

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
аналитической химии



Т.В. Елисеева

24.04.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.02.01 Мембранные методы разделения

Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

04.04.01 Химия

2. Профиль подготовки/специализация:

Физическая химия

3. Квалификация выпускника: магистр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: 1002 аналитической химии

6. Составители программы: Елисеева Татьяна Викторовна, к.х.н., доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

7. Рекомендована: НМС химического факультета № 4 от 11.04.2024

(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола,

отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: 2024 / 2025

Семестр: 2

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью освоения учебной дисциплины является:

– формирование знаний по физико-химическим основам и применению мембранных методов разделения на основе имеющихся представлений, полученных в ходе изучения общих курсов аналитической, физической и коллоидной химии, химии высокомолекулярных соединений.

Задачи учебной дисциплины:

- ознакомить учащихся с основными аспектами теории мембранных процессов разделения, типами используемых мембран и их свойствами;
- ознакомить учащихся со способами изготовления и определения характеристик мембран;
- изучить явления транспорта в мембранах различных типов;
- изучить классификацию мембранных методов разделения, принципы конструирования мембранных модулей, установок и организации процессов;
- дать представления о задачах и сферах применения мембранных методов.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: (обязательная часть или часть, формируемая участниками образовательных отношений (вариативная) блока Б1, к которой относится дисциплина; требования к входным знаниям, умениям и навыкам; дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей))

Б1.В. Вариативная часть.

Требования к входным знаниям, умениям и навыкам: базовые знания фундаментальных разделов физики, неорганической, физической, аналитической, органической, коллоидной химии и химии высокомолекулярных соединений, физикохимии поверхностных явлений, навыки практической работы в области физики и химии, владение математическими методами обработки результатов физико-химического эксперимента, теорией и практикой ионного обмена.

Дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей: Физикохимия процессов адсорбции, Основы метрологии и хемометрики, Графо-кинетический анализ многостадийных процессов.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК – 1	Способен проводить сбор, систематизацию и критический анализ научной, технической и патентной информации, необходимой для решения исследовательских задач химической направленности	ПК - 1.1	Обеспечивает сбор научной, технической и патентной информации по тематике исследовательского проекта	Знать: основные аспекты теории мембранных методов, информацию о типах мембран и их свойствах, способах изготовления и определения характеристик мембран, области использования различных мембранных методов в аналитической химии и технологии. Уметь: Осуществлять сбор научной, технической и патентной информации о мембранных методах для решения задач разделения, концентрирования, фракционирования, в том числе в соответствии с темой магистерской диссертации. Владеть: теоретическими принципами конструирования мембранных модулей, установок и организации

				процессов разделения на основе полученных знаний и собранной научной информации.
		ПК - 1.2	Составляет аналитический обзор собранной научной, технической и патентной информации по тематике исследовательского проекта	Знать: основные принципы устройства и работы мембранных модулей, установок и организации процессов разделения и концентрирования в соответствии с поставленными задачами определенного проекта. Уметь: Составить аналитический обзор научной, технической и патентной информации по состоянию и использованию мембранного метода, применению мембранных установок при решении задач разделения, концентрирования, извлечения ценных компонентов, в том числе в соответствии с темой магистерской диссертации. Владеть: основными навыками анализа данных литературы, экспериментальных данных, патентной информации по мембранным методам разделения.
ПК - 3	Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в области физической химии	ПК - 3.1	Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными	Знать: основные классические и современные представления о строении и физико-химических свойствах мембран различного типа, а также о принципах организации различных мембранных процессов. Уметь: Провести экспериментальную работу с использованием изученных мембранных методов разделения и соответствующих расчетов, проанализировать полученные данные и сопоставить их с данными литературы. Владеть: классическими подходами к описанию процессов переноса в мембранах, различными методами мембранного разделения, в том числе для использования в магистерской диссертации.
		ПК - 3.2	Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов	Знать: Области и перспективы применения мембранных методов, основные направления в исследованиях мембранных процессов различного типа, а также принципы функционирования современных мембранных установок. Уметь: использовать современную аппаратуру для проведения разделения компонентов при выполнении исследований, в том числе по теме магистерской диссертации; выбрать мембранный метод и применить соответствующую установку для решения конкретной задачи. Владеть: методологией оценки физико-химических характеристик мембран различного типа с использованием инструментальных методов; навыками работы с ячейками для мембранных процессов, подходами к анализу экспериментальных результатов и их практическому применению.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. (в соответствии с учебным планом) – 4/144 (2 семестр - 4/144).

Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен) – 2 семестр - экзамен.

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			2 семестр
Аудиторные занятия		54	54
в том числе:	лекции	18	18
	практические	-	-
	лабораторные	36	36
Самостоятельная работа		54	54
в том числе курсовая работа		-	-
Форма промежуточной аттестации (экзамен 36 часов)		36	36
Итого:		144	144

13.1. Содержание дисциплины

2 семестр

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Мембраны и мембранные методы разделения: общие понятия, классификация методов.	Мембраны и мембранные процессы. Типы мембран. Классификация мембранных методов разделения. Области использования мембранных методов.	-
1.2	Мембранные методы, основанные на процессах, движущей силой которых является градиент химического потенциала	Газоразделение на непористых мембранах, мембраны для газоразделения, применение газоразделения. Первапорация: термодинамическое описание процесса, техническая реализация процесса, применение. Диализ. Доннановский диализ. Нейтрализационный диализ. Принципы и основы методов. Применение.	-
1.3	Электромембранные методы. Полимерные ионообменные мембраны. Основные характеристики.	Электромембранные процессы: мембранный электролиз, электродиализ, электродиализ с биполярными мембранами, электродеионизация. Понятие о реверсивном электродиализе.	ЭУМК https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=16091
1.4	Баромембранные методы	Баромембранные процессы: микрофльтрация, ультрафльтрация, нанофльтрация, обратный осмос.	-
1.5	Основы использования различных мембранных методов в	Баромембранные методы в водоподготовке. Типы микрофльтрационных модулей. Задачи ультрафльтрации и нанофльтрации в	ЭУМК https://edu.vsu.ru/course/

	водоподготовке.	водоподготовке. Что такое мембранный биореактор? Обратный осмос и электродиализ как методы обессоливания вод. Метод прямого осмоса. Мембранная дегазация. Мембранные контакторы. Получение ультрачистой воды методом электродеионизации.	view.php?id=16091
3. Лабораторные работы			
3.1	Мембраны и мембранные методы разделения: общие понятия, классификация.	Техника безопасности в лаборатории мембранных процессов. Лабораторная работа №1. Определение полной обменной емкости и влагосодержания ионообменных мембран методом гравиметрии.	-
3.2	Мембранные методы, основанные на процессах, движущей силой которых является градиент химического потенциала	Лабораторная работа №2. Изучение диффузионной проницаемости ионообменной мембраны по отношению к алифатической аминокислоте.	-
3.3	Электромембранные методы. Полимерные ионообменные мембраны. Основные характеристики.	Лабораторная работа №3. Разделение аминокислоты и минеральной соли методом электродиализа. Лабораторная работа №4. Глубокое обессоливание воды (модельного раствора минеральной соли) методом электродеионизации. Лабораторная работа №5. Получение лизина-основания из лизина гидрохлорида методом электродиализа с биполярными мембранами.	-
3.4	Баромембранные методы	Лабораторная работа №6. Моделирование процесса деминерализации природной воды методом обратного осмоса.	-
3.5	Основы использования различных мембранных методов в водоподготовке.	Лабораторная работа №7. Моделирование процесса глубокого обессоливания воды методом электродеионизации.	-

* заполняется, если отдельные разделы дисциплины изучаются с помощью онлайн-курса. В колонке Примечание необходимо указать название онлайн-курса или ЭУМК. В других случаях в ячейки ставятся прочерки.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

2 семестр

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Мембраны и мембранные методы: общие понятия, классификация.	2	0	4	6	12
2	Мембранные методы, основанные на процессах, движущей силой которых является градиент химического потенциала	2	0	6	10	18
3	Электромембранные методы. Полимерные ионообменные мембраны. Основные характеристики.	6	0	18	12	36
4	Баромембранные методы.	6	0	2	18	26
5	Основы использования	2	0	6	8	16

	различных мембранных методов в водоподготовке.					
	Итого:	18	0	36	54	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: указание наиболее сложных разделов, работа с конспектами лекций, презентационным материалом, рекомендации по выполнению курсовой работы, по организации самостоятельной работы по дисциплине и др)

Основными учебными материалами при освоении дисциплины «Мембранные методы разделения» являются конспекты лекций, основная литература, приведенная в настоящей Программе, а также дополнительная литература для самостоятельной работы учащихся. Для успешного освоения дисциплины курсом предусмотрены следующая форма текущей аттестации: доклады с обсуждением. Самостоятельная работа по изучению дисциплины проводится с использованием рекомендуемого списка литературы и электронных ресурсов, указанных в разделе 15в.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Мембраны и мембранные технологии / отв. ред. А. Б. Ярославцев. – М. : Научный мир, 2013. – 612 с. – ISBN 978-5-91522-366-9.
2	Елисеева Т. В. Мембранные методы в процессах извлечения и разделения компонентов жидких сред / Т. В. Елисеева, А. Ю. Харина; Воронежский государственный университет. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2020. – 115 с. – ISBN 978-5-9273-3012-6

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Мулдер, М. Введение в мембранную технологию / М. Мулдер ; пер. с англ. А. Ю. Алентьева, Г. П. Ямпольской ; под ред. Ю. П. Ямпольского, В. П. Дубяги. – М. : Мир, 1999. – 513 с. ISBN 5-03-003114-6.
4	Хванг, С.-Т. Мембранные процессы разделения / С.-Т Хванг, К. М. Каммермайер ; пер. с англ. Е. П. Моргуновой, Ю. Н. Жилина ; под ред. Ю. И. Дытнерского. – М. : Химия, 1981. – 464 с. : ил.
5	Брык, М. Т. Ультрафильтрация / М. Т. Брык, Е. А. Цапюк. – Киев : Наукова думка, 1989. – 288 с. : ил. – Библиогр.: с. 273-286. ISBN 5-12-000736-8.
6	Дытнерский, Ю. И. Мембранное разделение газов / Ю. И. Дытнерский, В. П. Брыков, Г. Г. Каграманов. – М. : Химия, 1991. – 344 с. : ил. – Библиогр.: с. 334-344. ISBN 5-7245-0293-3.
7	Заболоцкий, В. И. Перенос ионов в мембранах / В. И. Заболоцкий, В. В. Никоненко. – М. : Наука, 1996. – 392 с. : ил. – Библиогр.: с. 353-388. ISBN 5-02-001677-2.
8	Тимашев, С. Ф. Физикохимия мембранных процессов / С. Ф. Тимашев. – М. : Химия, 1988. – 240 с. – Библиогр.: с. 211-240. ISBN 5-7245-0119-8.
9	Свитцов, А. А. Введение в мембранную технологию / А. А. Свитцов. – М. : ДеЛи принт, 2007. – 207 с. : ил. – ISBN 978-5-94343-125-8.
10	Лейкин Ю. А., Физико-химические основы синтеза полимерных сорбентов / Ю. А. Лейкин. - М. : БИНОМ, 2011. - 413 с. - ISBN 978-5-9963-0127-0 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996301270.html . - Режим доступа : по подписке.
11	Проскураина В. Е. Поверхностные явления и свойства дисперсных систем : учебное пособие / В.Е. Проскураина, Ю. Г. Галяметдинов, А. А. Коноплева, А. Я. Третьякова, Д. М. Торсуев, Е. М. Кулагина - Казань : Издательство КНИТУ, 2018. - 137 с. - ISBN 978-5-7882-2335-3 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788223353.html . - Режим доступа : по подписке.
12	Булидорова Г. В., Электродные процессы. Электродвижущие силы : учебное пособие / Г. В. Булидорова, В. В. Осипова., В. П. Барабанов, Ю. Г. Галяметдинов. - Казань : Издательство КНИТУ, 2017. - 104 с. - ISBN 978-5-7882-2168-7 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788221687.html . - Режим доступа : по подписке.
13	Вода техногенная. Проблемы, технологии, ресурсная ценность [Электронный ресурс] / З. М. Шуленина, В. В. Багров, А. В. Десятое, А. А. Зубков, А. С. Камруков, В. А. Колесников, В. Е. Константинов, Б. С. Ксенофонов, Д. О. Новиков - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703843222.html>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
14	http://www.studentlibrary.ru
15	http://www.biblioclub.ru
16	http://www.iprbookshop.ru
17	http://www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
18	http://elibrary.ru
19	Интернет ресурс для химиков http://www.chemweb.com/
20	ЭУМК - ссылка https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=16091

* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы, онлайн-курсы, ЭУМК

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Шапошник, В. А. Явления переноса в ионообменных мембранах [Текст] / В. А. Шапошник, В. И. Васильева, О. В. Григорчук – М. : Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т), 2001. – 199 с. : ил. – ISBN 5-7417-0177-9.
2	Физико-химические основы сорбционных и мембранных методов выделения и разделения аминокислот [Текст] / В. Ф. Селеменев [и др.] – Воронеж : Изд-во ВГУ, 2001. – 300 с. – ISBN 5-88563-031-3.
3	Перспективы развития мембранной науки [Текст] / П. Ю. Апель, О. В. Бобрешова, А. В. Волков [и др.] // Мембраны и мембранные технологии. – 2019. – Т. 9, № 2. – С. 59-80.— ISSN 2218-1172 .— 1,4 п.л. — <URL: https://doi.org/10.1134/S2218117219020020 > .— <URL:DOI: 10.1134/S2218117219020020>.
4	Ильина С. И. Электромембранные процессы : учебное пособие. / С. И. Ильина. – М. : РХТУ им. Менделеева, 2013. – 57 с.
5	Тверской В. А. Мембранные процессы разделения. Полимерные мембраны : учебное пособие. / В. А. Тверской. – М.: МИТХТ им. М.В. Ломоносова, 2008. – 58 с. Нг7-ъ=xwww.mtth.ru/e-library

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При реализации дисциплины могут проводиться различные типы лекций (вводная, обзорная, проблемная, дискуссионная и т.д.), применяться дистанционные образовательные технологии в части освоения лекционного материала, проведения текущей аттестации, самостоятельной работы по дисциплине или отдельным ее разделам и т.д.

В обучении применяются различные типы лекций (вводная, обзорные, тематические, проблемные), лабораторные занятия. Для самостоятельной работы рекомендуется список литературы и ресурсы для электронного обучения. При реализации учебной дисциплины используются элементы электронного обучения (ЭО) и при необходимости дистанционные образовательные технологии (ДОТ) в части освоения лекционного материала, проведения текущей и промежуточной аттестации, проведения части лабораторных работ и самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, позволяющие обеспечивать опосредованное взаимодействие (на расстоянии) преподавателей и обучающихся, включая инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>), проведение вебинаров, видеоконференций, взаимодействие в соцсетях, посредством электронной почты, мессенджеров. Для освоения дисциплины также рекомендуются другие ресурсы для электронного обучения (п. 15).

Используемые ресурсы:

- ноутбук;
- мультимедийный проектор.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины: (при использовании лабораторного оборудования указывать полный перечень, при большом количестве оборудования можно вынести данный раздел в приложение к рабочей программе)

- ячейки для диализа, электродиализа, электродиализа с биполярными мембранами и электродеионизации;
- электроизмерительная аппаратура (вольтметры, амперметры, источники питания);
- спектрофотометр СФ-2000, фотоэлектроколориметр КФК-2, иономер ЭВ-74 со стеклянным и нитрат-селективным электродами, кондуктометр, пламенный фотометр ПАЖ-1;
- технические и аналитические весы;
- сушильный шкаф;
- мембраны различных типов; модели мембранных элементов;
- химическая посуда и химические реактивы.

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

По решению кафедры оценки за экзамен/зачет могут быть выставлены по результатам текущей аттестации обучающегося в семестре, но не ранее, чем на заключительном занятии. При несогласии студента с оценкой последний вправе сдавать экзамен/зачет на общих основаниях.

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

2 семестр

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Мембраны и мембранные методы: общие понятия, классификация.	ПК – 1 ПК – 3	ПК - 1.1 ПК - 1.2 ПК -3.1 ПК -3.2	Устный опрос.
2	Мембранные методы, основанные на процессах, движущей силой которых является градиент химического потенциала.	ПК – 1 ПК – 3	ПК - 1.1 ПК - 1.2 ПК -3.1 ПК -3.2	Доклады 1-5.
3	Электромембранные методы. Полимерные ионообменные мембраны. Основные характеристики.	ПК – 1 ПК – 3	ПК - 1.1 ПК - 1.2 ПК -3.1 ПК -3.2	Устный опрос, доклады 6-14.
4	Баромембранные методы	ПК – 1 ПК – 3	ПК - 1.1 ПК - 1.2 ПК -3.1 ПК -3.2	Устный опрос, доклады 15-21.
5	Основы использования различных мембранных методов в водоподготовке и очистке сточных вод.	ПК – 1 ПК – 3	ПК - 1.1 ПК - 1.2 ПК -3.1 ПК -3.2	Доклады 22, 23.
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен				Билеты к экзамену

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

20.1.1 Доклады

(наименование оценочного средства текущего контроля успеваемости)

Перечень:

1. Метод первапорации.
2. Газодиффузионное разделение.
3. Метод диализа.
4. Жидкие мембраны. Структура, свойства, применение.
5. Доннановский диализ.
6. Разностный, контактный и контактно-разностный методы измерения электропроводности ионообменных мембран.
7. Вольт-амперные характеристики ионообменных мембран. Предельный диффузионный ток.
8. Способы оценки чисел переноса в системах с ионообменными мембранами.
9. Разделение неэлектролитов и электролитов методом электродиализа.
10. Особенности транспорта амфолитов через ионообменные мембраны при электродиализе.
11. История развития электродиализа.
12. Сравнение метода электродеионизации и ионного обмена со смешанным слоем при глубоком обессоливании воды.
13. Принцип и задачи метода электродиализа с биполярными мембранами.
14. Метод емкостной деионизации.
15. Сущность метода мембранного электролиза.
16. Реверсивный электродиализ.
17. Технология прямого осмоса – сущность и перспективы в водоподготовке.
18. Принцип работы установки обратного осмоса.
19. Типы мембран для обратного осмоса.
20. Наночистота. Решаемые задачи.
21. Мембраны и модули для ультрафильтрации.
22. Применение ультрафильтрации в мембранных биореакторах.
23. Области применения микрофильтрации.
24. Ядерные мембраны. Получение, свойства.
25. Гибридные мембранные технологии.
26. Способы химической регенерации мембран в водоподготовке.

Описание технологии проведения: устные доклады с презентацией (два сообщения).

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания):

Отлично – обучающийся в полной мере раскрыл тему; владеет базовыми знаниями по теме, полученными при работе с учебной литературой; использовал данные, опубликованные по теме в научной литературе за последние 5 лет.

Хорошо – обучающийся владеет базовыми знаниями по теме, полученными при работе с учебной литературой; не владеет данными, опубликованными по теме в научной литературе за последние 5 лет, или при их анализе и систематизации допускает ошибки.

Удовлетворительно – обучающийся не в полной мере раскрыл тему (без обоснований, объяснений, примеров); базовые положения темы уточняет по дополнительным вопросам преподавателя.

Неудовлетворительно – ответ по теме фрагментарный.

20.1.2 Примеры закрытых вопросов для текущей аттестации*

(наименование оценочного средства текущего контроля успеваемости)

Перечень:

1. Выбрать баромембранный метод для очистки воды от взвешенных частиц.
Микрофильтрация.
2. Что является основной движущей силой массопереноса в методе диализа?
Градиент химического потенциала.
3. Где применяется гемодиализ?
Медицина. Искусственная почка.
4. Какая величина является мерой селективности мембраны в электродиализе?
Число переноса.
5. Какая величина является мерой селективности мембраны(модуля) в методе обратного осмоса?
Степень задержания солей.
6. Укажите систему фаз в первапорации.
Пар-твердая мембрана-жидкость
7. Какой мембранный метод следует выбрать для очистки воды от коллоидных загрязнений?
Ультрафильтрация.
8. Какой мембранный метод Вы предложите для умягчения воды?
Нанофильтрация.
9. В каком методе используются мембраны с размером пор 5-50 нм?
Ультрафильтрация.
10. Какие методы применяют для измерения электропроводности ионообменных мембран?
Разностный, контактный, контактно-разностный.
11. Укажите основную движущую силу процесса массопереноса через мембрану в методе электродиализа.
Градиент электрического потенциала.

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Собеседование по билетам к экзамену

(наименование оценочного средства промежуточной аттестации)

Перечень:

1. Понятие мембраны. Классификация мембранных методов.
2. Газоразделение на непористых мембранах, используемые мембраны, применение газоразделения.
3. Основы метода первапорации.
4. Диффузия через мембрану. Метод диализа.
5. Доннановский диализ, нейтрализационный диализ, мембраны, применение.
6. Полимерные ионообменные мембраны: классификация; ионообменная емкость, набухание и их экспериментальная оценка.
7. Транспортные свойства полимерных ионообменных мембран: основные механизмы переноса и подходы к описанию транспорта в ионообменных мембранах.
8. Описание переноса в ионообменных мембранах с позиций термодинамики неравновесных процессов.
9. Экспериментальная оценка удельной электропроводности, электроосмотической проницаемости, диффузионной проницаемости, чисел переноса противоионов через мембраны.
10. Структура полимерных ионообменных мембран (гомогенных, гетерогенных, биполярных, гибридных).

11. Явление концентрационной поляризации. Градиенты концентрации у поверхности мембран. Метод лазерной интерферометрии в исследовании концентрационной поляризации.
12. Вольт-амперные характеристики ионообменных мембран. Понятие предельного диффузионного тока в электромембранной системе.
13. Электродиализ в интенсивном токовом режиме.
14. Особенности электродиализа растворов, содержащих амфолиты.
15. Возможности метода электродиализа в процессах обессоливания воды и извлечения ценных компонентов из производственных растворов.
16. Электродиализ с биполярными мембранами. Процесс диссоциации воды на межфазной границе биполярной мембраны.
17. Применение метода электродиализа с биполярными мембранами.
18. Реверсивный электродиализ. Модули для реверсивного электродиализа. Особенности организации процесса.
19. Метод электродеионизации. Функции смешанного слоя ионообменников в камерах ячейки.
20. Типы модулей для технологии электродеионизации. Получение ультрачистой воды.
21. Электромембранные методы в процессах конверсии химических соединений.
22. Мембранный электролиз. Сущность метода.
23. Явление осмоса. Принцип обратного осмоса.
24. Классификация баромембранных методов.
25. Микрофильтрация. Решаемые задачи. Особенности мембран.
26. Ультрафильтрация. Мембранные модули для ультрафильтрации. Применение метода.
27. Нанофильтрация. Современные нанофильтрационные мембраны. Решаемые задачи.
28. Метод обратного осмоса. Асимметричные мембраны для обратного осмоса.
29. Селективность мембран для обратного осмоса. Конверсия модуля для обратного осмоса.
30. Применение метода обратного осмоса для обессоливания природных вод. Сравнение с другими методами.
31. Схемы организации процессов обратного осмоса. Обратный осмос с замкнутым контуром.
32. Гибридные мембранные методы. Мембранный биореактор.

Описание технологии проведения: собеседование по билетам.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания:

Отлично (повышенный уровень сформированности компетенций) – обучающийся в полной мере владеет теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач, что соответствует полному освоению компетенций;

Хорошо (базовый уровень сформированности компетенций) – обучающийся владеет теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, применять теоретические знания для решения практических задач, допускает незначительные ошибки, неточности, которые исправлены после замечания преподавателя, что соответствует недостаточно полному освоению компетенций.

Удовлетворительно (пороговый уровень сформированности компетенций) – ответ на контрольно-измерительный материал неполный, без обоснований, объяснений. Демонстрирует частичные знания учебного материала, значительные затруднения в вопросах решения практических задач, что показывает недостаточное владение компетенциями. Ошибки устраняются по дополнительным вопросам преподавателя.

Неудовлетворительно – ответ на контрольно-измерительный фрагментарный. Обучающийся демонстрирует несистематические, отрывочные знания, допускает грубые, принципиальные ошибки, которые не устранены после дополнительных наводящих вопросов, что соответствует не освоению компетенций.

20.3 Тесты для диагностической проверки знаний*

Диагностическая работа по дисциплине может осуществляться с помощью следующих оценочных средств:

- 1) Примеры открытых вопросов
-

Перечень:

1. Движущая сила массопереноса в методе диализа:

- А. градиент температуры
- Б. градиент химического потенциала
- В. градиент электрического потенциала
- Г. градиент давления

2. Целевые задерживаемые примеси в методе обратного осмоса:

- А. минеральные ионы
- Б. белки
- В. аминокислоты
- Г. сахара

3. Какие из указанных примесей природных вод будут удаляться с использованием установки для микрофильтрации?

- А. вирусы
- Б. пептиды
- В. бактерии
- Г. ионы жесткости

4. Какой из перечисленных мембранных методов относится к баромембранным?

- А. доннановский диализ
- Б. диффузионный диализ
- В. электродиализ
- Г. обратный осмос

5. Какой закон описывает массоперенос через ионообменную мембрану в ходе диализа?

- А. закон Кнудсена
- Б. Закон Фика
- В. закон Фарадея
- Г. закон Кулона

6. Мембранный метод, позволяющий получить ультрачистую воду:

- А. первапорация
- Б. электродиализ
- В. электродеионизация
- Г. обратный осмос

7. Какой мембранный метод используется для удаления из воды ионов жесткости?

- А. нанофильтрация
- Б. ультрафильтрация
- В. диализ
- Г. электродиализ с биполярными мембранами

8. Укажите метод, подходящий для обезвоживания органического растворителя

- А. микрофильтрация
- Б. первапорация
- В. электродиализ
- Г. обратный осмос

9. Как называется прошедший через мембрану поток?

- А. ретентат
- Б. продувка
- В. экстракт
- Г. пермеат

2) Примеры закрытых вопросов (см. раздел 20.1.2)

Задания раздела 20.1.2 и 20.3 могут быть использованы при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных знаний по результатам освоения дисциплины.

Критерии и шкалы оценивания:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности):

- 2 балла – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

3) открытые задания (ситуационные задачи, средний уровень сложности):

- 5 баллов – задание выполнено верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) характер принятого решения);
- 2 балла – задание выполнено с незначительными ошибками, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование характера принятого решения, или задание выполнено не полностью, но получены промежуточные результаты, отражающие правильность хода выполнения задания, или, в случае если задание состоит из выполнения нескольких подзаданий, 50% которых выполнено верно;
- 0 баллов – задание не выполнено, или ответ содержательно не соотнесен с заданием, или выполнено неверно (ход выполнения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее его изучение).