

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ Василенко В. Н.

25.05.2023

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ

Мембранные технологии в химической промышленности
(наименование дисциплины)

Направление подготовки

18.04.01 Химическая технология
(код и наименование направления подготовки)

Направленность (профиль) подготовки
Химическая технология неорганических веществ
(наименование направленности (профиля) подготовки)

Квалификация выпускника
магистр

Воронеж

1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины «Мембранные технологии в химической промышленности» является формирование компетенций обучающегося в области профессиональной деятельности и сфере профессиональной деятельности:

26 Химическое, химико-технологическое производство (в сферах: производства неорганических веществ; производства энергонасыщенных материалов; производства строительных материалов, стекла, стеклокристаллических материалов, функциональной и конструкционной керамики различного назначения; производства элементов электронной аппаратуры и монокристаллов; производства композиционных материалов и нанокompозитов; нановолокнистых, наноструктурированных и наноматериалов различной химической природы; производства редких и редкоземельных элементов).

Дисциплина направлена на решение задач профессиональной деятельности следующего типа: *научно-исследовательский*.

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология.

2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-1	Способность оценивать эффективность новых технологий получения веществ и материалов и внедрять их в производство, находить оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами	ИД1 _{ПКв-1} – Оценивает эффективность и надежность процессов производства и технологического оборудования ИД2 _{ПКв-2} – Находит оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД1 _{ПКв-1} – Оценивает эффективность и надежность процессов производства и технологического оборудования	Знает: – механизм и кинетические закономерности протекания химических и сорбционных процессов в процессе мембранной обработки веществ; – основные производственные схемы модулей мембранных процессов; – технологическое и аппаратное оформление процессов в мембранной технологии;
	Умеет: – оценивать эффективность процессов мембранного получения, разделения и очистки веществ;
	Владеет: – навыками оценки эффективности и надежности оборудования процессов мембранного получения, разделения и очистки веществ; – навыками оценки эффективности и устойчивости применяемых мембранных материалов;
ИД2 _{ПКв-2} – Находит оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами.	Знает: - мембранные процессы получения, разделения и очистки веществ; - характеристики применяемых мембран; – свойства полученных продуктов производства и область их применения; – технологическое обоснование изучаемых процессов;
	Умеет: – обосновать и выбрать мембранный метод получения веществ с заданными свойствами, очистки и разделения применительно к решаемой проблеме; – обосновать и выбрать мембрану с заданными свойствами для осуществления требуемого процесса получения, очистки или разделения веществ
	Владеет: – навыками расчета производительности аппаратов, применяемых для мембранного синтеза, очистки и разделения; – основами составления материальных балансов мембранных процессов

3. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений «Дисциплины/модули» Блока 1 ООП. Дисциплина является обязательной для изучения.

Изучение дисциплины основано на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении обучающимися дисциплины «Физика», «Химия», «Общая химическая технология», «Процессы и аппараты химической технологии» в рамках получения квалификации «бакалавр». «Теоретические и экспериментальные методы исследования веществ».

Дисциплина является предшествующей для освоения дисциплин «Новое технологическое оборудование для производства неорганических веществ»; «Моделирование в технологических процессах»; «Перспективная химическая технология».

4. Объем дисциплины и виды учебных занятий

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы.

Виды учебной работы	Всего ак. ч	Распределение трудоемкости по семестрам, ак.ч
		1
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)	144	144
Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:	51,95	51,95
Лекции	17	17
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	0	0
Лабораторные работы (ЛР)	34	34
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	34	34
Консультации текущие	0,85	0,85
Зачет	0,1	0,1
Самостоятельная работа:	92,05	92,05
Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	9	9
Проработка материалов по учебным пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	29,05	29,05
Подготовка к защите лабораторных работ (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	34	34
Выполнение контрольной работы	10	10
Подготовка реферата	10	10

5 Содержание дисциплины, структурированное по разделам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Труд Оем кость раздела, акад. часы
1	Классификация мембранных процессов.	Процессы разделения. Введение в мембранные процессы. Этапы развития мембранной технологии. Преимущества мембранных процессов (низкие энергозатраты, непрерывность процесса разделения, легкость масштабирования, мягкие условия разделения, простота сочетания с другими процессами, возможность изменения свойств мембран, экологичность). Мембранные материалы и их свойства.	11
2	Мембранные материалы и их свойства. Получение синтетических мембран Характеристики мембран	Инверсия фаз: осаждение под действием паровой фазы, с помощью испарения растворителя, с контролирующим испарением, термическое осаждение, осаждение путем погружения. Методы получения композитных мембран: межфазная полимеризация. нанесение при погружении, плазменная полимеризация, модификация плотных полимерных мембран. Влияние разных параметров на морфологию мембраны. Свойства мембран (проницаемость, селективность, стабильность). Определение характеристик мембран. Электронная микроскопия, метод точки пузырька, метод ртутной порометрии, метод проницаемости (пористые мембраны). Методы проницаемости, физические методы анализа, методы оценки толщины рабочего слоя мембраны (непористые мембраны).	54
3	Мембранные процессы	Баромембранные процессы. Микрофльтрация, ультрафльтрация, обратный осмос (мембраны, параметры и применение в химической промышленности). Газоразделение, (движущие силы, типы мембран, объекты разделения, применение в химической промышленности). Электромембранные процессы. Электродиализ (движущие силы, типы мембран, объекты разделения, применение в химической промышленности). Диализ (мембраны, параметры и применение в химической промышленности).	62,05
4	Проектирование модулей и мембранных процессов	Виды мембранных модулей (плоскорамный, спиральный, трубчатый, капиллярный, волоконный). Проектирование мембранной системы. Режимы работы модулей. Расчет процессов. Мембранный катализ и его использование в мембранных реакторах.	16
		<i>Консультации текущие</i>	0,85
		<i>Консультации перед экзаменом</i>	-
		<i>Зачет</i>	0,10

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, ак. ч	ЛР, ак. ч	СРО, ак. ч
1	Классификация мембранных процессов	2	-	9
2	Мембранные материалы и их свойства. Получение синтетических мембран Характеристики мембран	2	16	36
3	Мембранные процессы	10	16	36,05
4	Проектирование модулей и мембранных процессов	3	2	11
	<i>Консультации текущие</i>		0,85	
	<i>Консультации перед экзаменом</i>		-	
	<i>Зачет</i>		0,10	

5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, ак. ч
1	Классификация мембранных процессов	Процессы разделения. Введение в мембранные процессы.	2
2	Мембранные материалы и их свойства. Получение синтетических мембран Характеристики мембран	Методы получения композитных мембран. Свойства мембран, физические методы их анализа	2
3	Мембранные процессы	Движущие силы. Транспорт через пористые мембраны, транспорт через непористые мембраны, транспорт в ионообменных мембранах.	2
		Баромембранные процессы. Микрофльтрация, ультрафльтрация, обратный осмос (мембраны, параметры и применение).	2
		Газоразделение, (движущие силы, типы мембран, объекты разделения, области применения)	2
		Электромембранные процессы. Электродиализ (движущие силы, типы мембран, объекты разделения, области применения). Диализ	4
4	Проектирование модулей и мембранных процессов	Проектирование модулей и мембранных процессов	3

5.2.2 Практические занятия (семинары) не предусмотрены

5.2.3 Лабораторный практикум

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ак. ч
1	Классификация мембранных процессов	-	-
2	Мембранные материалы и их свойства. Получение синтетических мембран Характеристики мембран	Изготовление опытных лабораторных образцов биполярных ионообменных мембран	2
		Модифицирование монополярных ионообменных мембран жидким ионообменником	2
		Модифицирование биполярных и монополярных ионообменных мембран неорганическими допантами	2
		Определение физико-химических характеристик ионообменных мембран	6
3	Мембранные процессы	Определение осмотической и диффузионной проницаемости мембран	4
		Диализ растворов органических и неорганических веществ	4
		Электродиализ сточной воды производства минеральных удобрений	4
		Материальные балансы баромембранных процессов	4
4	Проектирование модулей и мембранных процессов	Материальные балансы электромембранных процессов	4
		Проектирование модулей и мембранных процессов	2

5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся (СРО)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость, ак. ч
1	Классификация мембранных процессов	Проработка материалов по конспекту лекций; подготовка по учебным пособиям;	2 7
2	Мембранные материалы и их свойства. Получение синтетических мембран Характеристики мембран	Проработка материалов по конспекту лекций; Подготовка по учебным пособиям; Оформление отчетов по лабораторным работам. Реферат	3 7 16 10
3	Мембранные процессы	Проработка материалов по конспекту лекций; подготовка по учебным пособиям; Оформление отчетов по лабораторным работам. Контрольная работа	2 8,05 16 10
4	Проектирование модулей и мембранных процессов	Проработка материалов по конспекту лекций; Подготовка по учебным пособиям; Оформление отчетов по лабораторным работам.	2 7 2

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Для освоения дисциплины обучающийся может использовать:

6.1 Основная литература

1. Мембранные процессы [Текст] : учебное пособие / О. А. Козадерова, К. Б. Ким, С. И. Нифталиев; ВГУИТ, Кафедра неорганической химии и химической технологии. - Воронеж, 2019. - 71 с
<http://biblos.vsu.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/5155>
2. Мембранная электрохимия [Текст] : учебное пособие (гриф УМО) / Н. А. Кононенко [и др.]. - 2-е изд., испр. и доп. - Краснодар, 2017. - 290 с. - 7 экз. - Библиогр.: с.274-287. - ISBN 978-5-8209-1298-6 : 500-00.
3. Мембраны и мембранные технологии. Коллектив авторов. - М.: Издательство Научный мир, 2013. Режим доступа:
http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=468334

6.2 Дополнительная литература

Шайхиев, И. Г. Применение плазмообработанных мембран в процессе очистки сточных вод от эмульгированных нефтепродуктов : монография / И. Г. Шайхиев. — Белгород : БГТУ им. В.Г. Шухова, 2019. — 115 с. Режим доступа:
<https://e.lanbook.com/book/162040>

2. Журналы: Мембраны;
Мембраны и мембранные технологии в России;
Электрохимия.

6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

Козадерова, О. А. Мембраны и мембранные процессы [Текст] : методические указания к лабораторным работам для магистрантов, обучающихся направления 18.04.01 – «Химическая технология», очной и очно-заочной формы обучения / О. А. Козадерова, К. Б. Ким, С. И. Нифталиев ; ВГУИТ, Кафедра неорганической химии и химической технологии. - Воронеж : ВГУИТ, 2017. - 31 с. [Электронный ресурс] Режим доступа
<http://biblos.vsu.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/2980>

Козадерова, О. А. Мембранные технологии в химической промышленности [Текст] : методические указания по выполнению контрольной работы / О. А. Козадерова, К. Б. Ким, С. И. Нифталиев ; ВГУИТ, Кафедра неорганической химии и химической технологии. - Воронеж : ВГУИТ, 2018. - 31 с. - 25 экз. + Электрон. ресурс. -
<http://biblos.vsu.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/2584>.

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплин (модулей) в ФГБОУ ВО ВГУИТ [Электронный ресурс] : методические указания для обучающихся на всех уровнях высшего образования / М. М. Данылиев, Р. Н. Плотникова; ВГУИТ, Учебно-методическое управление. - Воронеж : ВГУИТ, 2016. - 32 с. – Режим доступа :
<http://biblos.vsu.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/2488>

6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	https://www.edu.ru/
Научная электронная библиотека	https://elibrary.ru/defaultx.asp?
Национальная исследовательская компьютерная сеть России	https://niks.su/
Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»	http://window.edu.ru/
Электронная библиотека ВГУИТ	http://biblos.vsu.ru/megapro/web
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	https://minobrnauki.gov.ru/
Портал открытого on-line образования	https://npoed.ru/
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	https://education.vsu.ru/

6.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

При изучении дисциплины используется программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы: ЭИОС университета, в том числе на базе программной платформы «Среда электронного обучения ЗКЛ», автоматизированная информационная база «Интернет-тренажеры», «Интернет-экзамен» и пр. (указать средства, необходимы для реализации дисциплины).

При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение Microsoft Windows XP; Microsoft Windows 2008 R2 Server; Microsoft Office 2007 Professional 07.

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Аудитории для проведения занятий лекционного типа

<p>Учебная аудитория №37 для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, промежуточной и итоговой аттестации.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Комплект мебели для учебного процесса на 150 мест • Проектор Epson EB955WH белый • Микшерный пульт с USB-интерфейсом Behringer Xenyx X1204USB • Активная акустическая система Behringer B112D Eurolive • Акустическая стойка Tempo SPS280 • Комплект из 3 микрофонов в кейсе Behringer XM1800S Ultravoice • Микрофонная стойка Proel RSM180 • 15.6" Ноутбук Acer Extensa EX2520G51P0 черный • Веб-камера Logitech ConferenceCam BCC950 (USB) Экран с электроприводом CLASSIC SOLUTION Classic Lyra (16:9) 308x220 	<p>Microsoft Open License Microsoft Windows Professional 8 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level#61280574 от 06.12.2012 г. http://eopen.microsoft.com</p> <p>Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 http://eopen.microsoft.com</p> <p>Adobe Reader XI (бесплатное ПО) https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html</p>
---	--	--

Для проведения практических, лабораторных занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в распоряжении кафедры имеется:

<p>Учебная аудитория № 020 для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.</p>	<p>Комплект мебели для учебного процесса Экран проекционный Мультимедийный проектор BenQ MW 519 Ноутбук IntelCore 2–1 шт. Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя.</p>	<p>Microsoft Open License Microsoft Windows Professional 7 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level#47881748 от 24.12.2010г. http://eopen.microsoft.com</p> <p>Microsoft Open License Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008г. http://eopen.microsoft.com</p> <p>Adobe Reader XI (бесплатное ПО) https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html</p>
<p>Учебная аудитория № 025 для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.</p>	<p>Комплект мебели для учебного процесса Печь муфельная ЭКПС 10-1 шт Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя</p>	<p>ПО нет</p>
<p>Учебная аудитория № 027 для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.</p>	<p>Комплект мебели для учебного процесса Шкаф сушильный ШС-80-01-1 шт Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя</p>	<p>ПО нет</p>
<p>Учебная аудитория № 029 для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.</p>	<p>Комплект мебели для учебного процесса Шкаф сушильный тип. 23 151-1 шт, Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя</p>	<p>ПО нет</p>
<p>Учебная аудитория № 016 для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.</p>	<p>Комплект мебели для учебного процесса Магнитная мешалка типа ММ-4- 1 шт Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя</p>	<p>ПО нет</p>
<p>Учебная аудитория № 022 для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.</p>	<p>Комплект мебели для учебного процесса Акводистиллятор ДЭ-15-1 шт, Термостат электрический суховоздушный охлаждающий ТСО-1/80-1 шт Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя</p>	<p>ПО нет</p>

Аудитория для самостоятельной работы студентов

<p>Кабинет для самостоятельной работы обучающихся № 033.</p>	<p>Комплект мебели для учебного процесса кондуктометр dds-11c (cond-51) – 1 шт., весы нсв 123 – 1 шт., весы вк-300.1 – 1 шт., весы аналитические hr-250 azg водонепроницаемый стандартный погружной/проникающий зонд тип Td=5 – 2 шт., компьютер Celerond 320-1 шт, высокотемпературный измерительный прибор с памятью данных Testo 735-2 – 1 шт., иономер и-160ми 0-14рн(рх) – 1 шт., источник питания постоянного тока акип 65.30/10 – 1 шт., спектрофотометр ПЭ-5300 в– 1 шт., компьютер intelcore 2duoe7300-1 шт., микроскоп levenhuk – 1 шт; сосуд криобиллогический (Дьюра) х-40-скп; прибор рН-метр рНер-4 – 1 шт. Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя</p>	<p>Microsoft Open License Microsoft WindowsXP Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 http://eopen.microsoft.com</p> <p>Microsoft Office 2010 Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #47881748 от 24.12.2010 г. http://eopen.microsoft.com</p> <p>Adobe Reader XI (бесплатное ПО) https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html</p>
<p>Кабинет для самостоятельной работы обучающихся № 39.</p>	<p>Комплект мебели для учебного процесса Компьютер CeleronD 2.8 -3 шт. Персональный компьютер IntelCore 2 –1 шт. Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя</p>	<p>Microsoft Open License Microsoft WindowsXP Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 http://eopen.microsoft.com</p> <p>Microsoft Office 2010 Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #47881748 от 24.12.2010 г. http://eopen.microsoft.com</p> <p>Adobe Reader XI (бесплатное ПО) https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html</p>
<p>Кабинет для самостоятельной работы обучающихся № 024.</p>	<p>Комплект мебели для учебного процесса, Микроколориметр МИД-200-1 шт Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя</p>	<p>ПО нет</p>

Дополнительно, самостоятельная работа обучающихся, может осуществляться при использовании:

Читальные залы библиотеки.	Компьютеры со свободным доступом в сеть Интернет и Электронными библиотечными и информационно справочными системами.	Microsoft Office Professional Plus 2010 Microsoft Open License Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #48516271 от 17.05.2011 г. http://eopen.microsoft.com Microsoft Office 2007 Standart, Microsoft Open License Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 http://eopen.microsoft.com Microsoft Windows XP, Microsoft Open License Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 http://eopen.microsoft.com . Adobe Reader XI, (бесплатное ПО) https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/odfr_eader/volume-distribution.html
----------------------------	--	---

8 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Оценочные материалы (ОМ) для дисциплины (модуля) включают в себя:

- перечень компетенций с указанием индикаторов достижения компетенций, этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

ОМ представляются отдельным комплектом и **входят в состав рабочей программы дисциплины (модуля)**.

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ «Положение об оценочных материалах».

ПРИЛОЖЕНИЕ
к рабочей программе

1. Организационно-методические данные дисциплины для очно-заочной формы обучения

1.1 Объемы различных форм учебной работы и виды контроля в соответствии с учебным планом

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы.

Виды учебной работы	Всего ак. ч	Распределение трудоемкости по семестрам, ак.ч
		1
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)	144	144
Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:	19,4	19,4
Лекции	6	6
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	0	0
Лабораторные работы (ЛР)	13	13
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	13	13
Консультации текущие	0,3	0,3
Виды аттестации (зачет)	0,1	0,1
Самостоятельная работа:	95,6	95,6
Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	6	6
Проработка материалов по учебным пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	72,6	72,6
Подготовка к защите лабораторных работ (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	13	13
Выполнение контрольной работы	10	10

**АННОТАЦИЯ
К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ
ДИСЦИПЛИНЫ
«Мембранные процессы в химической технологии»**
(наименование дисциплины)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-1	Способность оценивать эффективность новых технологий получения веществ и материалов и внедрять их в производство, находить оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами	ИД1 _{ПКв-1} – Оценивает эффективность и надежность процессов производства и технологического оборудования
			ИД2 _{ПКв-2} – Находит оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать

- механизм и кинетические закономерности протекания химических и сорбционных процессов в процессе мембранной обработки веществ;
- основные производственные схемы модулей мембранных процессов;
- технологическое и аппаратное оформление процессов в мембранной технологии;
- мембранные процессы получения, разделения и очистки веществ;
- характеристики применяемых мембран;
- свойства полученных продуктов производства и область их применения;
- технологическое обоснование изучаемых процессов;

Уметь

- оценивать эффективность процессов мембранного получения, разделения и очистки веществ;
- обосновать и выбрать мембранный метод получения веществ с заданными свойствами, очистки и разделения применительно к решаемой проблеме;
- обосновать и выбрать мембрану с заданными свойствами для осуществления требуемого процесса получения, очистки или разделения веществ

Владеть

- навыками оценки эффективности и надежности оборудования процессов мембранного получения, разделения и очистки веществ;
- навыками оценки эффективности и устойчивости применяемых мембранных материалов;
- навыками расчета производительности аппаратов, применяемых для мембранного синтеза, очистки и разделения;
- основами составления материальных балансов мембранных процессов

Содержание разделов дисциплины. Процессы разделения. Введение в мембранные процессы. Преимущества мембранных процессов. Мембранные материалы и их свойства. Получение синтетических мембран. Характеристики мембран. Инверсия фаз: осаждение под действием паровой фазы, с помощью испарения растворителя, с контролирующим испарением, термическое осаждение, осаждение путем погружения. Методы получения композитных мембран: межфазная полимеризация. нанесение при погружении, плазменная полимеризация, модификация плотных полимерных мембран. Влияние различных параметров на морфологию мембраны. Свойства мембран (проницаемость, селективность, стабильность). Определение характеристик мембран. Электронная микроскопия, метод точки пузырька, метод ртутной порометрии, метод проницаемости (пористые мембраны). Методы проницаемости, физические методы анализа, методы оценки толщины рабочего слоя мембраны (непористые мембраны). Мембранные процессы (движущие силы, типы мембран, объекты разделения, применение в химической промышленности): баромембранные процессы (микрофильтрация, ультрафильтрация, обратный осмос); газоразделение; электромембранные процессы (электродиализ); диализ. Проектирование модулей и мембранных процессов. Виды мембранных модулей. Режимы работы модулей. Расчет процессов. Мембранный катализ и его использование в мембранных реакторах.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

«Мембранные технологии в химической промышленности»

1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-1	Способность оценивать эффективность новых технологий получения веществ и материалов и внедрять их в производство, находить оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами	ИД1 _{ПКв-1} – Оценивает эффективность и надежность процессов производства и технологического оборудования ИД2 _{ПКв-2} – Находит оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД1 _{ПКв-1} – Оценивает эффективность и надежность процессов производства и технологического оборудования	Знает: – механизм и кинетические закономерности протекания химических и сорбционных процессов в процессе мембранной обработки веществ; – основные производственные схемы модулей мембранных процессов; – технологическое и аппаратурное оформление процессов в мембранной технологии;
	Умеет: – оценивать эффективность процессов мембранного получения, разделения и очистки веществ;
	Владеет: – навыками оценки эффективности и надежности оборудования процессов мембранного получения, разделения и очистки веществ; – навыками оценки эффективности и устойчивости применяемых мембранных материалов;
ИД2 _{ПКв-2} – Находит оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами.	Знает: - мембранные процессы получения, разделения и очистки веществ; - характеристики применяемых мембран; – свойства полученных продуктов производства и область их применения; – технологическое обоснование изучаемых процессов;
	Умеет: – обосновать и выбрать мембранный метод получения веществ с заданными свойствами, очистки и разделения применительно к решаемой проблеме; – обосновать и выбрать мембрану с заданными свойствами для осуществления требуемого процесса получения, очистки или разделения веществ
	Владеет: – навыками расчета производительности аппаратов, применяемых для мембранного синтеза, очистки и разделения; – основами составления материальных балансов мембранных процессов

2 Паспорт оценочных материалов по дисциплине/практике

№ п/п	Разделы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные материалы		Технология/процедура оценивания (способ контроля)
			наименование	№№ заданий	
1	Классификация мембранных процессов.	ПКв-1	<i>Тест</i>	13, 14	<i>Бланочное или компьютерное тестирование</i>
			<i>Собеседование</i>	37	<i>Контроль преподавателем</i>
2	Мембранные материалы и их свойства. Получение синтетических мембран. Характеристики мембран	ПКв-1	<i>Тест</i>	4, 5, 11, 12	<i>Бланочное или компьютерное тестирование</i>
			<i>Реферат</i>	28-36	<i>Оценка преподавателем</i>
			<i>Собеседование</i>	38-30	<i>Контроль преподавателем</i>
3	Мембранные процессы	ПКв-1	<i>Кейс-задача</i>	16,17	<i>Проверка преподавателем</i>
			<i>Тест</i>	3, 6, 7, 8	<i>Бланочное или компьютерное тестирование</i>
			<i>Контрольная работа</i>	18-27	<i>Проверка преподавателем</i>
			<i>Собеседование</i>	41-47	<i>Контроль преподавателем</i>
4	Проектирование модулей и мембранных процессов	ПКв-1	<i>Тест</i>	1, 2, 9, 15	<i>Бланочное или компьютерное тестирование</i>
			<i>Собеседование</i>	48-50	<i>Контроль преподавателем</i>

3 Оценочные материалы для промежуточной аттестации.

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

3.1. Тесты (тестовые задания)

3.1.1 ПКв-1 Способность оценивать эффективность новых технологий получения веществ и материалов и внедрять их в производство, находить оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами

№ задания	Тестовое задание
Выбор одного правильного ответа	
1	Поток, выходящий из модуля и прошедший через мембрану, называется: а) ретентат; б) сырьевой поток; в) пенетрант; г) пермеат.
2	Поток, выходящий из модуля и не прошедший через мембрану, называется: а) ретентат; б) сырьевой поток; в) пенетрант; г) пермеат.
3	Этот баромембранный процесс применяется для отделения растворителя от коллоидных или взвешенных микрочастиц, размер которых составляет 0,1–10,0 мкм. Данный метод эффективен для подготовки жидкостей перед проведением обратного осмоса и ультрафильтрации. а) ультрафильтрация; б) обратный осмос; в) нанофильтрация; г) микрофильтрация.
4	Эти мембраны состоят из двух или более структурно неоднородных слоев одного и того же материала. Поверхностный слой в таких мембранах плотный, толщиной от 0,1 до 5,0 мкм (селективный слой), нижний слой - пористый, толщиной 50 – 150 мкм (крупнопористый слой, подложка) а) асимметричные мембраны; б) композиционные мембраны; в) мозаичные мембраны; г) биполярные мембраны.
5	Какие мембраны применяются для классического электродиализа в электродиализаторе-концентраторе? а) ионообменные; б) асимметричные целлюлозные; в) плотные или пористые полимерные; г) мозаичные.
6	В этом баромембранном процессе применяются самые селективные мембраны с наименьшим размером пор, сопоставимым с размером одиночных ионов; он используется для разделения истинных растворов (размер частиц 0,0001–0,001 мкм; давление 3,0–10 МПа); мембраны в этом процессе пропускают только молекулы воды. а) ультрафильтрация; б) обратный осмос; в) нанофильтрация; г) микрофильтрация.
7	Принцип разделения газов непористыми мембранами: а) конвективный поток; б) кнудсеновский поток; в) растворение–диффузия; г) молекулярное просеивание.
8	Коэффициент задержания растворенного вещества в обратном осмосе определяется уравнением: а) $B = J \Delta P / S \Delta x$; б) $B = \Delta P \Delta C_s / \Delta x$; в) $B = D_s K_s / \Delta x$; г) $B = D_s K_{прониц} / S$. где D_s – коэффициент диффузии растворенного вещества в мембране, K_s – его коэффициент распределения (растворимости), J – поток вещества через мембрану, ΔP – градиент давления, ΔC_s – изменение поверхностной концентрации вещества, Δx – толщина активного слоя мембраны
9	Поток, поступающий в мембранный модуль, называется: а) сырьевой; б) пенетрант; в) ретентат; г) пермеат.

№ задания	Тестовое задание																				
10	Уравнение потока растворителя через мембрану J_w при обратном осмосе с использованием неидеальных мембран задается уравнением: а) $J_w = A (\Delta P - \Delta \Pi)$; б) $J_w = D_w C_w V_w / RT \Delta x (\Delta P - \Delta \Pi)$; в) $J_w = A (\Delta P - \beta \Delta \Pi)$; г) $J_w = K_{\text{прониц}} \Delta P$. где ΔP - разница давлений по обе стороны мембраны; A – коэффициент проницаемости для воды (или коэффициент гидродинамической проницаемости), $\Delta \Pi$ – осмотическое давление раствора, C_w коэффициент распределения (растворимости), D_w коэффициент диффузии растворителя в мембранном материале Δx – толщина активного слоя мембраны, V_w – объем, Δx – толщина мембраны. $K_{\text{прониц}}$ – константа проницаемости. β - коэффициент концентрационной поляризации																				
Выбор двух правильных ответов																					
11	Растворителем для ацетата целлюлозы при получении мембран осаждением путем погружения служат а) диметилформамид б) ацетон в) вода г) этанол																				
12	Полимерные мембраны для микрофльтрации могут быть приготовлены А) методом травления треков Б) методом инверсии фаз В) золь-гель методом Г) анодным окислением.																				
13	К процессам, движущей силой которых является градиент давления, относят А) обратный осмос Б) нанофльтрацию В) электродиализ Г) первапорацию																				
Вопрос на соответствие																					
14	Установите соответствие между мембранным процессом и движущей силой: <table border="1" data-bbox="288 943 1506 1048"> <tr> <td>а) градиент давления</td> <td>диализ</td> </tr> <tr> <td>б) градиент электрического потенциала</td> <td>обратный осмос</td> </tr> <tr> <td>в) градиент концентрации;</td> <td>мембранная дистилляция</td> </tr> <tr> <td>г) градиент температуры</td> <td>электродиализ</td> </tr> </table> Ответ <table border="1" data-bbox="288 1072 1506 1178"> <tr> <td>а) градиент давления</td> <td>обратный осмос</td> </tr> <tr> <td>б) градиент электрического потенциала</td> <td>электродиализ</td> </tr> <tr> <td>г) градиент температуры</td> <td>мембранная дистилляция.</td> </tr> <tr> <td>в) градиент концентрации</td> <td>диализ;</td> </tr> </table>	а) градиент давления	диализ	б) градиент электрического потенциала	обратный осмос	в) градиент концентрации;	мембранная дистилляция	г) градиент температуры	электродиализ	а) градиент давления	обратный осмос	б) градиент электрического потенциала	электродиализ	г) градиент температуры	мембранная дистилляция.	в) градиент концентрации	диализ;				
а) градиент давления	диализ																				
б) градиент электрического потенциала	обратный осмос																				
в) градиент концентрации;	мембранная дистилляция																				
г) градиент температуры	электродиализ																				
а) градиент давления	обратный осмос																				
б) градиент электрического потенциала	электродиализ																				
г) градиент температуры	мембранная дистилляция.																				
в) градиент концентрации	диализ;																				
15	Установите соответствие для характеристик и расчетных формул, применяемых для расчета мембранных модулей: q_f - скорость потока сырья, q_p – скорость потока пермеата, q_r – скорость потока ретентата, x_f - содержание растворенного вещества в сырьевом потоке, x_p – содержание растворенного вещества в пермеате, x_r – содержание растворенного вещества в ретентате. <table border="1" data-bbox="464 1279 1331 1413"> <thead> <tr> <th>Характеристика</th> <th>Формула для расчета</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Объемный баланс</td> <td>$q_f \cdot x_f = q_p \cdot x_p + q_r \cdot x_r$</td> </tr> <tr> <td>Материальный баланс</td> <td>$q_f = q_p + q_r$</td> </tr> <tr> <td>Степень снижения объема</td> <td>$s = (x_p \cdot q_p) / (x_f \cdot q_f)$</td> </tr> <tr> <td>Степень извлечения</td> <td>$Vr = q_f / q_r$</td> </tr> </tbody> </table> Ответ: <table border="1" data-bbox="464 1438 1331 1570"> <thead> <tr> <th>Характеристика</th> <th>Формула для расчета</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Объемный баланс</td> <td>$q_f = q_p + q_r$</td> </tr> <tr> <td>Материальный баланс</td> <td>$q_f \cdot x_f = q_p \cdot x_p + q_r \cdot x_r$</td> </tr> <tr> <td>Степень снижения объема</td> <td>$Vr = q_f / q_r$</td> </tr> <tr> <td>Степень извлечения</td> <td>$s = (x_p \cdot q_p) / (x_f \cdot q_f)$</td> </tr> </tbody> </table>	Характеристика	Формула для расчета	Объемный баланс	$q_f \cdot x_f = q_p \cdot x_p + q_r \cdot x_r$	Материальный баланс	$q_f = q_p + q_r$	Степень снижения объема	$s = (x_p \cdot q_p) / (x_f \cdot q_f)$	Степень извлечения	$Vr = q_f / q_r$	Характеристика	Формула для расчета	Объемный баланс	$q_f = q_p + q_r$	Материальный баланс	$q_f \cdot x_f = q_p \cdot x_p + q_r \cdot x_r$	Степень снижения объема	$Vr = q_f / q_r$	Степень извлечения	$s = (x_p \cdot q_p) / (x_f \cdot q_f)$
Характеристика	Формула для расчета																				
Объемный баланс	$q_f \cdot x_f = q_p \cdot x_p + q_r \cdot x_r$																				
Материальный баланс	$q_f = q_p + q_r$																				
Степень снижения объема	$s = (x_p \cdot q_p) / (x_f \cdot q_f)$																				
Степень извлечения	$Vr = q_f / q_r$																				
Характеристика	Формула для расчета																				
Объемный баланс	$q_f = q_p + q_r$																				
Материальный баланс	$q_f \cdot x_f = q_p \cdot x_p + q_r \cdot x_r$																				
Степень снижения объема	$Vr = q_f / q_r$																				
Степень извлечения	$s = (x_p \cdot q_p) / (x_f \cdot q_f)$																				

3.2. Кейс-задания

3.2.1 Шифр и наименование компетенции

ПКв-1 Способность оценивать эффективность новых технологий получения веществ и материалов и внедрять их в производство, находить оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами

Номер задания	Текст задания																														
16	<p>Первым крупномасштабным коммерческим применением мембранного газового разделения было разделение водорода и азота в потоках продувочного газа аммиака. При производстве аммиака с потоками азота и водорода в колонну синтеза аммиака (КС) в виде примесей поступают аргон и метан (рис.). Газовый поток, полученный в колонне синтеза, идет в конденсационную колонну, где аммиак конденсируется и удаляется в качестве целевого компонента. Примеси аргона и метана накапливаются в системе. Для поддержания концентрации этих компонентов на определенном уровне реактор необходимо непрерывно продувать, однако, при этом возможны потери водорода. В процессе, показанном на рис., для извлечения H₂ из потока продувки аммиачного реактора используется двухступенчатая мембранная система. Разделение процесса на два этапа позволяет достигать максимальной регенерации водорода при минимальных расходах. Состав потоков для разделения водорода и азота в потоках продувочного газа аммиака приведен в таблице. Эти данные необходимо использовать при решении кейс-заданий.</p> <p>Задание. 1. Поясните принцип работы системы. Для какого газа, азота, или водорода, мембраны в MM1 и MM2 наиболее проницаемы? 2. Среди потоков S-1, S-2, S-3, S-4 укажите пермеат, ретенат, питающий поток. При этом следует понимать, что поток S-1 является входящим в мембранный модуль; потоки S-3 и S-4, потоками, выходящими из мембранных модулей и прошедшими через мембрану; поток S-2 – потоком, выходящим из мембранного модуля и не прошедшим через мембрану. 3. Рассчитайте фактор удерживания азота (r_f) для мембранного модуля MM2. При этом поток S-2, следует считать потоком, выходящим из модуля, но не прошедшим через мембрану.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="335 795 1013 1153" style="width: 60%;"> </div> <div data-bbox="1021 795 1508 1153" style="width: 35%;"> <p style="text-align: right;"><i>Таблица</i></p> <p style="text-align: center;">Состав потоков для процесса производства аммиака</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Поток</th> <th>S-1</th> <th>S-3</th> <th>S-4</th> <th>S-2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Состав потока, (объемная доля, %)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Водород</td> <td>62,0</td> <td>87,3</td> <td>84,8</td> <td>21,0</td> </tr> <tr> <td>Азот</td> <td>21,0</td> <td>7,1</td> <td>8,4</td> <td>44,0</td> </tr> <tr> <td>Метан</td> <td>11,0</td> <td>3,6</td> <td>4,3</td> <td>23,0</td> </tr> <tr> <td>Аргон</td> <td>6,0</td> <td>2,0</td> <td>2,5</td> <td>13,0</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div> <p>Рис. Мембранная система для извлечения водорода из потока продувки аммиачного реактора: КС – колонна синтеза аммиака; КК – конденсационная колонна; MM1- мембранный модуль первой ступени; MM2 – мембранный модуль второй ступени; S-1 – S-4 потоки, состав которых указан в таблице.</p>	Поток	S-1	S-3	S-4	S-2	Состав потока, (объемная доля, %)					Водород	62,0	87,3	84,8	21,0	Азот	21,0	7,1	8,4	44,0	Метан	11,0	3,6	4,3	23,0	Аргон	6,0	2,0	2,5	13,0
Поток	S-1	S-3	S-4	S-2																											
Состав потока, (объемная доля, %)																															
Водород	62,0	87,3	84,8	21,0																											
Азот	21,0	7,1	8,4	44,0																											
Метан	11,0	3,6	4,3	23,0																											
Аргон	6,0	2,0	2,5	13,0																											
17	<p>В одностадийном процессе получения обогащенного кислородом воздуха используется композиционная мембрана с рабочим слоем на основе полидиметилсилоксана толщиной 1 мкм. Определите площадь поверхности мембраны, необходимой для получения потока 10 м³/ч, содержащего 30 % об. кислорода, если коэффициент проницаемости полидиметилсилоксана по кислороду 600 баррер; селективность по паре O₂ / N₂ равна 2,2; давление до мембраны 1 бар, после мембраны 0,2 бар. На рисунке покажите схему мембранного получения обогащенного кислородом воздуха и диаграмму потоков, входящих в модуль и покидающих его. Укажите, какой поток является целевым. Сырьевой поток – воздух, содержащий 21 % об. O₂ и 79 % об. N₂.</p> <p>Решение. Селективность – это отношение коэффициентов проницаемостей двух газов в одном и том же полимере. Для нашего случая селективность (α) может быть выражена следующим уравнением:</p> $\alpha(O_2 / N_2) = \frac{P_{O_2}}{P_{N_2}} = 2,2, \text{ где } P_{O_2} - \text{коэффициент проницаемости кислорода, } P_{N_2} - \text{коэффициент проницаемости азота в полидиметилсилоксане.}$ <p>Более высокий коэффициент проницаемости имеет кислород, значит, воздух, обогащенный кислородом – целевой поток – это поток пермеата. Запишем уравнения скорости потока газа (Q, м³/ч) и потока кислорода (J_{O₂}, м³·м⁻²·ч), прошедшего через мембрану (кислорода): Q_{O₂} = J_{O₂} · A,</p> <p>(1), J_{O₂} = $\frac{P_{O_2}}{l} (p_h x_f - p_1 x_p)$, (2), Q_i = q_p · x_p, (3), где A – площадь поверхности мембраны, м²; x_f – содержание кислорода в сырьевом потоке, мольные доли; x_p – содержание кислорода в пермеате, мольные доли; q_p –</p>																														

производительность по пермеату, м³/ч; P_{O_2} - коэффициент проницаемости по кислороду, м³·м/(м²·ч·Па); l - толщина рабочего слоя мембраны, м; P_h - давление до мембраны, Па; p_1 - давление после мембраны, Па.

По уравнению (2) рассчитаем поток кислорода (предварительно необходимо перевести традиционные единицы измерения для всех величин в метрическую систему мер): $J(O_2) = 0,243 \frac{M^3}{M^2 \cdot ч}$. Комбинируя уравнения (1) и (3)

определим площадь мембраны: $A = \frac{Q(O_2)}{J(O_2)} = \frac{x_p \cdot q_p}{J(O_2)} = \frac{0,3 \cdot 10}{0,243} = 12,3 \text{ м}^2$.

Схема мембранного получения обогащенного кислородом воздуха приведена на рис. 1.

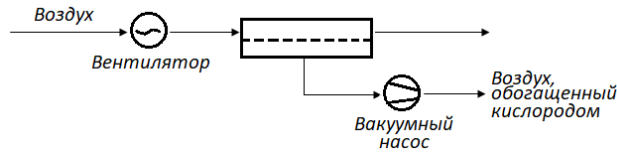


Рис. 1

Диаграмма потоков, входящих в модуль и покидающих его, приведена на рис. 2.

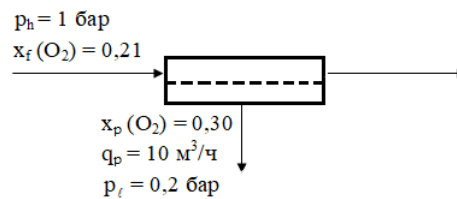


Рис. 2

Ответ: в данном процессе необходимо использовать мембрану площадью 12,3 м².

3.3. Задачи для контрольной работы

3.3.1 Шифр и наименование компетенции

ПКв-1 Способность оценивать эффективность новых технологий получения веществ и материалов и внедрять их в производство, находить оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами

Номер задания	Текст задания
18	<p>Что называют мембраной?</p> <p>Ответ. Мембрана – селективно проницаемый барьер между двумя фазами, через который осуществляется массоперенос, вызванный действием различных движущих сил.</p>
19	<p>Поясните принцип работы одностадийной системы с параллельно расположенными мембранными модулями.</p> <p>Ответ.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>При параллельном соединении аппаратов на каждый мембранный модуль в установке подается примерно равное количество исходной смеси одного и того же состава (рис. 10, б). Потоки пермеата и ретентата после обработки направляются в общие коллекторы. При изменении нагрузки, например, при ее уменьшении, часть модулей может быть отключена</p> </div> <div style="width: 45%; text-align: center;"> <p>б</p> </div> </div>
20	<p>Поясните принцип работы плоскостранного мембранного модуля.</p> <p>Ответ. Две плоские мембраны соединены в виде сэндвича так, что их стороны, омываемые сырьевым потоком, обращены друг к другу (рис.). В каждом элементе такого модуля присутствует разделительная прокладка из дренажного материала. Общая площадь рабочей поверхности мембран в модуле зависит от числа элементов: мембрана-прокладка-мембрана.</p> <div style="text-align: center;"> <p>Рис. Схема плоскостранного модуля</p> </div>

Номер задания	Текст задания														
21	<p>Что такое полволоконные мембраны? Ответ. Полволоконные мембраны – это мембраны в виде трубок с диаметром менее 0,5 мм.</p>														
22	<p>Сырьевой поток в процессе обратного осмоса содержит 150 мг/л. хлорида натрия. Содержание соли в пермеате 3 мг/л. Рассчитайте коэффициент задержания R. Различием между концентрацией вблизи мембраны и в объеме газового потока пренебречь как для сырья, так и пермеата. Решение. Коэффициент задержания, R - параметр, определяемый как разность единицы и отношения локальных концентраций i-го компонента до (C_{iu}) и после мембраны (C_{id}). $R = 1 - (C_{id}/C_{iu})$. $R = 1 - 3/150 = 0,98$ или 98 %.</p>														
23	<p>Что такое продольное перемешивание? Как можно уменьшить влияние этого фактора? Ответ. Продольное перемешивание. Состав раствора сырьевого потока и пермеата вдоль мембраны не является одинаковым (имеется определенный концентрационный профиль) в связи с перераспределением компонентов в процессе разделения. В итоге возникает перенос вещества в продольном направлении, что ведет к выравниванию концентрации вдоль канала. Уменьшить такое воздействие можно путем увеличения скорости потока в узком канале.</p>														
24	<p>В модуль, работающий в режиме идеального смешения, подается поток со скоростью 5 м³/ч. Концентрация вещества в сырьевом потоке равна 10 г/дм³. В пермеате концентрация составляет 1 г/дм³, а скорость потока равна 4 м³/ч, скорость потока ретентата 1 м³/ч. Определите концентрацию ретентата Решение. $5 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot 10 \text{ г/дм}^3 = 4 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot 1 \text{ г/дм}^3 + 1 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot X$ $X = 46 \text{ г/дм}^3$ Ответ. Концентрация ретентата 46 г/дм³</p>														
25	<p>Что такое концентрационная поляризация? Что способствует уменьшению эффекта концентрационной поляризации? Ответ. Концентрационная поляризация связана с увеличением концентрации растворенного вещества внутри граничного слоя, прилегающего к мембране, или наоборот, истощением граничного слоя по растворенному веществу. Концентрационная поляризация приводит к уменьшению движущей силы процесса в связи с ухудшением переноса растворенного вещества или растворителя через мембрану. Для уменьшения эффекта концентрационной поляризации необходимо создавать высокую продольную скорость течения в мембранном канале или вводить в канал спейсеры (турбулизаторы).</p>														
26	<p>Опишите процесс, показанный на рис.</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;">  <p>Рис.</p> </div> <div style="flex: 1; padding-left: 20px;"> <p>Ответ. На рис. показан электролиз для проведения реакции необратимого гидролиза солей, образованных сильной кислотой и сильным основанием, которая обычно не протекает: $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4$. Катодный процесс дает водород и щелочь, на аноде окисляется вода с образованием кислоты и кислорода. Сульфат-ионы вместе с оставшимися в растворе после анодного окисления воды водородными ионами дают один из конечных продуктов – серную кислоту, а вторым продуктом является щелочь, образовавшаяся в катодной камере.</p> </div> </div>														
27	<p>В электролизной ячейке получена следующая вольт-амперная характеристика для некоторой мембраны, контактирующей с 0,15 моль/дм³ раствором NaCl при 25 °С:</p> <table border="1" data-bbox="475 1328 1345 1384"> <thead> <tr> <th>I, mA/cm²</th> <th>4</th> <th>8</th> <th>12</th> <th>16</th> <th>20</th> <th>24</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>V, В</th> <td>0,03</td> <td>0,07</td> <td>0,11</td> <td>0,21</td> <td>0,51</td> <td>0,85</td> </tr> </tbody> </table> <p>Определите предельную плотность тока. Что такое предельная диффузионная плотность тока? Что такое предельное состояние при электролизе? Решение.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Величина предельной плотности тока имеет значение, близкое к 15 mA/cm². Предельное состояние на мембранах достигается в том случае, когда концентрация электролита вблизи мембраны практически равна нулю (плотность тока, соответствующая такому состоянию, называется предельной диффузионной).</p>	I, mA/cm ²	4	8	12	16	20	24	V, В	0,03	0,07	0,11	0,21	0,51	0,85
I, mA/cm ²	4	8	12	16	20	24									
V, В	0,03	0,07	0,11	0,21	0,51	0,85									

3.4 Темы рефератов

3.4.1 Шифр и наименование компетенции

ПКв-1 Способность оценивать эффективность новых технологий получения веществ и материалов и внедрять их в производство, находить оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами

Номер вопроса (задачи, задания)	Текст вопроса (задачи, задания)
28	Способы получения гетерогенных ионообменных мембран
29	Получение гомогенных ионообменных мембран
30	Получение мембран для обратного осмоса
31	Получение мембран для процессов газоразделения
32	Неорганические мембраны для баромембранных процессов
33	Модифицирование ионообменных мембран для получения заряд-селективных образцов
34	Получение биполярных ионообменных мембран
35	Метод инверсии фаз при получении мембранных материалов
36	Метод удаления растворителя при получении мембран

3.5 Собеседование (зачет, защита лабораторных работ)

3.5.1 Шифр и наименование компетенции

ПКв-1 Способность оценивать эффективность новых технологий получения веществ и материалов и внедрять их в производство, находить оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами

Номер вопроса (задачи, задания)	Текст вопроса (задачи, задания)
37	Классификация мембранных процессов
38	Классификация мембран
39	Неорганические мембраны: материалы, применение
40	Полимеры как мембранные материалы
41	Концентрационная поляризация
42	Микрофильтрация: мембраны, параметры и применение
43	Ультрафильтрация: мембраны, параметры и применение
44	Обратный осмос: мембраны, параметры и применение
45	Газоразделение: движущие силы, типы мембран, объекты разделения, области применения
46	Диализ: движущие силы, типы мембран, объекты разделения, области применения
47	Электродиализ: движущие силы, типы мембран, объекты разделения, области применения
48	Мембранные модули. Режимы работы модулей.
49	Мембранные методы очистки сточных вод неорганического производства.
50	Мембранный катализ и его использование в мембранных реакторах.

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

Процедуры оценивания в ходе изучения дисциплины знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, регламентируются положениями:

- П ВГУИТ 2.4.03 Положение о курсовых экзаменах и зачетах;
- П ВГУИТ 4.1.02 Положение о рейтинговой оценке текущей успеваемости, а также методическими указаниями

5. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания для каждого результата обучения по дисциплине/практике

Результаты обучения по этапам формирования компетенций	Предмет оценки (продукт или процесс)	Показатель оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	Шкала оценивания		
				Академическая оценка	Уровень освоения компетенции	
ПКе-1 Способность оценивать эффективность новых технологий получения веществ и материалов и внедрять их в производство, находить оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами						
<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механизм и кинетические закономерности протекания химических и сорбционных процессов в процессе мембранной обработки веществ; – основные производственные схемы модулей мембранных процессов; – технологическое и аппаратное оформление процессов в мембранной технологии; - мембранные процессы получения, разделения и очистки веществ; - характеристики применяемых мембран; – свойства полученных продуктов производства и область их применения; – технологическое обоснование изучаемых процессов; 	Тестовые задания	Результат тестирования	60-100% правильных ответов	зачтено	Освоена (повышенный, базовый)	
			0-59,99% правильных ответов	не зачтено	не освоена (недостаточный)	
	Собеседование (зачет, защита лабораторных работ)	Уровень владения материалом	Обучающийся неполно или непоследовательно раскрыл содержание материала, но показал общее понимание вопроса, недостаточно правильные формулировки базовых понятий	зачтено	освоена (повышенный, базовый)	
			Обучающийся не раскрыл содержание материала, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины	не зачтено	не освоена (недостаточный)	
	Реферат	Содержание и защита реферата	Работа выполнена самостоятельно, представлен достаточный объем материала по заданной теме; при защите реферата студентом продемонстрирован высокий уровень наличия теоретических знаний,	зачтено	Освоена (базовый, повышенный)	
			Работа выполнена самостоятельно, но представлен недостаточный объем материала по заданной теме; при защите реферата студентом продемонстрирован низкий уровень наличия теоретических знаний. представлен недостаточный объем материала по заданной теме	не зачтено	не освоена (недостаточный)	
	Умеет: – обосновать и выбрать мембранный метод получения веществ с заданными свойствами, очистки и разделения применительно к решаемой проблеме; – обосновать и выбрать мембрану с заданными свойствами для осуществления требуемого процесса получения, очистки или разделения веществ – оценивать эффективность процессов мембранного получения, разделения и очистки веществ;	Контрольная работа	Содержание решения задач контрольной работы	Студент самостоятельно решил задания предложенной контрольной работы	зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
				Студент не решил предложенные задания контрольной работы	не зачтено	не освоена (недостаточный)
<p>Владеет: – навыками расчета производительности аппаратов, применяемых для мембранного синтеза, очистки и разделения;</p> <ul style="list-style-type: none"> – основами составления материальных балансов мембранных процессов – навыками оценки эффективности и надежности оборудования процессов мембранного получения, разделения и очистки веществ; – навыками оценки эффективности и устойчивости применяемых мембранных материалов; 	Кейс-задания	Содержание решения кейс-задачи	Обучающийся разобрался в предложенной конкретной ситуации, самостоятельно решил поставленную задачу на основе теоретических знаний	зачтено	Освоена (базовый, повышенный)	
			Обучающийся не решил поставленную задачу, не предложил вариантов решения	не зачтено	не освоена (недостаточный)	