

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе



22.12.2017

Регистрационный № УД- 4752 /у².

Общая химическая технология

Учебная программа для специальностей:

1-31 05 01 Химия (по направлениям)

Направление специальности:

1-31 05 01-01 Химия (Научно-производственная деятельность)

2017 г.

Учебная программа составлена на основе образовательных стандартов ОСВО 1-31 05 01-2013, ОСВО 1-31 05 02-2013 и учебных планов G31-153/уч., G31-154/уч., G-31-145/уч. 2013 г. и G31и-201/уч. 2014 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Е.В. Гринюк, доцент кафедры радиационной химии и химико-фармацевтических технологий, кандидат химических наук, доцент;

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Жилко Вячеслав Владимирович, заведующий кафедрой химии Учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка», кандидат химических наук;

Мычко Дмитрий Иванович, доцент кафедры неорганической химии Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой радиационной химии и химико-фармацевтических технологий
Белорусского государственного университета

(протокол № 6 от 20.11.2017 г.);

Научно-методическим Советом Белорусского государственного университета
(протокол № 3 от 19.12.2017 г.)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Общая химическая технология» входит в государственный компонент цикла специальных дисциплин при подготовке специалистов-химиков по специальности 1-31 05 01 Химия (по направлениям), направлению специальности 1-31 05 01-01 Химия (научно-производственная деятельность) и призвана сформировать основы технологического мышления, раскрыть взаимосвязи между развитием химической науки и химической технологии, подготовить выпускников химического факультета к активной творческой работе по созданию перспективных процессов, материалов и технологических схем.

Отличительная особенность переживаемого периода в развитии цивилизации - осознание глубины глобального экологического кризиса и необходимости радикальных изменений как в основных технологиях преобразования природных, энергетических и сырьевых ресурсов, так и всей структуры техносферы. Направленность этих изменений - более-рациональное использование сырья, энергосбережение, снижение экологического риска. Технологии нового поколения - это наукоемкие технологии. Все более краткие сроки разделяют научные открытия и их технологическое использование.

Изучение дисциплины должно обеспечить понимание выпускником университета многоуровневого и многокритериального характера задач создания новых технологий, предоставить ему знания и навыки, необходимые для грамотного отыскания точек приложения новых научных результатов, а также экспертизы технологических решений на основе универсальных критериев, вытекающих из фундаментальных законов природы.

Необходимым условием для успешного усвоения дисциплины «Общая химическая технология» является предварительное изучение студентами таких дисциплин как «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия».

В результате изучения дисциплины студент должен

знать:

- принципы физического моделирования химико-технологических процессов;
- основные уравнения движения жидкостей и газов;
- основы теории теплопередачи;
- основы теории массопередачи;
- основные принципы организации химического производства;
- методы оценки эффективности производства;
- общие закономерности химических процессов;
- основные химические производства;

уметь:

- выбирать рациональную схему производства заданного продукта;

- оценивать технологическую эффективность производства;
- определять характер движения жидкостей и газов;
- определять основные характеристики процессов тепло- и массопередачи;
- рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса;
- выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса;

владеть:

- методами анализа эффективности работы химических производств;
- навыками расчета и определения технологических показателей процесса.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен закрепить и развить следующие компетенции, предусмотренные образовательным стандартом высшего образования ОСВО 1-31 05 01-2013 Химия (по направлениям), направление специальности 1-31 05 01-01 Химия (Научно-производственная деятельность):

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

ПК-1. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, анализировать перспективы и направления развития отдельных областей химической науки.

ПК-2. Принимать участие в научных исследованиях, связанных с совершенствованием и развитием химии, современных ее направлений и физико-химических методов исследования.

ПК-3. Формулировать цели и задачи научно-исследовательской деятельности, осуществлять ее планирование.

ПК-4. Применять методы прикладной квантовой химии, молекулярной динамики и математического моделирования для предсказания свойств химических систем и их поведения в химических процессах.

ПК-5. Комплексно применять физические и физико-химические методы исследования химических веществ и материалов в процессах их синтеза и модифицирования.

ПК-6. Использовать для решения профессиональных задач методы компьютерного моделирования химических процессов, вычислительную технику.

ПК-7. Использовать нормативную, справочную и научную литературу для конструирования новых веществ, материалов и молекулярно-организованных систем.

ПК-8. Представлять итоги проделанной работы в виде отчетов, рефератов, статей, оформленных в соответствии с имеющимися требованиями с привлечением современных средств редактирования и печати.

ПК-9. Формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-производственной деятельности.

ПК-10. Разрабатывать и масштабировать новые технологические процессы, разрабатывать и утверждать нормативно-технологическую документацию, проводить технико-экономический анализ технологических процессов и производственной деятельности.

ПК-14. Контролировать соблюдение норм охраны труда, техники безопасности и противопожарной безопасности.

ПК-15. Организовывать и вести переговоры с заинтересованными специалистами смежных профилей.

Дисциплина преподается в 7 семестре четвертого курса. Общее количество часов для изучения дисциплины – 178 (5 зачетных единиц), аудиторных - 84 (лекции – 36, лабораторные занятия – 42, семинарские занятия – 6).

Форма получения высшего образования – очная.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. Общие вопросы химической технологии

Тема 1.1. Введение. Цель и задачи курса

Предмет, задачи и методы химической технологии, ее связь с другими науками. Назначение курса химической технологии на современном этапе. Понятие о химической и механической технологии и об их взаимосвязи. Основные этапы химической технологии. Основные технологические определения – сырье, продукт целевой и побочный, полупродукт, отходы производства. Критерии оценки совершенства технологического процесса: выход продукта, степень превращения, селективность, интенсивность, время контактирования, объемная скорость, расходные коэффициенты на сырье, энергию и др. Роль мировых стандартов качества продукции и защиты окружающей среды в техническом прогрессе химической отрасли.

Тема 1.2. Закономерности и методы химической технологии

Равновесие. Количественное описание состояния равновесия. Изменение константы равновесия при изменении параметров технологического процесса. Оценка возможности смещения равновесия в химико-технологическом процессе. (Иллюстрация на примере расчета выхода дивинила при дегидрировании бутана).

Скорость химического процесса и его интенсификация. Гомогенные процессы. Количественное описание скорости в случае простого или сложного гомогенного процесса. Влияние основных факторов на скорость реакции. Понятие о макрокинетике.

Гетерогенные процессы. Влияние температуры, скоростей потоков и концентраций реагирующих веществ на скорость процессов, протекающих в диффузионной, переходной и кинетической областях. Влияние соотношения скоростей химической и диффузионной стадий на скорость химико-технологического процесса. Возможности перевода процесса из одной области в другую.

Катализ в химической промышленности. Типы каталитических процессов. Определение лимитирующей стадии процесса и его интенсификация. Влияние катализатора на выбор условий проведения процесса. Требования, предъявляемые к промышленным катализаторам.

Производственные процессы с применением твердых, жидких и газообразных катализаторов. Значение формы, дисперсности, пористости, прочности и других свойств твердых катализаторов. Носители и промоторы катализаторов. Перспективы промышленного применения биокатализаторов. Основные типы контактных аппаратов. Перспективы применения в производствах электростатических, электромагнитных, плазменных,

квантово-генераторных (лазерных), фотохимических и других физических воздействий на течение реакций.

Тема 1.3. Моделирование химико-технологических процессов

Значение и взаимосвязь теоретических и экспериментальных методов исследования химико-технологических процессов. Моделирование как метод исследования процессов и пути к сокращению и уточнению сроков, результатов лабораторных и проектных разработок. Роль и значение моделей как формы отражения объективной действительности.

Подобие как основа моделирования. Виды подобия и классификация моделей (реальные и мысленные, символические). Виды моделирования: физическое, математическое и др. Физическое моделирование. Теория подобия как научная основа физического моделирования.

Сущность математического моделирования. Принцип аналогии и изоморфизм дифференциальных уравнений. Основные этапы математического моделирования, построение математической модели, создание алгоритма, установление адекватности модели и изучаемого процесса. Преимущества математического моделирования на электронно-вычислительных машинах.

Принципы построения типовой математической модели. Классификация математических моделей. Особенности математического описания химико-технологических процессов: многофакторность, учет микро- и макрокинетических факторов. Математическое моделирование как метод оптимизации химико-технологических процессов. Понятие оптимума. Критерии оптимальности (технологические, экономические). Ограничения. Целевая функция и методы поиска ее экстремумов.

Модели детерминированных процессов (кинетические, гидродинамические, модели некоторых теплообменных и адсорбционных аппаратов, модели химических реакторов). Принцип построения полной математической модели процесса и проверка ее адекватности. Экспериментально-статистические методы математического описания стохастических (недетерминированных) процессов и их классификация.

Химическая кибернетика и задачи построения автоматизированных систем управления (АСУ) в химической промышленности.

Тема 1.4. Материальные и энергетические балансы

Экономические требования, предъявляемые к рациональному производственному процессу. Себестоимость продукции. Структура затрат на производство и реализацию продукции. Качество химической продукции, ГОСТ, ТУ, ИСО. Оценка эффективности инвестиционных проектов.

Тема 1.5. Сырье в химической промышленности

Основные виды и ресурсы сырья. Задачи стандартизации и кондиционирования сырья. Принципы отбора средних проб. Обогащение минерального сырья, его значение и основные принципы. Физико-химические свойства сырья, на которых основаны процессы обогащения. Флотация минерального сырья. Устранение отходов промышленности, использование местного сырья Вторичное сырье. Принципы безотходной технологии (современное состояние).

Тема 1.6. Вода в химической промышленности

Значение воды в химической технологии. Промышленные и санитарные требования к воде. Промышленная подготовка воды. Химические, механические, физико-химические и биологические методы очистки вод от природных примесей. Накипи, пути их предотвращения и устранения. Пути водооборота в промышленности.

Тема 1.7. Энергетика в химической промышленности

Виды и источники энергии, применяемые в химических производственных процессах. Сущность комплексного энергохимического использования горючих ископаемых и использования тепла экзотермических процессов, регенерации и повторного использования энергии. Понятие об энергохимической технологии. Перспективы использования энергии тепловых, гидравлических и атомных электростанций, гелиотермических процессов в химических производствах.

Тема 1.8. Химическая технология и материаловедение

Современная систематика материалов по составу, свойствам и функциональному назначению. Материалы как важная категория продуктов химической технологии. Воспроизводимость свойств материалов как ключевая проблема материаловедения. Функциональные материалы в химической технологии: катализаторы, адсорбенты, электроды, мембраны, сенсоры и др. Конструкционные материалы как фактор, лимитирующий применение экстремальных физических воздействий в технологии. Основные виды неметаллических конструкционных материалов. Химическое сопротивление металлических и неметаллических материалов. Методы защиты металлов и сплавов от коррозии. Роль новых материалов в создании эффективных технологических схем и интенсификации технологических процессов.

Тема 1.9. Конструкционные материалы в химической технологии

Требования химического машиностроения к материалам для изготовления аппаратуры (к механической прочности, термической устойчивости, химической стойкости). Важнейшие виды природных, металлических, полимерных и др. материалов, а также их сочетаний, используемые в производстве химической аппаратуры.

Раздел 2. Процессы и аппараты химических производств

Тема 2.1. Общие сведения. Классификация основных процессов.

Введение. Современная классификация процессов в зависимости от основных законов, определяющих их скорость: гидромеханические, тепловые, массообменные (диффузионные), механические и химические процессы. Понятие о реакционной аппаратуре.

Тема 2.2. Гидромеханические процессы

Основы гидравлики. Физические свойства жидкостей. Основное уравнение гидростатики и его практическое значение. Основные характеристики движения жидкостей. Характеристика установившегося и неустановившегося потоков жидкостей. Режимы движения жидкостей. Уравнение неразрывности потока.

Дифференциальные уравнения движения Эйлера. Уравнение Бернулли. Приложение уравнения Бернулли для измерения скорости расхода жидкости. Дифференциальные уравнения движения Навье-Стокса. Основы теории подобия. Подобное преобразование дифференциальных уравнений. Теоремы подобия. Гидродинамическое подобие. Основные критерии гидродинамического подобия. Общий вид критериального уравнения.

Представление о множестве экспериментально наблюдаемых режимов обтекания сплошной средой тела правильной формы в зависимости от интервала изменения критерия гидродинамического подобия Рейнольдса. Значение экспериментальных и теоретических методов механики сплошных сред для химической технологии.

Способы и устройства для измерения скорости и расхода движущейся среды. Краткие сведения о насосах, компрессорных машинах и турбинах. Методы смешения фаз и разделения гетерогенных систем.

Барботаж. Гидродинамика барботажных тарелок. Движение газа через неподвижные и пористые слои. Гидравлика кипящего (псевдоожигенного слоя).

Тема 2.3. Тепловые процессы

Тепловые процессы в химической технологии. Способы распространения теплоты, теплопроводность, конвекция, тепловое излучение, соответствующие уравнения теплопереноса. Передача теплопроводностью (закон Фурье). Дифференциальное уравнение теплопроводности. Уравнение теплопроводности плоской и цилиндрической стенок.

Конвективный теплообмен (закон охлаждения Ньютона). Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена Фурье-Кирхгофа. Подобное преобразование дифференциальных уравнений Фурье, Ньютона и Фурье-Кирхгофа. Обобщенное (критериальное) уравнение конвективного теплообмена. Основные уравнения теплопередачи. Тепловое подобие. Критерии теплового подобия.

Определение температурного напора при прямотоке и противотоке теплоносителей. Определение средней полезной разности температур по поверхности. Тепловое излучение. Расчетные формулы законов Стефана-Больцмана и Кирхгофа. Теплообмен лучеиспусканием между телами. Коэффициенты теплопереноса; полуэмпирические критериальные отношения.

Представление о сложении термических сопротивлений и лимитирующем сопротивлении. Пути интенсификации процессов теплообмена и повышения их термодинамической эффективности.

Тема 2.4. Массообменные процессы

Основные принципы массообменных процессов в системах газ-жидкость, жидкость-жидкость, газ-твердое тело, жидкость-твердое тело. Равновесные, кинетические и механические факторы в организации процессов межфазного массообмена. Характеристика процессов массопередачи. Способы выражения состава фаз. Фазовое равновесие. Материальный баланс процессов массопередачи. Рабочие линии. Молекулярная диффузия и конвективный перенос. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии. Механизм процессов массопереноса. Уравнение массоотдачи.

Подобие процессов массопередачи. Критерии подобия диффузионных процессов. Уравнение массопередачи. Зависимость между коэффициентами массопередачи и массоотдачи. Средняя движущая сила и методы расчета процессов массопередачи. Моделирование стационарного процесса абсорбции. Аналогия с теплообменом. Коэффициенты массопереноса; полуэмпирические критериальные соотношения. Средства интенсификации массообмена.

Тема 2.5. Ректификация

Общие сведения о простой перегонке (дистилляции) и ректификации. Характеристика двухфазных систем жидкость-пар. Фазовое равновесие бинарных систем. Классификация бинарных систем.

Характеристика процесса ректификации. Непрерывная ректификация бинарных смесей. Материальный и тепловой балансы процесса. Расчет числа теоретических тарелок колонны непрерывного действия. Азеотропная ректификация и экстрактивная дистилляция.

Аппаратурное оформление и моделирование процессов разделения смесей веществ методом ректификации. Другие аналогичные процессы разделения, осуществляемые по схеме с обращением потока смеси. Расчет требуемой высоты колонны для заданной степени разделения в стационарном безотборном режиме работы колонны. Связь между глубиной разделения и производительностью колонны. Основные источники энергозатрат в ректификации и пути их снижения.

Тема 2.6. Основные элементы теории химических реакторов

Химические реакторы. Основные типы химических реакторов; примеры их использования в технологии важнейших химических продуктов. Принципы построения многоуровневых математических моделей процессов в гетерогенных каталитических реакторах. Кинетические модели химических реакций. Диффузионно-кинетические режимы протекания реакции в пористой грануле катализатора. Изменение наблюдаемого кинетического порядка реакции. Факторы, определяющие эффективность использования катализатора. Явление множественности стационарных режимов, области их притяжения и устойчивость (области "зажигания" и "гашения" реакции) на примере экзотермической каталитической реакции. Моделирование проточных реакторов с неподвижным слоем катализатора и реакторов идеального перемешивания. Способы сопряжения химического превращения с процессами разделения продуктов реакции.

Основные требования к промышленным реакторам. Реакторы периодического, непрерывного и полунепрерывного действия. Материальный баланс реактора. Типы реакторов. Реактор идеального смешения непрерывного и периодического действия. Характеристическое уравнение. Каскад реакторов идеального смешения. Реактор идеального вытеснения. Характеристическое уравнение. Изменение концентрации и степени превращения по длине реактора.

Раздел 3. Производственные процессы

Схема изложения материала:

- Вводная часть. Целевой продукт, его характеристика. Области применения, масштабы производства. Сырье. Сравнительный обзор методов производства. Этапы производства.

- Рассмотрение последовательно всех этапов изучаемого производства по следующему плану:
 - свойства физико-химической системы, положенной в основу рассматриваемого этапа производства, характер химического превращения, термодинамическая характеристика, кинетика протекающих процессов, катализатор;
 - определение типа процесса на основе рассмотренных свойств системы;
 - количественное описание влияния различных факторов на рассмотренные свойства системы;
 - выбор оптимального технологического режима с учетом практической целесообразности, уровня развития техники и безопасности организации производства;
 - общие закономерности для данного типа процесса;
 - построение оптимального варианта технологической схемы с учетом технико-экономических показателей и соблюдения требований по охране водного и воздушного бассейнов. Пути интенсификации и совершенствования.

Тема 3.1. Технология азота и его соединений

Ключевое значение технологии связывания атмосферного азота. Структура современного производства аммиака из природного газа: основные блоки и связи.

Перспективы биотехнологии в решении проблемы фиксации азота в почвах.

Гибкое использование гетерогенных катализаторов в многоступенчатой схеме приготовления и очистки азотоводородной смеси. Наиболее важные решения, направленные на энергосбережение: сопряжение эндотермической реакции конверсии метана и экзотермических процессов окисления топлива в шахтном реакторе; последовательное снижение температуры на стадиях конверсии оксида углерода; распределенный по высоте абсорбера ввод абсорбента (раствора МЭА) с различной степенью регенерации и соответственно распределенный отвод регенерированного раствора из десорбера; инфраструктура потоков теплоносителей - воды и пара. Особенности циркуляционной схемы синтеза аммиака; физико-химические основы выбора оптимальной схемы синтеза аммиака; профилирование температуры по высоте колонны синтеза. Утилизация "продувочных" газов. Оценка потерь эксергии и капитальных затрат на различных стадиях производства аммиака и современные тенденции в его оптимизации.

Структура и основные особенности современной технологической схемы производства азотной кислоты. Физико-химические основы и аппаратное оформление процессов селективного каталитического окисления аммиака, окисления оксидов азота и их абсорбции. Схемы

каталитического обезвреживания отходящих газов. Причины низкой эксергетической эффективности производства азотной кислоты.

Современные промышленные синтезы разбавленной азотной кислоты.

Поглощение оксидов азота водой. Концентрирование разбавленной азотной кислоты. Прямой синтез концентрированной азотной кислоты. Производство аммиачной селитры и карбамида.

Тема 3.2. Переработка фосфорсодержащего сырья. Производство минеральных удобрений

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

Современное состояние производства и потребления фосфора и фосфорных кислот. Экстракционная кислота как основа производства минеральных удобрений. Электротермический способ получения элементарного фосфора и термической фосфорной кислоты.

Физико-химические основы разложения природных фосфатов серной, азотной и фосфорной кислотами. Политермический анализ фазовых равновесий в растворах многокомпонентных систем - основа выбора технологических параметров процесса комплексной переработки апатита. Дегидратный, полугидратный и ангидридный способы разложения. Совершенствование аппаратного оформления процесса: переход от каскада реакторов с перемешиванием к лабиринтному типу непрерывного экстрактора. Фильтрация и отмывка фосфогипса. Состав и концентрация образующейся фосфорной кислоты в зависимости от температуры и способа разложения апатита. Выделение и утилизация фтористых газов. Баланс по фтору в производстве фосфорной кислоты и удобрений. Способы утилизации фосфогипса.

Тема 3.3. Процессы нефтепереработки

Мировые запасы нефти, основные показатели распространенности и потребления нефти по странам. Дефицит нефти. Основные целевые продукты нефтепереработки. 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 нефтехимического и микробиологического синтеза.

Каталитический крекинг – важнейший многотоннажный технологический процесс переработки нефтяных фракций. Химические основы

процесса и целевые продукты. Основное сырьё процесса каталитического крекинга, и методы его подготовки (гидрообессеривание и гидроочистка).

Алюмосиликатные катализаторы крекинга (от природных глин до современных цеолитсодержащих синтетических катализаторов). Роль аморфной алюмосиликатной матрицы. Синергизм в системе цеолит - матрица. Гибкость процесса по сырью за счет целенаправленного модифицирования катализатора (введение матрицы, полизарядных катионов, ультрастабилизация), придание устойчивых механических и гидромеханических свойств (микросферизация, введение баритов и пр.). Изменение свойств катализатора (активности и селективности) в процессе крекинга и необходимость регенерации катализатора. Роль процессов массопереноса в осуществлении каталитического крекинга.

Эволюция технологического оформления процесса каталитического крекинга: стационарный слой катализатора, псевдосжиженный слой микросферного катализатора, движущийся слой гранулированного катализатора, движущийся слой шарикового катализатора с соосным расположением реактора и регенератора с пневмотранспортом, крекинг в лифт-реакторе с дожигом CO и улавливанием сернистых соединений в регенераторе.

Основные технологические параметры современного процесса: температура, давление, объемная скорость подачи сырья, кратность циркуляции катализатора и его характеристика. Влияние массовых потоков в реакторе и регенераторе на устойчивость температурных режимов каталитического крекинга и эффективность процесса в целом. Совершенствование процесса: повышение активности и прочности катализаторов, каталитического крекинга с другими каталитическими процессами – применение схем с полусквозным потоком катализатора, сопряжение, каталитический риформинг, платформинг, вис-брекинг, гидрокрекинг.

Переработка природных газов и жидких топлив (термический и каталитический крекинг, пиролиз, риформинг).

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					УСР Количество часов	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Общие вопросы химической технологии	18						
1.1	Введение. Цель и задачи курса.	2						
1.2	Закономерности и методы химической технологии	2						
1.3	Моделирование химико-технологических процессов	2						
1.4	Материальные и энергетические балансы	2						
1.5	Сырье в химической промышленности	2						
1.6	Вода в химической промышленности	2						
1.7	Энергетика в химической промышленности	2						
1.8	Химическая технология и материаловедение	2						
1.9	Конструкционные материалы в химической технологии	2						
2	Процессы и аппараты химических производств	12		6	36			
2.1	Общие сведения. Классификация основных процессов	2						
2.2	Гидромеханические процессы	2		2	6			Защита отчетов, устный опрос

2.3	Тепловые процессы	2		2	12			Защита отчетов, контрольная работа
2.4	Массообменные процессы	2		2	6			Защита отчетов, Контрольная работа
2.5	Ректификация	2			6			Защита отчетов
2.6	Основные элементы теории химических реакторов	2			6			Защита отчетов, Письменный опрос
3	Производственные процессы	6			6			
3.1	Технология азота и его соединений	2						Письменный опрос
3.2	Переработка фосфорсодержащего сырья. Производство минеральных удобрений	2			6			Защита отчетов Письменный тест
3.3	Процессы нефтепереработки	2						
	Итого	36		6	42			

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая учебная литература

Основная:

1. Бесков В.С. Общая химическая технология. М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 198 с.
2. Кондауров Б.П., Александров В.И., Артемов А.В. Общая химическая технология. М.: Академия, 2005. – 336 с.
3. Миронович И.М. Производственные технологии: основы технологии производства продукции химического комплекса: учеб. пособие для вузов. Мн.: ОДО Равноденствие, 2005. – 368 с.
4. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. В 2-х кн. М.: Химия, 2008.
5. Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен М.Г. Общая химическая технология. М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 528 с.
6. Игнатенков В.И., Бесков В.С. Примеры и задачи по общей химической технологии. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 198 с.

Дополнительная литература

7. Гартман Т.Н., Клушин Д.В. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов / Учебное пособие для вузов. М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 416 с.
8. Булатов М.А. Комплексная переработка многокомпонентных жидких систем. М.: Мир, 2004. – 304 с.
9. Соколов Р.С. Практические работы по химической технологии. М.: Владос, 2004. – 271 с.
10. Жаворонков Н.М. Теоретические основы химической технологии. Избранные труды. М.: Наука, 2007. – 351 с.

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ

1. Контрольные работы по темам 2.3 «Тепловые процессы», 2.4 «Массообменные процессы».
2. Устный опрос по теме 2.2 «Гидромеханические процессы».
3. Защита отчетов по лабораторным работам по темам 2.2 «Гидромеханические процессы», 2.3 «Тепловые процессы», 2.4 «Массообменные процессы», 2.5. «Ректификация», 2.6. «Основные элементы теории химических реакторов», 3.2 «Переработка фосфорсодержащего сырья. Производство минеральных удобрений».
4. Письменный тест по теме 3.3 «Переработка фосфорсодержащего сырья. Производство минеральных удобрений».
5. Устный экзамен по дисциплине.

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ИТОГОВОЙ ОЦЕНКИ

Итоговая оценка формируется на основе трёх документов:

1. Правила проведения аттестации (Постановление №53 от 29.05.2012 г.).
2. Положение о рейтинговой системе БГУ (ред. 2015 г.).
3. Критерии оценки студентов (10 баллов).

ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Каскад проточных реакторов полного перемешивания, работающих в изотермических условиях.
2. Проточный трубчатый реактор (идеальный трубчатый реактор), работающий в изотермических условиях.
3. Определение режимов течения жидкости и сопротивления в горизонтальной трубе.
4. Изучение динамики псевдооживленного состояния в системе газ-твердое тело.
5. Изучение процесса ректификации в стеклянной колонке при разделении бинарной смеси.
6. Флотация сильвинита.
7. Изучение процессов теплопередачи.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Фундаментальные проблемы химии	Кафедра неорганической химии	нет	Согласование не требуется (протокол № 6 от 20.11.2017 г.)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры радиационной химии и химико-фармацевтических технологий Белорусского государственного университета (протокол № _ от _____ г.)
(название кафедры)

Заведующий кафедрой

Доктор химических наук,

профессор _____

(ученая степень, ученое звание) (подпись)

О.И. Шадыро

(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

Доктор химических наук,

Член-корр. НАН Беларуси _____

(ученая степень, ученое звание) (подпись)

Д.В. Свиридов

(И.О.Фамилия)