефекты кристаллической решетки. Типы дефектов. Дефекты по Шоттки и Френкелю. Дислокации. Влияние дефектов на свойства кристаллических тел. Квазихимические реакции взаимодействия дефектов. Твердые растворы: типы твердых растворов, условия образования и термодинамической стабильности.

6. Механические и упругие свойства кристаллических и стеклообразных тел. Пластическая и упругая деформация. Хрупкое разрушение: основные теории, стадии, механизмы. Коэффициент интенсивности напряжений. Влияние микроструктуры и текстуры материалов на их разрушение.

7. Строение и реологические свойства дисперсных систем, их связь с процессами формования. Основные способы формования изделий в технологии керамики. Важнейшие технологические характеристики процессов формования и способы управления ими.

8. Процессы спекания, их классификация, стадии спекания. Сущность, признаки, движущая сила, механизмы, кинетика процессов спекания и рекристаллизации. Активированное спекание, физические основы.

9. Сущность и кинетика процессов измельчения твердых материалов. Классификация порошков, их технологическая характеристика. Новые методы измельчения. Особенности получения высокодисперсных и нанопорошков.

10. Современные представления о механизме хрупкого разрушения стекла и ситаллов. Теоретическая и реальная прочность. Влияние различных факторов на механические свойства стекла и ситаллов.

11. Теоретические основы и практическая реализация явлений фазового разделения (ликвация, кристаллизация) в стеклах.

12. Стекловарение как совокупность физико-химических процессов и явлений. Этапы стекловарения и их реализация в промышленных стекловаренных печах.

13. Технологические свойства стекла и их роль на отдельных этапах производства.

14. Огнеупоры для футеровки стекловаренных печей - составы, структура, свойства. Принципы рациональной раскладки огнеупоров при футеровке стекловаренных печей.

15. Нетрадиционные методы синтеза стекловидных и стеклокристаллических материалов.

16. Композиционные материалы на основе стекловидных и ситалловых матриц. Типы и виды армирующих материалов. Структура и свойства композитов.

17. Технология прозрачной керамики. Особенности получения порошков, формовочной массы, формования, удаления связки, обжига.

18. Технология нанокерамики. Классификация, сырье. Получение порошков и формовочных масс, формование, сушка, обжиг. Применяемое оборудование.

19. Общие принципы построения технологий керамики. Выбор исходных материалов, технологических операций и их параметров, научная организация труда, ресурсо- и энергосбережение, механизация и автоматизация технологических процессов, управляемость технологии, безопасность труда и экологическая безопасность.

20. Технология высокотемпературных конструкционных и композиционных материалов. Основные виды, стадии технологий, перспективные области применения.

21. Технология безобжиговых (неформованных) огнеупоров. Классификация, сырье. Получение порошков и формовочных масс, формование, сушка, обжиг. Применяемое оборудование.

22. Технология керамоматричных композитов. Классификация, сырье. Получение порошков и формовочных масс, формование, сушка, обжиг. Области применения. Применяемое оборудование.

23. Пути модифицирования портландцементной матрицы для получения долговечных композиционных материалов. Физико-химические основы самоармирования вяжущих материалов.

24. Механизм коррозии армирующих стекловолокон в среде цементного камня. Пути снижения коррозии стекловолокон. Роль жидкой фазы гидратирующегося цемента при твердении стеклоцементных композиций.

25. Взаимосвязь между дефектностью кристаллической структуры и свойствами цемента.

26. Влияние качества (состава) сырьевых материалов на спекаемость сырьевых шламов и свойства портландцемента. Сжигание дополнительного топлива в подготовительных зонах цементных печей.

27. Сульфатсодержащие клинкера и цементы на их основе.

28. Научные основы эффективного применения техногенных материалов в производстве клинкера.

29. Сульфоферриты и сульфоалюмоферриты кальция: температурный интервал существования, состав и структура. Гидратация и твердение сульфоферрита и сульфоалюмоферрита кальция при нормальных условиях и воздействии агрессивных сред.

30. Специальные тампонажные цементы: требования к составу и свойствам тампонажных растворов для низкотемпературных скважин, скважин с высоким пластовым давлением, скважин в слабо связанных породах.

2.6.15. Мембраны и мембранная технология

1. Приведите пример применения установок очистки на основе баромембранных процессов. Приведите технико-экономическую оценку предложенной системы по сравнению с традиционными методами очистки.

2. Влияние основных технологических параметров на эффективность разделения (селективность и удельная производительность мембран) в баромембранных процессах.

3. Приведите пример применения установок разделения на основе диффузионных мембранных процессов. Приведите технико-экономическую оценку предложенной системы по сравнению с традиционными методами.

4. Методика расчета установок разделения на основе баромембранных процессов.

5. Приведите пример применения установок разделения на основе мембранных процессов с фазовым переходом. Приведите технико-экономическую оценку предложенной системы по сравнению с традиционными методами.

6. Влияние основных технологических параметров на эффективность разделения (селективность и удельная производительность мембран) в диффузионных мембранных процессах.

7. Механизм разделения в баромембранных процессах.

8. Методика расчета установок разделения на основе диффузионных мембранных процессов.

9. Механизм разделения в электромембранных процессах.

10. Механизм разделения в диффузионных мембранных процессах.

11. Влияние основных технологических параметров на эффективность разделения (селективность и удельная производительность мембран) в мембранных процессах с фазовым переходом.

12. Механизм разделения в мембранных процессах с фазовым переходом.

13. Методика расчета установок разделения на основе мембранных процессов с фазовым переходом.

14. Укажите основные типы конструкций мембранных модулей, их достоинства и недостатки.

15. Методика расчета установок разделения на основе электромембранных процессов.

2.6.17. Материаловедение

1. Дислокационная структура и прочность металлов.

2. Определение прочности материалов. Основные показатели.

3. Методы испытания твердости материалов.

4. Аллотропические (полиморфные) превращения железа.

5. Области существования сталей и чугунов на диаграмме железо-цементит.

6. Элементарные кристаллические решетки чистых кристаллов.
7. Основные виды термической обработки сталей.
8. Классификация сталей по химическому составу.
9. Влияние примесей на качество сталей.
10. Основные сплавы меди.
11. Сплавы на основе алюминия.
12. Титан и его сплавы.
13. Два основных механизма коррозии.
14. Атмосферная коррозия металлов.
15. Основные способы защиты металлов от коррозии.
16. Основные характеристики механических свойств полимерных материалов.
17. Коррозия полимерных материалов.
18. Основные виды технической керамики.
19. Свойства фторопласта, полиэтилена и полипропилена.
20. Состав и свойства основных видов технического стекла.
21. Свойства эластомеров.
22. Ситаллы, свойства область применения.
23. Композиционные материалы. Свойства. Области применения.
24. Бетоны. Основные характеристики области применения.

7. Рекомендуемая литература для подготовки к вступительному испытанию

2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы

1. Брандон Д., Каплан У. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля. М: Техносфера, 2004.- 384 с.
2. Наноматериалы и наноструктуры: учебно-методический комплекс: в 2 т.: Т.1. / Е.В. Юртов, М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. – 148 с.
3. Наноматериалы и наноструктуры: учебно-методический комплекс: в 2 т.: Т.2. / Е.В. Юртов, М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. – 112 с.
4. Сканирующая зондовая микроскопия для исследования свойств наноматериалов: учебно-методический комплекс / Е.В. Юртов, А.А. Серцова – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. – 148 с.
5. Процессы получения наночастиц и наноматериалов: учебно-методический комплекс / Е.В. Юртов, М.Ю. Королёва – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. – 152 с.

6. Функциональные нанокпозиционные материалы и покрытия: учебно-методический комплекс / Е.В. Юртов, М.Ю. Королева – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. – 128 с.
7. Глезер А.М., Левашов Е.А., Королева М.Ю. Конструкционные наноматериалы: Учебно-методический комплекс дисциплины - Москва: МИСиС, 2011. - 176 с.
8. Биологические наноструктуры: учебно-методический комплекс / Н.М. Мурашова – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. – 152 с.
9. Суздаев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. – М.: КомКнига. 2006. - 589 с.
10. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. М.: Издательский центр «Академия», 2005, 192с.
11. Дьячков П.Н. Электронные свойства и применение нанотрубок – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011 – 488 с.
12. Раков Э.Г. Нанотрубки и фуллерены. М.: Университетская книга, Логос. 2006. - 376 с.
13. Морохов И.Д., Трусков Л.Д., Лаповок В.И. Физические явления в ультрадисперсных средах.- М.:Наука,1984.- 472 с.
14. Лен Ж.-М. Супрамолекулярная химия: Концепции и перспективы. Пер. с англ. - Новосибирск: Наука, Сиб. Предприятие РАН, 1998.
15. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит. 2005. - 416 с.
16. Шабанова Н.А., Попов В.В., Саркисов П.Д. Химия и технология нанодисперсных оксидов. Учебное пособие. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006.- 309 с.
17. Шабанова Н.А., Саркисов П.Д. Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012 – 328 с.
18. Молекулярно-лучевая эпитаксия и гетероструктуры: Пер. с англ. / Под ред. Ж.И. Алферова, Ю.В. Шмарцева. М.: Мир, 1989. .- 582 с
19. Зернограничная диффузия и свойства наноструктурных материалов/ Ю.Р.Колобов, Р.З.Валиев, Г.П.Грабовецкая и др. – Новосибирск: Наука, 2001.- 232 с.
20. Русанов А.И. Лекции по термодинамике поверхностей: Учебное пособие. - СПб.: «Лань», 2013. - 240 с.
21. Алымов М.И. Порошковая металлургия нанокристаллических материалов - М.: Наука, 2007. - 169 с.
22. Справочник по технологии наночастиц. Пер. с англ. колл. переводчиков; науч. ред. Ярославцев А.Б., Максимовский С.Н. - М.: Научный мир, 2013. - 730 с.
23. Мурадова А.Г., Матвеева А.Г., Юртов Е.В., Бокштейн Б.С. Объемная и зернограничная диффузия. Методические указания по выполнению лабораторной работы, М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018, 28 с.

24. Мурадова А.Г., Мурашова Н.М., Шарапаев А.И., Юртов Е.В. Самоорганизующиеся наноструктуры поверхностно-активных веществ. Лабораторный практикум, М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018, 64 с.

25. Аверина Ю.М., Субчева Е.Н., Юртов Е.В., Зверева О.В. Композиционные материалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2017. - 128 с.

2.6.7. Технология неорганических веществ

1. Конькова Т.В., Либерман Е.Ю. Теоретические и практические основы технологии неорганических веществ Учебное пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева. 2020. 240 с.

2. Петропавловский И.А., Дмитриевский Б.А., Левин Б.В., Почиталкина И.А. Химия и основы технологии минеральных удобрений. СПб.: Проспект Науки. 2021. 344 с.

3. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. М.: Химия, 1984. 592 с.

4. Электротермические процессы химической технологии, под ред. В.А. Ершова. Л.: Химия, 1984. 464 с.

5. Бесков В.С., Сафронов В.С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии. М.: Химия, 1999. 472 с.

6. Семенов В.П., Кисилев Г.Ф., Орлов А.А. Производство аммиака. М.: Химия, 1985. 368 с.

7. Васильев Б.Т., Отвагина М.И. Технология серной кислоты. М.: Химия, 1985. 385 с.

2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов

1. Бойко В.И., Власов В.А., Жерин И.И. Торий в ядерном топливном цикле. М.:Изд.дом. «Руда и Металлы», 2006. 359 с.

2. Копырин А.А., Карелин А.И., Карелин В.А. Технология производства и радиохимической переработки ядерного топлива. М.: Атомэнергоиздат, 2006. 573 с.

3. Тураев Н.С., Жерин И.И. Химия и технология урана. М.: Изд.дом «Руда и металлы». 2006. 397с.

4. Неорганическая химия. Химия элементов [Текст] : в 2 т. : Учебник / Ю. Д. Третьяков [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : МГУ ; М. : Академкнига, 2007. - (Классический университетский учебник).

5. Степанов С. И., Чекмарев А. М. Экстракция редких металлов солями четвертичных аммониевых оснований. – ИздАТ, 2004.

6. Степанов, С. И. "Радиохимическая переработка отработавшего ядерного топлива: в 2 ч.–Ч. 1. Водно-химические методы.–144 с.; Ч. 2.–Неводные методы.–96 с." М.: РХТУ им. ДИ Менделеева (2013).

7. Степанов, С. И. "Радиохимическая переработка отработавшего ядерного топлива: в 2 ч.–Ч. 1. Водно-химические методы.–144 с.; Ч. 2.–Неводные методы.–96 с." М.: РХТУ им. ДИ Менделеева (2013).

8. Степанов С. И., Чекмарев А. М. Разделение редкоземельных элементов: учеб. пособие–М //РХТУ им. ДИ Менделеева. – 2016.

2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии

1. Теоретическая электрохимия: учебник / Л.И. Антропов. М. : Высшая школа, 1984. 519 с.

2. Прикладная электрохимия: учебник / Под ред. д.т.н. проф. А.П. Томилова– 3-е изд., перераб. – М. : Химия, 1984. 520 с.

3. Физико-химические основы электрохимии: учебное пособие/ Ю.Я. Лукомский, Ю.Д. Гамбург – 2-е изд., испр. – Долгопрудный : Издательский Дом «Интеллект», 2013. – 448 с.

4. Электрохимия: учебное пособие / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирлина – 3-е изд., испр. – Санкт-Петербург : Издательство «Лань», 2015. – 672 с

5. Теория коррозии и коррозионностойкие конструкционные сплавы: учебное пособие / Н. Д. Томашов, Г. П. Чернова – М. : Металлургия, 1993. – 413 с.

6. Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии: учебное пособие / В.С. Пахомов, А.А. Шевченко. – 2-е изд., доп. и расш. – Санкт-Петербург : ЦОП «Профессия», 2016. – 480 с.

2.6.10 Технология органических веществ

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. Ю.П. Сучков, И.А. Козловский, А.И. Луганский, В.С. Дубровский. Принципы построения технологических схем основного органического синтеза. М., РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2020, 95 с.

5. В.С. Тимофеев, А.А. Серафимов Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза. 2-е изд., перераб. М., Химия, 2003, 536 с.

6. Смирнов Н.Н., Волжинский А.И. Химические реакторы в примерах и задачах, Л., Химия, 1986., 224 с.
7. В. Н. Лисицын. Химия и технология ароматических соединений. – Москва, ДеЛи Плюс, 2014. – 392 с.
8. В. П. Перевалов, Г. И. Колдобский. Тонкий органический синтез. Проектирование и оборудование производств. – Москва, Юрайт, 2018. – 292 с.
9. А. Я. Желтов, В. С. Мирошников, В. П. Перевалов. Основы химии и технологии органических красителей, ч. 1. – Москва, РХТУ им. Д.И. Менделеева. – 2020. – 200 с.
10. А. Я. Желтов, В.С. Мирошников, В.П. Перевалов. «Основы химии и технологии органических красителей», ч. 2. – Москва, РХТУ им. Д.И. Менделеева. – 2021. – 140 с.
11. Коваленко Л.В., Ощепков М.С., Соловьева И.Н. Химия и биологическая активность фосфорорганических соединений: Учеб. пособие - М.: Издательство РХТУ, 2015. - 156 с.
12. Захарычев В.В., Грибы и фунгициды.: Учеб. пособие/ СПб., 2022. — 272 с.
13. Захарычев В.В., Химия гербицидов. Учеб пособие/ СПб., 2021. — 592 с.
14. Попков С.В., Кузенков А.В., Бурдейный М.Л., Захарычев В.В., Дашкин Р.Р., Шарипов М.Ю., Ярёмченко И.А. Получение синтетических биологически активных веществ и промежуточных продуктов. Лабораторный практикум: Учеб. пособие – М.: Издательство РХТУ, 2017. - 144 с.
15. Мельников Н.Н., Пестициды. Химия, технология и применение. М.: Химия, 1987, 712 с.
16. Русанов А.И. Лекции по термодинамике поверхностей. – СПб.: Издательство «Лань», 2013. – 240 с.
17. Штильман, М. И. Полимеры медико-биологического назначения. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. - 400 с.
18. Шиков А.Н., Макаров В.Г., Рыженков В.Е. Растительные масла и экстракты: технология, стандартизация, свойства. – М.: Издательский дом «Русский врач». – 2004. – 264 с.
19. Минина С.А., Каухова И.Е. Химия и технология фитопрепаратов : учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 560 с.: ил.
20. Лотова Л.И. Морфология и анатомия высших растений. – М.: Эдиториал УРСС, 2000. – 528 с.
21. Гринкевич Н.И., Сафронич Л.Н. Химический анализ лекарственных растений. – М.: Высшая школа, 1983. – 176 с.
22. Белодубровская Г.А., Блинова К.Ф., Забинкова Н.Н. и др. Энциклопедический словарь лекарственных растений и продуктов животного происхождения: Учеб. пособие / Под ред. Г.П. Яковлева и К.Ф. Блиновой, 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: СпецЛит, Издательство СПбХФА, 2002. – 407 с.: ил.
23. Муравьева Д.А., Самылина И.А., Яковлев Г.П. Фармакогнозия: Учебник. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 2002. – 650 с.: ил.

2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов

Основная литература

1. Технология переработки полимеров. Физические и химические процессы: учебное пособие для вузов / М. Л. Кербер [и др.]; под редакцией М. Л. Кербера. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 316 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-04915-2. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/492744> (дата обращения: 25.01.2023).

2. Гладков С. О. Физика композитов: учебник для вузов / С. О. Гладков. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 332 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-01607-9. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/492206> (дата обращения: 25.01.2023).

3. Кулезнев В. Н. Химия и физика полимеров: учебное пособие / В. Н. Кулезнев, В. А. Шершнева. – 3-е изд., испр. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 368 с. – ISBN 978-5-8114-1779-7. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/168696> (дата обращения: 25.01.2023).

4. Модификация структуры и свойств целлюлозы: монография / В. А. Петров, З. Т. Валишина, О. Т. Шипина [и др.]. – Казань: КНИТУ, 2016. – 172 с. – ISBN 978-5-7882-2090-1. [Текст]: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/102071> (дата обращения: 25.01.2023).

Дополнительная литература

1. Коноплева А. А. Физикохимия композиционных полимерных материалов: учебное пособие / А. А. Коноплева, А. Р. Гатауллин, Ю. Г. Галяметдинов. – Казань: КНИТУ, 2018. – 100 с. – ISBN 978-8-7882-2467-1. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/166299> (дата обращения: 25.01.2023)

2. Леонович А. А. Физика и химия полимеров: учебное пособие для вузов / А. А. Леонович. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 104 с. – ISBN 978-5-8114-7406-6. – Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/176869> (дата обращения: 25.01.2023).

3. Киреев В. В. Высокомолекулярные соединения в 2 ч. Часть 1: учебник для вузов / В. В. Киреев. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 365 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-03986-3. – Текст:

электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/490451> (дата обращения: 25.01.2023).

4. Киреев В. В. Высокомолекулярные соединения в 2 ч. Часть 2: учебник для вузов / В. В. Киреев. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 243 с. — (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-03988-7. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/490452> (дата обращения: 25.01.2023).

5. Михайлин Ю. А. Волокнистые полимерные композиционные материалы в технике: учебное пособие / Ю. А. Михайлин. – Санкт-Петербург: НОТ, 2013. – 720 с. – ISBN 978-5-91703-037-1. – Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/35865> (дата обращения: 25.01.2023).

2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ

ХТУМ:

1. Кауфман, А.А. Отечественные и зарубежные коксовые печи : конструкции и оборудование [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Кауфман, Ю.Я. Филоненко. — Электрон. дан. — Екатеринбург : УрФУ, 2014. — 88 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/98966>. — Загл. с экрана.

2. Потехин, В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки [Электронный ресурс] : учеб. / В.М. Потехин, В.В. Потехин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 896 с.

3. Комарова, Т. В. Углеродные материалы: учебное пособие / Т. В. Комарова, С. В. Вержичинская. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. - 192 с. : ил. - Библиогр.: с. 191-192. - ISBN 978-5-7237-1040-5

4. Переработка нефти: теоретические и технологические аспекты: учебное пособие / Т. В. Бухаркина [и др.] ; ред.: Н. Г. Дигуров, Б. П. Туманян. - М. : Техника, 2012. - 495 с. : ил. - Библиогр.: с. 487-489. - ISBN 5-93969-040-8

5. Чоркендорф И., Наймантсведрайт Х. Современный катализ и химическая кинетика. / И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт. – Долгопрудный. – ООО Издательский Дом «Интеллект», 2010. – 504 с. : ил. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-91559-044-0.

6. Бухаркина Т.В. Основы кинетического моделирования и обработки экспериментальных данных. / Т.В. Бухаркина, Н.Г. Дигуров, А.Б. Юмашев. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. - 84 с. : ил. - Библиогр.: с. 84. - ISBN 978-5-7237-1145-7.

7. Бухаркина Т.В. /Основы проектирования и расчет аппаратов химической технологии топлива и углеродных материалов: учеб. пособие / Т. В. Бухаркина, С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, Р. А. Козловский; под ред.

Т В. Бухаркиной. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2015. – 136 с. ISBN 978-5-7237-1028-3

ХТОСА, ХТВМС

1. Гремячкин, В. М. Гетерогенное горение частиц твердых топлив [Текст] / В. М. Гремячкин. - М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. - 231 с. : ил. ; 14,5 усл.печ.л. - Библиогр.: с. 216-229. - 500 экз. - ISBN 978-5-7038-4132-7

2. Кауфман, А.А. Отечественные и зарубежные коксовые печи : конструкции и оборудование [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Кауфман, Ю.Я. Филоненко. — Электрон. дан. — Екатеринбург : УрФУ, 2014. — 88 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/98966>. — Загл. с экрана.

3. Потехин, В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки [Электронный ресурс]: учеб. / В.М. Потехин, В.В. Потехин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2014. — 896 с.

4. Переработка нефти: теоретические и технологические аспекты: учебное пособие / Т. В. Бухаркина [и др.]; ред.: Н. Г. Дигуров, Б. П. Туманян. - М.: Техника, 2012. - 495 с. - ISBN 5-93969-040-8.

5. Орлова, Е. Ю. Химия и технология бризантных взрывчатых веществ [Текст]: учебник для вузов / Е.Ю. Орлова. - 3-е изд., перераб. - Л. : Химия, 1981. – 312 с. (базовый учебник).

6. Жилин, В. Ф. Малочувствительные взрывчатые вещества [Текст]: учебное пособие / В. Ф. Жилин, В. Л. Збарский, Н. В. Юдин. - М.: РХТУ. Издат. центр, 2008. - 172 с. : ил. - Библиогр.: с. 161-172. - ISBN 978-5-7237-0678-1.

7. Синдицкий, В. П. Термическое разложение энергетических материалов [Текст]: учебное пособие / В. П. Синдицкий, В. В. Серушкин. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. - 151 с.: ил. - Библиогр.: с. 151. - ISBN 978-5-7237-0988-1.

8. Серушкин, В. В. Термодинамика процессов горения и детонации [Текст]: учебное пособие / В. В. Серушкин, В. П. Синдицкий. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. - 112 с. : ил. - Библиогр.: с. 112. - ISBN 978-5-7237-0990-4

9. Серушкин, В. В. Термодинамика процессов горения и детонации [Текст]: учебное пособие / В. В. Серушкин, В. П. Синдицкий. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. - 112 с. : ил. - Библиогр.: с. 112. - ISBN 978-5-7237-0990-4

10. Денисюк, А. П. Определение баллистических характеристик и параметров горения порохов и ТРТ [Текст]: лабораторный практикум : Учебное пособие / А. П. Денисюк, Ю. Г. Шепелев. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2009. - 136 с. : ил. - Библиогр.: с. 134. - ISBN 978-5-7237-0724-5

11. Фиошина М.А. Основы химии и технологии порохов и твердых ракетных топлив [Текст]: учебное пособие / М.А. Фиошина, Д.Л. Русин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: РХТУ. Издат. центр, 2004. - 264 с : ил. - Библиогр.: с.252-256. -Предм. указ.: с. 257-261. - ISBN 5-7237-0449-4

12. Лямкин Д.И. Реологические и механические свойства наполненных полимерных композиций [Текст]: учебное пособие / Д. И. Лямкин. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017. - 95 с. : ил. - Библиогр.: с. 95. - ISBN 978-5-7237-1453-3

13. Лотменцев Ю.М. Синтетические эластомеры - компоненты энергетических материалов [Текст]: учебное пособие / Ю. М. Лотменцев, Д. В. Плешаков. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2007. - 108 с. : ил. - Библиогр.: с. 106-108. - ISBN 978-5-7237-0663-7

2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий

1. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973.

2. Плановский А. Н., Николаев П. И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. М.: Химия, 1987.

3. Кафаров В. В. Основы массопередачи. М.: Высш. шк., 1979.

4. Процессы и аппараты химической технологии. Т. 1: Основы теории процессов химической технологии / Д. А. Баранов, А. В. Вязьмин, А. А. Гухман и др.; Под ред. А. М. Кутепова. М.: Логос, 2001.

5. Процессы и аппараты химической технологии. Т. 2: Механические и гидромеханические процессы / Д. А. Баранов, В. Н. Блиничев, А. В. Вязьмин и др.; Под ред. А. М. Кутепова. М.: Логос, 2001.

6. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. Кн. 1, 2 / В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов и др. М.: Химия, 1999, 2000.

7. Кафаров В. В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. М.: Химия, 1985.

8. Лыков А. В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967.

9. Левеншпиль О. Инженерное оформление химических процессов. М.: Химия, 1969.

10. Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств. – М.: Издательство Юрайт, 2019.- 403 с.

2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

1. 1. Химическая технология керамики: Учеб. пособие для вузов / Н.Т. Андрианов, В.Л. Балкевич, А.В. Беляков, А.С. Власов, И.Я. Гузман, Е.С. Лукин, Ю.М. Мосин, Б.С. Скидан / Под ред. И.Я. Гузмана. М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2011. 496 с.

2. Технология стекла. Справочные материалы. Под ред. П.Д. Саркисова, В.Е. Маневича и др. М., 2012. 647 с.

3. Бакунов В.С., Беляков А.В., Лукин Е.С., Шаяхметов У.Ш. Оксидная керамика: спекание и ползучесть. М., 2007, 583 с.

4. Кудряшов Н.И., Кривобородов Ю.Р. Фазовые равновесия в вяжущих системах. М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2014. 132 с.

5. Классен В.К., Борисов И.Н., Мануйлов В.Е. Техногенные материалы в производстве цемента. Белгород: БГТУ, 2008. 334 с.
6. Штарк Й., Вихт Б. Долговечность бетона. / Пер. с нем. Под ред. П. Кривенко. Киев: ОРАНТА, 2004. 295 с.
7. Эванс А.Г., Лэнгдон Т.Г. Конструкционная керамика / Пер. с англ. М.: Металлургия, 1980. 256 с.
8. Шелби Дж. Структура, свойства и технология стекла. Пер. с англ. М.: Мир, 2006. 288 с.
9. Фельц А. Аморфные и стеклообразные неорганические твердые тела. М.: Мир, 1986. 558 с.
10. Стекло и керамика – XXI. Перспективы развития. СПб.: Янус, 2001.

2.6.15. Мембраны и мембранная технология

1. Дытнерский Ю. И., Брыков В. П., Каграманов Г. Г. Мембранные процессы разделения жидких смесей -М., Химия, 1991. - 272 с.
2. Дытнерский Ю.И. Баромембранные процессы. Теория и расчет - М.: Химия, 1986 - 272 с.
3. Дибров Г. А. Первапорация: учебное пособие. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018. - 52 с.
4. Трошкина И. Д., Майборода А. Б., Чекмарев А. М. Электродиализ в технологии редких и радиоактивных элементов - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. - 62 с.
5. Свитцов, А. А. Мембранное разделение смесей. Проектирование и расчет : учебное пособие / А. А. Свитцов. - М. : ДЕЛИ, 2021. - 208 с.
6. Свитцов, А. А. Мембранное разделение смесей. Теория и практика. : учебное пособие / А. А. Свитцов. - М. : ДЕЛИ, 2020. - 269 с.
7. Каграманов, Г. Г. Диффузионные мембранные процессы. Теоретические основы : учебное пособие / Г. Г. Каграманов. - М. : РХТУ. Издат. центр, 2007. - 43 с.
8. Каграманов, Г. Г. Диффузионные мембранные процессы. Мембранное разделение газов : учебное пособие / Г. Г. Каграманов. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2009. - 138 с.
9. Расчет установок мембранного разделения жидких смесей : методические указания / ред. Р. Г. Кочаров, ред. Г. Г. Каграманов. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2001. - 128 с :

2.6.17. Материаловедение

1. Материаловедение: учебное пособие / С. В. Сапунов — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 208 с.
2. Специальные материалы в машиностроении : учебник / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин, В. Ю. Пирайнен. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 664 с.

3. Материаловедение: от технологии к применению (металлы, керамики, полимеры) : учебник / У. Каллистер, Д. Ретвич ; под редакцией А. Я. Малкина ; перевод с английского А. Я. Малкина. — Санкт-Петербург : НОТ, 2011. — 896 с.

4. Материаловедение и технология металлов: учебник для вузов / Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман , В.М. Матюнин ; Ред. Г.П. Фетисов. - М. : Высшая школа, 2001. - 638 с.

5. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник / В. Б. Арзамасов [и др.] ; ред. В. Б. Арзамасов, А. А. Черепяхин— М. : Издательский центр «Академия», 2007. — 447 с.