

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Кемеровский государственный университет

Институт фундаментальных наук



УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИФН

А.М. Гудов

2017

Рабочая программа дисциплины (модуля)
Химическая технология

Направление подготовки
04.03.01 Химия

Направленность (профиль) подготовки
"Физическая химия"

Уровень *бакалавриата*

Форма обучения
очная

Рабочая программа дисциплины утверждена Учёным советом Института фундаментальных наук (протокол Учёного совета № 7 от 20.02.2017)

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры химии твердого тела и химического материаловедения (протокол № 6 от 03.02.2017)

СОДЕРЖАНИЕ

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата	5
3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся	5
3.1. Объем дисциплины по видам учебных занятий (в часах)	5
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий	6
4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).....	6
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	8
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине	9
6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в рамках дисциплины.....	9
6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы	9
6.2.1. Типовые теоретические вопросы к экзамену	9
6.2.2. Типовые вопросы к коллоквиуму по теоретическим основам химической технологии.....	11
6.2.3. Типовые вопросы к защите по лабораторным работам	12
6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций	13
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)	14
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины.....	15
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	15
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	15
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине	16
12. Иные сведения и (или) материалы	16
12.1. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья	16

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы **Химия**

В результате освоения ОПОП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенции	Содержание компетенций	Результат обучения
ОПК-1	способностью использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач;	Знать: современный уровень развития науки и техники. Уметь: анализировать накопленный опыт в химической технологии, применять теоретические знания в области физики и химии для анализа и исследования основных химико-технологических процессов. Владеть: навыками переоценки накопленного опыта и творческого анализа своих возможностей, основами теории фундаментальных разделов химии и физики; навыками расчета, анализа и исследования основных производственных процессов.
ОПК-6	знанием норм техники безопасности и умением реализовать их в лабораторных и технологических условиях	Знать: назначение учебно-научной аппаратуры, норм техники безопасности и принципы работы на современной учебно-научной аппаратуре, физические и химические свойства веществ. Уметь: использовать аппаратуру для исследования гидромеханических, тепловых и массообменных процессов в химической технологии с учетом норм техники безопасности, применять знания о вредных и опасных свойствах веществ при работе с ними, проводить оценку возможных рисков. Владеть: навыками работы на современной учебно-научной аппаратуре при проведении исследований основных химико-технологических процессов, навыками проведения оценки возможных рисков при работе с химическими веществами.
ПК-8	способностью использовать основные закономерности химической науки и фундаментальные химические понятия при решении конкретных производственных задач	Знать: основные химические, физические и технические аспекты химического промышленного производства с учетом сырьевых и энергетических затрат. Уметь: применять знания об основных технологических процессах для решения теоретических и практических задач. Владеть: методикой оценки необходимых сырьевых и энергетических затрат для решения теоретических и практических задач при рассмотрении основных химико-технологических процессов.
ПК-9	владением навыками расчета основных технических показателей технологического процесса	Знать: методику расчета основных технических показателей технологического процесса Уметь: рассчитывать основные технические показатели технологического процесса Владеть: навыками расчета основных технических показателей технологического процесса
ПК-10	способностью анализировать причины нарушений параметров технологического процесса и формулировать рекомендации по их предупрежде-	Знать: основные химические, физические и технические аспекты химического промышленного производства с учетом сырьевых и энергетических затрат Уметь: применять знания о химических производствах для предупреждения и устранения причин нарушений параметров технологического процесса. Владеть: методикой анализа причин нарушений параметров

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Химическая технология» замыкает в университетском образовании базовую подготовку студентов по основным химическим дисциплинам и относится к обязательной части учебного цикла дисциплин бакалавриата. Изучается данная дисциплина на 3 курсе в 6 семестре.

Важной особенностью дисциплины является активное использование и углубление тех знаний и навыков, которые студенты приобретают при изучении предшествующих химических дисциплин, таких как «Общая химия», «Неорганическая химия», «Аналитическая химия», «Органическая химия», «Химическая термодинамика», «Химическая кинетика», а также дисциплин физико-математического профиля: «Физические основы механики», «Математический анализ».

Для успешного освоения дисциплины обучающимся необходимо знать классы химических веществ, свойства неорганических и органических веществ, законы равновесия, основные законы термодинамики, механики, основы дифференциального и интегрального исчисления.

Полученные знания и навыки необходимы обучающимся не только для прохождения производственной практики и в их послевузовской профессиональной деятельности (химическое производство, научно-исследовательские и заводские лаборатории), но также полезны в изучении других физико-химических дисциплин, при выполнении выпускной квалификационной работы, в научно-исследовательской работе по грантам и научным программам.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 академических часов.

3.1. Объём дисциплины по видам учебных занятий (в часах)

Виды учебных занятий	Объем, час
Общая трудоемкость дисциплины	180
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий)	
Аудиторная работа (всего):	90
в т. числе:	
Лекции	36
Семинары, практические занятия	
Лабораторные работы	54
в т.ч. в активной и интерактивной формах	54
Внеаудиторная работа (всего):	
Курсовое проектирование	
В том числе индивидуальная работа обучающихся с преподавателем	
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	54
Вид промежуточной аттестации обучающегося (экзамен)	36

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№ п/п	Раздел Дисциплины	Общая трудоемкость (час)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости
			аудиторные учебные занятия		самостоятельная работа обучающихся	
			лекции	практические занятия		
1	Теоретическая база и методология химической технологии	24	8	14	10	Защита лаб. работ.
2	Гидромеханические процессы и аппараты	28	8	14	16	Защита лаб. работы; инд. задания.
3	Тепловые процессы и аппараты	28	10	12	16	Защита лаб. работы; инд. задания.
4	Массообменные процессы и аппараты	28	10	14	12	Защита лаб. работы; инд. задания.

4.2 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание
1.	Теоретическая база и методология химической технологии	
1.1	Предмет и задачи химической технологии	Понятие химической технологии. Учение о процессах и аппаратах – ядро курса химической технологии. Основные задачи науки о процессах и аппаратах: улучшение действующих производств, проектирование новых производств, проектирование новых аппаратов, научно-исследовательские работы. Классификация основных производственных процессов: по содержанию, по изменению параметров во времени, по организации.
1.2.	Теоретические основы химической технологии (основные законы)	Законы сохранения основных субстанций в химической технологии: массы, энергии, импульса. Законы равновесия. Основные задачи, решаемые при помощи законов равновесия. Условия термодинамического равновесия. Правило фаз Гиббса. Механическое и тепловое равновесие. Равновесие в массообменных процессах, химический потенциал. Вывод теоретических линий равновесия на примере законов Генри и Рауля. Законы переноса. Потенциалы переноса, градиенты потенциалов переноса. Общий вид уравнений переноса субстанций. Общность коэффициентов в уравнениях переноса. Законы Фика, Фурье, Ньютона (вязкого трения).
1.3.	Теория подобия и моделирование	Теория подобия и моделирование. Сущность методов математического моделирования. Моделирование на копиях, моделях аппаратов и их частей – физическое моделирование. Симплексы, инварианты подобия. Моделирование с использованием обобщенных координат, основные критерии подобия в гидромеханических процессах: Рейнольдса, Фруда, Эйлера, гомохронности. Критериальные уравнения.
2.	Гидромеханические процессы и аппараты	

2.1.	Теоретические основы гидростатики и гидромеханики
	Гидромеханика, основные понятия и задачи. Внутренняя и внешняя гидромеханика. Эквивалентный (эффективный) диаметр сечения канала, трубопровода; эквивалентный диаметр тела, частицы. Уравнение неразрывности потока – частный случай закона сохранения массы. Основное уравнение гидродинамики: система уравнений Эйлера, уравнения Навье-Стокса. Гидростатика. Основное уравнение гидростатики (закон Паскаля) и его практическое применение: расчет давления на дно и стенки резервуара, измерение количества жидкости в резервуарах, измерение давления в резервуарах.
2.2.	Основной закон гидромеханики и его применение
	Уравнение Бернулли и его применение. Истечение жидкости из отверстий резервуаров. Гидравлические методы измерения расхода жидкостей и газов. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Уравнение Пуазейля, уравнение Дарси. Потери давления при перекачивании жидкостей и газов. Расчет диаметра трубопроводов аппаратов. Принципы расчета мощности насосов.
2.3.	Внешняя гидромеханика, процессы осаждения
	Задача обтекания жидкостью твердых тел, основные критерии подобия: Рейнольдса, Эйлера, Архимеда, Лященко. Основные режимы обтекания. Законы трения и осаждения Стокса. Обобщенный подход к решению задачи обтекания для всех режимов. Основные типы неоднородных систем: суспензии, эмульсии, пены, пыль, дым. Понятие о методах разделения. Осаждение и отстаивание. Основные типы отстойников непрерывного и периодического действия. Примеры расчета отстойников.
2.4.	Центрифугирование
	Центрифугирование. Основные принципы, назначение. Центробежное ускорение. Фактор разделения. Особенности расчета времени процесса, расчет давления на стенки центрифуги. Основные конструкции центрифуг, сепараторов, циклонов.
2.5.	Движение жидкости через пористые слои
	Движение жидкостей и газов через пористые слои. Сопротивление пористого слоя. Коэффициент трения. Модифицированный критерий Рейнольдса. Гидродинамика псевдооживленных слоев. Процесс фильтрования. Движущие силы. Сопротивление осадка, фильтра. Удельное сопротивление. Физический смысл величин сопротивления (осадка и фильтра). Основное уравнение фильтрования. Основные способы определения констант фильтрования. Промышленные фильтровальные аппараты непрерывного и периодического действия.
	Практические и лабораторные занятия по теме «Гидромеханические процессы и аппараты»
	Расчет сопротивления гидромеханической сети. Расчеты по осаждению частиц: расчет времени осаждения, расчет размеров частиц, расчет параметров отстойников. Центрифугирование: расчет параметров центрифуг, расчет скорости осаждения. Фильтрование: расчет параметров процесса фильтрования (время фильтрования, скорость фильтрования, время промывки). Лабораторная работа: Исследование процесса псевдооживления и определение характеристик пористого слоя.
3.	Тепловые процессы и аппараты
3.1.	Основы теплопередачи
	Основные понятия и положения. Виды теплоты, теплоемкость. Основные способы передачи теплоты: теплопроводность, конвекция, тепловое излучение. Закон Стефана-Больцмана. Теплоносители и их характеристики. Основное уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи, физический смысл коэффициента. Движущая сила, средний температурный напор.
3.2.	Теплопроводность и основные законы
	Теплопроводность. Закон Фурье. Удельная теплопроводность, физический смысл коэффициента теплопроводности. Сравнительная теплопроводность металлов, других твердых тел, жидкостей и газов. Термическое сопротивление. Уравнение теплопроводности плоской стенки. Теплопроводность многослойной стенки. Уравнение теплопроводности цилиндрической стенки.
3.3.	Конвекция, критерии теплового подобия, реальный теплообмен

	Конвективная теплопередача. Уравнение теплоотдачи, закон охлаждения Ньютона. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл. Основные критерии подобия тепловых процессов: Нуссельта, Грасгофа, Пекле. Примеры критериальных уравнений теплоотдачи. Теплопередача при постоянных температурах теплоносителей. Уравнение аддитивности термических сопротивлений. Примеры технологических процессов с постоянной температурой теплоносителей. Теплопередача при переменных температурах теплоносителей. Прямоток и противоток. Средняя движущая сила процесса, средний температурный напор. Выбор взаимного направления течения теплоносителей. Определение температуры стенки.
3.4.	Промышленные тепловые процессы, теплообменные аппараты
	Промышленные способы подвода и отвода тепла. Основные источники тепла в промышленности, их сравнительная характеристика. Основные охладители в промышленности, их сравнительная характеристика. Конструкции основных теплообменников. Основные типы теплообменников: поверхностные, смесительные, регенеративные.
	Практические и лабораторные занятия по теме «Тепловые процессы и аппараты»
	Теплопроводность плоской стенки. Теплопроводность цилиндрической стенки. Конвективная теплоотдача. Варианты расчета процесса теплопередачи Лабораторная работа: Исследование процесса теплопередачи на примере теплообменника «труба в трубе».
4.	Массообменные процессы и аппараты
4.1.	Массообменные процессы. Особенности в сравнении с тепловыми
	Классификация массообменных процессов. Наиболее распространенные массообменные процессы: абсорбция, перегонка и ректификация, экстракция, адсорбция, ионный обмен, сушка, растворение и экстрагирование, кристаллизация, мембранные процессы. Аналогии и различия в сравнении процессов массо- и теплообмена. Особенности концентрационного равновесия в массообменных процессах, определение направления процесса массопереноса.
4.2.	Основное уравнение массотдачи. Коэффициенты массотдачи и массопередачи
	Основы массопередачи. Основные правила и законы массопередачи. Коэффициенты массопередачи, их физический смысл, размерность; движущие силы массопередачи. Основы процесса массоотдачи. Коэффициент массоотдачи, его физический смысл, размерность. Основной закон массоотдачи. Основные критерии массообменных процессов: диффузионный критерий Нуссельта (критерий Шервуда), диффузионный критерий Прандтля, диффузионный критерий Пекле.
4.3.	Основы перегонки. Виды перегонки
	Массопередача и фазовые сопротивления. Уравнение аддитивности фазовых сопротивлений. Особенности определения средней движущей силы массообменных процессов. Перегонка жидкостей. Характеристика систем жидкость-жидкость. Специальные виды перегонки: выпарка, простая перегонка (двойная, тройная), перегонка с водяным паром. Особенности перегонки в системах с азеотропной точкой, влияние температуры на относительную летучесть компонентов. Понятие о теоретических ступенях разделения (теоретических тарелках).
4.4.	Ректификационный процесс. Абсорберы
	Ректификация. Материальный и тепловой баланс процесса ректификации. Конструкции ректификационных аппаратов. Основы расчета ректификационной колонны. Регулирование процесса ректификации. Абсорбция. Материальный и тепловой баланс. Коэффициенты массопередачи при абсорбции. Устройство и расчет абсорберов.
	Практические и лабораторные занятия по теме «Массообменные процессы и аппараты»
	Расчет концентрационных равновесий. Расчет коэффициента массопередачи. Расчет числа теоретических ступеней разделения. Лабораторная работа: Испытание ректификационной колонны

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

по дисциплине

Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. – М.: Химия, 1987. – 621 с.

Гидромеханические процессы, теория и задачи: учеб.-метод. пособие / Сост. В.М. Пугачев. – Кемерово, КемГУ: Кузбассвузиздат, 2000. – 40 с.

Тепловые процессы и аппараты: учеб.-метод. пособие / Сост. В.М. Пугачев. – Кемерово, КемГУ: Кузбассвузиздат, 2007. – 43 с.

Гидромеханические, тепловые и массообменные процессы (лабораторный практикум): учеб.-метод. пособие / сост. В.М. Пугачев. ГОУ ВПО «Кемеровский госуниверситет»; Томск: Изд. Томского гос. пед. университета, 2008. – 44 с.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в рамках дисциплины

№	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) и ее формулировка	Наименование оценочных средств
1.	Все разделы	ПК-9 ПК-8 ПК-10 ОПК-1 ОПК-6	Экзамен; контрольные работы.
2.	Теоретическая база и методология химической технологии	ПК-10 ОПК-6	Защита лаб. работ; инд. задания.
3.	Лабораторные работы по гидромеханике, тепловым и массообменным процессам	ПК-10 ОПК-1	Отчеты по лабораторным работам, защита работ.

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы

6.2.1. Типовые теоретические вопросы к экзамену

Теоретические основы химической технологии, общий обзор.

Законы сохранения в химической технологии. Виды материального баланса. Получение уравнений рабочих линий на основе материального баланса.

Законы равновесия в химической технологии. Значение законов равновесия. Особенности концентрационного равновесия. Теоретический вывод линий равновесия.

Общие закономерности процессов переноса. Потенциалы переноса, коэффициенты в уравнениях переноса. Значение законов переноса в технологии.

Теория подобия и моделирование. Виды моделирования. Основные критерии подобия в гидродинамике. Метод обобщенных координат.

Гидродинамика, основные задачи. Гидромеханические процессы, общий обзор.

Уравнение неразрывности потока, вывод и значение.

Основное уравнение гидродинамики, вывод и значение.

Основы гидростатики. Применение основного закона гидростатики.

Уравнение Бернулли. Смысл двух его форм. Применение в химической технологии.

Принципы измерения расхода гидравлическими методами. Основные устройства для измерения расхода.

Уравнение Гагена-Пуазейля. Область применения. Доказательство параболичности распределения скоростей в ламинарном потоке. Соотношение между средней и максимальной скоростями.

Сопrotивление движению в трубах. Уравнение Дарси. Зависимость коэффициента трения и соprotивления от скорости. Расчет трубопроводов.

Внешняя гидродинамика. Задача обтекания твердых тел жидкостью. Основные критерии подобия. Эмпирические закономерности.

Сопrotивление движению в вязкой среде. Законы Стокса. Обобщенное уравнение осаждения в критериальной форме. Уравнение Тодеса.

Неоднородные системы, характеристика, основные способы разделения. Учет сгущения суспензии при отстаивании.

Основные типы отстойников. Пример расчета для отстойника.

Центрифугирование. Фактор разделения. Расчет давления на стенки центрифуги. Принципы расчета времени центрифугирования. Сепараторы, циклоны.

Теория взвешенного слоя. Применение в промышленности. Выражение критерия Рейнольдса через размеры частиц и скорость среды в свободном сечении аппарата. Модифицированный критерий Рейнольдса.

Процесс фильтрации, основные уравнения. Практическое определение констант уравнения и удельных сопротивлений осадка и фильтра.

Основные конструкции промышленных фильтров.

Тепловые процессы. Значение. Основные способы передачи тепла. Основное уравнение теплопередачи, характерный температурный профиль процесса. Смысл коэффициента теплопередачи.

Теплопроводность. Уравнение для плоской стенки. Взаимосвязь понятий теплопроводность и термическое сопротивление. Теплопроводность многослойной плоской стенки.

Теплопроводность цилиндрической стенки. Понятие средней поверхности теплообмена в этом случае. Теплопроводность многослойной цилиндрической стенки.

Конвективная теплоотдача. Смысл коэффициента теплоотдачи. Основные тепловые критерии подобия. Характерные критериальные уравнения.

Теплопередача при постоянной температуре теплоносителей. Уравнение аддитивности термических сопротивлений. Выражение для коэффициента теплопередачи.

Различные схемы теплообмена: противоток и прямоток; схемы с постоянными и переменными температурами теплоносителей. Примеры установок.

Теплопередача при переменных температурах теплоносителей. Вывод величины средней движущей силы. Определение средних температур теплоносителей.

Промышленные способы подвода и отвода тепла. Основные характеристики теплоносителей.

Основные типы теплообменников.

Классификация массообменных процессов.

Основное уравнение массопередачи. Смысл коэффициента массопередачи. Особенности определения движущих сил при массопередаче.

Конвекция и массоотдача. Смысл коэффициента массоотдачи. Особенности профиля изменения концентраций для различных случаев.

Выражение коэффициента массопередачи через коэффициенты массоотдачи. Основные критерии подобия в процессах массопередачи.

Перегонка и ректификация. Уравнения рабочих линий процесса ректификации. Понятие о теоретических тарелках.

Примеры задач к экзаменационному билету

Высота пористого слоя 0,5 м, плотность частиц 1600 кг/м^3 , порозность 35%. Вычислить гидравлическое сопротивление пористого слоя.

Показания водяного вакуумметра 272 мм. Каково давление в аппарате, если атмосферное давление 750 мм рт. ст.? Плотность ртути $13,6 \text{ г/см}^3$.

При какой скорости движения стеклянного шарика диаметром 1 мм в воде при 20°C обтекание можно считать ламинарным?

Горячий раствор охлаждается в холодильнике водой от 90 С до 50 С. Охлаждающая вода нагревается от 10 С до 30 С. Вычислить среднюю разность температур теплоносителей.

Давление в бутылке с газированной водой 3 атм. Какова концентрация углекислого газа в воде, если константа Генри 1500 атм?

Какова теплопроводность изоляции из двух слоев: 3 см дерева и 1 см пенопласта? Удельные теплопроводности соответственно $0,20 \text{ Вт/(м град)}$ и $0,05 \text{ Вт/(м град)}$.

Коэффициент массоотдачи аммиака в воздух $0,68 \text{ (г/с)/(м}^2 \text{ моль/моль)}$. Концентрация газа в воздухе 5 % (об.). Какова концентрация у поверхности раствора, если плотность массового потока составляет $0,01 \text{ (моль/с)/м}^2$?

Коэффициенты массоотдачи при поглощении газа жидкостью равны соответственно $0,4 \text{ (г/с)/(м}^2 \text{ моль/моль)}$ и $0,01 \text{ (г/с)/(м}^2 \text{ г/г)}$. Константа равновесия $0,1 \text{ (моль/моль)/(г/г)}$. Вычислить коэффициент массопередачи.

Коэффициенты теплоотдачи 600 и $1800 \text{ Вт/м}^2\text{град}$, теплопроводность железной стенки $7000 \text{ Вт/м}^2\text{град}$. Вычислить коэффициент теплопередачи.

На дне колбы лежит кубик соли размером 1 см . Начальная скорость растворения 20 мг/с , растворимость соли 25 г в 100 г воды. Вычислить коэффициент массопередачи.

В абсорбер поступает вода со скоростью 100 л/мин и противотоком газовая смесь, содержащая 50% (об.) аммиака, в количестве $1,2 \text{ м}^3\text{/час}$. Раствор на выходе содержит $6,8 \%$ (масс.) аммиака. Каков состав выходящей газовой смеси?

При брожении кваса концентрация углекислого газа достигает 1% (масс.). Каково давление в емкости, если константа Генри 1500 атм ?

Растворимость соли 400 г/л . Начальная скорость растворения 40 (г/с)/м^2 . Оценить коэффициент диффузии, считая толщину диффузионного слоя 10 мкм . 10^{-9}

Мольные доли вещества в двух жидкостях $0,001$ и $0,02$. Константа равновесия $0,01$. Плотность потока при экстракции $0,2 \text{ ммоль/м}^2$. Каковы коэффициенты массопередачи?

Определить коэффициент массопередачи при кипении воды на открытом воздухе, если за 1 с испаряется 30 г/м^2 .

Горячий раствор в холодильнике охлаждается от 90 С до 50 С , охлаждающая вода нагревается от 5 С до 25 С . Как сильно различаются расходы теплоносителей?

При какой максимальной скорости течения глицерина в трубке диаметром 25 мм сохраняется ламинарный режим? Вязкость глицерина принять равной $0,8 \text{ Па}\cdot\text{с}$; плотность – 1230 кг/м^3 .

Круглую трубу на некотором участке деформировали в трубу с квадратным сечением, сохранив толщину стенок. Как изменится скорость на этом участке?

Вода нагревается в теплообменнике от 10 С до 50 С при средней температуре стенки 80 С . Каков коэффициент теплоотдачи, если поверхность теплообмена 20 м^2 , а расход воды 10 л/с ?

22. Скорость течения воды при сужении трубы увеличилась от $0,2$ до $0,9 \text{ м/с}$. Как изменилось давление?

23. Температура в оранжерее $+20 \text{ С}$, на улице -20 С . Перепад температуры в сантиметровом стекле 16 С . Каков коэффициент теплопередачи? Теплопроводность стекла $0,7 \text{ Вт/(м град)}$.

Вода (20°С) течет по стеклянной трубке диаметром 5 мм со скоростью $0,2 \text{ м/с}$. Вычислить коэффициент трения.

Критерии оценивания ответов по экзаменационным билетам

В билет входит два теоретических вопроса и задача.

Оценка «отлично» ставится, если отвечающий дал достаточно полные ответы на оба вопроса и правильно решил задачу.

Оценка «хорошо» ставится, если отвечающий недостаточно полно ответил на один из вопросов или не смог решить задачу, но понимает ее содержание.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если отвечающий лишь частично справился с двумя из трех пунктов билета.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если ни на один из пунктов билета нет достаточно полных ответов.

6.2.2. Типовые вопросы к коллоквиуму по теоретическим основам химической технологии

Основные задачи науки о процессах и аппаратах.

Классификация основных производственных процессов: по содержанию, по изменению параметров во времени, по организации.

Законы сохранения основных субстанций в химической технологии: массы, энергии, импульса.

Законы равновесия. Основные задачи, решаемые при помощи законов равновесия.

Условия термодинамического равновесия. Правило фаз Гиббса. Механическое и тепловое равновесие.

Равновесие в массообменных процессах, химический потенциал. Вывод теоретических линий равновесия на примере законов Генри и Рауля.

Законы переноса. Потенциалы переноса, градиенты потенциалов переноса. Общий вид уравнений переноса субстанций. Общность коэффициентов в уравнениях переноса.

Законы Фика, Фурье, Ньютона (вязкого трения). Теория подобия и моделирование.

Сущность методов математического моделирования. Моделирование на копиях, моделях аппаратов и их частей – физическое моделирование.

Симплексы, инварианты подобия. Моделирование с использованием обобщенных координат, основные критерии подобия в гидромеханических процессах: Рейнольдса, Фруда, Эйлера, гомохронности. Критериальные уравнения.

Критерии оценивания ответов

Коллоквиум считается сданным, если отвечающий дает достаточно полный ответ, понимает связь материала данного раздела с другими, в случае затруднений откликается на подсказки и наводящие вопросы.

Коллоквиум считается несданным, если отвечающий не может дать развернутого ответа, ему не помогают подсказки и наводящие вопросы.

6.2.3. Типовые вопросы к защите по лабораторным работам

Эквивалентный диаметр сечения канала, трубопровода; эквивалентный диаметр тела, частицы.

Основное уравнение гидродинамики: система уравнений Эйлера, уравнения Навье-Стокса.

Основное уравнение гидростатики (закон Паскаля) и его практическое применение.

Уравнение Бернулли и его применение. Истечение жидкости из отверстий резервуаров.

Гидравлические методы измерения расхода жидкостей и газов.

Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Уравнение Пуазейля, уравнение Дарси.

Принципы расчета мощности насосов.

Задача обтекания жидкостью твердых тел, основные критерии подобия: Рейнольдса, Эйлера, Архимеда, Лященко.

Основные режимы обтекания.

Законы трения и осаждения Стокса.

Основные типы отстойников непрерывного и периодического действия. Примеры расчета отстойников.

Центрифугирование. Основные принципы, назначение. Центробежное ускорение. Фактор разделения.

Особенности расчета времени процесса, расчет давления на стенки центрифуги.

Основные конструкции центрифуг, сепараторов, циклонов. Движение жидкостей и газов через пористые слои.

Сопротивление пористого слоя. Коэффициент трения. Модифицированный критерий Рейнольдса.

Процесс фильтрования. Движущие силы. Сопротивление осадка, фильтра.

Удельное сопротивление. Физический смысл величин сопротивления (осадка и фильтра).

Основное уравнение фильтрования. Основные способы определения констант фильтрования.

Основные способы передачи теплоты: теплопроводность, конвекция, тепловое излучение. Закон Стефана-Больцмана.

Основное уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи, физический смысл коэффициента.

Движущая сила, средний температурный напор.

Теплопроводность. Закон Фурье. Удельная теплопроводность, физический смысл коэффициента теплопроводности.

Уравнение теплопроводности плоской стенки. Теплопроводность многослойной стенки.

Уравнение теплопроводности цилиндрической стенки.

Уравнение теплоотдачи, закон охлаждения Ньютона. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл.

Основные критерии подобия тепловых процессов: Нуссельта, Грасгофа, Пекле. Примеры критериальных уравнений теплоотдачи.

Теплопередача при постоянных температурах теплоносителей. Уравнение аддитивности термических сопротивлений.

Теплопередача при переменных температурах теплоносителей. Средняя движущая сила процесса, средний температурный напор.

Классификация массообменных процессов.

Особенности концентрационного равновесия в массообменных процессах, определение направления процесса массопереноса.

Основные правила и законы массопередачи.

Коэффициенты массопередачи, их физический смысл, размерность; движущие силы массопередачи.

Коэффициент массоотдачи, его физический смысл, размерность. Основной закон массоотдачи.

Массопередача и фазовые сопротивления. Уравнение аддитивности фазовых сопротивлений.

Перегонка жидкостей. Специальные виды перегонки: выпарка, простая перегонка (двойная, тройная), перегонка с водяным паром.

Понятие о теоретических ступенях разделения (теоретических тарелках).

Ректификация. Конструкции ректификационных аппаратов.

Основы расчета ректификационной колонны. Регулирование процесса ректификации.

Абсорбция. Коэффициенты массопередачи при абсорбции. Устройство и расчет абсорберов.

Критерии защиты лабораторных работ

Работа считается защищенной при следующих условиях:

- участие в выполнении работы;
- предоставление отчета, оформленного в соответствии с учебно-методическими пособиями к лабораторным работам;
- краткие, но достаточно содержательные ответы на 2–3 вопроса из прилагаемого списка.

При невыполнении любого из требований, перечисленных выше, остальные могут быть зачтены, но работа не будет считаться защищенной, пока не будут выполнены все требования.

При наличии незащищенных лабораторных работ, что равносильно непрохождению практикума, обучающийся не допускается до экзамена.

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Балльно-рейтинговая система оценки знаний студентов

	Комментарий	Макс. балл	Количество	Суммарный балл
1	Лекция	1	16	16
2	Лабораторная работа	1,5	16	24
3	Контрольная работа	3	4	12
4	Другое	1	8	8
	Текущий балл			60
5	Зачет	20	1	40
	Итоговый балл			100

Уровни усвоения материала и сформированности способов деятельности	Конкретные действия студентов, свидетельствующие о достижении данного уровня
Первый (меньше 50 баллов «неудовлетворительно»)	Результаты обучения студентов свидетельствуют об усвоении ими лишь некоторых элементарных знаний и основных вопросов по дисциплине. Допускаемые ошибки и неточности показывают, что студенты не овладели необходимой системой знаний по дисциплине.
Второй (репродуктивный) от 51 до 65 баллов «удовлетворительно»	Достигнутый уровень оценки результатов обучения показывает, что студенты обладают необходимой системой знаний и владеют некоторыми умениями по химической технологии. Студенты способны понимать и интерпретировать освоенную информацию, что является основой успешного формирования умений и навыков для решения практико-ориентированных задач: - воспроизводят основные химико-технологические термины и законы из области гидромеханики, тепло- и массообменных процессов, аппараты и

	<p>оборудование;</p> <p>- проводят простейшие расчеты, основанные на уравнениях материального и теплового балансов.</p>
<p>Третий (реконструктивный) от 66 до 85 баллов «хорошо»</p>	<p>Студенты демонстрируют результаты на уровне осознанного владения учебным материалом и учебными умениями, навыками и способами деятельности по химической технологии, способны анализировать, проводить сравнение и обоснование выбора методов решения заданий в практико-ориентированных ситуациях, а именно:</p> <p>- объясняют научные основы и принципы при выводе законов и уравнений;</p> <p>- объясняют наблюдаемые явления и факты;</p> <p>- устанавливают влияние внешних параметров и свойств материалов на химико-технологические процессы;</p> <p>- проводят расчеты по уравнениям;</p> <p>- умеют применять основные законы химической технологии для решения конкретных практических задач.</p>
<p>Четвертый (творческий) от 86 до 100 баллов «отлично»</p>	<p>Студенты способны использовать сведения из различных источников для успешного исследования и поиска решения в нестандартных практико-ориентированных ситуациях:</p> <p>- ориентируются в потоке информации по химической технологии, определяют ее источники, умеют анализировать;</p> <p>- самостоятельно составляют план химико-технологического эксперимента, необходимые материалы и оборудование;</p> <p>- прогнозируют результаты химико-технологических процессов по исходным параметрам и свойствам материалов.</p>

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная литература

<p>2. Пугачев, В.М. Химическая технология [Текст] : учебное пособие / В.М. Пугачев. – Кемерово: КемГУ, 2014. – 108 с.</p>
<p>2. Айнштейн, В.Г. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс: в 2 книгах [Электронный ресурс] : учебник / В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров, Г.А. Носов. — Электрон. дан. — М. : "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2014. — 1760 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=42602</p>
<p>3. Кузнецова, И.М. Общая химическая технология. Основные концепции проектирования ХТС [Электронный ресурс] : учебник / И.М. Кузнецова, Харлампики Х. Э., В.Г. Иванов [и др.]. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 381 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=45973 — Загл. с экрана.</p>

Дополнительная литература

<p>1. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии [Текст] / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. – М.: Химия, 1987. – 621 с.</p>
<p>2. Гидромеханические процессы, теория и задачи [Текст] : учеб.-метод. пособие / Сост. В.М. Пугачев. – Кемерово, КемГУ: Кузбассвузиздат, 2000. – 40 с.</p>
<p>3. Тепловые процессы и аппараты [Текст] : учеб.-метод. пособие / Сост. В.М. Пугачев. – Кемерово, КемГУ: Кузбассвузиздат, 2007. – 43 с.</p>
<p>4. Гидромеханические, тепловые и массообменные процессы (лабораторный практикум) [Текст] : учеб.-метод. пособие / сост. В.М. Пугачев. ГОУ ВПО «Кемеровский госуниверситет»; Томск: Изд. Томского гос. пед. университета, 2008. – 44 с.</p>
<p>5. Аверьянов, В.А. Лабораторный практикум по общей химической технологии. Под ред. В.С. Бескова [Текст]: учебное пособие / М.: Бином. Лаборатория знаний, – 2010. – 279 с. http://e.lanbook.com/view/book/3162/</p>

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины

Обучающиеся вправе пользоваться ресурсами сети Интернет в качестве дополнительного источника по своему усмотрению.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для успешного освоения лекционного материала обучающиеся должны посещать лекции и конспектировать их в специальную тетрадь. Очень полезно перед текущей лекцией просмотреть материал предыдущей. При конспектировании следует записывать лишь основные положения, последовательность выводов законов и уравнений, воспроизводить необходимые схемы и рисунки. Если возникают вопросы по части материала и нет возможности выяснить их сразу, следует отметить оставшееся непонятным и после лекции (в свободное время) найти соответствующий материал в литературе, Интернете или выяснить у преподавателя во время практических занятий или на консультациях.

При подготовке к практическим и лабораторным занятиям необходимо повторить теоретическую часть как по конспектам лекций и учебникам, так и по соответствующему учебно-методическому пособию.

Лабораторная работа по гидромеханике, иллюстрируя все основные закономерности движения жидкости, призвана также дополнить изучение гидромеханических процессов в целом рассмотрением такого важного химико-технологического явления как псевдооживление, или технология кипящего слоя. Поэтому особое внимание при подготовке к самой работе и ее защите отводится именно этому теоретическому разделу – движение через пористые слои, технология псевдооживления.

Лабораторная работа по тепловым процессам имеет целью знакомство с процессами теплообмена, расчет практического и теоретического коэффициентов теплопередачи. Она включает в себя относительно простые расчетные стадии тепловых расчетов, отраженные в практической части этого раздела дисциплины, а также более сложные принципы расчета, основанные на критериальных уравнениях, являясь, таким образом, мероприятием по комплексному рассмотрению всей тепловой теории в рамках химической технологии.

Лабораторная работа по массообмену – это, хотя и частный, но очень важный и весьма распространенный пример – знакомство с ректификационным процессом. Основное в работе – наблюдения и измерения, расчетная часть достаточно проста и невелика по объему.

Основные требования к оформлению отчетов по лабораторным работам содержатся в соответствующем пособии (п. 5).

Экзамен – это завершающее оценочное средство по дисциплине, позволяющее уточнить уровень усвоения материала обучающимися. При подготовке к экзамену, в общем, рекомендуются те же действия, что и в случае других контрольных мероприятий: тщательная проработка материала по конспектам лекций, учебным и учебно-методическим пособиям, другим источникам. Кроме этого, необходимо выделить наиболее трудные разделы и сформулировать вопросы преподавателю к консультации перед экзаменом.

Поскольку в билеты третьим пунктом входят задачи, необходимо просмотреть решения задач, решенных в течение семестра (как на практических занятиях, так и из домашних заданий).

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Лекции с применением слайд-презентаций.

Расчеты по лабораторным работам в среде Excell.

Самостоятельная работа обучающихся и подготовка к контрольным мероприятиям с использованием сети Интернет.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Дисциплина «Химическая технология» должна быть обеспечена учебно-методической документацией, указанной в разделе 5 настоящей рабочей программы; установкой для проведения гидромеханических испытаний, стендовым теплообменником, лабораторной ректификационной колонной. Содержание курса должно быть представлено в сети Интернет или локальной сети КемГУ. Так же необходим дисплейный класс (в стандартной комплектации) для тренинга студентов по прохождению тестовых заданий и самостоятельной работы; доступ к сети Интернет (во время самостоятельной подготовки); мультимедийное обеспечение для чтения лекций. Пакет офисных программ: Microsoft Office 2010 (www.microsoft.com) – лицензия КемГУ либо LibreOffice 5.2 (www.libreoffice.org) – свободно распространяемое ПО

12. Иные сведения и (или) материалы

12.1. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

В процессе изучения дисциплины и осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации лиц с ограниченными возможностями здоровья применяются адаптированные формы обучения с учётом индивидуальных психофизиологических особенностей. При определении форм проведения занятий с обучающимися-инвалидами учитываются рекомендации данные по результатам медико-социальной экспертизы, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья пользуются специальными рабочими местами, созданными с учётом нарушенных функций и ограничений жизнедеятельности.

Для лиц с нарушением зрения (слепых и слабовидящих):

- специализированное стационарное рабочее место ЭлСИС 201;
- специализированное стационарное рабочее место ЭлСИС 221;
- специализированное мобильное место ЭлНОТ 301;
- принтер Брайля (+ПО для трансляции текста в шрифт Брайля).

Для лиц с нарушением слуха:

- система информационная для слабослышащих стационарная «Исток» С-1И;
- беспроводная звукозаписывающая аппаратура коллективного пользования: радиокласс (радиомикрофон) «Сонет-РСМ» РМ-3.1.

Для лиц с нарушением опорно-двигательного аппарата:

- компьютерный стол для лиц с нарушениями опорно-двигательной системы с электроприводом;
- клавиатура с накладной и с кнопочной мышкой с расположением кнопок сверху Аккорд;
- беспроводная мышь трекбол для ПК Logitech M570;
- клавиатура с джойстиком для выбора клавиши на цветовом поле.

Особенности процесса изучения дисциплины и осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации:

Для лиц с нарушением зрения задания и инструкции по их выполнению предоставляются с укрупненным шрифтом, для слепых задания оформляются рельефно-точечным шрифтом Брайля или в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением для слепых, либо зачитываются им. При необходимости обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс, предоставляется увеличивающее устройство, а также возможность использовать собственное увеличивающее устройство.

Для лиц с нарушением слуха дидактический материал (слайд-презентации лекций, задания и инструкции к их выполнению) предоставляются в письменной форме или электронном виде при необходимости. Обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости студентам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования.

Для лиц с тяжелыми нарушениями речи текущий и промежуточный контроль проводятся в письменной форме.

При необходимости лица с нарушениями двигательных функций нижних конечностей выполняют лабораторные работы на базе 7 блочной аудитории в паре с обучающимся без ограниченных возможностей здоровья; письменные задания выполняются дистанционно, при этом взаимодействие с преподавателем осуществляется через ЭИОС; лекции проводятся в 1 и 2 блочных аудиториях, практические занятия в аудиториях 8 и 2 корпусов КемГУ.

Для лиц с нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей лабораторные работы выполняются в паре с обучающимся без ограниченных возможностей здоровья; письменные задания выполняются дистанционно, при этом взаимодействие с преподавателем осуществляется через ЭИОС; экзамен сдаётся в устной форме.

При необходимости лицу с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для выполнения заданий и сдачи зачёта, но не более чем на 0.5 часа.

Студенты с ограниченными возможностями здоровья сдают зачёт в одной аудитории совместно с иными обучающимися, если это не создает трудностей для студентов при сдаче зачёта.

Студенты с ограниченными возможностями здоровья могут в процессе обучения и прохождения текущего и итогового контроля пользоваться техническими средствами, необходимыми им в связи с их индивидуальными особенностями.

Допускается присутствие в аудитории во время сдачи зачёта ассистента из числа работников КемГУ или привлечённых лиц, оказывающих студентам с ограниченными возможностями здоровья необходимую техническую помощь с учётом их индивидуальных особенностей (занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, общаться с преподавателями).

Особые условия предоставляются студентам с ограниченными возможностями здоровья на основании заявления, содержащего сведения о необходимости создания соответствующих специальных условий.

Составитель рабочей программы: Пугачев В.М. – к.х.н., доцент, доцент каф. ХТТиХМ