

государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Университет «Дубна»
(государственный университет «Дубна»)

Факультет естественных и инженерных наук
Кафедра химии, новых технологий и материалов



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-
методической работе

/ Деникин А.С./
Фамилия И.О.

подпись

« 02 » 2016 г.

Рабочая программа дисциплины

Химическая технология

наименование дисциплины (модуля)

Направление подготовки

04.03.01 Химия

Уровень высшего образования:

Бакалавриат

Направленность (профиль) программы:

Физическая химия

Форма обучения очная

Дубна, 2016

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Формирование у студентов целостной системы знаний по технологии веществ, включающей состояние сырьевой базы, общие закономерности и принципы переработки сырья для получения продуктов, принципиальные технологические схемы производств продуктов синтеза;

Курс имеет целью сформировать основы технологического мышления, раскрыть взаимосвязи между развитием химической науки и химической технологии, подготовить выпускников к активной творческой работе по созданию перспективных процессов, материалов и технологических схем.

Задачи дисциплины:

Курс химической технологии должен обеспечить понимание выпускником университета многоуровневого и многокритериального характера задач создания новых технологий, предоставить ему знания и навыки, необходимые применения новых научных результатов, а также экспертизы технологических решений на основе универсальных критериев.

В результате освоения курса химической технологии студенты должны иметь общее представление о структуре химико-технологических систем, будут знать теоретические основы химико-технологических процессов, иметь общее представление о структуре химико-технологических систем, знать типовые химико-технологические процессы производства, понимать взаимодействие химического производства и окружающей среды; способы защиты персонала и населения от возможных последствий аварий.

2. Объекты профессиональной деятельности при изучении дисциплины (модуля)

Объектами профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу бакалавриата, являются химические элементы, простые молекулы и сложные соединения в различном агрегатном состоянии (неорганические и органические вещества и материалы на их основе), полученные в результате химического синтеза (лабораторного, промышленного) или выделенные из природных объектов

3. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Химическая технология» относится к базовой части блока Б1. Дисциплина изучается на 4 курсе, 8 семестре.

Перечень дисциплин, усвоение которых студентами необходимо для изучения дисциплины «Химическая технология»:

- Неорганическая химия
- Органическая химия
- Физическая химия
- Экономика
- Математика (дифференциалы и интегралы)
- Физика
- Математические методы в химии

Изучение дисциплины дает основу для изучения как последующих курсов химического профиля:

- выполнение курсовых работ по органической и физической химии
- выполнение работ в рамках производственной и преддипломной практик, ВКР, НИР.

4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Химическая технология».

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень (этап) освоения) (последний – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
<i>ПК-3</i> *, **, **** владением системой фундаментальных химических понятий	У1(ПК-3) УМЕТЬ: Проводить анализ и корректировку существующих методов синтеза и исследования с учетом необходимости достижения и определения новых характеристик веществ и материалов
<i>ПК-4</i> *, **, ***, **** способностью применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов	З1(ПК-4) ЗНАТЬ: теоретические и методологические основы смежных с химией математических и естественнонаучных дисциплин и способы их использования при решении конкретных химических и материаловедческих задач
<i>ПК-5</i> *, **, ***, **** способностью получать и обрабатывать результаты научных экспериментов с помощью современных компьютерных технологий	З1(ПК-5) ЗНАТЬ: основные методы обработки результатов работ в профессиональной сфере деятельности
<i>ПК-6</i> *, **, ***, ****, ***** владением навыками представления полученных результатов в виде кратких отчетов и презентаций	В2(УК-5(6)) ВЛАДЕТЬ: способами публикации и презентации основных результатов исследования

результат обучения сформулирован на основании требований профессионального стандарта:

*)Профессиональный стандарт СПЕЦИАЛИСТ ПО РАЗРАБОТКЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ (утв. приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 8 сентября 2015 г. N 604н)

**)Специалист по научно-техническим разработкам и испытаниям полимерных наноструктурированных пленок (утв. приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «10» июля 2014 г. №447н)

***)Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам (утв. Министерством труда и социальной защиты РФ от 4 марта 2014 г. N 121н)

****) СПЕЦИАЛИСТ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ И МОДИФИКАЦИИ СВОЙСТВ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОСТРУКТУР (утв. приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 593н)

*****) Специалист по метрологии (утв. приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 4 марта 2014 г. N 124н)

5. Объем дисциплины зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, всего 108 часов, из которых:

39 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем:

26 часов – лекционные занятия;

13 часов – практические занятия, включая мероприятия текущего контроля успеваемости, мероприятия промежуточной аттестации (зачет);

69 часов составляет самостоятельная работа обучающегося

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля) Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе:								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы, из них			
		Лекционные занятия	Семинарские занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка к практической работе	Всего
8 семестр										
Введение Химико-технологический процесс	7	2		1		опрос на лекциях и практических занятиях доклады по отдельным разделам дисциплины	3	2	2	4
Критерии эффективности ХТП	7	2		1		опрос на лекциях и практических занятиях доклады по отдельным разделам дисциплины	3	2	2	4
Термодинамический анализ ХТП	7	2		1		опрос на лекциях и практических занятиях доклады по отдельным разделам дисциплины выполнение домашних работ	3	2	2	4
Материальный баланс	7	2		1		опрос на лекциях и практических занятиях доклады по отдельным разделам дисциплины выполнение домашних работ	3	2	2	4
Тепловой баланс	8	2		1		опрос на лекциях и практических занятиях доклады по отдельным разделам дисциплины выполнение домашних работ	3	2	3	5

Расчет эксергии	7	2		1		опрос на лекциях и практических занятиях выполнение домашних работ	3	2	2	4
Кинетический анализ ХТП	8	2		1		опрос на лекциях и практических занятиях выполнение индивидуальной рас- чётно-графической работы	3	2	3	5
Гидромеханические процессы	8	2		1		опрос на лекциях и практических занятиях выполнение домашних работ	3	2	3	5
Тепловые процессы	8	2		1		опрос на лекциях и практических занятиях выполнение домашних работ	3	2	3	5
Массообменные процессы	13	2		1		опрос на лекциях и практических занятиях выполнение индивидуальной рас- чётно-графической работы выполнение домашних работ	3	2	8	10
Химические реакционные процессы	13	2		1		опрос на лекциях и практических занятиях выполнение индивидуальной рас- чётно-графической работы выполнение домашних работ	3	2	8	10
Технология неорганических веществ и основной органический синтез	12	2		1		опрос на лекциях и практических занятиях выполнение домашних работ	3	2	7	9
Биотехнология, материалы	8	2		1		опрос на лекциях и практических занятиях выполнение домашних работ	3	2	3	5
Промежуточная аттестация зачет									X	
Итого	108						39			69

**Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультации*

Содержание разделов дисциплины

Общие вопросы химической технологии

Значение химической промышленности в жизни общества. Проблемы защиты окружающей среды и обеспечения безопасности химических производств на современном этапе.

Общие сведения. Химико-технологический процесс и его содержание. Основные технологические понятия и определения. Многоуровневая структура технологических систем: молекулярные процессы – макрокинетика – аппараты- производства – межотраслевые связи. Подсистемы контроля и управления технологическими процессами.

Роль математического моделирования в решении задач проектирования и эксплуатации химико-технологических систем (ХТС). Моделирование в системе газ-твердое и жидкость – твердое. Моделирование процессов в системе газ – жидкость и жидкость – жидкость.

Физико-химические закономерности в химической технологии. Классификация химических реакций. Факторы, влияющие на состояние равновесия. Сдвиг равновесия под влиянием температуры, давления, концентрации реагирующих веществ. Кинетика химико-технологических процессов. Понятие о микро- и макрокинетике. Влияние различных факторов на скорость химических процессов, протекающих на микроуровне.

Сырьевая и энергетическая база химических производств. Классификация сырья. Сырьевые ресурсы. Обогащение сырья. Материальные и энергетические балансы технологических систем. Критерии эффективности использования сырья и энергоресурсов в химико-технологических процессах. Анализ термодинамического совершенства ХТС. Основные направления повышения эффективности использования сырьевых и энергетических ресурсов. Комплексное использование сырья. Рециклы веществ и материалов. Энерготехнологические схемы производств.

Вода как сырье и компонент химического производства. Виды и качество потребляемой воды. Промышленная водоподготовка.

Химическая технология и материаловедение. Основные проблемы химического материаловедения и современная систематика материалов по составу, свойствам и функциональному назначению. Главные эксплуатационные свойства материалов (прочность, жаро- и хладостойкость, электрические, магнитные и оптические функции). Ресурс материалов. Приоритетные направления создания новых материалов с заданными свойствами.

Функциональные материалы в химической технологии. Мембраны, адсорбенты, катализаторы, датчики (сенсоры) и др.

Конструкционные материалы в химической технологии. Методы защиты металлов и сплавов от коррозии. Основные виды неметаллических конструкционных материалов; полимеры и специальная керамика как альтернатива традиционным конструкционным материалам.

Экономические показатели эффективности химических производств. Основные производственные фонды, оборотные средства и трудовые ресурсы производств. Структура затрат на производство и реализацию продукции. Себестоимость продукции, прибыль и ценообразование в химической промышленности.

Процессы и аппараты химических производств

Типовые процессы химической технологии. Классификация процессов в зависимости от их функционального назначения и лежащих в их основе физико-химических законов, определяющих направление и скорость этих процессов. Сопряжение в химико-технологических аппаратах различных типов процессов.

Исходные данные для расчета реакторов. Уравнение материального баланса реактора. Классификация реакторов. Реакторы периодические. Реакторы непрерывного действия: реактор идеального вытеснения, реактор идеального смешения непрерывный, каскад реакторов. Реакторы полунепрерывные. Истинное время пребывания. Динамическая характеристика реакторов.

Гидромеханические процессы

Основы гидро- и газодинамики. Характеристика установившихся и неустановившихся потоков, ламинарных и турбулентных течений. Дифференциальные уравнения движения сплошной среды. Основные критерии гидродинамического подобия. Способы и устройства для измерения скорости и расхода движущейся среды. Общие сведения о насосах и компрессорных машинах. Гидравлика неподвижного и псевдооживленного слоя зернистого материала. Методы смешения и разделения гетерогенных систем.

Тепловые процессы

Роль тепловых процессов в химической технологии. Процессы распространения теплоты: теплопроводность, конвекция, тепловое излучение и соответствующие уравнения теплопереноса, Технологические способы нагрева и охлаждения. Теплообменные аппараты. Классификация реакторов с различным тепловым режимом. Уравнение теплового баланса реактора. Моделирование теплообменных процессов. Подобие процессов теплообмена и общий вид критериальных уравнений. Политропический режим. Адиабатический режим. Изотермический режим. Условия поддержания устойчивого режима работы реактора. Параметрическая чувствительность. Пути повышения эффективности теплообменного оборудования.

Массообменные процессы

Характеристика процессов массопереноса. Фазовое равновесие. Молекулярная диффузия и конвективный перенос. Уравнения межфазного переноса. Физико-химические основы и принципы организации разделения смесей веществ методами абсорбции, ректификации, экстракции. Устройство аппаратуры.

Общие сведения о процессах испарения, сублимации и конденсации.

Адсорбция и ионный обмен. Закономерности равновесия и динамики адсорбции. Характеристика адсорбентов. Области применения процессов адсорбции и ионного обмена.

Диффузия через мембраны. Равновесные и кинетические факторы, определяющие эффективность мембранного разделения смесей веществ. Конструкция мембранных аппаратов. Каскады разделительных аппаратов.

Химические реакционные процессы

Гомогенные процессы. Скорость гомогенных процессов.

Гетерогенно-каталитические процессы в химической промышленности. Скорость гетерогенных процессов. Коэффициент скорости переноса. Поверхность контакта фаз. Движущая сила процесса. Технологические характеристики катализаторов. Основные стадии и кинетические особенности гетерогенно-каталитических процессов. Свойства и приготовление твердых катализаторов.

Основные типы промышленных каталитических реакторов и структура протекающих в них процессов. Математическое моделирование и оптимизация каталитических реакторов.

Важнейшие группы химических производств

При рассмотрении важнейших химических производств анализируются принципы организации технологической схемы, выбор технологических режимов и аппаратного оформления процессов, использование специальных конструкционных и функциональных материалов, решение задач ресурсо- и энергосбережения, а также задач охраны окружающей среды.

В этом разделе должны быть представлены статистические данные о масштабах мирового производства важнейших групп химических продуктов в тоннажном и стоимостном выражении, удельном энергопотреблении, сроках службы основных видов оборудования; прогнозные данные о сырьевом обеспечении крупномасштабных промышленных химических процессов, включая переработку первичных энергоресурсов во вторичные, производство металлов и полимерных материалов, кислот и минеральных удобрений, и т.д. Общие сведения об основных источниках промышленных отходов и выбросов, их воздействие на окружающую среду.

Технология неорганических веществ

Технология связанного азота

Ключевое значение технологии связывания атмосферного азота в производстве продовольствия. Альтернативные варианты перспективного решения связывания атмосферного азота. Структура современного производства аммиака из природного газа. Многоступенчатая схема приготовления и очистки азото-водородной смеси. Наиболее важные энерготехнологические узлы производства. Особенности циркуляционной схемы синтеза аммиака; физико-химические основы выбора оптимальных условий синтеза; катализаторы в производстве аммиака; утилизация "продуктивных" газов. Техничко-экономические показатели.

Современная технологическая схема производства азотной кислоты. Технологические решения, способствующие высокому выходу продукта. Физико-химические основы и аппаратное оформление процессов селективного окисления аммиака, оксидов азота и их абсорбции. Каталитическое обезвреживание отходящих газов. Концентрирование азотной кислоты. Прямой синтез концентрированной азотной кислоты из окислов азота. Техничко-экономические показатели.

Сопряженные с синтезом аммиака производства – получение нитрата аммония и карбамида. Технологические схемы, свойства продуктов и области их применения.

Переработка фосфорсодержащего сырья

Виды фосфорсодержащего сырья: апатиты и фосфориты, мировые запасы и основные месторождения. Различия минералогического состава и свойств, определяющие выбор способа технологической переработки: кислотного, термического, гидротермического.

Современное состояние производства и потребления фосфора и фосфорных кислот. Электротермический способ получения элементарного фосфора и термической фосфорной кислоты.

Физико-химические основы разложения природных фосфатов серной, азотной и фосфорной кислотами. Экстракционная фосфорная кислота как основа производства минеральных удобрений. Совершенствование аппаратного оформления процесса. Состав и концентрация образующейся фосфорной кислоты в зависимости от температуры и способа разложения апатита. Выделение и утилизация фтористых газов. Фосфогипс – отход производства экстракционной фосфорной кислоты – потенциальный источник сырья для получения серной кислоты и построения замкнутых циклов в производстве удобрений.

Производство серной кислоты

Современное состояние производства серной кислоты из различных видов сырья (природная сера, колчедан, серосодержащие отходящие газы переработки полиметаллических руд, сера и сероводород из нефтей и природного газа). Особенности технологических схем и аппаратного оформления получения серной кислоты в зависимости от исходного сырья. Экологические проблемы в сернокислотном производстве.

Электрохимические производства

Важнейшие электрохимические производства. Технологические особенности процессов электролиза водных растворов и расплавов солей. Типы промышленных электролизеров: с твердым катодом (диафрагменный и мембранный); с ртутным катодом; для электролиза расплавов хлоридов щелочных металлов.

Основные стадии производства хлора и каустической соды в диафрагменных электролизерах. Хранение и транспортировка жидкого хлора. Осушка и перекачка водорода. Выпарка и плавка каустической соды.

Уровень энергозатрат в различных технологических схемах электрохимических производств и их доля в себестоимости продукции. Экологические проблемы производства хлора и каустической соды.

Переработка углеродсодержащего сырья

Динамика использования нефти, природного газа и угля в качестве сырья химических производств. Переработка углеродсодержащего сырья на синтез-газ, олефины, парафины, ароматические углеводороды. Окислительная конденсация метана и процесс Бенсона – новые методы производства олефинов.

Переработка твердого топлива

Коксование. Продукты коксования и их использование. Коксовые печи. Переработка коксового газа. Полукоксование. Газификация твердого топлива.

Переработка нефти

Мировые запасы нефти, основные показатели распространенности и потребления нефти по странам. Методы переработки нефти и нефтепродуктов. Физические методы. Химические методы. Основные целевые продукты нефтепереработки их очистка. Первичные и вторичные процессы нефтепереработки. Глубокая переработка нефти с использованием каталитических процессов – основа ресурсосбережения и получения высококачественных моторных топлив, смазочных масел и широкого ассортимента сырья для и микробиологического синтеза.

Каталитический крекинг – важнейший многотоннажный технологический процесс переработки нефтяных фракций. Методы подготовки сырья (гидрообессеривание и гидроочистка). Химические основы процесса и целевые продукты. Алумосиликатные катализаторы крекинга (от природных глин до современных цеолитсодержащих синтетических катализаторов). Эволюция технологического оформления процесса каталитического крекинга. Совершенствование процесса: сопряжение каталитического крекинга с реформингом. Производство жидких топлив и масел; их эксплуатационные характеристики.

Экологические проблемы при добыче, транспорте и переработке нефти.

Технология основного органического синтеза

Производство непредельных углеводородов: этилен, пропилен и ацетилен. Термический и термоокислительный пиролиз газообразных и жидких углеводородов. Печи пиролиза. Разделение продуктов и тонкая очистка.

Производство кислородсодержащих органических соединений. Синтезы на основе оксида углерода. Получение углеводородов на основе синтез-газа. Синтез Фишера-Тропша. Оксосинтез. Производство метанола. Основные стадии процесса, катализаторы и аппаратное оформление. Пути использования метанола в производстве спиртов, кислот; производство формальдегида, непредельных углеводородов и синтетического топлива. Производство этилового спирта.

Синтезы на основе предельных углеводородов. Синтезы на основе непредельных углеводородов. Синтез на основе ацетилена.

Технология высокомолекулярных соединений

Пластмассы, каучуки, химические волокна и полимерные композиционные материалы как основные виды полимерных материалов. Доля полимерных материалов в валовой химической продукции индустриально развитых стран. Способы осуществления реакций полимеризации в газовой фазе, в растворе, в суспензии, в эмульсии и блочная полимеризация. Преимущества и недостатки этих способов. Промышленное получение полиэтилена, полипропилена, полистирола, поливинилхлорида, а также сополимеров на их основе. Сравнение различных технологических схем получения ПЭ (низкой и высокой плотности). Особенности технологической схемы полимеризации этилена при низких давлениях в газовой фазе на катализаторах Циглера – Натта.

Поликонденсационные процессы и их технологическое оформление. Феноло-формальдегидные и мочевино-альдегидные, наволачные и резольные смолы. Кремнийорганические полимеры. Полиуретаны. Основные свойства и области их применения.

Химические волокна: искусственные на основе целлюлозы и синтетические. Основные приемы формирования волокон из растворов и расплавов. Свойства и области применения.

Производство синтетических каучуков. Каучуки специального назначения. Переработка каучука в резину.

Создание композиционных пластмасс с заданными свойствами. Экологические аспекты производства полимерных материалов и изделий на их основе.

Биотехнология

Роль химической технологии в организации биотехнологических производств. Биотехнология – перспективное направление технологии, базирующееся на достижениях генной инженерии, промышленной микробиологии и биокатализа. Современная биотехнологическая продукция. Технология рекомбинантных ДНК и производство белков. Биотехнология в решении проблем фиксации азота в почвах, добычи цветных металлов, переработки биомассы, очистки сточных вод.

Наукоёмкие технологии - технологии будущего (термодинамически совершенные энерготехнологические процессы, биоинженерия, управление реакционной способностью веществ и селективный катализ, использование сверхкритических сред, создание наноматериалов и др.).

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю) и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю)

Изучение дисциплины предусматривает выполнение практических работ.

Методические указания к практическим занятиям

Практические занятия призваны закрепить теоретические знания студентов и познакомить их с методами решения конкретных задач, возникающих при практическом применении химических знаний.

Примерная тематика практических занятий

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)
1	Введение Химико-технологический процесс	Основные технологические показатели химического производства
2	Критерии эффективности ХТП	Расчет критериев ХТП
3	Термодинамический анализ ХТП	Расчет критериев ХТП
4	Материальный баланс	Расчет количества и состава технических продуктов
5		Графические расчеты по фазовым диаграммам
6		Материальный баланс необратимых ХТП
7		Материальный баланс ХТП, основанных на обратимых реакциях
8	Тепловой баланс	Тепловой баланс
9		Дифференциальные уравнения сохранения массы, импульса и энергии
10	Химические реакционные процессы	Примеры оптимизации ХТП
11		Производство полистирола
12	Технология неорганических веществ и основной органический синтез	Гальваническое производство
13		Переработка твердого топлива, нефти

Методические материалы по теории и технике выполнения практических работ, перечень контрольных вопросов и заданий изложены в методических разработках (приложение 1), которые выдаются студентам в твердой копии или электронном виде перед каждой работой.

Методические материалы для преподавателей

Методическая модель преподавания дисциплины основана на применении активных методов обучения. Принципами организации учебного процесса являются:

- выбор методов преподавания в зависимости от различных факторов, влияющих на организацию учебного процесса;
- объединение нескольких методов в единый преподавательский модуль в целях повышения эффективности процесса обучения;
- активное участие слушателей в учебном процессе;
- проведение практических занятий, определяющих приобретение навыков решения проблем;
- приведение примеров применения изучаемого теоретического материала к реальным практическим ситуациям.

Используемые методы преподавания: лекционные занятия с использованием мультимедиа презентаций; индивидуальные и групповые задания при проведении практических занятий.

Для более глубокого изучения предмета преподаватель предоставляет студентам информацию о возможности использования Интернет-ресурсов по разделам дисциплины.

Содержание практических занятий определяется календарным планом, который составляется преподавателем, проводящим занятия на основе рабочей программы дисциплины «Химическая технология» и утверждается заведующим кафедрой и проректором по учебной работе.

При наличии академических задолженностей по практическим занятиям, связанных с их пропусками преподаватель вправе выдать задание студенту в виде реферата по пропущенной теме занятия.

Для контроля знаний студентов по данной дисциплине необходимо проводить текущий и промежуточный контроль.

Текущий контроль выполняется в виде приема допусков и защит лабораторных и расчетно-графических работ, устного опроса на семинарских занятиях.

Промежуточный контроль проводится в виде зачета, на котором обсуждаются теоретические вопросы курса. Практическая часть зачитывается по результатам работ, выполненным в семестре.

Методические материалы по организации самостоятельной работы студентов

Рабочей программой дисциплины «Химическая технология» предусмотрена самостоятельная работа студентов, часть часов отводится на выполнение расчетно-графических работ по индивидуальному заданию.

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- изучение отдельных разделов тем дисциплины
- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;
- подготовку к практическим занятиям;
- работу с Интернет-источниками;
- подготовку к различным формам контроля.

Программой дисциплины предусмотрено выполнение лабораторных работ. Для выполнения лабораторных работ необходимо получить у преподавателя индивидуальное задание, произвести все необходимые расчеты, получить допуск к работе.

Кроме этого, запланировано выполнение расчетно-графических работ по индивидуальным заданиям, которые выполняются на компьютере. Каждое задание после выполнения работы необходимо защитить.

Последовательность всех контрольных мероприятий изложена в календарном плане, который доводится до сведения каждого студента в начале семестра, а также размещен на сайте кафедры.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе.

По каждой из тем для самостоятельного изучения, приведенных в рабочей программе дисциплины «Химическая технология» следует сначала прочитать рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

1. опрос на лекциях и практических занятиях
2. проверка практических работ
3. защита практических работ
4. доклады по отдельным разделам дисциплины
5. собеседование по итогам самостоятельного изучения отдельных разделов дисциплины
6. выполнение контрольных работ
7. выполнение индивидуальной расчётно-графической работы
8. выполнение домашних работ
9. прием зачета

8. Применяемые образовательные технологии для различных видов учебных занятий и для контроля освоения обучающимися запланированных результатов обучения

В учебном процессе, помимо чтения лекций, широко используются активные и интерактивные формы (обсуждение отдельных разделов дисциплины в рамках устных опросов на лекциях, выполнение практических заданий в группах, защита выполненных практических заданий, выполнение индивидуальных практических домашних работ с последующей их защитой). В сочетании с внеаудиторной работой это способствует формированию и развитию профессиональных навыков обучающихся.

Перечень обязательных видов работы студента:

- посещение лекционных занятий;
- участие в дискуссии в рамках устных опросов на лекциях;
- ответы на теоретические вопросы на практических занятиях;
- выполнение практических заданий на практических занятиях и их защита;
- выполнение в группах практических работ;
- выполнение домашних работ
- выполнение контрольных работ
- выполнение индивидуальной расчётно-графической работы
- доклады по отдельным разделам дисциплины

При изучении теоретического курса на лекциях предусматривается изложение материала в виде презентации. Отдельные лекции излагаются по проблемной технологии.

Некоторые разделы теоретического курса изучаются с использованием опережающей самостоятельной работы: студенты получают задания на ознакомление с новым материалом до его изложения на лекциях.

При прохождении практикума студентам предлагается работать в малых группах: учебная группа разбивается на несколько небольших групп – по 2-3 человека.

Каждая группа выполняет задание из практикума. Процесс выполнения работ осуществляется на основе обмена мнениями и выбора оптимального пути решения.

На основании полученных данных по всем опытам каждый студент заполняет свой журнал, где записывает результаты работы, составляет уравнения реакций химических процессов, если нужно производит соответствующие расчеты и результаты представляет в виде графической зависимости.

На собеседовании с преподавателем студент представляет оформленный отчет по данной работе и отвечает на вопросы преподавателя, связанные с методикой работы, результатами и выводами. По ряду работ предусматривается применение метода «защиты».

Групповая работа стимулирует согласованное взаимодействие между студентами, отношения взаимной ответственности и сотрудничества. При формировании групп учитывается два признака: степень химической подготовленности студентов и характер межличност-

ных отношений. В ряде случаев студентам самим предлагается разбиться на группы, состав которых впоследствии может корректироваться для повышения качества работы.

В практикуме при выполнении отдельных опытов используется метод проблемного обучения: студент получает задание на химический процесс, методику которого он должен подобрать самостоятельно, обсудить ее с преподавателем и затем приступить к его выполнению

9. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

• Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Полный перечень компетенций выпускников образовательной программы «Химия. Физическая химия» с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования приведен в картах компетенций образовательной программы.

Перечень компетенций выпускников образовательной программы «Химия. Физическая химия», в формировании которых участвует данная дисциплина представлен в разделе 4 рабочей программы дисциплины. Указание результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы формирования компетенций, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования представлено ниже.

• Описание шкал оценивания

При проведении промежуточной аттестации по дисциплине в форме зачета используется дихотомическая шкала оценивания.

Сопоставление дихотомической шкалы и пятибалльной системы оценивания: 1-2 балла – не зачтено, 3-5 баллов – зачтено.

Описание шкал оценивания для различных заданий, выполняемых в рамках текущего контроля, представлено в методических материалах, определяющих процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

• Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующих этапы формирования компетенций

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине ШКАЛА оценивания					ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ
	1	2	3	4	5	
У1(ПК-3) УМЕТЬ: Проводить анализ и корректировку существующих методов синтеза и исследования с учетом необходимости достижения и определения новых характеристик веществ и материалов	Отсутствие умений	Частично освоенное умение проводить анализ и корректировку существующих методов синтеза и исследования с учетом необходимости достижения и определения новых характеристик веществ и материалов	В целом успешное, но не систематическое умение проводить корректировку существующих методов синтеза и исследования с учетом необходимости достижения и определения новых характеристик веществ и материалов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение проводить корректировку существующих методов синтеза и исследования с учетом необходимости достижения и определения новых характеристик веществ и материалов	Успешное и систематическое умение проводить корректировку существующих методов синтеза и исследования с учетом необходимости достижения и определения новых характеристик веществ и материалов	-проверка практических работ -защита практических работ -выполнение индивидуальной расчётно-графической работы
31(ПК-4) ЗНАНИЕ теоретические и методологические основы смежных с химией математических и естественнонаучных дисциплин и способы их использования при решении конкретных химических и материаловедческих задач	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания теоретических и методологических основ смежных с химией математических и естественнонаучных дисциплин и способы их использования при решении конкретных химических и материаловедческих задач	Неполные знания теоретических и методологических основ смежных с химией математических и естественнонаучных дисциплин и способы их использования при решении конкретных химических и материаловедческих задач	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания теоретических и методологических основ смежных с химией математических и естественнонаучных дисциплин и способы их использования при решении конкретных химических и материаловедческих задач	Сформированные и систематические знания теоретических и методологических основ смежных с химией математических и естественнонаучных дисциплин и способы их использования при решении конкретных химических и материаловедческих задач	-опрос на лекциях и практических занятиях -проверка практических работ -защита практических работ -собеседование по итогам самостоятельного изучения отдельных разделов дисциплины -выполнение контрольных работ -выполнение индивидуальной расчётно-графической работы -выполнение домашних работ -прием зачета

<p>31 (ПК-5) ЗНАТЬ: основные методы обработки результатов работ в профессиональной сфере деятельности</p>	<p>не знает</p>	<p>Допускает существенные ошибки в основных методах обработки результатов работ в профессиональной сфере деятельности</p>	<p>Демонстрирует частичные знания основных методов обработки результатов работ в профессиональной сфере деятельности</p>	<p>Демонстрирует знания основных методов обработки результатов работ в профессиональной сфере деятельности.</p>	<p>Раскрывает полное содержание основных методов обработки результатов работ в профессиональной сфере деятельности</p>	<p>-опрос на лекциях и практических занятиях -проверка практических работ -защита практических работ -собеседование по итогам самостоятельного изучения отдельных разделов дисциплины -выполнение контрольных работ -выполнение индивидуальной расчётно-графической работы -выполнение домашних работ -приём зачета</p>
<p>ВЛАДЕТЬ: способами публикации и презентации основных результатов исследования Код В2(УК-5(6))</p>	<p>Не владеет</p>	<p>Владеет отдельными способами публикации и презентации основных результатов исследования</p>	<p>Владеет отдельными способами публикации и презентации основных результатов исследования</p>	<p>Владеет приемами и способами публикации и презентации основных результатов исследования</p>	<p>Демонстрирует владение способами публикации и презентации основных результатов исследования</p>	<p>-проверка практических работ - защита практических работ - доклады по отдельным разделам дисциплины -выполнение индивидуальной расчётно-графической работы</p>

- **Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций**

Материалы для промежуточной аттестации

перечень вопросов, выносимых на зачет

1. Введение. Понятие о химической технологии, химико-технологическом процессе, технологической схеме. Технологические и технико-экономические показатели химического производства
2. Сырье. Виды сырья, подготовка сырья к переработке.
3. Энергия. Виды и источники энергии, применяемые в ХТП. Коэффициент использования энергии.
4. Вода и ее применение в ХТП. Характеристика вод, требования к питьевой и промышленной воде. Водоподготовка.
5. Основные закономерности химической технологии. Классификация процессов, реакторов.
6. Равновесие в ХТП. Факторы, влияющие на скорость протекания процессов в гомогенных и гетерогенных системах.
7. Основы макрокинетики. Катализ в химической промышленности
8. Производство серной кислоты. Физико-химические основы процесса. Принципиальная технологическая схема
9. Производство аммиака. Физико-химические основы процесса. Принципиальная и технологическая схема
10. Производство азотной кислоты. Физико-химические основы процесса. Принципиальная технологическая схема
11. Фосфорные удобрения. Фосфатное сырье и методы его переработки.
12. Фосфор и фосфорная кислота. Свойства, физико-химические основы процессов. Принципиальные технологические схемы.
13. Суперфосфат. Физико-химические основы процесса. Принципиальные технологические схемы
14. Двойной суперфосфат. Физико-химические основы процесса. Принципиальная технологическая схема
15. Преципитат, кормовые и термические фосфаты
16. Азотные удобрения. Классификация.
17. Производство аммиачной селитры. Физико-химические основы процесса. Принципиальная технологическая схема.
18. Производство карбамида. Физико-химические основы процесса. Принципиальная технологическая схема.
19. Производство сульфата аммония, нитрата кальция и натрия. Физико-химические основы процессов. Принципиальные технологические схемы.
20. Жидкие азотные удобрения.
21. Калийные удобрения. Классификация. Получение хлористого калия и сульфата калия. Физико-химические основы процессов. Принципиальные технологические схемы.
22. Биохимические производства
23. Электрохимические производства. Теоретические основы промышленного электролиза.
23. Производство хлора и гидроксида натрия.
24. Производство металлов. Основные способы производства металлов.
25. Черные металлы.
26. Производство чугуна.
27. Производство стали.
28. Алюминий и способы его получения
29. Производство силикатных материалов. Вяжущие средства.
30. Огнеупоры. Стекла

31. Химическая переработка топлив. Виды и характеристика топлив.
32. Переработка твердого топлива.
33. Переработка нефти и нефтепродуктов.
34. Переработка газообразного топлива
35. Промышленный органический синтез. Типовые процессы, применяемые в органическом синтезе.
36. Производство и переработка ацетилена, ацетальдегида.
37. Производство метанола. Производство этанола.
38. Производство формальдегида.
39. Производство изопрена и бутадиена –1,3.
40. Производство стирола. Производство капролактама.
41. Производство ВМС. Полимерные материалы, строение и свойства ВМС, способы производства.
42. Эластомеры.
43. Пластические массы.
44. Химические волокна.
45. Синтез уксусной кислоты и уксусного ангидрида

Примеры билетов для зачета

Билет 1

1. Экономические и технологические критерии эффективности ХТП. Капитальные и приведённые затраты, себестоимость продукции, производительность труда
2. Современная технологическая схема производства азотной кислоты
3. Определить, сколько выделится льда при охлаждении 15 т 8%-ного раствора КСl от 30°C до эвтектической температуры

Билет 2

1. Степень превращения исходного реагента, выход продукта, полная и дифференциальная селективность.
2. Современное состояние производства серной кислоты из различных видов сырья
3. Химический анализ природного известняка показал следующее. Из навески известняка 1.0312 г путем ее растворения, последующего осаждения иона Ca^{+2} щавелевокислым аммонием и прокаливанием осадка CaC_2O_4 получено 0.5384 г CaO, а из навески 0.3220 г путем разложения кислотой получено 68.5 см³ CO₂ (приведенных к нормальным условиям). Подсчитать содержание углекислого кальция и магния в известняке, если весь кальций в нем находится только в виде CaCO₃, а угольная кислота – в виде карбонатов кальция и магния.

Билет 3

1. Понятия анергии, эксэргии. Виды эксэргии. Отличия энергии и эксэргии. Для чего используется эксэргия в химической технологии?
2. Важнейшие электрохимические производства.
3. 2000 кг 35%-ного раствора NaBr выпариваются под вакуумом при 90°C до получения насыщенного раствора. Определить количество испарившейся воды.

Билет 4

1. Термодинамический эксергетический анализ ХТС. Потери эксэргии: причины и расчёт. Эксергетический КПД. Меры повышения степени термодинамического совершенства ХТС.
2. Промышленное получение винилхлорида.
3. В каком соотношении следует смешать кислоты, содержащие 42 и 98% H_2SO_4 , чтобы приготовить кислоту концентрацией 92.5% H_2SO_4 ?

Билет 5

1. Гетерогенно-каталитические процессы в химической промышленности. Скорость гетерогенных процессов. Коэффициент скорости переноса. Поверхность контакта фаз. Движущая сила процесса. Технологические характеристики катализаторов. Основные стадии и кинетические особенности гетерогенно-каталитических процессов.
2. Получение аммиака.
3. На кристаллизацию поступает 10 т насыщенного водного раствора хлористого калия при $100^{\circ}C$. Во время кристаллизации раствор охлаждается до $20^{\circ}C$. Определить выход кристаллов хлористого калия, если растворимость его при $100^{\circ}C$ составляет 56.7 г, а при $20^{\circ}C$ – 34 г на 100 г воды.

Материалы для текущего контроля

Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы:

1. Сырье. Виды сырья, подготовка сырья к переработке.
2. Вода и ее применение в ХТП. Характеристика вод, требования к питьевой и промышленной воде. Водоподготовка.
3. Производство серной кислоты. Физико-химические основы процесса. Принципиальная технологическая схема
4. Производство аммиака. Физико-химические основы процесса. Принципиальная и технологическая схема
5. Производство азотной кислоты. Физико-химические основы процесса. Принципиальная технологическая схема
6. Фосфорные удобрения. Фосфатное сырье и методы его переработки.
7. Фосфор и фосфорная кислота. Свойства, физико-химические основы процессов. Принципиальные технологические схемы.
8. Азотные удобрения. Классификация.
9. Жидкие азотные удобрения.
10. Калийные удобрения. Классификация. Получение хлористого калия и сульфата калия. Физико-химические основы процессов. Принципиальные технологические схемы.
11. Биохимические производства
12. Электрохимические производства. Теоретические основы промышленного электролиза.
13. Производство силикатных материалов. Вяжущие средства.
14. Огнеупоры. Стекла
15. Химическая переработка топлив. Виды и характеристика топлив.
16. Промышленный органический синтез. Типовые процессы, применяемые в органическом синтезе.
17. Производство ВМС. Полимерные материалы, строение и свойства ВМС, способы производства.

Пример варианта задания на контрольной работе № 1

Контрольная работа № 1 Вариант 1

1.

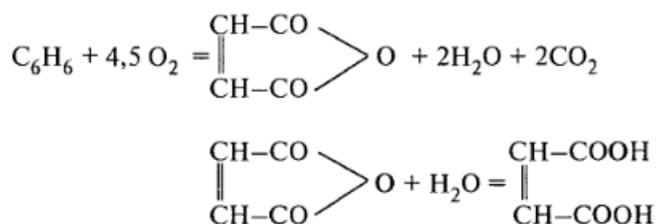
Рассчитать расходный коэффициент по природному газу, содержащему 97% объемных долей метана, в производстве уксусной кислоты из ацетальдегида. Выход ацетилена из метана $E_{\text{ац}} = 15\%$, выход ацетальдегида из ацетилена $E_{\text{ацд}} = 60\%$, а выход уксусной кислоты из ацетальдегида $E_{\text{ук}} = 90\%$. Молекулярные массы веществ: $\text{C}_2\text{H}_2 - 26$; $\text{CH}_3\text{CHO} - 44$; $\text{CH}_3\text{COOH} - 60$; $\text{CH}_4 - 16$.

2.

Рассчитать основные технологические показатели производства малеинового ангидрида воздушным окислением бензола:

- теоретические и фактические расходные коэффициенты;
- выходы продуктов на подаваемый и превращенный бензол;
- общую и избирательную конверсии бензола.

Химическая схема процесса



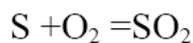
Материальный баланс процесса получения малеинового ангидрида

Приход		Расход	
Вещество	Количество, кг/ч	Вещество	Количество, кг/ч
Бензол	2941,17	Малеиновый ангидрид	3404,15
Воздух	31070,88	Малеиновая кислота	125,97
В том числе:		Бензол	117,63
азот	23831,06	Вода	1283,63
кислород	7239,82	Выхлопные газы, в том числе:	
		азот	23831,06
		кислород	2027,12
		углекислый газ	3185,54
		Потери ангидрида	36,95
Итого	34012,05	Итого	34012,05

Молекулярные массы: бензола – 78, пропилена – 42, фенола – 94.

3. Определите массу раствора Na_2CO_3 10%-й концентрации и массу сухого кристаллогидрата $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, которые нужно взять для приготовления 540 г раствора 15%-й концентрации.
4. Сколько сухой соли нужно добавить к 250 г раствора 10%-й концентрации для ее увеличения до 45%?
5. Составьте материальный баланс печи для сжигания серы производительностью 60 т/сутки. Степень окисления серы 0,95 (остаток серы возгоняется и сгорает в печи).

Коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,5$. Расчет вести на производительность печи по сжигаемой сере в кг/ч.



Пример варианта задания на контрольной работе № 2

Контрольная работа № 2 Вариант 1

1. Определить, сколько выделится льда при охлаждении 15 т 8%-ного раствора KCl от 30°C до эвтектической температуры.

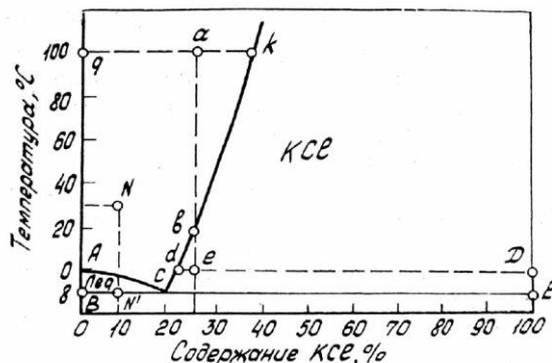
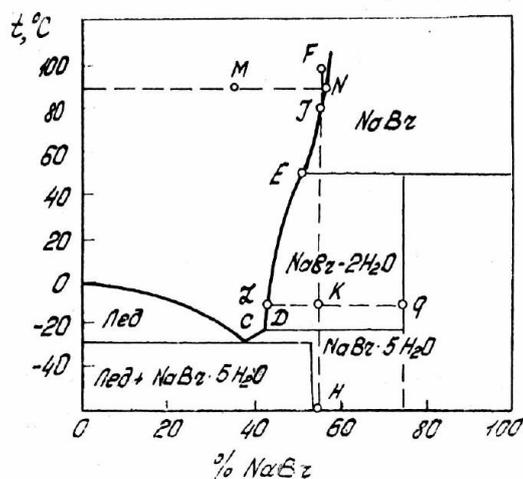


Рис. 3 Диаграмма растворимости в системе KCl – H₂O

2. Определить количество воды, которое следует выпарить из 1000 кг 35%-ного раствора NaBr при 90°C для получения в твердой фазе 100 кг NaBr.



3. В 5 м³ воды содержится 250 г ионов кальция и 135 г ионов магния. Определить общую жесткость воды.
4. Рассчитать теоретическую температуру горения метана природного газа (теплота сгорания 890319 кДж/моль) при избытке воздуха 25% ($\alpha=1,25$).

Начальная температура $t_0 = 0^\circ\text{C}$.

Реакция горения метана



Избыток

Средняя молярная теплоемкость газов и паров c в кДж/(кмоль·град):

	1800 ⁰ С	1900 ⁰ С
O ₂	34.9	35.1
CO ₂	53.9	54.2
N ₂	33.1	33.2
H ₂ O (пар)	42.8	43.2

При начальном моменте времени при t_0 и заданной температуре горения, тепловой баланс имеет вид:

$$Q = 890310 = (c_{\text{CO}_2} + 2c_{\text{H}_2\text{O}} + 0.5c_{\text{O}_2} + 2.5 \cdot 3.76c_{\text{N}_2}) t$$

5. Определить суточную производительность механической обжиговой печи (в т), если в течение часа обжигается 1900 кг природного колчедана, содержащего 21,5% пустой породы. В огарок отходит 2% колчедана FeS₂.

Пример домашней работы:

Домашняя работа № 1

Вариант № 1

1. Изложите физико-химические основы паровой и паракислородной конверсии природного газа. Обоснуйте выбор температуры и давления процесса, охарактеризуйте применяемые катализаторы.
2. Представьте и опишите технологическую схему производства карбамида по системе стриппинга. В чем состоит преимущество данного способа по сравнению с классическим жидкостным рециклом аммиака и диоксида углерода.

Вариант № 2

1. Изложите физико-химические основы паровой и паракислородной конверсии природного газа. Обоснуйте выбор температуры и давления процесса, охарактеризуйте применяемые катализаторы.
2. Приведите и опишите технологическую схему двухступенчатого риформига природного газа в производстве аммиака.

Вариант № 3

1. Изложите физико-химические основы паровой и паракислородной конверсии природного газа. Обоснуйте выбор температуры и давления процесса, охарактеризуйте применяемые катализаторы.
2. Технологическая схема получения уксусной кислоты путем карбонилирования метанола.

Вариант № 4

1. Изложите физико-химические основы процесса паровой монооксида углерода.
2. Представьте и опишите технологическую схему производства карбамида по системе стриппинга. В чем состоит преимущество данного способа по сравнению с классическим жидкостным рециклом аммиака и диоксида углерода.

Вариант № 5

1. Изложите физико-химические основы процесса паровой монооксида углерода.
2. Приведите и опишите технологическую схему двухступенчатого риформига природного газа в производстве аммиака.

Вариант № 6

1. Изложите физико-химические основы процесса паровой монооксида углерода.
2. Технологическая схема получения уксусной кислоты путем карбонилирования метанола.

Домашнее задание № 2

к семинару на тему «Приготовление растворов. Состав технических продуктов»

1. Определите, сколько нужно взять растворов соли 60%-й и 10%-й концентраций для приготовления 300 г раствора 25%-й концентрации.
2. Определите концентрацию раствора, полученного при слиянии 150 г 30%-го и 250 г 10%-го растворов какой-либо соли.
3. Сколько сухой соли нужно добавить к 250 г раствора 10%-й концентрации для ее увеличения до 45%?
4. Определить какой концентрации и в каком весовом количестве следует взять H_2SO_4 , чтобы при смешении ее с 75% азотной кислотой приготовить 1500 кг смеси состава: 57% H_2SO_4 , 30% HNO_3 и 13% воды.
5. Сколько хлористого калия (92%) и сильвинита (22% KCl) необходимо смешать для получения калийной удобрительной соли, содержащей 30% K_2O ?
6. Влажность 125 т каменного угля при его хранении на складе изменилась с 6,5% до 4,2%. Определить, насколько изменился вес угля.
7. Свежедобытый торф имел состав (в %): влага 85,2, кокс 5,2, летучие 8,8, зола 0,8. Посчитать состав торфа после сушки.

Домашнее задание № 3

1. Определить количество аммиака, требуемое для производства 100000 т в год азотной кислоты и расход воздуха на окисление аммиака (м³/ч), если цех работает 355 дней в году, выход оксида азотах $x_1 = 0.97$, степень абсорбции $x_2 = 0.92$, а содержание аммиака в сухой аммиачно-воздушной смеси – 7.13%.
2. На кристаллизацию поступает 5000 кг 96%-го раствора (плава) аммиачной селитры. Готовый продукт (аммиачная селитра) содержит 99.8% NH₄NO₃. Составить материальный баланс процесса кристаллизации

Домашнее задание № 4

1. 15 т 25%-ного раствора KCl охлаждаются от 100°C до 0°C. Определить количество соли, которое выделится при этом в твердую фазу.
2. 15 т 25%-ного раствора KCl выпаривают при 100°C до получения насыщенного раствора. Определить количество испарившейся воды.
3. Определить количество воды, которое следует выпарить из 1000 кг 35%-ного раствора NaBr при 90°C для получения в твердой фазе 100 кг NaBr.
4. В 5 м³ воды содержится 250 г ионов кальция и 135 г ионов магния. Определить общую жесткость воды.
5. Определить: 1) карбонатную жесткость воды, если на 100 мл исследуемой воды пошло 4,6 мл 0,1 Н раствора соляной кислоты. Поправочный коэффициент на нормальность кислоты равен 1,1; 2) постоянную жесткость воды, если общая жесткость воды равна 12 мг-экв/л.
6. Определить суточную производительность механической обжиговой печи (в т), если в течение часа обжигается 1900 кг природного колчедана, содержащего 21,5% пустой породы. В огарок отходит 2% колчедана FeS₂.

Примерная тематика докладов

№	
1.	Производство серной кислоты
2.	Производство аммиака
3.	Производство азотной кислоты
4.	Производство минеральных солей
5.	Электрохимические производства
6.	Производство винилхлорида
7.	Производство стирола
8.	Производство фенола
9.	Производство полиэтилена
10.	Производство полистирола
11.	Производство фенолоформальдегидных смол
12.	Производство поливинилхлорида

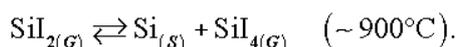
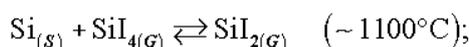
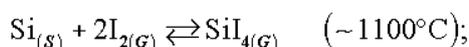
Примерная тематика расчетно-графических работ:

Задание:

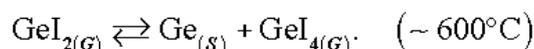
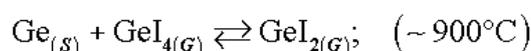
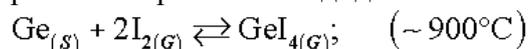
определить: химический и фазовый состав системы при равновесии; направление и возможность протекания той или иной реакции; влияние внешних параметров (обычно температуры и давления) на состав системы и параметры равновесия.

1. Пользуясь термодинамическими данными, рассчитать константы равновесия $K_p(T)$ для всех реакций по формулам первого, второго и третьего приближений в интервале температур $T_k = 500-1500$ К.
2. Используя результаты п. 1, рассчитать и построить температурные зависимости $p = f(T)$ и $K_p(T)$ для трех приближений и по знаку ΔG в формуле сделать вывод о возможности протекания процесса.

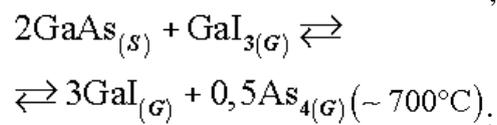
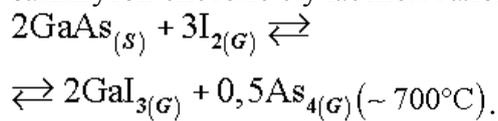
1. реакции, используемые при получении кремниевых эпитаксиальных структур в иодидной системе



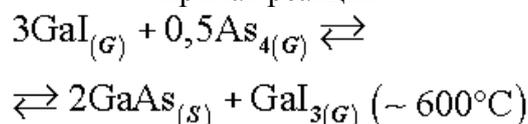
2. реакции диспропорционирования германия в иодидной системе:



3. перенос арсенида галлия в замкнутой системе с участием галогенов

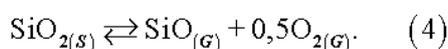
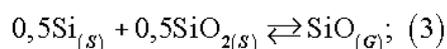
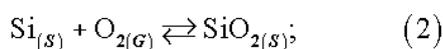
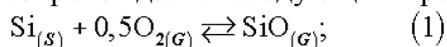


прямая реакция



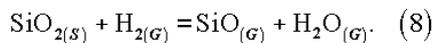
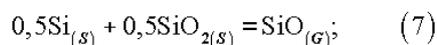
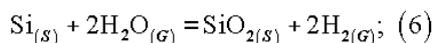
обратная реакция;

4. Окисление кремния в сухом кислороде. Процесс осуществляется в проточной системе при температурах 1100 – 1500 К и сопровождается следующими реакциями:

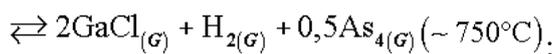
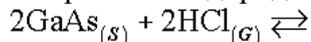


Согласно схеме реакций, в системе $\text{Si} - \text{SiO}_2 - \text{SiO} - \text{O}_2$ принципиально не исключена возможность образования летучей монооксида кремния по реакциям (1), (3) и (4).

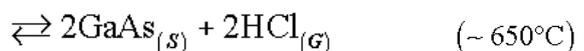
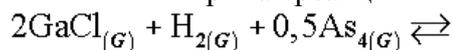
5. Окисление кремния в парах воды. окисление проводится в проточной системе в температурном диапазоне 1100 – 1500 К с помощью следующих химических реакций:



6. перенос арсенида галлия хлористым водородом в потоке водорода



прямая реакция

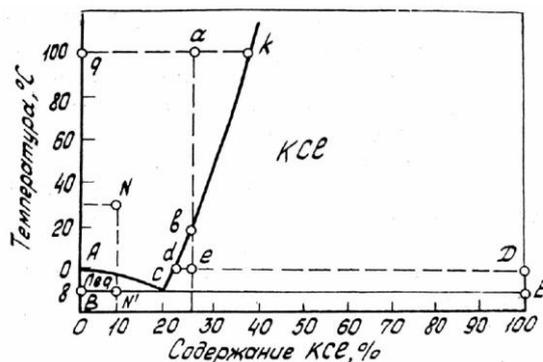


обратная реакция

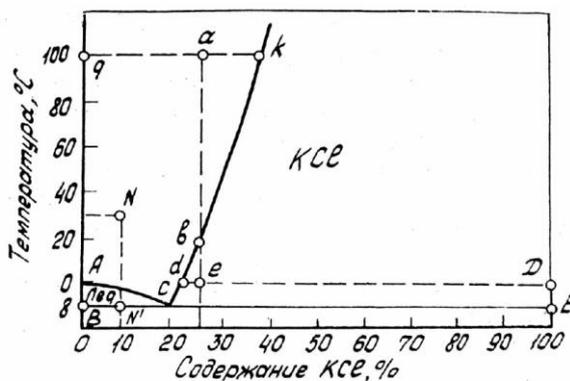
Пример индивидуальных домашних заданий

Тема: расчеты в химической технологии

Пример 1. Определить, сколько выделится льда при охлаждении 15 т 8%-ного раствора KCl от 30°C до эвтектической температуры.



Пример 2. 15 т 25% KCl выпаривают до 100°C до получения насыщенного раствора. Определить количество испарившейся воды.



Пример 5. Какое количество NaBr и NaBr·2H₂O можно получить при фракционной их кристаллизации путем охлаждения 1000 кг 55% раствора NaBr от 100 до -10°C.

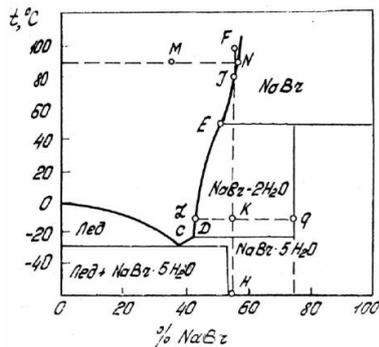
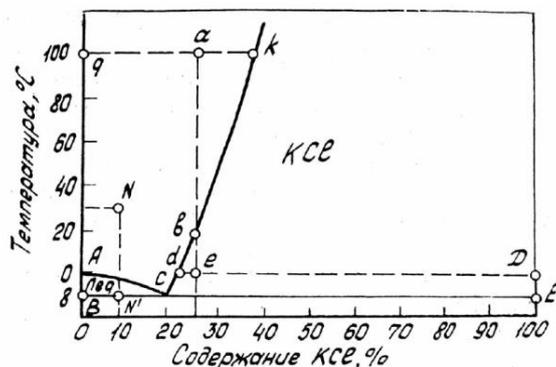


Рис. 5 Диаграмма растворимости в системе NaBr – H₂O

Задание 1. 15 т 25%-ного раствора KCl охлаждаются от 100°C до 0°C. Определить количество соли, которое выделится при этом в твердую фазу.



Задание 2. Определить количество воды, которое следует выпарить из 1000 кг 35%-ного раствора NaBr при 90°C для получения в твердой фазе 100 кг NaBr.

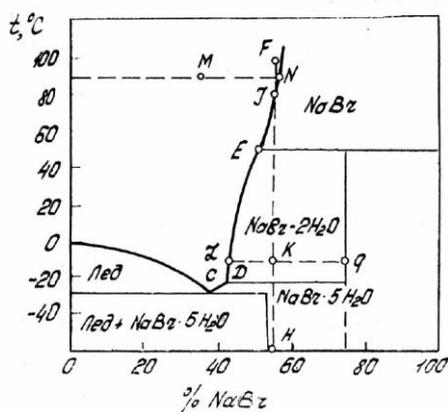


Рис. 5 Диаграмма растворимости в системе NaBr – H₂O

Тема: материальный и тепловой баланс

1. составить уравнения материального баланса

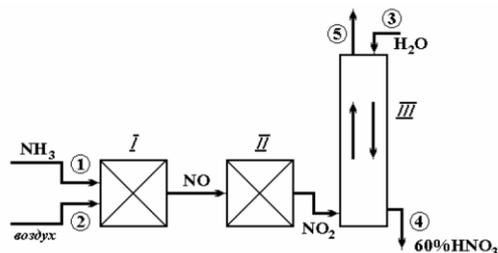


Рис.1.3. Принципиальная схема производства азотной кислоты: I – каталитический реактор окисления NH_3 ; II – блок доокисления NO в NO_2 (N_2O_4); III – абсорбционный узел.

1. составить уравнение материального баланса трубчатой печи
3. составить уравнение материального баланса шахтного реактора

2. Уравнения баланса вещества и энергии в анализе процессов в химических реакторах

2.1. Принципиальная схема паровоздушной конверсии метана

Блок-схема отделения паровоздушной конверсии природного газа в технологической нитке производства аммиака приведена на рис. 2.1.

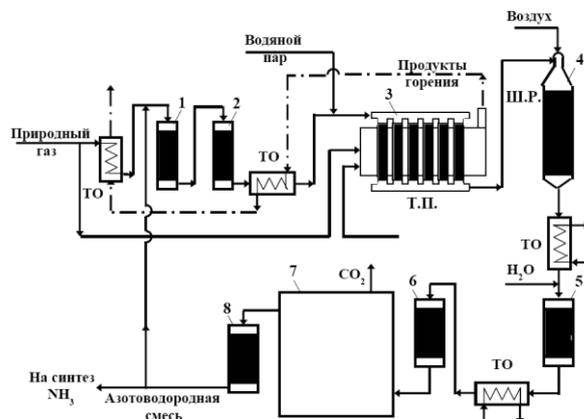


Рис.2.1. Принципиальная схема отделения конверсии природного газа в агрегате по производству аммиака: 1 – аппарат гидрирования сераорганических соединений; 2 – абсорбер сероводорода; 3 – печь первичного реформинга природного газа (трубчатая печь (Т.П.)); 4 – реактор вторичного реформинга (шахтный реактор (Ш.Р.)); 5, 6 – конвертеры монооксида углерода I и II ступени; 7 – блок очистки от CO_2 ; 8 – метанатор; ТО – теплообменники.

Пример индивидуальных расчетно-графических работ

ЗАДАНИЕ №1

1. Изложите физико-химические основы паровой и парокислородной конверсии природного газа. Обоснуйте выбор температуры и давления процесса, охарактеризуйте применяемые катализаторы [1,6,8].

2. Представьте и опишите технологическую схему производства карбамида по системе стриппинга. В чем состоит преимущество данного способа по сравнению с классическим жидкостным рециклом аммиака и диоксида углерода [4,8].

3. Составьте материальный и тепловой балансы процесса синтеза аммиака и определите количество отводимой теплоты и объем катализатора, обеспечивающего заданную производительность реактора.

№	Исходные данные для расчета	1	2	3
1	Состав азото-водородной смеси (ABC) на входе в реактор, об.%			
	H ₂	63,5	65,0	63,0
	N ₂	21,0	21,5	21,0
	NH ₃	2,0	3,0	4,5
	CH ₄	13,5	10,5	11,5
2	Давление в системе, МПа	30	25	15
3	Температура газовой смеси на выходе из слоя катализатора, °С	520	500	400
4	Доля тепла хим.реакции, отводимая в теплообменных трубках, д.е.	0,65	0,70	0,75
5	Степень приближения состава ABC к равновесию, д.е.	0,80	0,85	0,75
6	Кинетическое уравнение реакции синтеза аммиака	$\omega = k_0 e^{-E/RT} \frac{P_{H_2}^{1.5} \cdot P_{N_2}}{P_{NH_3}} \left(1 - \frac{\varphi}{K_p}\right)$		
	-предэксп. конст. скорости, кмоль/с.м ³ .МПа ^{1.5}	5,5·10 ³	1,5·10 ⁵	1,5·10 ³
7	-энергия активации, кДж/моль	100	120	80
	Производительность реактора, т NH ₃ /ч	15	12	10

ЗАДАНИЕ №2

1. Изложите физико-химические основы процесса синтеза карбамида из аммиака и диоксида углерода и дистилляции плава синтеза [1,4,8].

2. Представьте и опишите технологическую схему очистки конвертированного газа от диоксида углерода растворами поташа или этаноламинов. В чем заключаются недостатки этих способов [1,2,8].

3. Составьте материальный и тепловой балансы процесса синтеза метанола и определите количество отводимой теплоты и объем катализатора, обеспечивающих заданную производительность реактора.

№	Исходные данные для расчета	1	2	3
1	Состав газа на входе в реактор, об. %			
	CO	15,5	16,2	19,5
	CO ₂	6,0	5,5	1,5
	H ₂	60,5	58,0	57,4
	CH ₃ OH	0,5	0,3	0,1
	CH ₄	10,0	10,5	11,5
	N ₂	7,5	9,5	10,0
2	Давление в системе, МПа	5	10	25
3	Температура газовой смеси на выходе из слоя катализатора, °С	240	260	360
4	Доля тепла хим. реакции, отводимая в теплообменных трубках, д.е	0,85	0,80	0,75
5	Степень приближения состава газовой смеси к равновесию, д.е.	0,70	0,75	0,80
	-маршрут образования CH ₃ OH -маршрут паровой конверсии CO	0,95	0,90	0,70
6	Кинетическое уравнение маршрута образования метанола	$\omega = k_0 e^{-E/RT} \frac{P_{H_2} \cdot P_{CO}^{0.25}}{P_{CH_3OH}^{0.25}} \left(1 - \frac{\varphi}{K_p}\right)$		
	-предэксп. конст. скорости, кмоль/с.м ³ .МПа -энергия активации, кДж/моль	1·10 ⁴ 65	1,5·10 ⁴ 70	1·10 ⁴ 90
7	Производительность реактора, т CH ₃ OH/ч	5	4	3

ЗАДАНИЕ №3

1. Изложите физико-химические основы процесса паровой конверсии оксида углерода. С какой целью процесс осуществляется в две стадии и какие катализаторы используются в промышленности [1,2,8].

2. Представьте и опишите технологическую схему получения уксусной кислоты путем карбонилирования метанола. В чем состоит преимущество того способа по сравнению с производством кислоты из ацетилена [5].

3. Составьте материальный и тепловой балансы процесса парокислородной конверсии природного газа в шахтном конверторе и определите объем катализатора, обеспечивающего заданную производительность аппарата.

№	Исходные данные для расчета	1	2	3
1	Состав природного газа, об.%			
	CH ₄	91,0	92,5	90,0
	C ₂ H ₆	2,0	3,5	4,5
	C ₃ H ₈	0,5	1,5	1,0
	CO ₂	5,0	2,0	3,5
	N ₂	1,5	0,5	1,0
2	Соотношение: пар/газ	3,5	3,0	3,5
	кислород/газ	0,5	0,55	0,6
3	Давление в системе, МПа	2,5	3	3,5
4	Температура паро-газовой смеси (ПГС) на выходе из слоя катализатора, °С	800	850	900
5	Степень приближения состава ПГС к равновесию, д.е.	0,85	0,90	0,95
	-маршрут паровой конверсии CH ₄	0,90	0,95	0,95
	-маршрут паровой конверсии CO			
6	Кинетическое уравнение маршрута паровой конверсии метана	$\omega = k_0 e^{-E/RT} \frac{P_{CH_4} \cdot P_{H_2O}}{P_{H_2O} + 10P_{H_2}^2} \left(1 - \frac{\varphi}{K_p}\right)$		
	-предэксп. конст. скорости, кмоль/с.м ³ .МПа	5·10 ²	2·10 ³	5·10 ³
	-энергия активации, кДж/моль	60	65	70
7	Нагрузка конвертора (прир.газ), нм ³ /ч	10000	15000	20000

ЗАДАНИЕ №4

1. Изложите физико-химические основы процессов очистки конвертированного газа от оксидов углерода: жидкостной и каталитической [1,8].

2. Представьте и опишите технологическую схему отделения синтеза аммиака. Объясните необходимость газового рецикла, двухступенчатой конденсации продукта и отдувки части циркуляционного газа [1,7,8].

3. Составьте материальный и тепловой балансы процесса синтеза карбамида и определите входную температуру и объем колонны синтеза, обеспечивающих заданную производительность.

№	Исходные данные для расчета	1	2	3
1	Состав раствора углеаммонийных солей (УАС), мас. % NH ₃ CO ₂ H ₂ O	30,0	35	40
		45,0	40	40
		25,0	25	20
2	Соотношение компонентов на входе в колонну синтеза, мольн. L ₀ W ₀	4,0	3,5	3,0
		0,5	0,5	0,5
3	Давление в системе, МПа	20	25	15
4	Температура плава синтеза на выходе из колонны, °С	190	200	180
5	Степень приближения состава плава синтеза к равновесию, д.е. -маршрут образования карбамата аммония -маршр. дегидратации карбамата аммония	1,0	1,0	1,0
		0,95	0,9	0,8
6	Кинетическое уравнение реакции синтеза карбамида -предэкспонента конст. скорости, с ⁻¹ -энергия активации, кДж/моль	$\theta = \frac{k_0 e^{-E/RT}}{(1-\theta) - \frac{\theta(\theta+W)(1-\theta^*)}{\theta^*(\theta^*+W)}} = \frac{P^* \cdot q}{P \cdot \rho_c}$		
		0,20	0,30	0,25
		15	16	14
		10000	12000	15000
7	Рециркуляционный поток УАС в колонну синтеза, кг/ч			

ЗАДАНИЕ №5

1. Изложите физико-химические основы процесса синтеза аммиака. Обоснуйте выбор температуры и давления, опишите катализаторы, применяемые для данной реакции [1,7].

2. Приведите и опишите технологическую схему двухступенчатого риформинга природного газа в производстве аммиака [1,2].

3. Составьте материальный и тепловой балансы процесса парового риформинга природного газа в трубчатой печи и определите количество подводимой теплоты и объем катализатора, обеспечивающих заданную производительность аппарата.

№	Исходные данные для расчета	1	2	3
1	Состав природного газа, об.%			
	CH ₄	91,0	86,5	82,0
	C ₂ H ₆	2,0	4,0	5,5
	CO ₂	0,5	1,0	1,5
	H ₂	5,0	8,0	10,0
	N ₂	1,5	0,5	1,0
2	Соотношение пар/газ	3,5	3,0	3,7
3	Давление в системе, МПа	3	3,5	4
4	Температура паро-газовой смеси (ПГС) на входе и выходе из слоя, °С	500	510	520
		800	820	840
5	Степень приближения состава ПГС к равновесию, д.е. -маршрут паровой конверсии CH ₄ -маршрут паровой конверсии CO	0,85	0,80	0,90
		0,90	0,95	0,95
6	Кинетическое уравнение маршрута паровой конверсии метана -предэксп. конст. скорости, кмоль/с.м ³ .МПа -энергия активации, кДж/моль	$\omega = k_0 e^{-E/RT} \frac{P_{CH_4} \cdot P_{H_2O}}{P_{H_2O} + 10P_{H_2}^2} \left(1 - \frac{\varphi}{K_p}\right)$		
				1·10 ⁴ 70 30000
7	Нагрузка печи (природный газ), нм ³ /ч			

ЗАДАНИЕ №6

1. Изложите физико-химические основы синтеза метанола из оксидов углерода и водорода. Обоснуйте температуру и давление процесса, охарактеризуйте применяемые катализаторы [1,3].

2. Представьте и опишите технологическую схему получения карбамида с полным жидкостным рециклом. Укажите основные недостатки такой организации процесса [1,4].

3. Составьте материальный и тепловой балансы процесса парокислородо-углекислотной конверсии природного газа в шахтном конверторе и определите объем катализатора, обеспечивающий заданную производительность аппарата.

№	Исходные данные для расчета	1	2	3
1	Состав природного газа, об. %			
	CH ₄	94,5	93,5	95,0
	C ₂ H ₆	3,5	5,0	2,5
	CO ₂	0,5	1,0	1,5
2	Соотношение: пар/газ	3	2,5	3,5
	кислород/газ	0,5	0,55	0,6
	диоксид углерода/газ	0,15	0,2	0,25
3	Давление в системе, МПа	2	2,5	3
4	Температура паро-газовой смеси (ПГС) на выходе из слоя, °С	850	900	950
5	Степень приближения состава ПГС к равновесию, д.е.			
	-маршрут паровой конверсии CH ₄	0,85	0,90	0,95
	-маршрут паровой конверсии CO	0,90	0,95	0,90
6	Кинетическое уравнение маршрута паровой конверсии метана	$\omega = k_0 e^{-E/RT} \frac{P_{CH_4} \cdot P_{H_2O}}{P_{H_2O} + 10P_{H_2}^2} \left(1 - \frac{\varphi}{K_p}\right)$		
	-предэксп. конст. скорости, кмоль/с·м ³ ·МПа -энергия активации, кДж/моль	5·10 ⁻² 60	2·10 ⁻³ 65	5·10 ⁻³ 70
7	Нагрузка конвертора (прир. газ), нм ³ /ч	10000	15000	20000

ЗАДАНИЕ №7

1. Изложите физико-химические основы паровой и парокислородной конверсии природного газа. Обоснуйте выбор температуры и давления процесса, охарактеризуйте применяемые катализаторы [1,6,8].

2. Приведите и опишите технологическую схему двухступенчатого риформига природного газа в производстве аммиака [1,2].

3. Составьте материальный и тепловой балансы процесса паровой конверсии монооксида углерода и определите объем катализатора, обеспечивающий заданную производительность аппарата.

№	Исходные данные для расчета	1	2	3
1	Состав конвертированного газа на входе в аппарат, об. %			
	CO	12,5	13,0	3,5
	CO ₂	7,5	8,5	11,5
	H ₂	57,0	56,7	63,2
	N ₂	22,5	22,0	21,5
	CH ₄	0,5	0,3	0,3
2	Соотношение пар/газ	0,6	0,7	0,5
3	Давление в системе, МПа	3	2	3
4	Температура паро-газовой смеси (ПГС) на выходе из аппарата, °С	430	450	220
5	Степень приближения состава ПГС к равновесию, д.е.	0,85	0,90	0,95
6	Кинетическое уравнение реакции паровой конверсии монооксида углерода	$\omega = k_0 e^{-E/RT} \frac{P_{CO} P_{H_2O}}{0,5 P_{H_2O} + P_{CO_2}} \left(1 - \frac{\varphi}{K_p}\right)$		
	-предэксп. конст. скорости, кмоль/с.м ³ .МПа -энергия активации, кДж/моль	1·10 ⁷ 100 150000	5,5·10 ⁵ 90 120000	3,5·10 ⁵ 65 170000
7	Нагрузка аппарата по конвертированному газу, нм ³ /ч (сухой газ)			

ЗАДАНИЕ №8

1. Изложите физико-химические основы процесса синтеза карбамида из аммиака и диоксида углерода и дистилляции плава синтеза [1,4,8].

2. Приведите и опишите технологическую схему совмещенной паро-кислоро-до-воздушной конверсии природного газа в производстве аммиака [1,8].

3. Составьте материальный и тепловой балансы процесса парогидролизно-го риформинга природного газа в трубчатой печи и определите количество подводимой теплоты и объем катализатора, обеспечивающих заданную производительность аппарата.

№	Исходные данные для расчета	1	2	3
1	Состав природного газа, об.%			
	CH ₄	86,5	85,0	84,5
	C ₂ H ₆	2,0	2,5	1,5
	H ₂	10,0	12,0	13,0
	N ₂	1,5	0,5	1,0
2	Соотношение: пар/газ	2,0	2,5	3,0
	диоксид углерода/газ	0,15	0,2	0,25
3	Давление в системе, МПа	2,5	3	3,5
4	Температура паро-газовой смеси (ПГС)	400	420	440
	на входе и выходе из слоя, °С	800	820	840
5	Степень приближения состава ПГС к равновесию, д.е.			
	-маршрут паровой конверсии CH ₄	0,85	0,90	0,90
	-маршрут паровой конверсии CO	0,90	0,95	0,90
6	Кинетическое уравнение маршрута паровой конверсии метана	$\omega = k_0 e^{-E/RT} \frac{P_{CH_4} P_{H_2O}}{P_{H_2O} + 10P_{H_2}^2} \left(1 - \frac{\varphi}{K_p}\right)$		
	-предэксп. конст. скорости, кмоль/с.м ³ .МПа	7·10 ³	5·10 ³	1·10 ⁴
	-энергия активации, кДж/моль	65	67	70
7	Нагрузка печи (природ. газ), нм ³ /ч	20000	25000	30000

- **Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Для контроля знаний студентов по данной дисциплине необходимо проводить текущий и промежуточный контроль.

Текущий контроль выполняется в виде:

- опрос на лекциях и практических занятиях
- проверка практических работ
- защита практических работ
- доклады по отдельным разделам дисциплины
- собеседование по итогам самостоятельного изучения отдельных разделов дисциплины
- выполнение контрольных работ
- выполнение индивидуальной расчётно-графической работы
- выполнение домашних работ
- прием зачета

Промежуточный контроль проводится в виде зачета с оценкой, на котором обсуждаются теоретические и практические вопросы курса. Практическая часть частично зачитывается по результатам работ, выполненным в семестре, на основе балльно-рейтинговой системы. При рейтинговой системе все знания, умения и навыки, приобретаемые студентами в результате изучения дисциплины, оцениваются в баллах.

Оценка качества работы в рейтинговой системе является накопительной и используется для оценивания системной работы студентов в течение всего периода обучения. Максимально-возможная сумма баллов по всем видам заданий приравнивается 100 %. При этом также учитывается посещаемость занятий – 0,5 балла за посещение одного занятия продолжительностью 1 академический час, при этом максимальный балл за посещаемость равен 17. Каждое практическое задание оценивается в зависимости от сложности от 1 до 10 баллов. Окончательно задания формируются перед началом семестра преподавателем в зависимости от тем НИР студентов. Максимальный балл за каждый вид задания определяется преподавателем в зависимости от уровня сложности задания в начале семестра, проставляется в журнале успеваемости и доводится до сведения студентов.

Чтобы быть допущенным к зачету, студент обязан проделать и сдать **все** практические работы. Работы, пропущенные без уважительной причины, а также работы, не защищенные студентом в течение 2х недель после проведения практической части, оцениваются преподавателем с понижающим коэффициентом 0,5.

Преподаватель может использовать **«штрафы»** в виде уменьшения набранных баллов за пропуск лекционных занятий, за нарушение сроков выполнения учебной работы, за систематический отказ отвечать на семинарских занятиях и т.д.

Результаты работы студентов фиксируются преподавателем в журнале успеваемости. В течение семестра проводится 2 промежуточные аттестации, о результатах которых преподаватель сообщает студенту, куратору группы и заведующему кафедре.

Если к моменту окончания семестра студент набирает не менее 55 % от максимально возможной суммы баллов, то он получает допуск к зачету.

Студент, сдающий зачет, получает баллы за зачетное задание.

Студент, сдающий зачет, получает отметку «Зачтено» при выполнении более половины заданий зачетного билета. Баллы за зачетное задание студент не получает.

Если к началу зачетной недели набранное студентом суммарное количество баллов с учетом дополнительных, составляет **менее 55 % от максимальной суммы баллов**, он не

допускается к сдаче зачета. Такие студенты могут довести свой балл до необходимой суммы в течение последней (зачетной) недели семестра, написав контрольную работу по теме, за которую студент получил наименьшее количество баллов. Выполненные практические задания на зачетной неделе **не принимаются**.

Содержание индивидуальных заданий и методические указания по их выполнению

Методические материалы по теории и технике для практических работ, перечень контрольных вопросов и заданий изложены в методических разработках, которые выдаются студентам в твердой копии или электронном виде перед каждой работой.

10. Ресурсное обеспечение

• Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Леонтьева А. И., Брянкин К. В. Общая химическая технология, Издатель: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012 (ЭБС - Университетская библиотека онлайн - www.biblioclub.ru)
2. **Кондауров Б.П.** Общая химическая технология: учебное пособие для вузов/Кондауров Б.П. - М.: Академия, 2005. - 336с.
3. **Кузнецова И.М.** Общая химическая технология: Материальный баланс химико-технологического процесса: Учебное пособие для вузов (гриф) / Кузнецова И.М., Харлампиди Х.Э., Батыршин Н.Н.; Рец. В.С.Тимофеев, В.С.Бесков. - М.: Логос, 2007. - 264с.: ил. - (Новая студенческая библиотека).
4. **Павлов К.Ф.** Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов (гриф) / Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. - : Альянс, 2007.
5. **Игнатенков В.И.** Примеры и задачи по общей химической технологии / Игнатенков В.И. - М.: Академкнига, 2006
6. **Лабораторный практикум по общей химической технологии** : учебное пособие / Аверьянов Вячеслав Александрович [и др.] ; Под ред. В.С.Бескова. - 3-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 279с. : ил. - (Учебник для высшей школы). - Прил.:с.269.-Осн.лит.:с.279. - ISBN 978-5-9963-1377-8.

Дополнительная литература

1. К.Р. Таранцева. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. (Знаниум)
2. В.Г.Бортников Теоретические основы и технология переработки пластических масс. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. (ЭБС - ZNANIUM – www.znanium.com)
3. Ефремов Г. И. Моделирование химико-технологических процессов. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. (ЭБС - ZNANIUM – www.znanium.com)
4. Романков П. Г., Фролов В. Ф., Флисюк О. М. Массообменные процессы химической технологии: учебное пособие. Издатель: Химиздат, 2011 (ЭБС - Университетская библиотека онлайн - www.biblioclub.ru)
5. Закгейм А. Ю. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов. М.: Логос, 2012. (ЭБС - ZNANIUM – www.znanium.com)
6. Кутепов А.М. Общая химическая технология: учебник для вузов. Рец. В.В. Лунин- 3-е изд., пераб.-М.:Академкнига, 2007.-528 с.
7. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: учебник для вузов. Кн.1; под ред. В.Г. Айнштейна.-М.: университетская книга :Логос: Физматлит, 2006.-912 с.
8. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: учебник для вузов. Кн.2; под ред. В.Г. Айнштейна.-М.: университетская книга :Логос: Физматлит, 2006.-872 с.

Периодические издания

- Вестник Московского университета. Серия 2, Химия : научный журнал / учредитель: Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, фак-т химии. - М. : МГУ. - Журнал, основан в ноябре 1946 года. - Выходит отдельной серией с 1960 года - Доступ к архиву статей с 1998 г. на сайте журнала: <http://www.chem.msu.su/rus/vmgu/>
- Успехи химии. Издательство Журнала "Успехи химии" Известия Академии наук. Серия химическая. Издательство журнала "Известия Академии наук. Серия химическая" (доступ через Elibrary.ru.) — Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Научный вестник Новосибирского государственного технического университета Новосибирский государственный технический университет (доступ через Elibrary.ru.) — Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Сборник научных трудов Новосибирского государственного технического университета Федеральная информационная система: «Единое окно доступа к информационным ресурсам»: <http://window.edu.ru/>
- Естественные науки. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Астраханский государственный университет" (доступ через Elibrary.ru.) — Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология (доступ через Elibrary.ru.) — Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Башкирский химический журнал ООО "Научно-исследовательский институт истории науки и техники" (доступ через Elibrary.ru.) — Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология Иркутский национальный исследовательский технический университет (доступ через Elibrary.ru.) — Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация Воронежский государственный университет (доступ через Elibrary.ru.) — Режим доступа: ограниченный по логину и паролю

- **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

Электронно-библиотечные системы и базы данных

- Университетская библиотека онлайн – www.biblioclub.ru - Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- ZNANIUM – www.znanium.com -- Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- БД российских журналов East View : <http://dlib.eastview.com> - Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Электронная библиотека диссертаций (ЭБД) РГБ: <http://diss.rsl.ru/> - Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Реферативная и библиографическая БД Web of Science, JCR компании Thomson Reuters: <http://webofknowledge.com> Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Реферативная и библиографическая БД SCOPUS: <http://www.scopus.com/home.url> Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Elibrary.ru. Научная электронная библиотека (РУНЭБ) Режим доступа: ограниченный по логину и паролю

Научные поисковые системы

- SCIENCE INDEX на основе данных РИНЦ http://elibrary.ru/project_risc.asp Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Scopus <http://www.scopus.com/home.url> Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Web of Science <http://webofknowledge.com> Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
- Научная электронная библиотека РФФИ <http://www.elibrary.ru> Режим доступа: ограниченный по логину и паролю

Профессиональные ресурсы сети «Интернет»

<http://window.edu.ru/> - Федеральная информационная система: «Единое окно доступа к информационным ресурсам»

<http://www.rsl.ru> РГБ Российская государственная библиотека

<http://ben.irex.ru> БЕН Библиотека естественных наук

<http://www.gpntb.ru> ГПНТБ Государственная публичная научно-техническая библиотека

<http://ban.pu.ru> БАН Библиотека Академии наук

<http://www.nlr.ru> РНБ Российская национальная библиотека

<http://www.elibrary.ru> Научная электронная библиотека РФФИ

<http://www.chem.msu.ru> Электронная библиотека на сервере химфака МГУ

<http://www.lib.msu.ru> Библиотека МГУ

<http://www.kge.msu.ru> Библиотеки химической литературы

<http://www.lib.asu.ru> Электронная библиотека зарубежных изданий

<http://www.chem.asu.ru> Электронная библиотека/неорганическая химия

<http://www.chem.port.ru/>

<http://www.ars.org/portalchemistry/>

<http://lib.uni-dubna.ru/biblweb/> Библиотека университета «Дубна»

Интернет-ресурсы:

1. Библиотека Гумер-Наука. Метрология, стандартизация, сертификация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Science/metr/01.php, свободный. – Загл. с экрана.
2. Лекции по метрологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/dir/cat34/subj197/file10912/view102606.html>, свободный. – Загл. с экрана.
3. <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/analyt/garmasch.pdf>
4. <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2600.html>

- **Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости)**

В ходе изучения курса предусмотрено использование компьютера для выполнения расчетов с применением программных пакетов Excel. Для выполнения работ необходим компьютер с выходом в Интернет. Для подготовки презентаций – Power Point, Microsoft Office, информационно-библиотечная система MAPK SQL.

Для самостоятельной работы используются классы с доступом к ресурсу Интернет.

- **Описание материально-технической базы**
Лекционная аудитория с компьютером и видеопроектором.

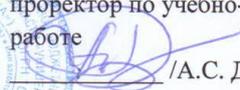
11. Язык преподавания – русский язык

государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
университет «Дубна»
(государственный университет «Дубна»)

Факультет естественных и инженерных наук
Кафедра химии, новых технологий и материалов



УТВЕРЖДАЮ
проректор по учебно-методической
работе

 /А.С. Деникин /

«15» 03 2017 г.

Программа пересмотрена на заседании кафедры химии, новых технологий и материалов

Лист изменений и дополнений в рабочую программу дисциплины

«Химическая технология»

В рабочую программу дисциплины **«Химическая технология»** по направлению подготовки
04.03.01 Химия, направленность (профиль) программы – Физическая химия, утвержденную
01.02.2016 г. изменения и дополнения не вносятся

Протокол заседания № 3 от «09» 03 2017 г.

Заведующий кафедрой  /С.В. Моржухина/

СОГЛАСОВАНО

и.о.декана факультета  /О.А. Савватеева/

«14» 03 2017 г.