

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Факультет атомной энергетики и технологий
Кафедра «Физика и естественнонаучные дисциплины»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»

Направления подготовки
«18.03.01. Химическая технология»

Основная профессиональная образовательная программа
«Химическая технология неорганических веществ»

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Балаково

Цель освоения дисциплины

Целью преподавания дисциплины является получение знаний, необходимых для плодотворной творческой деятельности бакалавра. Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» формируют технологическое мировоззрение бакалавров для их производственно-технологической и проектно-конструкторской профессиональной деятельности.

Задачи изучения дисциплины: изучение основных химических процессов, общие закономерности химических процессов; основные реакционные процессы и реакторы химической технологии. Бакалавр по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» должен решать профессиональные задачи в соответствии с производственно-технологической, научно-исследовательской, организационно-управленческой и проектной деятельностью.

Изучение дисциплины должно основываться на следующих профессиональных стандартах:

- 26.001 Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов;
- 26.004 Специалист по производству волокнистых наноструктурированных композиционных материалов»;
- 24.075. Инженер исследователь в области разделения изотопов.

Место дисциплины в структуре ООП ВО

Курс «Процессы и аппараты химической технологии» связан с необходимостью знаний основ общей и неорганической химии, общей химической технологии, химических реакторов, широкое использование, которых не только даёт возможность наиболее точно выразить теоретические закономерности, но и является необходимым инструментом их установления. Для освоения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» необходимы знание, умение и владение материалом по следующим дисциплинам: «Общая и неорганическая химия», «Введение в химическую технологию», «Физическая химия». Теоретические знания и практические навыки, полученные студентами при изучении дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии», должны быть использованы в процессе изучения последующих дисциплин: «Химические реакторы», «Оборудование производств неорганических веществ», «Технология минеральных удобрений, солей и щелочей».

После изучения дисциплины выпускники должны быть готовы к выполнению следующих трудовых функций:

- А/02.6. Разработка новых и совершенствование действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований;
- А/07.6. Проведение испытаний новых образцов продукции, разработка технической документации;
- А/06.6. Разработка предложений по комплексному использованию сырья и утилизации отходов производства;

- D/01.6. Совершенствование технологии, механизация и автоматизация производственных процессов;
- B/02.6. Проведение экспертизы технических документов производства наноструктурированных композиционных материалов на соответствие требованиям внутреннего рынка и экспортным требованиям;
- A/01.6. Проведение анализа сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных композиционных материалов;
- A/02.6. Отбор проб по технологической цепочке разделения изотопов, обработка результатов анализа и показаний приборов.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие компетенции:

– универсальные

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни	З-УК-6 Знать: основные приемы эффективного управления собственным временем; основные методики самоконтроля, саморазвития и самообразования на протяжении всей жизни У-УК-6 Уметь: эффективно планировать и контролировать собственное время; использовать методы саморегуляции, саморазвития и самообучения В-УК-6 Владеть: методами управления собственным временем; технологиями приобретения, использования и обновления социо-культурных и профессиональных знаний, умений, и навыков; методиками саморазвития и самообразования в течение всей жизни

– профессиональные

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1	способен планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	З-ПК-1 Знать применение методов математического анализа, моделирования и теоретических основ для проведения научно-исследовательских работ и испытаний У-ПК-1 Уметь выполнять физические и химические экспериментальные работы, проводит обобщение и обработку их результатов, оценивает погрешности, выдвигает гипотезы и устанавливает границы их применения В-ПК-1 Владеть методами подготовки методического руководства по проведению физических и химических экспериментов и научно-исследовательских работ

ПК-2	способен использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности	3-ПК-2 Знать свойства химических элементов, соединений и материалов на их основе для соблюдения технологического регламента У-ПК-2 Уметь использовать знания свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач по выпуску продукции в строгом соответствии с техническими требованиями В-ПК-2 Владеть навыками разработки предложения по комплексному использованию сырья и утилизации отходов производства
ПК-3	способен изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	3-ПК-3 Знать иностранный язык, научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт для программ испытаний и оформления технической документации У-ПК-3 Уметь собирать и накапливать экспериментальные данные с применением иностранного языка В-ПК-3 Владеть навыками проведения текущих и дополнительных испытаний, анализировать результаты с учетом научно-технической информации и на основании отечественного и зарубежного опыта
ПК-7	способен принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	3-ПК-7 Знать технологии и системы экологического менеджмента при проведении испытаний с использованием технических средств У-ПК-7 Уметь выполнять работы по сбору и накоплению данных при разработке технологических процессов В-ПК-7 Владеть навыками выбора технических устройств и технологий с учетом экологических последствий их применения для подготовки проекта плана мероприятий по использованию сырья в дополнительных производственных целях
ПК-12	способен использовать информационные технологии при разработке проектов	3-ПК-12 Знать современные информационные технологии при разработке технологических проектов У-ПК-12 Уметь обрабатывать информацию с использованием прикладных программных средств при разработке технологических проектов В-ПК-12 Владеть навыками использования сетевых компьютерных технологий и баз данных при разработке технологических проектов

Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины

Направление/ цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспитательного потенциала учебной дисциплины	Вовлечение в разноплановую внеучебную деятельность
Профессиона льное воспитание	- формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства (В20);	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально- технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.	1. Организация научного подхода и чувства «Все в одной команде» через участие студентов в проведении круглых столов и семинаров. 2. Формирование вертикальных связей и формальных правил жизни при проведении студенческих конкурсов
Профессиона льное воспитание	- формирование творческого инженерного/профес сионального модуля мышления, навыков организации коллективной проектной	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного	1. Организация круглого стола на тему «Современные направления химической промышленности». 2. Организация и проведение конкурса- викторины

1	1	Предмет процессов и аппаратов. Общие понятия и определения	18	2	-		16	УО2 ЛР1 ЛР2 Т№1 ЛР3 ЛР4 ЛР5 ЛР6	25
	2	Гидромеханические процессы	74/16	16	32/16		26		
2	3	Тепловые процессы	52	14	-		38	Т-16	25
Вид промежуточной аттестации			144/16	32	32/16	-	80	Экзамен	50
6 семестр									
1	4	Массообменные процессы	70/10	16	-	24/10	30	УО2 Зд-1 Зд-2 Зд-3 Зд-4 Т№2	25
	5	Холодильные процессы	57/6	6	-	8/6	43		
2	6	Механические процессы	53	10	-	-	43	Зд-5 Зд-6 Т№3	25
Вид промежуточной аттестации			180/16	32	-	32/16	116	Экзамен	50

* - сокращенное наименование формы контроля

** - сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращенное наименование форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
Т	Тестовое задание
УО	Устный опрос
Зд	Задание (задача)
Э	Экзамен

Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
5 семестр		
Предмет процессов и аппаратов. Общие понятия и определения Предмет и задачи курса. Классификация основных процессов	2	[1-4]
Гидромеханические процессы Понятие идеальной и реальной жидкостей. Физические свойства жидкостей. Гидростатика. Дифференциальное уравнение Эйлера. Основное уравнение гидростатики. Гидродинамика. Скорость и расход жидкости. Режимы движения жидкости. Уравнение неразрывности (сплошности) потока. Дифференциальное уравнение движения Эйлера. Уравнение Бернулли. Основы теории подобия. Теоремы подобия. Гидравлические сопротивления в трубопроводах.	16	[1-4]

Движение тел в жидкостях. Движение жидкости через неподвижные зернистые и пористые слои		
Тепловые процессы Теплообмен. Теплопередача. Конвекция. Тепловое излучение. Теплоотдача. Расчет теплообменной аппаратуры. Основное уравнение теплопередачи. Температурное поле и температурные градиент Способы переноса тепла. Теплопроводность. Теплопередача при постоянных температурах теплоносителей. Теплопередача при переменных температурах теплоносителей. Нагревание, способы нагревания и нагревающие агенты. Охлаждение, способы охлаждения и охлаждающие агенты	14	[1-4]
6 семестр		
Массообменные процессы Основы теории массопередачи и методы расчета массообменной аппаратуры Абсорбция Перегонка и ректификация Экстракция Адсорбция Сушка Растворение и кристаллизация	16	[1-4]
Холодильные процессы Термодинамические основы получения холода. Умеренное охлаждение	6	[1, 2, 4]
Механические процессы Способы измельчения. Расход энергии на измельчение. Крупные и средние измельчения	10	[1, 2, 4]

Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Расчет процесса абсорбции	6	[11]
Расчет процесса ректификации	6	[12]
Расчет процесса адсорбции	6	[4]
Расчет процесса сушки	6	[4]
Расчет холодильных процессов	8	[4]

Перечень лабораторных работ

Тема лабораторных работ. Задания, вопросы, отрабатываемые на лабораторном занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Принцип сообщающих сосудов	4	[5]
Истечение жидкостей	4	[6]
Неоднородные системы и способы их разделения	4	[7]
Определение характеристик насадок массообменных аппаратов	6	[8]
Исследование процесса осаждения	8	[9]
Исследование процесса фильтрования	6	[10]

Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
5 семестр		
Предмет процессов и аппаратов. Общие понятия и определения Общие принципы анализа и расчета процессов и аппаратов. Различные системы единиц измерения физических величин	16	[1-4, 14]
Гидромеханические процессы Гидравлический радиус и эквивалентный диаметр. Распределение скоростей и расход жидкости при установившемся ламинарном потоке. Дифференциальные уравнения движения Навье-Стокса. Гидродинамические критерии подобия. Гидродинамика кипящих (псевдооживленных) слоев	26	[1-4, 14]
Тепловые процессы Передача тепла теплопроводностью. Уравнение теплопроводности плоской стенки. Уравнение теплопроводности цилиндрической стенки. Тепловое излучение. Передача тепла конвекцией	38	[1-4, 14]
6 семестр		
Массообменные процессы Конвективный массоперенос. Уравнения массоотдачи и массопереноса. Число единиц переноса. Высота единицы переноса. Расчет основных размеров массообменных аппаратов. Массопередача с твердой фазой Мембранные процессы химической технологии	30	[1-4, 13, 14]
Холодильные процессы Перегонка и ректификация. Уравнения рабочих линий. Материальный и тепловой баланс ректификационной колонны. Флегмовое число. Специальные виды ректификации. Сушка. Способы сушки. Основные параметры влажного воздуха. Методы определения расхода воздуха и тепла на сушку. Скорость сушки, периоды сушки. Охлаждающие агенты и способы охлаждения. Циклы глубокого охлаждения	43	[1-4, 13, 14]
Механические процессы Тонкое измельчение. Сортировка и классификация. Устройство дробилок. Устройство мельниц тонкого помола	43	[1-4, 13, 14]

Курсовой проект

Курсовой проект – индивидуальная самостоятельная учебная работа, выполняемая под руководством преподавателя в соответствии с учебным планом направления Химическая технология.

Цель курсового проекта заключается в углублении, закреплении, расширении и систематизации теоретических знаний массообменных процессов, а также в приобретении навыков и опыта выполнения технологических расчетов и чертежей.

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части.

Образовательные технологии

При реализации учебного материала курса «Процессы и аппараты химической технологии» используются различные образовательные технологии, способствующие созданию атмосферы свободной и творческой дискуссии как между преподавателем и студентами, так и в студенческой группе. Целью при этом является выработка у

студентов навыков и компетенций, позволяющих самостоятельно вести исследовательскую и научно-педагогическую работу.

Практическая подготовка при реализации учебной дисциплины организуется путем проведения практических и лабораторных занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка также включает в себя занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций с использованием ПК и компьютерного проектора, практических занятий, с использованием ПК при проведении расчетов. Самостоятельная работа студентов проводится под руководством преподавателей, с оказанием консультаций и помощи при подготовке к контрольным работам, выполнении домашних заданий.

Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Наименование оценочного средства
1 семестр			
Входной контроль			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (устно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
1	Предмет процессов и аппаратов. Общие понятия и определения	УК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-7, ПК-12	Отчет по лабораторной работе (письменно)
	Гидромеханические процессы		Тест (письменно)
2	Тепловые процессы	УК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-7, ПК-12	Тест (письменно)
Промежуточная аттестация			
1	Экзамен	УК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-7, ПК-12	Тест (письменно)
2 семестр			
Входной контроль			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (устно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
1	Массообменные	УК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-7, ПК-12	Решение задач

	процессы		(письменно) Тест (письменно)
2	Холодильные процессы	УК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-7, ПК-12	Решение задач (письменно)
	Механические процессы		Тест (письменно)
Промежуточная аттестация			
3	Экзамен	УК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-7, ПК-12	Тест (письменно)

Оценочные средства

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1 семестр			
1	Входной контроль	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Устный опрос - УО
2	Отчет по лабораторной работе	Техническое средство, которое может быть использовано для контроля приобретенных студентом профессиональных навыков и умений по управлению конкретным материальным объектом.	Лабораторная работа - ЛР
3	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Тесты - Т
2 семестр			
1	Входной контроль	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Устный опрос - УО
2	Практическое занятие	Решение задач реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей.	Решение задач - Зд
3	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Тесты - Т

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

1 семестр

Вопросы входного контроля (УО):

1. Химико-технологический процесс
2. Классификация химических процессов по способу организации
3. Химический реактор
4. Классификация химических реакторов
5. Режимы течения жидкости
6. Тепловые режимы химических реакторов
7. Реактор идеального смешения
8. Реактор идеального вытеснения
9. Понятие катализ и катализаторы
10. Гомогенные и гетерогенные процессы

Вопросы для отчета по лабораторной работе №1:

1. Что такое расход жидкости?
2. Для чего применяются дроссельные приборы?
3. Чему равна скорость идеальной жидкости при постоянном уровне?
4. Что такое поправочный коэффициент и где он применяется?
5. Какой характер носит процесс истечения жидкости при переменном уровне и почему?

Вопросы для отчета по лабораторной работе №2:

1. Что такое гидростатика?
2. Основное уравнение гидростатики.
3. Формулировка закона Паскаля.
4. Определение уровня однородной жидкости, которой заполнены сообщающиеся сосуды?
5. Чему равны уровни разнородных жидкостей в сообщающихся сосудах?

Вопросы для отчета по лабораторной работе №3:

1. Что такое неоднородные системы и из чего они состоят?
2. Каковы размеры твердых частиц, содержащихся в пыли?
3. Какая из неоднородных систем состоит из двух жидкостей?
4. Что такое инверсия?
5. При каком гидромеханическом процессе свойства зернистого материала приближаются к свойствам жидкости?

Вопросы для отчета по лабораторной работе №4:

1. Что такое насадка?
2. Перечислите требования, предъявляемые к насадкам.
3. Какие способы укладки насадок применяются в массообменных аппаратах? Охарактеризуйте каждый способ укладки.
4. Дайте характеристику хордовой деревянной насадке.
5. В каком случае отдадут предпочтение мелкой насадке и почему?

Вопросы для отчета по лабораторной работе №5:

1. Понятие процесса осаждения. Под действием каких сил происходит

осаждение твердых частиц?

2. Что такое свободное или стесненное осаждение?

3. Чем обусловлено постепенное уплотнение частиц?

4. Изменение скорости отстаивания $\omega_{ст}$ во времени τ при периодическом процессе осаждения.

5. От чего зависит сопротивление частицы при ее осаждении?

Вопросы для отчета по лабораторной работе №6:

1. Что такое фильтрование?

2. Какие системы называются неоднородными? Приведите примеры неоднородных систем.

3. Понятия стационарного и нестационарного фильтрования. 4. Чем обусловлен выбор фильтровальной перегородки?

4. Как разделяются процессы фильтрования по механизму фильтрования?

5. Что такое производительность фильтрования и скорость фильтрования? Какие факторы влияют на них?

2 семестр

Вопросы входного контроля (УО):

1. Идеальные и реальные жидкости

2. Что изучает гидростатика?

3. Что изучает гидродинамика?

4. Режимы течения жидкости

5. Осаждение, осадители

6. Фильтрация, фильтровальные аппараты

7. Перемещение жидкости, насосы

8. Перемешивание жидкости, мешалки

9. Основные понятия тепловых процессов

10. Выпаривание

Задачи для выполнения практических занятий:

1. Жидкая смесь содержит 58,7% (мол.) толуола и 41,3% (мол.) четыреххлористого углерода (ч.х.у.). Определить относительную массовую концентрацию толуола X (в кг толуола/кг ч.х.у.) и его объемную массовую концентрацию C_x (кг/м³). Плотность толуола $\rho_{тол} = 870$ кг/м³, плотность ч.х.у. = 1630 кг/м³.

2. Воздух атмосферного давления при температуре 35⁰С насыщен водяным паром. Определить парциальное давление воздуха, объемный и массовый % пара в воздушно-паровой смеси и его относительную массовую концентрацию, считая оба компонента смеси идеальными газами. Атмосферное давление 745 мм рт. ст. Определить также плотность воздушно-паровой смеси, сравнить ее с плотностью сухого газа.

3. Жидкая смесь содержит 58,6% (мол.) толуола и 41,4% (мол.) четыреххлористого углерода (ч.х.у.). Определить относительную массовую концентрацию толуола X (в кг толуола/кг ч.х.у.) и его объемную массовую концентрацию C_x (кг/м³). Плотность толуола

$\rho_{\text{тол}} = 870 \text{ кг/м}^3$, плотность ч.х.у. = 1630 кг/м^3 .

4. Воздух атмосферного давления при температуре 36°C насыщен водяным паром. Определить парциальное давление воздуха, объемный и массовый % пара в воздушно-паровой смеси и его относительную массовую концентрацию, считая оба компонента смеси идеальными газами. Атмосферное давление 745 мм рт. ст. Определить также плотность воздушно-паровой смеси, сравнить ее с плотностью сухого газа.

5. Жидкая смесь содержит 58,5% (мол.) толуола и 41,5% (мол.) четыреххлористого углерода (ч.х.у.). Определить относительную массовую концентрацию толуола X (в кг толуола/кг ч.х.у.) и его объемную массовую концентрацию C_x (кг/м^3). Плотность толуола $\rho_{\text{тол}} = 870 \text{ кг/м}^3$, плотность ч.х.у. = 1630 кг/м^3 .

6. Воздух атмосферного давления при температуре 37°C насыщен водяным паром. Определить парциальное давление воздуха, объемный и массовый % пара в воздушно-паровой смеси и его относительную массовую концентрацию, считая оба компонента смеси идеальными газами. Атмосферное давление 745 мм рт. ст. Определить также плотность воздушно-паровой смеси, сравнить ее с плотностью сухого газа.

7. Жидкая смесь содержит 58,4% (мол.) толуола и 41,6% (мол.) четыреххлористого углерода (ч.х.у.). Определить относительную массовую концентрацию толуола X (в кг толуола/кг ч.х.у.) и его объемную массовую концентрацию C_x (кг/м^3). Плотность толуола $\rho_{\text{тол}} = 870 \text{ кг/м}^3$, плотность ч.х.у. = 1630 кг/м^3 .

8. Воздух атмосферного давления при температуре 38°C насыщен водяным паром. Определить парциальное давление воздуха, объемный и массовый % пара в воздушно-паровой смеси и его относительную массовую концентрацию, считая оба компонента смеси идеальными газами. Атмосферное давление 745 мм рт. ст. Определить также плотность воздушно-паровой смеси, сравнить ее с плотностью сухого газа.

9. Жидкая смесь содержит 58,3% (мол.) толуола и 41,7% (мол.) четыреххлористого углерода (ч.х.у.). Определить относительную массовую концентрацию толуола X (в кг толуола/кг ч.х.у.) и его объемную массовую концентрацию C_x (кг/м^3). Плотность толуола $\rho_{\text{тол}} = 870 \text{ кг/м}^3$, плотность ч.х.у. = 1630 кг/м^3 .

10. Воздух атмосферного давления при температуре 39°C насыщен водяным паром. Определить парциальное давление воздуха, объемный и массовый % пара в воздушно-паровой смеси и его относительную массовую концентрацию, считая оба компонента смеси идеальными газами. Атмосферное давление 745 мм рт. ст. Определить также плотность воздушно-паровой смеси, сравнить ее с плотностью сухого газа.

11. Вычислить состав равновесной паровой фазы при 30°C для жидкости, состоящей из смеси гексана и воды, предполагая их полную взаимную нерастворимость.

12. Вычислить состав равновесной паровой фазы при 63°C для жидкой смеси,

состоящей из 45% (мол.) бензола и 55% (мол.) толуола.

13. Вычислить состав равновесной паровой фазы при 35°C для жидкости, состоящей из смеси гексана и воды, предполагая их полную взаимную нерастворимость.

14. Вычислить состав равновесной паровой фазы при 65°C для жидкой смеси, состоящей из 50% (мол.) бензола и 50% (мол.) толуола.

15. Вычислить состав равновесной паровой фазы при 40°C для жидкости, состоящей из смеси гексана и воды, предполагая их полную взаимную нерастворимость.

16. Вычислить состав равновесной паровой фазы при 67°C для жидкой смеси, состоящей из 55% (мол.) бензола и 45% (мол.) толуола.

17. Вычислить состав равновесной паровой фазы при 45°C для жидкости, состоящей из смеси гексана и воды, предполагая их полную взаимную нерастворимость.

18. Вычислить состав равновесной паровой фазы при 70°C для жидкой смеси, состоящей из 60% (мол.) бензола и 40% (мол.) толуола.

19. Вычислить состав равновесной паровой фазы при 55°C для жидкости, состоящей из смеси гексана и воды, предполагая их полную взаимную нерастворимость.

20. Вычислить состав равновесной паровой фазы при 68°C для жидкой смеси, состоящей из 56% (мол.) бензола и 44% (мол.) толуола.

Тестовые задания:

Вариант №1

1. Формулировка закона Фика:

а) масса вещества dM , продиффундировавшего за время $d\tau$, пропорциональна градиенту концентрации dc/dn этого вещества

б) масса вещества dM , продиффундировавшего за время $d\tau$ через элементарную поверхность dF , пропорциональна градиенту концентрации dc/dn этого вещества

в) масса вещества dM , продиффундировавшего за время $d\tau$ через элементарную поверхность dF , пропорциональна градиенту концентрации dn этого вещества

г) масса вещества dM , продиффундировавшего за время $d\tau$ через элементарную поверхность dF , пропорциональна концентрации dc этого вещества

Вариант №2

1. Молекулярной диффузией называется

а) перенос распределяемого вещества, под действием турбулентных пульсаций;

б) перенос распределяемого вещества, обусловленный беспорядочным тепловым движением молекул, атомов, ионов, коллоидных частиц.

в) перенос распределяемого вещества, обусловленный упорядоченным тепловым движением молекул, атомов, ионов, коллоидных частиц;

г) перенос распределяемого вещества, обусловленный турбулентного движения молекул, атомов, ионов, коллоидных частиц.

Вариант №1

2. Коэффициент пропорциональности D в выражении закона Фика называется

- а) коэффициентом сорбции;
- б) коэффициентом проницаемости;
- в) коэффициентом абсорбции;
- г) коэффициентом диффузии.

Вариант №2

2. На что указывает знак «-» в выражении закона Фика?

- а) молекулярная диффузия всегда протекает в направлении увеличения концентрации распределяемого компонента;
- б) молекулярная диффузия всегда протекает в направлении уменьшения времени распределения компонента;
- в) молекулярная диффузия всегда протекает в направлении уменьшения концентрации распределяемого компонента;
- г) молекулярная диффузия всегда протекает в направлении увеличения времени распределения компонента.

Вариант №1

3. При физической абсорбции

- а) поглощаемый газ (абсорбтив) не взаимодействует химически с абсорбентом;
- б) абсорбтив образует с абсорбентом химическое соединение;
- в) в абсорбтиве образуются соединения;
- г) в абсорбенте образуются соединения.

Вариант №2

3. При химической абсорбции

- а) поглощаемый газ (абсорбтив) не взаимодействует химически с абсорбентом;
- б) абсорбтив образует с абсорбентом химическое соединение;
- в) в абсорбтиве образуются соединения;
- г) в абсорбенте образуются соединения.

Вариант №1

4. В каких абсорберах поверхностью соприкосновения фаз является зеркало неподвижной или медленно движущейся жидкости, или же поверхность текущей жидкой пленки?

- а) в насадочных абсорберах;
- б) в тарельчатых абсорберах;
- в) в абсорберах поверхностного и пленочного типа;
- г) в распыливающих абсорберах.

Вариант №2

4. В каких абсорберах абсорбент поступает на верхнюю трубную решетку, распределяется по трубам и стекает по их внутренней поверхности в виде тонкой пленки?

- а) в насадочных абсорберах;
- б) в тарельчатых абсорберах;
- в) в абсорберах поверхностного и пленочного типа;
- г) в трубчатых абсорберах.

Вариант №1

5. Что является поверхностью контакта фаз (основной областью массообмена) в насадочных абсорберах?

- а) смоченная поверхность насадки;
- б) перераспределитель жидкости;
- в) опорные решетки;
- г) слой пены на тарелке.

Вариант №2

5. Что является поверхностью контакта фаз (основной областью массообмена) в тарельчатых абсорберах?

- а) смоченная поверхность насадки;
- б) распределитель жидкости;
- в) слой пены на тарелке;
- г) трубы.

Вариант №1

6. При какой схеме абсорбционных установок газ проходит через абсорбер снизу вверх, а жидкость стекает сверху вниз?

- а) прямоточной;
- б) одноступенчатой с частичной рециркуляцией;
- в) многоступенчатой с рециркуляцией;
- г) противоточной.

Вариант №2

6. При какой схеме абсорбционных установок уходящий газ соприкасается с жидкостью?

- а) прямоточной;
- б) одноступенчатой с частичной рециркуляцией;
- в) многоступенчатой с рециркуляцией;
- г) противоточной.

Вариант №1

7. В каких случаях применяется простая перегонка?

- а) только для разделения смесей, летучести компонентов которых одинаковы;
- б) только для разделения смесей, летучести компонентов которых существенно различны;
- в) для жидкостей и газов, летучесть которых не имеет значение;

г) для жидкостей, летучесть которых не имеет значение и для газов, летучести которых существенно различны.

Вариант №2

7. Что такое флегма?

- а) это жидкость, возвращаемая для орошения ректификационной колонны и взаимодействия с поднимающимися по колонне парами;
- б) остаток (нижний продукт);
- в) ректификат (верхний продукт);
- г) это восходящий поток пара из нижней части колонны.

Вариант №1

8. Что такое экстракт?

- а) исходный раствор;
- б) остаточный исходный раствор, из которого с той или иной степенью полноты удалены экстрагируемые компоненты;
- в) избирательный растворитель;
- г) раствор извлеченных веществ в экстрагенте.

Вариант №2

8. Что такое рафинат?

- а) остаточный исходный раствор, из которого с той или иной степенью полноты удалены экстрагируемые компоненты;
- б) исходный раствор;
- в) избирательный растворитель;
- г) раствор извлеченных веществ в экстрагенте.

Вариант №1

9. В каком случае экстракция заключается в извлечении твердой фазы, причем извлекаемый компонент последовательно растворяется в жидкости (избирательным растворителем), проникающей в поры исходного сложного твердого вещества, диффундирует к наружной поверхности последнего и затем диффундирует от этой поверхности в основную массу жидкости?

- а), если извлекаемый компонент содержится в порах твердого вещества в растворенном состоянии;
- б) если извлекаемый компонент содержится в порах твердого вещества в газообразном состоянии;
- в) если извлекаемый компонент содержится в порах твердого вещества в твердом виде;
- г) если извлекаемый компонент содержится в порах твердого вещества в летучем состоянии.

Вариант №2

9. В каком случае экстракция заключается в извлечении компонента, который диффундирует из пор твердого вещества в основную массу жидкости?

- а), если извлекаемый компонент содержится в порах твердого вещества в растворенном состоянии;
- б) если извлекаемый компонент содержится в порах твердого вещества в твердом виде;
- в) если извлекаемый компонент содержится в порах твердого вещества в газообразном состоянии;
- г) если извлекаемый компонент содержится в порах твердого вещества в летучем состоянии.

Вариант №1

10. Через какие приспособления в непрерывно действующих многокамерных адсорберах с кипящим слоем твердые частицы адсорбента стекают со ступени на ступень?

- а) перфорированные тарелки;
- б) распределительные решетки;
- в) трубы для вывода отработанного адсорбента;
- г) переточные трубы.

Вариант №2

10. Через какие приспособления в непрерывно действующих многокамерных адсорберах с кипящим слоем газ проходит со ступени на ступень?

- а) штуцера для отвода отработанного газа;
- б) перфорированные тарелки;
- в) трубы для вывода отработанного адсорбента;
- г) переточные трубы.

Вариант №1

11. Диэлектрическая сушка — это

- а) сушка, осуществляемая в замороженном состоянии при глубоком вакууме;
- б) сушка, осуществляемая путем передачи тепла от теплоносителя к материалу через разделяющую их стенку;
- в) сушка, осуществляемая путем передачи тепла инфракрасными лучами;
- г) сушка, осуществляемая путем нагревания в поле токов высокой частоты.

Вариант №2

11. Сублимационная сушка — это

- а) сушка, осуществляемая в замороженном состоянии при глубоком вакууме.
- б) сушка, осуществляемая путем передачи тепла от теплоносителя к материалу через разделяющую их стенку;
- в) сушка, осуществляемая путем передачи тепла инфракрасными лучами;
- г) сушка, осуществляемая путем нагревания в поле токов высокой частоты.

Вариант №1

12. Как называется рабочее тело, при помощи которого осуществляется перенос тепла в холодильных установках?

- а) тепловым агентом;
- б) охладителем;

- в) нагревателем;
- г) холодильным агентом.

Вариант №2

12. Закончите фразу: искусственное охлаждение

- а) связано с переносом тепла от тела с менее низкой температурой к телу с более высокой температурой;
- б) связано с переносом тепла от тела с более высокой температурой к телу с менее высокой температурой;
- в) связано с переносом тепла от тела с более низкой температурой к телу с более высокой температурой;
- г) связано с переносом тепла от тела с более высокой температурой к телу с более низкой температурой.

Вариант №1

13. В каком аппарате технологической схемы умеренного охлаждения холодильный агент превращается из пара в жидкость?

- а) в компрессоре;
- б) в конденсаторе;
- в) в дросселе;
- г) в испарителе.

Вариант №2

13. В каком аппарате технологической схемы умеренного охлаждения холодильный агент превращается из жидкости в пар?

- а) в компрессоре;
- б) в конденсаторе;
- в) в дросселе;
- г) в испарителе.

Вариант №1

14. Дробление твердых и хрупких материалов производят

- а) раздавливанием, истиранием и ударом;
- б) раздавливанием, раскалыванием и истиранием;
- в) истиранием, раскалыванием и ударом;
- г) раздавливанием, раскалыванием и ударом.

Вариант №2

14. Дробление твердых и вязких производят

- а) истиранием и ударом;
- б) раздавливанием и истиранием;
- в) истиранием и раскалыванием;
- г) раздавливанием и ударом.

Вариант №1

15. Чему равна степень измельчения?

- а) отношению среднего характерного размера куска материала до измельчения к среднему характерному размеру куска материала после измельчения;
- б) произведению среднего характерного размера куска материала до измельчения к среднему характерному размеру куска материала после измельчения;
- в) отношению среднего характерного размера куска материала после измельчения к среднему характерному размеру куска материала до измельчения;
- г) отношению среднего характерного размера куска материала к среднему характерному размеру частиц материала в объеме.

Вариант №2

15. Разделение твердых зернистых материалов на классы по крупности кусков или зерен называется

- а) измельчением;
- б) классификацией;
- в) дроблением;
- г) распределением.

Примерные темы курсового проекта:

- 1) Расчет абсорбционной установки производительностью $21 \text{ м}^3/\text{с}$
- 2) Расчет абсорбционной установки производительностью $22 \text{ м}^3/\text{с}$
- 3) Расчет абсорбционной установки производительностью $23 \text{ м}^3/\text{с}$
- 4) Расчет абсорбционной установки производительностью $24 \text{ м}^3/\text{с}$
- 5) Расчет абсорбционной установки производительностью $25 \text{ м}^3/\text{с}$
- 6) Расчет абсорбционной установки производительностью $26 \text{ м}^3/\text{с}$
- 7) Расчет абсорбционной установки производительностью $27 \text{ м}^3/\text{с}$
- 8) Расчет абсорбционной установки производительностью $28 \text{ м}^3/\text{с}$
- 9) Расчет абсорбционной установки производительностью $29 \text{ м}^3/\text{с}$
- 10) Расчет абсорбционной установки производительностью $30 \text{ м}^3/\text{с}$

Оценивание студента на защите **курсового проекта** по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»:

Баллы (итоговой рейтинговой оценки)	Освоение компетенций	Требования к знаниям
100-85	Продвинутый уровень	Решения задач логичны, доказательны и демонстрируют аналитические и творческие способности студента. Ответы на поставленные вопросы полные, четкие и развернутые.
84-70	Средний уровень	При решении задач допущены незначительные ошибки, исправленные с помощью «наводящих» вопросов преподавателя. Даются полные ответы на поставленные вопросы. Показано умение выделять причинно-следственные связи.
69-60	Базовый уровень	Логика и последовательность в решении задач имеют нарушения. Ответы на вопросы и решения поставленных задач

		недостаточно полные. В ответах отсутствуют выводы.
--	--	--

Студент, получивший менее 60% от максимального балла за раздел дисциплины или промежуточную аттестацию, считается неаттестованным по данной дисциплине.

Оценивание студента **на экзамене** по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»:

Баллы (итоговой рейтинговой оценки)	Освоение компетенций	Требования к знаниям
100-85	Продвинутый уровень	Ответы на поставленные вопросы полные, четкие и развернутые. Решения задач логичны, доказательны и демонстрируют аналитические и творческие способности студента.
84-70	Средний уровень	Даются полные ответы на поставленные вопросы. Показано умение выделять причинно-следственные связи. При решении задач допущены незначительные ошибки, исправленные с помощью «наводящих» вопросов преподавателя.
69-60	Базовый уровень	Ответы на вопросы и решения поставленных задач недостаточно полные. Логика и последовательность в решении задач имеют нарушения. В ответах отсутствуют выводы.

Студент, получивший менее 60% от максимального балла за раздел дисциплины или промежуточную аттестацию, считается неаттестованным по данной дисциплине.

Итоговая оценка выставляется путем перевода набранных баллов в соответствии со следующей таблицей:

Оценка по 5-балльной шкале	Сумма баллов за разделы и экзамен	Оценка ECTS
5 – «отлично»	90-100	A
4 – «хорошо»	85-89	B
	75-84	C
	70-74	D
3 – «удовлетворительно»	65-69	E
	60-64	
2 – «неудовлетворительно»	Менее 60	F

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

Основная литература:

1. Баранов Д.А. Процессы и аппараты химической технологии: учебник. – СПб : Издательство «Лань», 2020. – 408 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/130186/#4>

2. Зубова Н.Г., Денисенко И.П. Гидромеханические, тепловые и массообменные процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие. – Саратов: ООО Издательство «КУБиК», 2018. – 158 с.

3. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс. В двух книгах. Книга 1 / Под ред. В.Г. Айнштейна: учебник. – СПб : Издательство «Лань», 2019. – 916 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/111193/>

4. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс. В двух книгах. Книга 2 / Под ред. В.Г. Айнштейна: учебник. – СПб: Издательство «Лань», 2019. – 876 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/111194/>

Дополнительная литература:

5. Зубова Н.Г. Принцип сообщающихся сосудов / МУ к выполнению лабораторной работы. - Балаково: БИТИ, 2018. – 12 с.

6. Зубова Н.Г. Истечение жидкостей / МУ к выполнению лабораторной работы. - Балаково: БИТИ, 2018. – 12 с.

7. Зубова Н.Г. Неоднородные системы и способы их разделения / МУ к выполнению лабораторной работы. – Балаково: БИТИ, 2018. – 12 с.

8. Зубова Н.Г., Устинов Н.А. Определение гидродинамических характеристик массообменных аппаратов с насадками / МУ к выполнению лабораторной работы. - Балаково: БИТИ, 2019. – 16 с.

9. Зубова Н.Г. Исследование процесса осаждения / МУ к выполнению лабораторной работы. – Балаково: БИТИ, 2020. – 20 с.

10. Зубова Н.Г. Исследование процесса фильтрования / МУ к выполнению лабораторной работы. – Балаково: БИТИ, 2020. – 16 с.

11. Зубова Н.Г. Расчет процесса абсорбции / МУ к выполнению практической работы. - Балаково: БИТТУ, 2016. – 12 с.

12. Зубова Н.Г. Расчет процесса ректификации / МУ к выполнению практической работы. – Балаково: БИТИ, 2016. – 12 с.

13. Зубова Н.Г. Процессы и аппараты химической технологии / МУ к курсовому проектированию. – Балаково: БИТИ, 2016. – 12 с.

14. Журнал «Труды БГТУ. Химия и технология неорганических веществ». - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/journal/2484>

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Процесс реализации образовательной программы обеспечен необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения: «Word», «Power Paint».

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Лекционные занятия проводятся в специализированных аудиториях, оснащенных мультимедийным оборудованием. Практические занятия проводятся в этих же аудиториях с посещением лабораторий, оснащенных стандартными комплектами отечественных и зарубежных приборов и установок. Мультимедийный курс лекций, видеофильмы, макеты и плакаты.

Учебно-методические рекомендации для студентов

1. Указания для прослушивания лекций

Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы

преподавателю. Не надо опасаться, что вопросы могут быть простыми.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам решения задач (здесь возможен выборочный контроль знаний студентов).

Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

2. Указания для участия в практических занятиях

Перед посещением практического занятия уяснить тему и самостоятельно изучить связанные с ней понятия и методы решения задач.

Перед решением задач активно участвовать в обсуждении с преподавателем основных понятий, связанных с темой практического занятия.

В процессе решения задач вести дискуссию с преподавателем о правильности применения методов их решения.

По возможности самостоятельно доводить решение предлагаемых задач до окончательного итога.

В конце занятия при необходимости выяснить у преподавателя неясные вопросы.

Основные результаты выполнения работы необходимо распечатать.

3. Указания для выполнения лабораторных работ

Соблюдать требования техники безопасности, для чего прослушать необходимые разъяснения о правильности поведения в лаборатории.

Перед выполнением лабораторной работы провести самостоятельно подготовку к работе изучив основные теоретические положения, знание которых необходимо для осмысленного выполнения работы.

В процессе выполнения работы следует постоянно общаться с преподавателем, не допуская по возможности неправильных действий.

Основные результаты экспериментов необходимо зафиксировать в письменном виде.

При сдаче зачета по работе подготовить отчет о проделанной работе, где должны быть отражены основные результаты и выводы.

4. Указания для выполнения самостоятельной работы

Получить у преподавателя задание и список рекомендованной литературы. Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, но при затруднениях обращаться к преподавателю.

Подготовить письменный отчет о проделанной работе.

При выполнении фронтальных заданий по усмотрению преподавателя работа может быть оценена без письменного отчета на основе ответов на контрольные вопросы, при условии активной самостоятельной работы.

Подготовить ответы на контрольные вопросы.

Методические рекомендации для преподавателей

1. Указания для проведения лекций

На первой вводной лекции сделать общий обзор содержания курса и отметить новые методы и подходы к решению задач, рассматриваемых в курсе, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия. Перед изложением текущего лекционного материала напомнить об основных итогах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и осуществить выборочный контроль знания студентов.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия. Раскрывая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов.

Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя, категориальный аппарат. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного практического занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к следующей лекции. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить с докладами и рефератами.

На последней лекции уделить время для обзора наиболее важных положений, рассмотренных в курсе.

2. Указания для проведения лабораторных занятий.

Соблюдать требования техники безопасности и проводить необходимые разъяснения о правильности поведения в лаборатории.

Перед выполнением лабораторной работы проверить степень готовности студентов, напомнить и обсудить основные теоретические положения, знание которых необходимо для осмысленного выполнения работ.

В процессе выполнения работы следует постоянно общаться со студентами, не допуская по возможности их неправильных действий.

Требовать, чтобы основные результаты экспериментов были зафиксированы студентами в письменном виде.

При приеме зачета по работе требовать отчет о проделанной работе, где должны быть отражены основные результаты и выводы.

3. Указания по контролю самостоятельной работы студентов

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным.

При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе.

При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета применять индивидуальные контрольные вопросы).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ и учебным планом основной образовательной программы по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология».

Рабочую программу составил



доцент, Герасимова В.М.

Рецензент



доцент, Зубова Н.Г.

Программа одобрена на заседании УМКН 18.03.01 «Химическая технология» от 15.11.2021 года, протокол № 2.

Председатель учебно-методической комиссии



Чернова Н.М.