

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 07 августа 2020 года № 922 на основании учебного плана, принятого УС ДПИ НГТУ

протокол от 28.04.2022 № 8

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика РПД Химические и пищевые технологии
протокол от 05.05.2022 № 10

Зав. кафедрой д.х.н, профессор _____ О.А. Казанцев
(подпись)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой Химические и пищевые технологии
д.х.н, профессор _____ О.А. Казанцев
(подпись)

Начальник ОУМБО _____ И.В. Старикова
(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в ОУМБО: № 18.03.01- 33

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи освоения дисциплины	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)	5
4. Структура и содержание дисциплины.....	7
5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.....	17
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	24
7. Информационное обеспечение дисциплины.....	24
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ.....	26
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	26
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины.....	27
11. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	29

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель освоения дисциплины:

Целью освоения дисциплины является изучение физико-химических основ и закономерностей основных процессов разделения, применяемых в органическом синтезе и нефтепереработке.

1.2 Задачи освоения дисциплины (модуля):

- применение физико-химических основ и закономерностей при расчетах и проектировании процессов химической технологии;
- знание технологий разделения, применяемых в химической технологии.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Разработка процессов разделения в химической технологии» включена в перечень дисциплин вариативной части (формируемой участниками образовательных отношений), определяющий направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: физика, математика, общая и неорганическая химия, органическая химия, физическая химия.

Дисциплина «Разработка процессов разделения в химической технологии» основополагающей для изучения следующих дисциплин: проектирование оборудования органического синтеза и нефтепереработки.

Рабочая программа дисциплины «Разработка процессов разделения в химической технологии» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся, по их личному заявлению.

3 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Таблица 1- Формирование компетенций дисциплинами

Код компетенции ПК 2.	Семестры, формирования компетенций дисциплинами.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Углеводородная сырьевая база для промышленной переработки								
Разработка процессов разделения в химической технологии								
Теория химико-технологических процессов органического синтеза и нефтепереработки								
Химия и технология основного								

органического синтеза								
Проектирование оборудования органического синтеза и нефтепереработки								
Теоретические основы катализа органических реакций								
Химия и технология тонкого органического синтеза								
Научные основы и технологии «зеленой химии»								
Современные методы исследования органических веществ								
Теоретические основы процессов полимеризации								
Химическое сопротивление и защита от коррозии								
Технологии производства и переработки полимеров								
Технология получения виниловых мономеров								
Технологии связанного азота								
Ознакомительная практика								
Технологическая (проектно-технологическая) практика								
Преддипломная практика								
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР								
Код компетенции ПК 4.	1	2	3	4	5	6	7	8
Разработка промышленных реакторов органического синтеза и нефтепереработки								
Разработка процессов разделения в химической технологии								
Проектирование оборудования органического синтеза и нефтепереработки								
Моделирование химико-технологических процессов								
Технологическая (проектно-технологическая) практика								
Научно-исследовательская работа								
Преддипломная практика								
Подготовка к процедуре и защита ВКР								

ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП

Таблица 2- Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ПК-2. Способен использовать знание свойств органических веществ и технологий производства органических веществ для решения задач профессиональной деятельности	ИПК-2.1. Знает основные технологические режимы и технологии производства	Знать: основные принципы синтеза, анализа и оптимизации химико-технологических схем разделения органических веществ	Уметь: использовать теоретические знания в области химической термодинамики, фазовых равновесий в многокомпонентных системах для проектирования схем разделения органических веществ	Владеть: методами и средствами расчёта процессов и аппаратов технологических процессов разделения смесей органических веществ.	Тестирование в системе MOODLE. (1 тест), выполнение заданий для самостоятельной работы, выполнение контрольных заданий.	Вопросы для устного собеседования: билеты (20 билетов)
ПК-4. Способен проектировать технологические циклы производства и работать с научно-технической документацией в области технологии производства органических веществ	ИПК-4.1. Разрабатывает техническую документацию технологических процессов	Знать: правила работы с технической документацией	Уметь: проектировать технологические циклы производства	Владеть: навыками работы с научно-технической документацией в области технологии производства органических веществ	Тестирование в системе MOODLE. (1 тест), выполнение заданий для самостоятельной работы, выполнение контрольных заданий.	Вопросы для устного собеседования: билеты (20 билетов)

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед./108 часов, распределение часов по видам работ семестрам представлено в табл. 3 и 4.

Формат изучения дисциплины: с использованием элементов электронного обучения.

Таблица 3 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		6
1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего), в том числе:	55	55
1.1. Аудиторные занятия (всего), в том числе:	51	51
- лекции (Л)	17	17
- лабораторные работы (ЛР)	-	-
- практические занятия (ПЗ)	34	34
- практикумы (П)	-	-
1.2. Внеаудиторные занятия (всего), в том числе:	4	4
- групповые консультации по дисциплине	4	4
- групповые консультации по промежуточной аттестации (зачет с оценкой)		
- индивидуальная работа преподавателя с обучающимся: - по проектированию: проект (работа) - по выполнению РГР - по выполнению КР - по составлению реферата (доклада, эссе)		
2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)	53	53
Вид промежуточной аттестации зачет с оценкой	-	-
Общая трудоемкость, часы/зачетные единицы	108/3	108/3

Таблица 4 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Курс 4
1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего), в том числе:	23	23
1.1. Аудиторные занятия (всего), в том числе:	18	18
- лекции (Л)	8	8
- лабораторные работы (ЛР)	-	-
- практические занятия (ПЗ)	10	10
- практикумы (П)	-	-
1.2. Внеаудиторные занятия (всего), в том числе:	5	5
- групповые консультации по дисциплине	4	4
- групповые консультации по промежуточной аттестации (зачет с оценкой)		
- индивидуальная работа преподавателя с обучающимся: - по проектированию: проект (работа) - по выполнению РГР - по выполнению КР - по составлению реферата, доклада, эссе	1	1
2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)	81	81
Вид промежуточной аттестации зачет с оценкой	4	4
Общая трудоемкость, часы/зачетные единицы	108/3	108/3

4.2 Содержание дисциплины, структурированное по темам

Содержание дисциплины, структурированное по темам, приведено в таблицах 5 и 6.

Таблица 5

Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов очной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС)				
		Лекции, час	Лабораторные	Практические занятия, час					
6 семестр									
ПК 2, ИПК-2-1, ПК-4, ИПК-4-1	Раздел 1 Основные положения термодинамической теории гетерогенных равновесий.					Подготовка к лекциям, тестированию, выполнению заданий для самостоятельной работы. Подготовка к практическим занятиям. 6.1.1: С. 5-18, 6.1.2: 47-80, 6.1.4: 5-16, 21-47, 54-79.	Тестирование в системе MOODLE*		Конспект лекций
	Тема 1.1 Классификация методов разделения	1,5							
	Тема 1.2 Фугитивность, парциальная фугитивность.	1							
	Тема 1.3 Активность, коэффициент активности.	1							
	Тема 1.4 Фазовые равновесия в бинарных системах.	1,5							
	Практическое занятие №1 Фазовые равновесия в бинарных системах.			4					
	Практическое занятие №2 Расчет термодинамических свойств индивидуальных веществ и смесей с использованием уравнения состояния.			4					
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:				13				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС)				
		Лекции, час	Лабораторные	Практические занятия, час					
	контрольная работа								
	Итого по 1 разделу	5		8	13				
ПК 3, ИПК-3-2, ПК-4, ИПК-4-1	Раздел 2 Моделирование и расчет гетерогенных равновесий в бинарных и многокомпонентных системах					Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. Подготовка к практическим занятиям. 6.1.1: С. 20-71, 6.1.2: 315-358, 6.1.3: 404-477, 6.1.4: 86-120, 160-182.	Тестирование в системе MOODLE*	Конспект лекций	
	Тема 2.1 Уравнения состояния.	2							
	Тема 2.2 Расчет фугитивностей компонентов.	2							
	Тема 2.3 Расчет активностей компонентов.	2							
	Тема 2.4 Алгоритмы расчёта гетерогенных равновесий.	1							
	Практическое занятие №3 Расчет термодинамических свойств индивидуальных веществ и смесей с использованием уравнения состояния. Расчет фугитивностей компонентов. Расчет активностей и коэффициентов активности компонентов.			10					
	Практическое занятие №4 Расчет температуры кипения и равновесного состава пара. Расчет температуры конденсации и равновесного состава жидкости. Расчет равновесия жидкость-жидкость.			6					

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС)				
		Лекции, час	Лабораторные	Практические занятия, час					
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:				20				
	контрольная работа								
	Итого по 2 разделу	7		16	20				
ПК 3, ИПК-3-2, ПК-4, ИПК-4-1	Раздел 3 Термодинамика процессов открытого испарения. Локальные закономерности. Термодинамико-топологические закономерности диаграмм равновесия жидкость-пар. Анализ процессов непрерывной и периодической ректификации многокомпонентных смесей. Физико-химические закономерности процессов экстракции.					Подготовка к лекциям, тестированию, выполнению заданий для самостоятельной работы.	Тестирование в системе MOODLE*	Конспект лекций	
	Тема 3.1 Моделирование процесса равновесной дистилляции. Локальные закономерности дистилляционных линий. Нелокальные закономерности дистилляционных линий. Азеотропные свойства 3-х и 4-х компонентных систем.	2							
	Тема 3.2 Анализ ректификации в режиме бесконечной разделительной способности колонны. Анализ ректификации при бесконечной флегме и конечном числе тарелок в колонне. Специальные методы разделения. Выбор экстрагента. Принципы синтеза технологических схем экстракции.	3				Подготовка к практическим занятиям. 6.1.3: С. 17-80, 165-212, 6.1.4: 126-153, 160-182			
	Практическое занятие №5 6. Расчет равновесной дистилляции в тройных и многокомпонентных системах. Анализ азеотропных свойств трехкомпонентных			4					

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС) часы				
		Лекции, час	Лабораторные	Практические занятия, час					
	систем.								
	Практическое занятие №6 Анализ ректификации в режиме бесконечной разделительной способности колонны. Анализ ректификации при бесконечной флегме и конечном числе тарелок в колонне. Анализ периодической ректификации. Специальные методы разделения			6					
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:				20				
	контрольная работа								
	Итого по 3 разделу	5		10	20				
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	17		34	53				
	ИТОГО по дисциплине	17		34	53				

*-тестирование в системе Moodle однократно по всем темам курса

Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов заочной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: кодУК;ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС). час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
4 курс									
ПК 2, ИПК-2-1, ПК-4, ИПК-4-1	Раздел 1 Основные положения термодинамической теории гетерогенных равновесий.					Подготовка к лекциям, тестированию, выполнению заданий для самостоятельной работы. Подготовка к практическим занятиям. 6.1.1, 6.1.2, 6.1.3	Тестирование в системе MOODLE*		Конспект лекций
	Тема 1.1 Классификация методов разделения	0,5							
	Тема 1.2 Фугитивность, парциальная фугитивность.	0,5							
	Тема 1.3 Активность, коэффициент активности.	0,5							
	Тема 1.4 Фазовые равновесия в бинарных системах.	0,5							
	Практическое занятие №1 Фазовые равновесия в бинарных системах.			1					
	Практическое занятие №2 Расчет термодинамических свойств индивидуальных веществ и смесей с использованием уравнения состояния.			2					
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:				20				
	контрольная работа								
	Итого по 1 разделу	2		3	20				
ПК 3, ИПК-3-2, ПК-4, ИПК-4-1	Раздел 2 Моделирование и расчет гетерогенных равновесий в бинарных и многокомпонентных системах					Подготовка к лекциям, тестированию,	Тестирование в системе MOODLE*		Конспект лекций
	Тема 2.1 Уравнения состояния.	0,5							

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС). час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Тема 2.2 Расчет фугитивностей компонентов.	0,5				выполнение заданий для самостоятельной работы. Подготовка к практическим занятиям. 6.1.1, 6.1.2, 6.1.3			
	Тема 2.3 Расчет активностей компонентов.	1							
	Тема 2.4 Алгоритмы расчёта гетерогенных равновесий.	1							
	Практическое занятие №3 Расчет термодинамических свойств индивидуальных веществ и смесей с использованием уравнения состояния. Расчет фугитивностей компонентов. Расчет активностей и коэффициентов активности компонентов.			2					
	Практическое занятие №4 Расчет температуры кипения и равновесного состава пара. Расчет температуры конденсации и равновесного состава жидкости. Расчет равновесия жидкость-жидкость.			2					
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:				31				
	контрольная работа								
	Итого по 2 разделу	3		4	31				
ПК 3, ИПК-3-2, ПК-4, ИПК-4-1	Раздел 3 Термодинамика процессов открытого испарения. Локальные закономерности. Термодинамико-топологические закономерности диаграмм равновесия жидкость-пар. Анализ процессов непрерывной и периодической ректификации многокомпонентных смесей. Физико-химические					Подготовка к лекциям, тестированию, выполнению заданий	Тестирование в системе MOODLE*		Конспект лекций

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС). час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	закономерности процессов экстракции.								
	Тема 3.1 Моделирование процесса равновесной дистилляции. Локальные закономерности дистилляционных линий. Нелокальные закономерности дистилляционных линий. Азеотропные свойства 3-х и 4-х компонентных систем.	1,5				для самостоятельной работы. 6.1.1, 6.1.2, 6.1.3			
	Тема 3.2 Анализ ректификации в режиме бесконечной разделительной способности колонны. Анализ ректификации при бесконечной флегме и конечном числе тарелок в колонне. Специальные методы разделения. Выбор экстрагента. Принципы синтеза технологических схем экстракции.	1,5				Подготовка к практическим занятиям. 6.1.1, 6.1.2, 6.1.3			
	Практическое занятие №5 6. Расчет равновесной дистилляции в тройных и многокомпонентных системах. Анализ азеотропных свойств трехкомпонентных систем.			1					
	Практическое занятие №6 Анализ ректификации в режиме бесконечной разделительной способности колонны. Анализ ректификации при бесконечной флегме и конечном числе тарелок в колонне. Анализ периодической ректификации. Специальные методы разделения			2					
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:				30				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС). час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	контрольная работа								
	Итого по 3 разделу	3		3	30				
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	8		10	81				
	ИТОГО по дисциплине	8		10	81				

*-тестирование в системе Moodle однократно по всем темам курса

5 ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

Тесты, проводимые на электронной платформе Moodle на сайте ДПИ НГТУ по адресу: <http://dpingtu.ru/Moodle>.

Пример задания для самостоятельной работы обучающихся очной формы обучения

1) Заданная жидкость при стандартном давлении (101325 Па) кипит при температуре T_1 . При давлении P_2 данная жидкость кипит при температуре T_2 . Используя уравнение Клаузиуса–Клапейрона для двух температур:

1. Рассчитать молярную и удельную теплоту испарения данной жидкости.
2. Рассчитать температуру кипения данной жидкости при давлении P_3 .
3. Рассчитать давление (P_4), при котором температура кипения жидкости увеличится на 20 °С относительно стандартной температуры кипения ($T_4 = T_1 + 20$).
4. Какое количество теплоты надо сообщить 100 г (0.1 кг) данной жидкости, чтобы превратить ее в пар? Считать, что жидкость находится при температуре кипения.

№	Вещество	$T_1, ^\circ\text{C}$	$T_2, ^\circ\text{C}$	$P_2, \text{Па}$	$P_3, \text{Па}$
1	Анилин	184.4	192.6	125000	185000
2	Ацетон	56.2	64.5	132000	190000
3	Бензиловый спирт	204.7	218.6	145000	195000
4	Бензол	80.1	93.8	150000	200000
5	Бутанол	117.5	122.7	125000	205000
6	Гексан	68.9	86.2	165000	120000
7	Дибромметан	97.0	118.9	195000	250000
8	Дибутиловый эфир	142.0	160.5	160000	125000
9	Изобутанол	107.2	126.2	195000	155000
10	Масляная кислота	163.2	190.3	200000	160000
11	Нитрометан	101.2	128.9	215000	170000
12	<i>n</i> -Пентан	36.1	41.3	120000	224000
13	Пиридин	115.3	124.3	130000	125000

2) Рассчитать фугитивность газа (Па) при температуре T и давлении P . Для расчета использовать уравнение для определения коэффициента фугитивности со вторым вириальным коэффициентом.

№	Газ	$T, ^\circ\text{C}$	$P, \text{атм}$	$B, \text{см}^3 \cdot \text{моль}^{-1}$
1	Хлорметан	20	15	-439.61
2	Хлороформ	20	5	-1430.49
3	Ацетилен	20	20	-162.00
4	Метан	127	10	-15.69
5	Хлорметан	127	15	-208.31
6	Хлороформ	127	5	-580.56
7	Ацетилен	127	20	-87.00
8	Метан	227	10	-0.81
9	Хлорметан	227	15	-128.24
10	Хлороформ	227	5	-348.42

11	Ацетилен	227	20	-51.00
12	Метан	327	10	8.67
13	Хлорметан	327	15	-86.32

3) Найдите давление пара двух чистых веществ, образующих раствор, близкий по свойствам к идеальному, при температуре T °С, используя уравнение Антуана:

$$\lg P = A - \frac{B}{T + C}$$

Размерность констант уравнения Антуана в табл. такова, чтобы вычислить давление насыщенных паров жидкостей в кПа для температуры, выраженной в °С. Определите состав раствора, кипящего при этой температуре и давлении 101,325 кПа., и состав пара, находящегося в равновесии с кипящим раствором.

№	T, °С	Вещество	Константы уравнения Антуана		
			A	B	C
1	80	Этанол	7,812	1918,508	252,125
		н-Бутанол	8,722	2664,684	279,638
2	90	Этанол	7,812	1918,508	252,125
		Этановая кислота	7,103	1906,53	255,973
3	60	Ацетон	6,376	1281,721	237,088
		Этилацетат	6,227	1244,951	217,881
4	70	Метанол	7,353	1660,454	245,818
		Изопропанол	7,511	1733,00	232,380
5	40	н-Пентан	5,972	1062,555	231,805
		н-Гексан	5,995	1166,274	223,661
6	90	Изопропанол	7,511	1733,00	232,380
		н-Бутанол	8,722	2664,684	279,638
7	120	Толуол	6,051	1328,171	217,713
		н-Октан	6,094	1379,556	211,896
8	70	н-Гексан	5,995	1166,274	223,661
		н-Гептан	6,076	1295,405	219,819
9	80	н-Гексан	5,995	1166,274	223,661
		Толуол	6,051	1328,171	217,713
10	60	н-Пентан	5,972	1062,555	231,805
		н-Гептан	6,076	1295,405	219,819
11	90	Бензол	6,109	1252,776	225,178
		Толуол	6,051	1328,171	217,713
12	70	Метанол	7,353	1660,454	245,818
		Этанол	7,812	1918,508	252,125
13	90	Бензол	6,109	1252,776	225,178
		м-Ксилол	6,133	1461,925	215,073

**Пример задания для контрольной работы
для обучающихся заочной формы обучения**

1) Заданная жидкость при стандартном давлении (101325 Па) кипит при температуре T_1 . При давлении P_2 данная жидкость кипит при температуре T_2 . Используя уравнение Клаузиуса–Клапейрона для двух температур:

1. Рассчитать молярную и удельную теплоту испарения данной жидкости.
2. Рассчитать температуру кипения данной жидкости при давлении P_3 .
3. Рассчитать давление (P_4), при котором температура кипения жидкости увеличится на 20 °С относительно стандартной температуры кипения ($T_4 = T_1 + 20$).
4. Какое количество теплоты надо сообщить 100 г (0.1 кг) данной жидкости, чтобы превратить ее в пар? Считать, что жидкость находится при температуре кипения.

№	Вещество	$T_1, ^\circ\text{C}$	$T_2, ^\circ\text{C}$	$P_2, \text{Па}$	$P_3, \text{Па}$
1	Анилин	184.4	192.6	125000	185000
2	Ацетон	56.2	64.5	132000	190000
3	Бензиловый спирт	204.7	218.6	145000	195000
4	Бензол	80.1	93.8	150000	200000
5	Бутанол	117.5	122.7	125000	205000
6	Гексан	68.9	86.2	165000	120000
7	Дибромметан	97.0	118.9	195000	250000
8	Дибутиловый эфир	142.0	160.5	160000	125000
9	Изобутанол	107.2	126.2	195000	155000
10	Масляная кислота	163.2	190.3	200000	160000
11	Нитрометан	101.2	128.9	215000	170000
12	<i>n</i> -Пентан	36.1	41.3	120000	224000
13	Пиридин	115.3	124.3	130000	125000

2) Рассчитать фугитивность газа (Па) при температуре T и давлении P . Для расчета использовать уравнение для определения коэффициента фугитивности со вторым вириальным коэффициентом.

№	Газ	$T, ^\circ\text{C}$	$P, \text{атм}$	$B, \text{см}^3 \cdot \text{моль}^{-1}$
1	Хлорметан	20	15	-439.61
2	Хлороформ	20	5	-1430.49
3	Ацетилен	20	20	-162.00
4	Метан	127	10	-15.69
5	Хлорметан	127	15	-208.31
6	Хлороформ	127	5	-580.56
7	Ацетилен	127	20	-87.00
8	Метан	227	10	-0.81
9	Хлорметан	227	15	-128.24
10	Хлороформ	227	5	-348.42
11	Ацетилен	227	20	-51.00
12	Метан	327	10	8.67
13	Хлорметан	327	15	-86.32

3) Найдите давление пара двух чистых веществ, образующих раствор, близкий по свойствам к идеальному, при температуре T °С, используя уравнение Антуана:

$$\lg P = A - \frac{B}{T+C}$$

Размерность констант уравнения Антуана в табл. такова, чтобы вычислить давление насыщенных паров жидкостей в кПа для температуры, выраженной в °С. Определите состав раствора, кипящего при этой температуре и давлении 101,325 кПа., и состав пара, находящегося в равновесии с кипящим раствором.

№	Т, °С	Вещество	Константы уравнения Антуана		
			А	В	С
1	80	Этанол	7,812	1918,508	252,125
		н-Бутанол	8,722	2664,684	279,638
2	90	Этанол	7,812	1918,508	252,125
		Этановая кислота	7,103	1906,53	255,973
3	60	Ацетон	6,376	1281,721	237,088
		Этилацетат	6,227	1244,951	217,881
4	70	Метанол	7,353	1660,454	245,818
		Изопропанол	7,511	1733,00	232,380
5	40	н-Пентан	5,972	1062,555	231,805
		н-Гексан	5,995	1166,274	223,661
6	90	Изопропанол	7,511	1733,00	232,380
		н-Бутанол	8,722	2664,684	279,638
7	120	Толуол	6,051	1328,171	217,713
		н-Октан	6,094	1379,556	211,896
8	70	н-Гексан	5,995	1166,274	223,661
		н-Гептан	6,076	1295,405	219,819
9	80	н-Гексан	5,995	1166,274	223,661
		Толуол	6,051	1328,171	217,713
10	60	н-Пентан	5,972	1062,555	231,805
		н-Гептан	6,076	1295,405	219,819
11	90	Бензол	6,109	1252,776	225,178
		Толуол	6,051	1328,171	217,713
12	70	Метанол	7,353	1660,454	245,818
		Этанол	7,812	1918,508	252,125
13	90	Бензол	6,109	1252,776	225,178
		м-Ксилол	6,133	1461,925	215,073

Перечень вопросов к зачету с оценкой по дисциплине Б1.В.ОД.3 Разработка процессов разделения в химической технологии

1. Условие равновесия между фазами. Условие устойчивости равновесия.
2. Уравнения состояния.
3. Понятие фугитивности (летучести) компонента. Коэффициент фугитивности.
4. Понятие парциальной фугитивности компонента. Коэффициент парциальной фугитивности.
5. Расчет фугитивности компонента в газовой фазе.
6. Расчет фугитивности компонента жидкой фазы.
7. Расчет парциальной фугитивности компонента газовой смеси.
8. Идеальные и реальные смеси. Избыточные свойства.
9. Расчет парциальной фугитивности компонента идеальной смеси.
10. Понятие активности компонента. Коэффициент активности.
11. Расчёт парциальных фугитивностей компонентов неидеальных смесей.
12. Расчет коэффициентов активности по экспериментальным данным о равновесии жидкость - пар.
13. Качественные закономерности изменения коэффициентов активности компонентов бинарной смеси в зависимости от состава.
14. Проверка термодинамической согласованности экспериментальных данных по равновесию жидкость-пар в бинарных системах.
15. Корреляционные уравнения для описания зависимости коэффициентов активности компонентов многокомпонентной смеси от состава.
16. Расчет параметров корреляционных уравнений.
17. Расчет констант фазового равновесия жидкость-пар.
18. Расчет температуры кипения и равновесного состава пара по заданному составу жидкости и давлению.
19. Расчет температуры конденсации и равновесного состава жидкости по заданному составу пара и давлению.
20. Расчет давления и равновесного состава пара по заданному составу жидкости и температуре.
21. Расчет равновесия жидкость-жидкость.
22. Обобщенное дифференциальное уравнение Ван-дер-Ваальса.
23. Законы Гиббса-Коновалова для бинарных смесей.
24. Диаграммы равновесия жидкость-пар в бинарных системах с одной жидкой фазой.
25. Диаграммы равновесия жидкость-пар в бинарных системах с двумя жидкими фазами.
26. Дифференциальные уравнения процесса равновесной дистилляции. Дистилляционные линии.
27. Использование методов качественной теории дифференциальных уравнений для анализа процесса равновесной дистилляции.
28. Локальные закономерности дистилляционных линий в трех- и четырёхкомпонентных системах.
29. Нелокальные закономерности диаграмм дистилляционных линий.
30. Анализ непрерывной ректификации трехкомпонентных смесей в режиме бесконечной разделительной способности колонны.
31. Анализ непрерывной ректификации трехкомпонентных смесей в режиме бесконечной флегмы при конечном числе тарелок в колонне.
32. Анализ периодической ректификации трех компонентных смесей.
33. Ректификационные комплексы азеотропной ректификации.

34. Ректификационные комплексы для разделения азеотропных смесей, образующих диаграммы с-линий с криволинейными разделяющими.

35. Ректификационные комплексы для разделения азеотропных смесей, основанные на изменении давления в колоннах ректификации.

36. Диаграммы равновесия жидкость-жидкость в бинарных и многокомпонентных системах.

37. Принципы выбора экстрактивного агента.

5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости обучающихся очной формы и традиционная система контроля и оценки успеваемости обучающихся заочной формы. Основные требования балльно-рейтинговой системы по дисциплине и шкала оценивания приведены в таблицах 7 и 8.

Таблица 7

Требования балльно-рейтинговой системы по дисциплине

Виды работ	Количество подвидов работы	Максимальные баллы за подвид работы			Штрафные баллы
		1	2	3	За нарушение сроков сдачи
Тестирование	1	20			
Выполнение контрольных работ	3	10	10	10	
Выполнений заданий для самостоятельной работы	3	11	11	11	До 3 за задание
Посещение занятий	17				

Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-54% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 55-70% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 71-85% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 86-100% от тах рейтинговой оценки контроля
ПК-2. Способен использовать знание свойств органических веществ и технологий производства органических веществ для решения задач профессиональной деятельности	ИПК-2-1. Знает основные технологические режимы и технологии производства	Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не знает основ разработки технологий разделения в органическом синтезе и нефтепереработке, не может использовать их в рамках поставленных целей и задач, что препятствует усвоению последующего материала	Фрагментарные, поверхностные знания по основам разработки технологий разделения в органическом синтезе и нефтепереработке. Изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала. Допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя. Затруднения при формулировании основных положений и их применении	Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные задачи в рамках постановки целей и выбора оптимальных способов их достижения.	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании
ПК-4. Способен проектировать технологические циклы производства и работать с научно-технической документацией в области технологии производства органических веществ	ИПК-4-1. Разрабатывает техническую документацию технологических процессов				

Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично) - зачтено	оценку «отлично» заслуживает обучающийся, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо) - зачтено	оценку «хорошо» заслуживает обучающийся, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно) - зачтено	оценку «удовлетворительно» заслуживает обучающийся, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно) – не зачтено	оценку «неудовлетворительно» заслуживает обучающийся, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**6.1. Учебная литература**

6.1.1 Тимофеев В.С., Серафимов Л.А. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза: учебное пособие для вузов. - М.: Химия, 2003. – 536 с.

6.1.2 Уэйлес С. Фазовые равновесия в химической технологии. т.1,2. - М.: Мир, 1989. – 304с.; 360 с.

6.1.3 Рид Р., Прауэниц Д., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей // М.: Химия, 1982. – 592 с.

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

6.2. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

6.2.1 Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_srs.PDF

7 ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и

подлежит обновлению при необходимости).

7.1. Перечень информационных справочных систем

Дисциплина, относится к группе дисциплин, в рамках которых предполагается использование информационных технологий как вспомогательного инструмента.

Информационные технологии применяются в следующих направлениях: при подготовке и оформлении отчетов о лабораторных работах, выполнении заданий для самостоятельной работы.

Таблица 10

Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка к ЭБС
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/

7.2. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины

Таблица 11

Программное обеспечение

№ п/п	Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
1	Microsoft Windows 10 (подписка MSDN 700593597, подписка DreamSparkPremium, 19.06.19)	Adobe Acrobat Reader https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html
2	Microsoft office 2010 (Лицензия № 49487295 от 19.12.2011)	OpenOffice https://www.openoffice.org/ru/
3	Консультант Плюс	PTC Mathcad Express https://www.mathcad.com/ru

Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

В таблице 12 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ).

Таблица 12

Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№ п/п	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	https://cyberpedia.su/21x47c0.html
3	Инструменты и веб-ресурсы для веб-разработки – 100+	https://techblog.sdstudio.top/blog/instrumenty-i-veb-resursy-dlia-veb-razrabotki-100-plus
4	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети

8 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 13 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования.

Таблица 13

Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3*	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

Согласно Федеральному Закону об образовании 273-ФЗ от 29.12.2012 г. ст. 79, п.8 "Профессиональное обучение и профессиональное образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляются на основе образовательных программ, адаптированных при необходимости для обучения указанных обучающихся". АОП разрабатывается по каждой направленности при наличии заявлений от обучающихся, являющихся инвалидами или лицами с ОВЗ и изъявивших желание об обучении по данному типу образовательных программ.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 12 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ДПИ НГТУ.

Таблица 14

Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	2305 Аудитория для лекционных занятий Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Комплект демонстрационного оборудования: ПК, с выходом на мультимедийный проектор, на базе Intel Pentium G4560 3.5 Ггц, 4 Гб ОЗУ, монитор 20' – 1шт.	

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
		Мультимедийный проектор Epson- 1 шт; Экран – 1 шт.	
2	1234 Научно-техническая библиотека ДПИ НГТУ, студенческий читальный зал; Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Комплект демонстрационного оборудования: ПК, с выходом на мультимедийный проектор, на базе Intel Pentium G4560 3.5 ГГц, 4 Гб ОЗУ, монитор 20' – 1шт. Мультимедийный проектор Epson- 1 шт; Экран – 1 шт.; Набор учебно-наглядных пособий	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Windows 10 Домашняя (поставка с ПК) • LibreOffice 6.1.2.1. (свободное ПО) • Foxit Reader (свободное ПО); • 7-zip для Windows (свободное ПО)
3	1443а компьютерный класс - помещение для СРС, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	ПК на базе Intel Celeron 2.67 ГГц, 2 Гб ОЗУ, монитор Acer 17' – 4 шт. ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium) • Apache OpenOffice 4.1.8 (свободное ПО); • Mozilla Firefox (свободное ПО); • Adobe Acrobat Reader (свободное ПО); • 7-zip для Windows (свободное ПО); • КонсультантПлюс (ГПД № 0332100025418000079 от 21.12.2018);

10 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная, а также проводится в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС).

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- балльно-рейтинговая технология оценивания;
- текущий контроль знаний в форме тестирования в среде MOODLE.

При преподавании дисциплины «Разработка технологий разделения в органическом синтезе и нефтепереработке», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность обучающихся при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса сопровождается компьютерными презентациями, в которых наглядно преподносятся материал различных разделов курса, что дает возможность обсудить материал с обучающимися во время чтения лекций, активировать

их деятельность при освоении материала. Материалы лекций в виде слайдов находятся в свободном доступе на в системе MOODLE и могут быть получены до чтения лекций и проработаны обучающимися в ходе самостоятельной работы.

На лекциях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет обучающимся проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием как встреч с обучающимися, так и современных информационных технологий (электронная почта).

Иницируется активность обучающихся, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы обучающегося, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости обучающихся в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с оценкой с учетом текущей успеваемости.

Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях обучающийся исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, обучающийся способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне, если теоретическое содержание курса в основном освоено. При устных собеседованиях обучающийся последовательно излагает учебный материал; при затруднениях способен после наводящих вопросов продолжить обсуждение, справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, обучающийся способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

Результат обучения считается несформированным, если обучающийся при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (таблица 5 и 6). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной

работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа

Практические (семинарские) занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения семинаров и практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические (семинарские) занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков составления докладов и сообщений, обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающихся к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающихся на занятиях и в качестве выполненных заданий для самостоятельной работы и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины обучающиеся могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (таблица 15). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности

10.5. Методические указания для выполнения контрольной работы обучающимися заочной формы обучения

При выполнении контрольной работы рекомендуется проработка материалов лекций по темам, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

Выполнение контрольной работы способствует лучшему освоению обучающимися учебного материала, формирует практический опыт и умения по изучаемой дисциплине.

11 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости

Для текущего контроля знаний обучающихся по дисциплине проводится комплексная оценка знаний, включающая

- проведение практических занятий;
- тестирование на сайте преподавателя по различным разделам курса
- проведение контрольных работ для обучающихся заочной формы;
- выполнение заданий для самостоятельной работы для обучающихся очной формы;

11.1.1. Типовые задания к практическим (семинарским) занятиям

1) Рассчитать фугитивность газообразного пропана при температуре 100°C и давлении 10 атм, используя уравнение состояния со вторым вириальным коэффициентом ($PV = RT + B_p P$, $B_p = -236 \text{ см}^3/\text{моль}$, $R = 82,05 \text{ см}^3 \cdot \text{атм}/\text{К} \cdot \text{моль}$).

2) По характеру расположения дистилляционных линий в окрестности особых точек в трехкомпонентной системе определить типы особых точек. Установить, имеется ли в системе трехкомпонентный азеотроп и если имеется, то какого типа. Нарисовать полную картину расположения дистилляционных линий в системе.

3) На диаграмме с-линий для трех компонентной смеси для заданного состава питания построить линии материального баланса колонны непрерывной ректификации (режим бесконечной разделительной способности) для первого и второго заданных разделений. Построить траектории ректификации для состава куба и дистиллята. Найти области возможных составов куба и дистиллята при числе тарелок, отличном от бесконечности. Диаграмма с-линий прилагается.

4) С помощью диаграммы с-линий трех компонентной смеси для заданного состава куба колонны ректификации определить: какие фракции и в какой последовательности будут отгоняться при периодической ректификации (режим бесконечной разделительной способности). Каким образом при этом будет меняться состав куба колонны.

11.1.2. Типовые тестовые задания

Примеры тестовых заданий по дисциплине (оценочные средства в полном объеме хранятся на кафедре «Химические и пищевые технологии»):

1. Процесс ректификации характеризуется фазовым переходом:

- а) Жидкость–жидкость;
- б) Газ–твердое;
- в) Жидкость–твердое;
- г) Газ–жидкость.

2. Процесс возгонки характеризуется фазовым переходом:

- а) Жидкость–жидкость;
- б) Газ–жидкость;
- в) Жидкость–твердое;
- г) Газ–твердое.

3. Процесс экстракции характеризуется фазовым переходом:

- а) Жидкость–жидкость;
- б) Газ–жидкость;
- в) Жидкость–твердое;
- г) Газ–твердое.

4. Разделение жидких гомогенных смесей на компоненты при взаимодействии потоков жидкости и пара, полученного испарением разделяемой смеси, – это:

- а) Экстракция;
- б) Абсорбция;
- в) Ректификация;
- г) Кристаллизация.

5. Избирательное поглощение газов, паров или растворенных в жидкости веществ твердым поглотителем, способным поглощать одно или несколько веществ из смеси, – это:

- а) Абсорбция;
- б) Адсорбция;
- в) Ректификация;
- г) Кристаллизация.

6. Процесс перехода вещества (или веществ) из одной фазы в другую в направлении достижения равновесия называют:

- а) Массоотдачей;
- б) Массопередачей;
- в) Движущей силой;
- г) Разделением.

7. Экстенсивной величиной не является:

- а) Длина;
- б) Энтропия;
- в) Температура;
- г) Объем.

8. Любая величина, присущая телу, изменение которой определяется только начальным и конечным состоянием тела и не зависит от характера процесса изменения его состояния, при переходе его из первого состояния во второе, – это:

- а) Экстенсивная величина;
- б) Интенсивная величина;
- в) Удельная величина;
- г) Параметр состояния.

9. Частная производная от изобарно-изотермического потенциала по числу молей одного из компонентов – это:

- а) Концентрация;
- б) Химический потенциал;
- в) Удельный объем;
- г) Удельная энтропия.

10. Растворы, в которых предполагается отсутствие взаимодействий между частицами составляющих веществ, а химический потенциал каждого компонента имеет простую зависимость от концентрации, называют:

- а) Двухкомпонентными;
- б) Многокомпонентными;
- в) Идеальными;
- г) Реальными.

11. «Парциальное давление насыщенного пара компонента раствора прямо пропорционально его мольной доле в растворе, причём коэффициент пропорциональности равен давлению насыщенного пара над чистым компонентом» – это:

- а) Закон Дальтона;
- б) Закон Генри;
- в) Закон Рауля;
- г) Закон Ван-дер-Ваальса.

12. При описании свойств реальной жидкой фазы для сохранения формы термодинамических уравнений вводят некоторую величину, которая называется:

- а) Фугитивностью;
- б) Коэффициентом фугитивности;
- в) Активностью;
- г) Общим давлением.

13. Для чистого вещества в однофазном состоянии число степеней свободы равно:

- а) 0;
- б) 1;
- в) 2;
- г) 3.

14. Если в равновесии находятся три фазы однокомпонентной системы, то число степеней свободы равно:

- а) 0;
- б) 1;
- в) 2;
- г) 3.

15. На диаграмме состояния воды есть особая точка, выше которой паровая и жидкая формы воды перестают быть различимыми. Как называется эта точка?

- а) Тройная точка;
- б) Критическая точка;
- в) Точка кипения;
- г) Точка плавления.

$$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H}{T\Delta v} \text{ — это:}$$

16.

- а) Уравнение Менделеева–Клапейрона;
- б) Уравнение Клаузиуса–Клапейрона;
- в) Уравнение Гиббса–Дюгема;
- г) Уравнение Ван-дер-Ваальса.

$$\left(P + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT \text{ — это:}$$

17.

- а) Уравнение Клаузиуса–Клапейрона;
- б) Уравнение Ван-Лаара;
- в) Уравнение Антуана;
- г) Уравнение Ван-дер-Ваальса.

18. Смесь двух или более жидкостей, состав которой не меняется при кипении, называется:

- а) реальной;
- б) идеальной;
- в) зеотропной;
- г) азеотропной.

19. Расчет условий парожидкостного равновесия часто сводится к определению значений коэффициентов активности. Для этой цели можно использовать:

- а) Уравнение Клаузиуса–Клапейрона;

- б) Уравнение Ван-Лаара;
- в) Уравнение Антуана;
- г) Уравнение Ван-дер-Ваальса.

20. Величина γ_i в уравнении $P_i = P_i^0 x_i \gamma_i$ – это:

- а) активность;
- б) коэффициент активности;
- в) фугитивность;
- г) коэффициент фугитивности.

11.1.3. Типовые задания для контрольной работы обучающихся заочной формы

1) Заданная жидкость при стандартном давлении (101325 Па) кипит при температуре T_1 . При давлении P_2 данная жидкость кипит при температуре T_2 . Используя уравнение Клаузиуса–Клапейрона для двух температур:

1. Рассчитать молярную и удельную теплоту испарения данной жидкости.
2. Рассчитать температуру кипения данной жидкости при давлении P_3 .
3. Рассчитать давление (P_4), при котором температура кипения жидкости увеличится на 20 °С относительно стандартной температуры кипения ($T_4 = T_1 + 20$).
4. Какое количество теплоты надо сообщить 100 г (0.1 кг) данной жидкости, чтобы превратить ее в пар? Считать, что жидкость находится при температуре кипения.

№	Вещество	$T_1, ^\circ\text{C}$	$T_2, ^\circ\text{C}$	$P_2, \text{Па}$	$P_3, \text{Па}$
1	Анилин	184.4	192.6	125000	185000
2	Ацетон	56.2	64.5	132000	190000
3	Бензиловый спирт	204.7	218.6	145000	195000
4	Бензол	80.1	93.8	150000	200000
5	Бутанол	117.5	122.7	125000	205000
6	Гексан	68.9	86.2	165000	120000
7	Дибромметан	97.0	118.9	195000	250000
8	Дибутиловый эфир	142.0	160.5	160000	125000
9	Изобутанол	107.2	126.2	195000	155000
10	Масляная кислота	163.2	190.3	200000	160000
11	Нитрометан	101.2	128.9	215000	170000
12	<i>n</i> -Пентан	36.1	41.3	120000	224000
13	Пиридин	115.3	124.3	130000	125000

2) Рассчитать фугитивность газа (Па) при температуре T и давлении P . Для расчета использовать уравнение для определения коэффициента фугитивности со вторым вириальным коэффициентом.

№	Газ	$T, ^\circ\text{C}$	$P, \text{атм}$	$B, \text{см}^3 \cdot \text{моль}^{-1}$
1	Хлорметан	20	15	-439.61
2	Хлороформ	20	5	-1430.49
3	Ацетилен	20	20	-162.00
4	Метан	127	10	-15.69
5	Хлорметан	127	15	-208.31
6	Хлороформ	127	5	-580.56
7	Ацетилен	127	20	-87.00
8	Метан	227	10	-0.81

9	Хлорметан	227	15	-128.24
10	Хлороформ	227	5	-348.42
11	Ацетилен	227	20	-51.00
12	Метан	327	10	8.67
13	Хлорметан	327	15	-86.32

3) Найдите давление пара двух чистых веществ, образующих раствор, близкий по свойствам к идеальному, при температуре T °С, используя уравнение Антуана:

$$\lg P = A - \frac{B}{T + C}$$

Размерность констант уравнения Антуана в табл. такова, чтобы вычислить давление насыщенных паров жидкостей в кПа для температуры, выраженной в °С. Определите состав раствора, кипящего при этой температуре и давлении 101,325 кПа., и состав пара, находящегося в равновесии с кипящим раствором.

№	T, °С	Вещество	Константы уравнения Антуана		
			A	B	C
1	80	Этанол	7,812	1918,508	252,125
		н-Бутанол	8,722	2664,684	279,638
2	90	Этанол	7,812	1918,508	252,125
		Этановая кислота	7,103	1906,53	255,973
3	60	Ацетон	6,376	1281,721	237,088
		Этилацетат	6,227	1244,951	217,881
4	70	Метанол	7,353	1660,454	245,818
		Изопропанол	7,511	1733,00	232,380
5	40	н-Пентан	5,972	1062,555	231,805
		н-Гексан	5,995	1166,274	223,661
6	90	Изопропанол	7,511	1733,00	232,380
		н-Бутанол	8,722	2664,684	279,638
7	120	Толуол	6,051	1328,171	217,713
		н-Октан	6,094	1379,556	211,896
8	70	н-Гексан	5,995	1166,274	223,661
		н-Гептан	6,076	1295,405	219,819
9	80	н-Гексан	5,995	1166,274	223,661
		Толуол	6,051	1328,171	217,713
10	60	н-Пентан	5,972	1062,555	231,805
		н-Гептан	6,076	1295,405	219,819
11	90	Бензол	6,109	1252,776	225,178
		Толуол	6,051	1328,171	217,713
12	70	Метанол	7,353	1660,454	245,818
		Этанол	7,812	1918,508	252,125
13	90	Бензол	6,109	1252,776	225,178
		м-Ксилол	6,133	1461,925	215,073

11.1.4. Типовые задания для самостоятельной работы обучающихся очной формы

1) Заданная жидкость при стандартном давлении (101325 Па) кипит при температуре T_1 . При давлении P_2 данная жидкость кипит при температуре T_2 . Используя уравнение Клаузиуса–Клапейрона для двух температур:

1. Рассчитать молярную и удельную теплоту испарения данной жидкости.

2. Рассчитать температуру кипения данной жидкости при давлении P_3 .
3. Рассчитать давление (P_4), при котором температура кипения жидкости увеличится на $20\text{ }^\circ\text{C}$ относительно стандартной температуры кипения ($T_4 = T_1 + 20$).
4. Какое количество теплоты надо сообщить 100 г (0.1 кг) данной жидкости, чтобы превратить ее в пар? Считать, что жидкость находится при температуре кипения.

№	Вещество	$T_1, \text{ }^\circ\text{C}$	$T_2, \text{ }^\circ\text{C}$	$P_2, \text{ Па}$	$P_3, \text{ Па}$
1	Анилин	184.4	192.6	125000	185000
2	Ацетон	56.2	64.5	132000	190000
3	Бензиловый спирт	204.7	218.6	145000	195000
4	Бензол	80.1	93.8	150000	200000
5	Бутанол	117.5	122.7	125000	205000
6	Гексан	68.9	86.2	165000	120000
7	Дибромметан	97.0	118.9	195000	250000
8	Дибутиловый эфир	142.0	160.5	160000	125000
9	Изобутанол	107.2	126.2	195000	155000
10	Масляная кислота	163.2	190.3	200000	160000
11	Нитрометан	101.2	128.9	215000	170000
12	<i>n</i> -Пентан	36.1	41.3	120000	224000
13	Пиридин	115.3	124.3	130000	125000

2) Рассчитать фугитивность газа (Па) при температуре T и давлении P . Для расчета использовать уравнение для определения коэффициента фугитивности со вторым вириальным коэффициентом.

№	Газ	$T, \text{ }^\circ\text{C}$	$P, \text{ атм}$	$B, \text{ см}^3 \cdot \text{моль}^{-1}$
1	Хлорметан	20	15	-439.61
2	Хлороформ	20	5	-1430.49
3	Ацетилен	20	20	-162.00
4	Метан	127	10	-15.69
5	Хлорметан	127	15	-208.31
6	Хлороформ	127	5	-580.56
7	Ацетилен	127	20	-87.00
8	Метан	227	10	-0.81
9	Хлорметан	227	15	-128.24
10	Хлороформ	227	5	-348.42
11	Ацетилен	227	20	-51.00
12	Метан	327	10	8.67
13	Хлорметан	327	15	-86.32

3) Найдите давление пара двух чистых веществ, образующих раствор, близкий по свойствам к идеальному, при температуре $T\text{ }^\circ\text{C}$, используя уравнение Антуана:

$$\lg P = A - \frac{B}{T + C}$$

Размерность констант уравнения Антуана в табл. такова, чтобы вычислить давление насыщенных паров жидкостей в кПа для температуры, выраженной в $^\circ\text{C}$

Определите состав раствора, кипящего при этой температуре и давлении 101,325 кПа., и состав пара, находящегося в равновесии с кипящим раствором.

№	Т, °С	Вещество	Константы уравнения Антуана		
			А	В	С
1	80	Этанол	7,812	1918,508	252,125
		н-Бутанол	8,722	2664,684	279,638
2	90	Этанол	7,812	1918,508	252,125
		Этановая кислота	7,103	1906,53	255,973
3	60	Ацетон	6,376	1281,721	237,088
		Этилацетат	6,227	1244,951	217,881
4	70	Метанол	7,353	1660,454	245,818
		Изопропанол	7,511	1733,00	232,380
5	40	н-Пентан	5,972	1062,555	231,805
		н-Гексан	5,995	1166,274	223,661
6	90	Изопропанол	7,511	1733,00	232,380
		н-Бутанол	8,722	2664,684	279,638
7	120	Толуол	6,051	1328,171	217,713
		н-Октан	6,094	1379,556	211,896
8	70	н-Гексан	5,995	1166,274	223,661
		н-Гептан	6,076	1295,405	219,819
9	80	н-Гексан	5,995	1166,274	223,661
		Толуол	6,051	1328,171	217,713
10	60	н-Пентан	5,972	1062,555	231,805
		н-Гептан	6,076	1295,405	219,819
11	90	Бензол	6,109	1252,776	225,178
		Толуол	6,051	1328,171	217,713
12	70	Метанол	7,353	1660,454	245,818
		Этанол	7,812	1918,508	252,125
13	90	Бензол	6,109	1252,776	225,178
		м-Ксилол	6,133	1461,925	215,073

11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине – зачет с оценкой: по результатам накопительного рейтинга или в форме компьютерного тестирования для обучающихся очной формы и в форме компьютерного тестирования для обучающихся заочной формы.

Перечень вопросов и заданий для подготовки к зачету с оценкой (ПК-2; ИПК-2.1):

1. Условие равновесия между фазами. Условие устойчивости равновесия.
2. Уравнения состояния.
3. Понятие фугитивности (летучести) компонента. Коэффициент фугитивности.
4. Понятие парциальной фугитивности компонента. Коэффициент парциальной фугитивности.
5. Расчет фугитивности компонента в газовой фазе.
6. Расчет фугитивности компонента жидкой фазы.
7. Расчет парциальной фугитивности компонента газовой смеси.
8. Идеальные и реальные смеси. Избыточные свойства.

9. Расчет парциальной фугитивности компонента идеальной смеси.
10. Понятие активности компонента. Коэффициент активности.
11. Расчёт парциальных фугитивностей компонентов неидеальных смесей.
12. Расчет коэффициентов активности по экспериментальным данным о равновесии жидкость - пар.
13. Качественные закономерности изменения коэффициентов активности компонентов бинарной смеси в зависимости от состава.
14. Проверка термодинамической согласованности экспериментальных данных по равновесию жидкость-пар в бинарных системах.
15. Корреляционные уравнения для описания зависимости коэффициентов активности компонентов многокомпонентной смеси от состава.
16. Расчет параметров корреляционных уравнений.
17. Расчет констант фазового равновесия жидкость-пар.
18. Расчет температуры кипения и равновесного состава пара по заданному составу жидкости и давлению.
19. Расчет температуры конденсации и равновесного состава жидкости по заданному составу пара и давлению.
20. Расчет давления и равновесного состава пара по заданному составу жидкости и температуре.
21. Расчет равновесия жидкость-жидкость.

Перечень вопросов и заданий для подготовки к зачету с оценкой (ПК-4; ИПК-4.1):

22. Обобщенное дифференциальное уравнение Ван-дер-Ваальса.
23. Законы Гиббса-Коновалова для бинарных смесей.
24. Диаграммы равновесия жидкость-пар в бинарных системах с одной жидкой фазой.
25. Диаграммы равновесия жидкость-пар в бинарных системах с двумя жидкими фазами.
26. Дифференциальные уравнения процесса равновесной дистилляции. Дистилляционные линии.
27. Использование методов качественной теории дифференциальных уравнений для анализа процесса равновесной дистилляции.
28. Локальные закономерности дистилляционных линий в трех- и четырёхкомпонентных системах.
29. Нелокальные закономерности диаграмм дистилляционных линий.
30. Анализ непрерывной ректификации трехкомпонентных смесей в режиме бес-конечной разделительной способности колонны.
31. Анализ непрерывной ректификации трехкомпонентных смесей в режиме бес-конечной флегмы при конечном числе тарелок в колонне.
32. Анализ периодической ректификации трех компонентных смесей.
33. Ректификационные комплексы азеотропной ректификации.
34. Ректификационные комплексы для разделения азеотропных смесей, образующих диаграммы с-линий с криволинейными разделяющими.
35. Ректификационные комплексы для разделения азеотропных смесей, основанные на изменении давления в колоннах ректификации.
36. Диаграммы равновесия жидкость-жидкость в бинарных и многокомпонентных системах.
37. Принципы выбора экстрактивного агента.

Примерный тест для итогового тестирования:

1. Процесс ректификации характеризуется фазовым переходом:
 - а) Жидкость–жидкость;

- б) Газ–твердое;
- в) Жидкость–твердое;
- г) Газ–жидкость.

2. Процесс возгонки характеризуется фазовым переходом:

- а) Жидкость–жидкость;
- б) Газ–жидкость;
- в) Жидкость–твердое;
- г) Газ–твердое.

3. Процесс экстракции характеризуется фазовым переходом:

- а) Жидкость–жидкость;
- б) Газ–жидкость;
- в) Жидкость–твердое;
- г) Газ–твердое.

4. Разделение жидких гомогенных смесей на компоненты при взаимодействии потоков жидкости и пара, полученного испарением разделяемой смеси, – это:

- а) Экстракция;
- б) Абсорбция;
- в) Ректификация;
- г) Кристаллизация.

5. Избирательное поглощение газов, паров или растворенных в жидкости веществ твердым поглотителем, способным поглощать одно или несколько веществ из смеси, – это:

- а) Абсорбция;
- б) Адсорбция;
- в) Ректификация;
- г) Кристаллизация.

6. Процесс перехода вещества (или веществ) из одной фазы в другую в направлении достижения равновесия называют:

- а) Массоотдачей;
- б) Массопередачей;
- в) Движущей силой;
- г) Разделением.

7. Экстенсивной величиной не является:

- а) Длина;
- б) Энтропия;
- в) Температура;
- г) Объем.

8. Любая величина, присущая телу, изменение которой определяется только начальным и конечным состоянием тела и не зависит от характера процесса изменения его состояния, при переходе его из первого состояния во второе, – это:

- а) Экстенсивная величина;
- б) Интенсивная величина;
- в) Удельная величина;
- г) Параметр состояния.

9. Частная производная от изобарно-изотермического потенциала по числу молей одного из компонентов – это:

- а) Концентрация;
- б) Химический потенциал;
- в) Удельный объем;
- г) Удельная энтропия.

10. Растворы, в которых предполагается отсутствие взаимодействий между частицами составляющих веществ, а химический потенциал каждого компонента имеет простую зависимость от концентрации, называют:

- а) Двухкомпонентными;
- б) Многокомпонентными;
- в) Идеальными;
- г) Реальными.

11. «Парциальное давление насыщенного пара компонента раствора прямо пропорционально его мольной доле в растворе, причём коэффициент пропорциональности равен давлению насыщенного пара над чистым компонентом» – это:

- а) Закон Дальтона;
- б) Закон Генри;
- в) Закон Рауля;
- г) Закон Ван-дер-Ваальса.

12. При описании свойств реальной жидкой фазы для сохранения формы термодинамических уравнений вводят некоторую величину, которая называется:

- а) Фугитивностью;
- б) Коэффициентом фугитивности;
- в) Активностью;
- г) Общим давлением.

13. Для чистого вещества в однофазном состоянии число степеней свободы равно:

- а) 0;
- б) 1;
- в) 2;
- г) 3.

14. Если в равновесии находятся три фазы однокомпонентной системы, то число степеней свободы равно:

- а) 0;
- б) 1;
- в) 2;
- г) 3.

15. На диаграмме состояния воды есть особая точка, выше которой паровая и жидкая формы воды перестают быть различимыми. Как называется эта точка?

- а) Тройная точка;
- б) Критическая точка;
- в) Точка кипения;
- г) Точка плавления.

$$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H}{T\Delta v} \text{ — это:}$$

16.

- а) Уравнение Менделеева–Клапейрона;
- б) Уравнение Клаузиуса–Клапейрона;
- в) Уравнение Гиббса–Дюгема;
- г) Уравнение Ван-дер-Ваальса.

$$\left(P + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT - \text{это:}$$

- 17.
- а) Уравнение Клаузиуса–Клапейрона;
 - б) Уравнение Ван-Лаара;
 - в) Уравнение Антуана;
 - г) Уравнение Ван-дер-Ваальса.

18. Смесь двух или более жидкостей, состав которой не меняется при кипении, называется:

- а) реальной;
- б) идеальной;
- в) эотропной;
- г) азеотропной.

19. Расчет условий парожидкостного равновесия часто сводится к определению значений коэффициентов активности. Для этой цели можно использовать:

- а) Уравнение Клаузиуса–Клапейрона;
- б) Уравнение Ван-Лаара;
- в) Уравнение Антуана;
- г) Уравнение Ван-дер-Ваальса.

20. Величина γ_i в уравнении $P_i = P_i^0 x_i \gamma_i$ – это:

- а) активность;
- б) коэффициент активности;
- в) фугитивность;
- г) коэффициент фугитивности.

Регламент проведения текущего контроля в форме компьютерного тестирования

Кол-во заданий в банке вопросов	Кол-во заданий, предъявляемых обучающемуся	Время на тестирование, мин.
80	20	30

Полный фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации в форме компьютерного тестирования размещен в банке вопросов данного курса дисциплины в СДО MOODLE.