

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ
КАФЕДРА МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 2

от 26.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
МЕМБРАННЫЕ МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.03.01 Прикладные математика и физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
8	2	72	12	12	0		21	0	Э
Итого	2	72	12	12	0	0	21	0	

АННОТАЦИЯ

Целями освоения учебной дисциплины является ознакомление студентов с основами теории мембранного разделения жидкостей, областями применения мембранных процессов, методами конструирования и расчета мембранных установок.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины является ознакомление студентов с основами теории мембранного разделения жидкостей, областями применения мембранных процессов, методами конструирования и расчета мембранных установок.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Данный курс позволяет студенту понять прикладное значение мембранных процессов и занимает важное место в освоение практических методик расчета мембранных систем, возникающих в научно исследовательской и работе. Наряду со знаниями основных теории мембранного разделения газов и жидкостей: баромембранные процессы, осмотическое разделение, мембранный электролиз, мембранная дистилляция, первапорация, теории расчета мембранных систем, студенты получают практические навыки расчета мембранных модулей для решения прикладных задач.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
Участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых	Природные и социальные явления и процессы	ПК-3.1 [1] - Способен применять физико-теоретические концепции, аналитические методы, методы обработки экспериментальных данных в области	З-ПК-3.1[1] - Знать физико-теоретические концепции, аналитические методы, методы обработки экспериментальных данных в области

<p>процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации</p>		<p>физики кинетических явлений</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011, 40.044, 40.104</p>	<p>физики кинетических явлений; У-ПК-3.1[1] - Уметь применять физико-теоретические концепции, аналитические методы, методы обработки экспериментальных данных в области физики кинетических явлений; В-ПК-3.1[1] - Владеть аналитическими методами, методами обработки экспериментальных данных в области физики кинетических явлений</p>
<p>Участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации</p>	<p>Природные и социальные явления и процессы</p>	<p>ПК-3.2 [1] - Способен применять методы математической и теоретической физики, методы математического и компьютерного моделирования процессов в области физики кинетических явлений</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011, 40.044, 40.104</p>	<p>З-ПК-3.2[1] - Знать методы математической и теоретической физики, методы математического и компьютерного моделирования процессов в области физики кинетических явлений; У-ПК-3.2[1] - Уметь применять методы математической и теоретической физики, методы математического и компьютерного моделирования процессов в области физики кинетических явлений; В-ПК-3.2[1] - Владеть методами математической и теоретической физики, методами математического и компьютерного моделирования процессов в области</p>

			физики кинетических явлений
Выбор методов и подходов к решению поставленной научной проблемы, формулировка математической модели явления, аналитические и численные расчеты	Модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально - экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса	ПК-4 [1] - Способен критически оценивать применяемые методики и методы исследования <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.044, 40.104	3-ПК-4[1] - Знать основные методики и методы исследования в сфере своей профессиональной деятельности ; У-ПК-4[1] - Уметь анализировать и критически оценивать применяемые методики и методы исследования.; В-ПК-4[1] - Владеть навыками выбора и критической оценки применяемых методик и методов исследования в сфере своей профессиональной деятельности

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности

		<p>ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.</p>
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)</p>	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для: - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок</p>

		<p>появления тех или иных открытий и теорий.</p>
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22)</p>	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.</p>
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности и аккуратности в работе с опасными веществами и при требованиях к нормам высокого класса чистоты (B35)</p>	<p>1.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин «Введение в специальность», «Введение в технику физического эксперимента», «Измерения в микро- и нанoeлектронике», «Информационные технологии</p>

		<p>в физических исследованиях», «Экспериментальная учебно-исследовательская работа» для:</p> <ul style="list-style-type: none">- формирования навыков безусловного выполнения всех норм безопасности на рабочем месте, соблюдении мер предосторожности при выполнении исследовательских и производственных задач с опасными веществами и на оборудовании полупроводниковой промышленности, а также в помещениях с высоким классом чистоты посредством привлечения действующих специалистов полупроводниковой промышленности к реализации учебных дисциплин и сопровождению проводимых у студентов практических работ в этих организациях, через выполнение студентами практических и лабораторных работ, в том числе с использованием современных САПРов для моделирования компонентной базы электроники, измерительного и технологического оборудования на кафедрах, лабораториях и центрах ИНТЭЛ; 2.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин «Спецпрактикум по физике наносистем», «Спецпрактикум по нанотехнологиям», «Специальный практикум по физике наносистем», «Современные проблемы физики конденсированных сред (спецсеминар)», «Экспериментальные методы исследования наноструктур (спецсеминар)», для: - формирования профессиональной коммуникации в научной среде; - формирования
--	--	--

		<p>разностороннего мышления и тренировки готовности к работе в профессиональной и социальной средах полупроводниковой промышленности - формирования умений осуществлять самоанализ, осмысливать собственные профессиональные и личностные возможности для саморазвития и самообразования, в целях постоянного соответствия требованиям к эффективным и прогрессивным специалистом для разработок новых материалов и устройств по направлениям, связанным с СВЧ электроникой, микро- и нанопроцессорами, оптическими модуляторами и применением новых материалов в наноэлектронных компонентах через организацию практикумов в организациях по разработке и производству полупроводниковых изделий, использование методов коллективных форм познавательной деятельности, ролевых заданий, командного выполнения учебных заданий и защиту их результатов.</p>
--	--	---

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	8 Семестр						

1	Часть 1	1-8	6/6/0		25	УО-8	З-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1, З-ПК-3.2, У-ПК-3.2, В-ПК-3.2, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4
2	Часть 2	9-15	6/6/0		25	УО-15	З-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1, З-ПК-3.2, У-ПК-3.2, В-ПК-3.2, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		12/12/0		50		
	Контрольные мероприятия за 8 Семестр				50	Э	З-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-

							3.1, 3-ПК- 3.2, У- ПК- 3.2, В- ПК- 3.2, 3-ПК- 4, У- ПК-4, В- ПК-4
--	--	--	--	--	--	--	---

* – сокращенное наименование формы контроля

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

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
УО	Устный опрос
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Неделя	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>8 Семестр</i>	12	12	0
1-8	Часть 1	6	6	0
1 - 3	Области применения мембранной технологии и ее преимущества Классификация и перспективы развития мембранной технологии. Понятие о мембранологии. Современное состояние мембранных методов разделения и очистки веществ. Определение мембраны. Классификация мембран и методы их получения. Органические и неорганические мембраны. Жидкие и квазижидкие мембраны. Структура мембран. Требования, предъявляемые к мембранам. Технология получения пленочных и полволоконных мембран. Мембранные элементы и модули.	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
4 - 8	Мембранные методы разделения жидких смесей Основные типы баромембранных методов очистки жидкостей. Ультрафильтрация и микрофильтрация. Основные факторы, влияющие на процесс. Мембраны, аппараты и установки для баромембранных процессов очистки жидкостей. Применение ядерных фильтров для микрофильтрации и прецизионного разделения	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0

	коллоидных растворов. Обратный осмос. Механизм обратноосмотического разделения. Особенности обратноосмотических мембран. Влияние параметров рабочего режима на процесс. Низконапорный обратный осмос. Технологические аспекты использования обратноосмотических процессов.			
9-15	Часть 2	6	6	0
9 - 12	Промышленное применение мембранных технологий Конструкции электродиализных аппаратов. Мембранный электролиз. Назначение мембранных методов разделения жидких смесей. Первапорация. Модель проникания жидкости через полимерную мембрану. Влияние технологических параметров процесса на селективность и проницаемость мембраны. Конструкции мембранных первапорационных устройств. Мембранная дистилляция, ее физико-химические основы. Способы реализации процесса. Области применения мембранной дистилляции. Промышленное применение мембранных установок. Использование мембранной технологии для решения экологических проблем. Применения мембран в медицине и биотехнологии.	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 15	Новые направления мембранных технологий Мембранные методы в аналитической химии. Новейшие разработки в области мембранной технологии. Мембранный катализ. Мембранные биореакторы. Наноструктурированные мембранные материалы. Композитные мембраны с внедренными наночастицами. Механизмы транспорта жидкостей и газов в композитных мембранах. Методы исследования структуры и свойств низкоразмерных мембранных материалов: критические условия протекания жидкостей в нанопористых полимерных материалах (НПМ); транспорт жидкостей в НПМ. Применение композитных мембран в технологиях нанофильтрации и первапорации.	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ СЕМИНАРОВ

Недели	Темы занятий / Содержание
--------	---------------------------

	<i>8 Семестр</i>
1 - 3	Тема 1 Области применения мембранной технологии и ее преимущества
4 - 8	Тема 2 Мембранные методы разделения жидких смесей
9 - 12	Тема 3 Промышленное применение мембранных технологий
13 - 15	Тема 4 Новые направления мембранных технологий

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Курс реализует компетентностный подход и предусматривает широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (компьютерные практикумы, разбор домашних заданий, система контрольно-измерительных материалов, включая тесты) а также, проведение занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

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

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-3.1	З-ПК-3.1	Э, УО-8, УО-15
	У-ПК-3.1	Э, УО-8, УО-15
	В-ПК-3.1	Э, УО-8, УО-15
ПК-3.2	З-ПК-3.2	Э, УО-8, УО-15
	У-ПК-3.2	Э, УО-8, УО-15
	В-ПК-3.2	Э, УО-8, УО-15
ПК-4	З-ПК-4	Э, УО-8, УО-15
	У-ПК-4	Э, УО-8, УО-15
	В-ПК-4	Э, УО-8, УО-15

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Г80 Исследование оптических свойств наноразмерных структур в жидкости : учебно-методическое пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
2. ЭИ В 93 Математическое и физическое моделирование потенциальных течений жидкости : , Санкт-Петербург: Лань, 2022
3. ЭИ М 79 Механика жидкости и газа : , Санкт-Петербург: Лань, 2022
4. 620 Б43 Исследование проницаемости жидкостей через нанопористые мембраны при повышенных давлениях : лабораторная работа, А. А. Белогорлов, А. М. Грехов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2010

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 620 Б43 Исследование нанопористых материалов методом жидкостной порометрии : лабораторная работа, А. А. Белогорлов, А. М. Грехов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

При изучении курса студенту необходимо усвоить основные теории мембранного разделения газов и жидкостей: баромембранные процессы, осмотическое разделение, мембранный электролиз, мембранная дистилляция, перапорация, теории расчета мембранных систем. В общем случае, при описании процессов селективного переноса, мембрану рассматривают как искусственную границу между двумя фазами, при переносе через которую происходит изменение состава жидкости или газа. Скорость массопереноса определяется физическими и химическими свойствами мембраны, структурой мембраны, свойствами переносимой фазы и величиной движущей силы. Мембранные процессы классифицируют по нескольким признакам:

- Физическое состояние и химический состав разделяемых фаз (жидкость (Ж), газ (Г))
- Вид движущих сил (давление (Р), концентрация (С), температура (Т))
- Размер молекул разделяемых компонент
- Принцип разделения компонент
- Химическая природа мембраны (полимерная, неорганическая)
- Характеристики пористого пространства мембран

Для решения прикладных задач прикладных задач мембранного разделения жидкостей и газов необходимо уметь определять наиболее эффективный метод разделения, производить расчет параметров мембраны, параметров процесса. Результатом данного проектирования должна являться модель мембранного модуля с требуемой эффективностью разделения.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

При изучении курса студенту необходимо усвоить основные теории мембранного разделения газов и жидкостей: баромембранные процессы, осмотическое разделение, мембранный электролиз, мембранная дистилляция, перапорация, теории расчета мембранных систем. В общем случае, при описании процессов селективного переноса, мембрану рассматривают как искусственную границу между двумя фазами, при переносе через которую происходит изменение состава жидкости или газа. Скорость массопереноса определяется физическими и химическими свойствами мембраны, структурой мембраны, свойствами переносимой фазы и величиной движущей силы. Мембранные процессы классифицируют по нескольким признакам:

- Физическое состояние и химический состав разделяемых фаз (жидкость (Ж), газ (Г))
- Вид движущих сил (давление (Р), концентрация (С), температура (Т))
- Размер молекул разделяемых компонент
- Принцип разделения компонент
- Химическая природа мембраны (полимерная, неорганическая)
- Характеристики пористого пространства мембран

Для решения прикладных задач прикладных задач мембранного разделения жидкостей и газов необходимо уметь определять наиболее эффективный метод разделения, производить расчет параметров мембраны, параметров процесса. Результатом данного проектирования должна являться модель мембранного модуля с требуемой эффективностью разделения.

В помощь лектору рекомендуется использовать литературу:

Основная

1. 62 М90 Мулдер. М. Введение в мембранную технологию, М: МИР, 1999
2. 62 Л12 Лагунцов Н.И. Лаб. работа “Изучение процесса мембранной дистилляции”- М.:МИФИ, 1999
3. 530 Л22 Ландау Л.Д., Лившиц Е.М., Т.6. Гидродинамика, М., Наука, 1986
- 4 532 Л72 Лойцянский Л.Г., Механика жидкости и газа, М., Дрофа, 2003

Необходимо дать возможность студентам усвоить основы теории мембранного разделения газов и жидкостей: баромембранные процессы, осмотическое разделение, мембранный электролиз, мембранная дистилляция, перапорация, теории расчета мембранных систем, студенты получают практические навыки расчета мембранных модулей для решения прикладных задач. При изложении курса необходимо придерживаться тематического плана, сопровождая весь теоретический материал решением задач на данные темы. Последовательность изложения материала:

1. Охарактеризовать области применения мембранной технологии и ее преимущества. Ввести классификацию и оценить перспективы развития мембранной технологии. Ввести основные понятия мембранологии. Рассмотреть современное состояние мембранных методов разделения и очистки веществ.

2. Ввести физическое и математическое определение мембраны. Обосновать классификацию мембран. Описать методы получения мембран. Дать описание жидких и квазижидких мембраны. Ввести характеристики структуры мембран и требования, предъявляемые к мембранам. Дать описание технология получения пленочных и полволоконных мембран. Описать основные методы конструирования и расчета мембранных элементов и модулей.

3. Описать основные типы баромембранных методов очистки жидкостей. Детально описать принципы ультрафильтрация и микрофильтрация. Дать классификацию мембран, аппаратов и установок для баромембранных процессов очистки жидкостей. Разобрать условия применения ядерных фильтров для микрофильтрации и прецизионного разделения коллоидных растворов.

4. Определить физический смысл обратного осмоса. Описать механизм обратноосмотического разделения. Детально рассмотреть особенности обратноосмотических мембран. Проиллюстрировать влияние параметров рабочего режима на процесс обратноосмотического разделения. Показать методы расчета низконапорного обратного осмоса (нанофильтрация). Рассмотреть технологические аспекты использования обратноосмотических процессов.

5. Определить назначение мембранных методов разделения жидких смесей. Описать принципы перапарации. Рассмотреть модель проникания жидкости через полимерную мембрану. Дать описание влияния технологических параметров процесса на селективность и проницаемость мембраны. Рассмотреть конструкции мембранных перапарационных устройств. Разобрать физико-химические основы мембранной дистилляции. Описать области применения мембранной дистилляции.

6. Дать обзор основных видов электромембранных процессов. Описать физические принципы электродиализа. Показать конструкции электродиализных аппаратов. Определить принципы мембранного электролиза.

7. Рассмотреть параметры селективности пористых и непористых газоразделительных мембран. Описать типы мембранных элементов и модулей. Определить математические модели процесса разделения в мембранных модулях. Дать описание технологических схем мембранного газоразделения. Описать принципы активных мембранных систем.

8. Рассмотреть промышленные способы применения мембранных установок. Дать описание методов мембранной технологии для решения экологических проблем. Рассмотреть применения мембран в медицине, биотехнологии, в аналитической химии. Представить новейшие разработки в области мембранной технологии. Разобрать принципы мембранного катализа.

Автор(ы):

Грехов Алексей Михайлович, к.ф.-м.н.

Рецензент(ы):

Волков Владимир Васильевич