

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Аналитической химии

Селеменов В.Ф.

15.06.2018 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.03 Физико-химические основы мембранных процессов

*Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом*

1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:

04.04.01 Химия

2. Профиль подготовки/специализации:

Аналитическая химия

3. Квалификация (степень) выпускника:

магистр

4. Форма образования:

очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

1002 аналитической химии

6. Составители программы: Паршина Анна Валерьевна, д.х.н.

*(ФИО, ученая степень, ученое звание)*

7. Рекомендована: НМС химического факультета № 5 от 24.05.2018

*(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола)*

отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: 2018 / 2019 Семестр: 2

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель: преподавания дисциплины является формирование знаний по физической химии мембранных процессов базируясь на знаниях студентов общих курсов физики, физической, коллоидной и аналитической химии.

Задачи:

- ознакомиться с основными аспектами мембранных процессов, типами мембран и их свойствами,
- ознакомиться со способами изготовления и определения характеристик мембран,
- изучить явления транспорта в мембранах,
- изучить принципы конструирования мембранных модулей, установок и организации процессов.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** (блок Б1, базовая или вариативная часть, 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, навыки практической работы в области физики и химии, владение математическими методами обработки результатов физико-химического эксперимента.

Дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей: Методы разделения и концентрирования, Мультисенсорные системы в современном анализе.

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

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-1	Способность использовать и развивать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач	знать: основные классические и современные представления о строении и физико-химических свойствах мембран различного типа; уметь: использовать теоретические основы мембранного материаловедения, в том числе применительно к теме магистерской диссертации; владеть: математическими приемами классических подходов к описанию процессов переноса в мембранах, в том числе по теме магистерской диссертации.

ПК-1	Способность проводить научные исследования по сформулированной тематике, самостоятельно составлять план исследования получать новые научные и прикладные результаты	<p>знать:</p> <p>основные принципы устройства мембранных модулей, установок и организации процессов;</p> <p>уметь:</p> <p>использовать мембранные установки при решении задач разделения, концентрирования, фракционирования, в том числе в соответствии с темой магистерской диссертации;</p> <p>владеть:</p> <p>основным экспериментальными и расчетными приемами оценки равновесных, транспортных и структурных характеристик мембран различного типа.</p>
ПК-2	Владением теорией и навыками практической работы в избранной области химии	<p>знать:</p> <p>основные аспекты мембранных процессов, типы мембран и их свойства, способы изготовления и определения характеристик мембран;</p> <p>уметь:</p> <p>применять знания о явлениях транспорта в мембранах к решению задач разделения, концентрирования, фракционирования, в том числе в соответствии с темой магистерской диссертации;</p> <p>владеть:</p> <p>теоретическими принципами конструирования мембранных модулей, установок и организации процессов.</p>
ПК-3	Готовность использовать современную аппаратуру при проведении научных исследований	<p>знать:</p> <p>основные способы характеристики мембран различного типа с использованием инструментальных методов;</p> <p>уметь:</p> <p>использовать современную аппаратуру для характеристики мембран различного типа при выполнении исследований, в том числе по теме магистерской диссертации;</p> <p>владеть:</p> <p>методологией оценки равновесных, транспортных и структурных характеристик мембран различного типа с использованием инструментальных методов.</p>

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 5 / 180**

**Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен) Зачет с оценкой.**

**13 Виды учебной работы:**

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)			
	Всего	По семестрам		
		2 семестр	№ семестра	...
Аудиторные занятия	54	54		

в том числе:	лекции	18	18		
	практические	36	36		
	лабораторные	-	-		
	Самостоятельная работа	126	126		
	Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час. / экзамен – _ час.)	зачет	0		
	Итого:	180	180		

### 13.1 Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Общие понятия и основные параметры мембранных процессов	Определение мембраны. Определение мембранного процесса. Основные параметры мембранных методов разделения, концентрирования, фракционирования.
1.2	Типы мембран, их свойства, способы изготовления и определения характеристик. Транспорт через мембраны. Элементы неравновесной термодинамики.	Типы мембран. Получение синтетических мембран. Характеристики мембран. Движущие силы. Понятия проницаемости и диффузии. Элементы неравновесной термодинамики. Транспорт через пористые мембраны. Транспорт газов через пористые мембраны. Транспорт через непористые мембраны. Транспорт в идеальных мембранных системах. Транспорт в концентрационно-зависимых системах. Унифицированный подход к описанию транспорта через мембраны. Транспорт в ионообменных мембранах.
1.3	Мембранные процессы. Принципы организации мембранных модулей и установок.	Осмоз. Баромембранные процессы: микрофльтрация, ультрафльтрация, обратный осмос, пьезодиализ. Разность концентраций как движущая сила мембранных процессов: газоразделение, перапарация, жидкие мембраны, диализ. Термомембранные процессы. Электромембранные процессы: электродиализ. Поляризационные явления, отложения на поверхности мембран. Организация мембранных модулей и установок.
<b>2. Практические работы</b>		
2.1	Общие понятия и основные параметры мембранных процессов	Определение мембраны. Определение мембранного процесса. Основные параметры мембранных методов разделения, концентрирования, фракционирования.
2.2	Типы мембран, их свойства, способы изготовления и определения характеристик. Транспорт через мембраны. Элементы неравновесной термодинамики.	Типы мембран. Получение синтетических мембран. Характеристики мембран. Движущие силы. Понятия проницаемости и диффузии. Элементы неравновесной термодинамики. Транспорт через пористые мембраны. Транспорт газов через пористые мембраны. Транспорт через непористые мембраны. Транспорт в идеальных мембранных системах. Транспорт в концентрационно-зависимых системах. Унифицированный подход к описанию транспорта через мембраны. Транспорт в ионообменных мембранах.
2.3	Мембранные процессы. Принципы организации мембранных модулей и установок.	Осмоз. Баромембранные процессы: микрофльтрация, ультрафльтрация, обратный осмос, пьезодиализ. Разность концентраций как движущая сила мембранных процессов: газоразделение, перапарация, жидкие мембраны, диализ. Термомембранные процессы. Электромембранные процессы: электродиализ. Поляризационные явления, отложения на поверхности мембран. Организация мембранных модулей и установок.

### 13.2 Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№	Наименование раздела	Виды занятий (часов)
---	----------------------	----------------------

п/п	дисциплины	Лекции	Практическое	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Общие понятия и основные параметры мембранных процессов	2	8	0	26	36
2	Типы мембран, их свойства, способы изготовления и определения характеристик. Транспорт через мембраны. Элементы неравновесной термодинамики.	8	14	0	50	72
3	Мембранные процессы. Принципы организации мембранных модулей и установок.	8	14	0	50	72
Итого:		18	36	0	126	180

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

#### 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	Свитцов А.А Введение в мембранную технологию / А.А. Свитцов .— М. : ДеЛи принт, 2007. – 207 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2	Мулдер М. Введение в мембранную технологию / М.Мулдер. - М. : Мир, 1999. – 513 с.
3	Мембраны и мембранные технологии / Отв. ред. Ярославцев А.Б. – М.: Научный мир, 2013. – 612 с.
4	Хванг С.Т. Мембранные процессы разделения / С.-Т Хванг, К. М. Каммермайер. - М. : Химия, 1981. – 460 с.
5	Дытнерский Ю.И. Баромембранные процессы / Ю.И. Дытнерский . – М. : Химия, 1986. – 271 с.
6	Брык М.Т. Ультрафильтрация / М.Т.Брык, Е.А.Цапюк. - Киев : Наукова думка, 1989. – 287 с.
7	Дытнерский Ю.И. Мембранное разделение газов / Ю.И. Дытнерский, В.П. Брыков., Г.Г. Каграманов. – М. : Химия, 1991. – 341 с.
8	Заболоцкий В.И. Перенос ионов в мембранах / В.И Заболоцкий, В.В. Никоненко. – М. : Наука, 1996. – 395 с.
9	Деминерализация методом электродиализа / – М. : Госатомиздат, 1963. – 351 с.
10	Тимашев С.Ф. Физико-химия мембранных процессов / С.Ф. Тимашев. – М. : Химия, 1988. – 240 с.

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

№ п/п	Источник
11	<a href="http://www.anchem.ru/">http://www.anchem.ru/</a>
12	<a href="http://www.chemweb.com">http://www.chemweb.com</a>
13	<a href="http://www.lib.vsu.ru/">www.lib.vsu.ru/</a>
14	<a href="http://www.chem.vsu.ru/sorbcr/">http://www.chem.vsu.ru/sorbcr/</a>

#### 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки,

методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Шапошник В.А. Явления переноса в ионообменных мембранах / В.А.Шапошник, В.И.Васильева, О.В.Григорчук – Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2001. – 199 с.
2	Селеменев В.Ф. Физико-химические основы сорбционных и мембранных методов выделения и разделения аминокислот / В.Ф.Селеменев, О.В. Бобрешова и др. – Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2002. – 299 с.
3	Волков В.В. Мембраны и нанотехнологии / Волков В.В., Мчедлишвили Б.В., Ролдугин В.И., Иванчев С.С., Ярославцев А.Б. // Российские нанотехнологии. – 2008. – Т. 3. № 11-12., – С. 67-101.

**17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости):**

- ноутбук;
- мультимедийный проектор EPSON.

**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)  
- ноутбук.

**19. Фонд оценочных средств:**

**19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения**

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ОПК-1 Способность использовать и развивать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач	знать: основные классические и современные представления о строении и физико-химических свойствах мембран различного типа.	Общие понятия и основные параметры мембранных процессов. Типы мембран, их свойства, способы изготовления и определения характеристик. Транспорт через мембраны. Элементы неравновесной термодинамики.	Устный опрос, практические задания № 1-5.
	уметь: использовать теоретические основы мембранного материаловедения, в том числе применительно к теме магистерской диссертации.	Типы мембран, их свойства, способы изготовления и определения характеристик. Транспорт через мембраны. Элементы неравновесной термодинамики.	Устный опрос, практические задания № 1-5.
	владеть: математическими приемами классических подходов к описанию процессов переноса в мембранах, в том числе по теме магистерской диссертации.	Мембранные процессы. Принципы организации мембранных модулей и установок.	Устный опрос, рефераты № 1-11.
ПК-1 Способность проводить	знать: основные принципы устройства мембранных модулей, установок	Мембранные процессы. Принципы организации мембранных модулей и	Устный опрос, рефераты № 1-11.

научные исследования по сформулированной тематике, самостоятельно составлять план исследования получать новые научные и прикладные результаты	и организации процессов.	установок.	
	уметь: использовать мембранные установки при решении задач разделения, концентрирования, фракционирования, в том числе в соответствии с темой магистерской диссертации.	Мембранные процессы. Принципы организации мембранных модулей и установок.	Устный опрос, рефераты № 1-11.
	владеть: основным экспериментальными и расчетными приемами оценки равновесных, транспортных и структурных характеристик мембран различного типа.	Типы мембран, их свойства, способы изготовления и определения характеристик. Транспорт через мембраны. Элементы неравновесной термодинамики.	Устный опрос, практические задания № 1-5.
ПК-2 Владением теорией и навыками практической работы в избранной области химии	знать: основные аспекты мембранных процессов, типы мембран и их свойства, способы изготовления и определения характеристик мембран.	Общие понятия и основные параметры мембранных процессов. Типы мембран, их свойства, способы изготовления и определения характеристик. Транспорт через мембраны. Элементы неравновесной термодинамики.	Устный опрос, практические задания № 1-5.
	уметь: применять знания о явлениях транспорта в мембранах к решению задач разделения, концентрирования, фракционирования, в том числе в соответствии с темой магистерской диссертации.	Общие понятия и основные параметры мембранных процессов. Типы мембран, их свойства, способы изготовления и определения характеристик. Транспорт через мембраны. Элементы неравновесной термодинамики.	Устный опрос, практические задания № 1-5.
	владеть: теоретическими принципами конструирования мембранных модулей, установок и организации процессов.	Мембранные процессы. Принципы организации мембранных модулей и установок.	Устный опрос, рефераты № 1-11.
ПК-3 Готовность использовать современную аппаратуру при проведении научных исследований	знать: основные способы характеристики мембран различного типа с использованием инструментальных методов.	Типы мембран, их свойства, способы изготовления и определения характеристик. Транспорт через мембраны. Элементы неравновесной термодинамики.	Устный опрос, практические задания № 1-5.
	уметь: использовать современную аппаратуру для характеристики мембран различного типа при выполнении исследований, в том числе по теме магистерской диссертации.	Мембранные процессы. Принципы организации мембранных модулей и установок.	Устный опрос, рефераты № 1-11.
	владеть: методологией оценки равновесных, транспортных и структурных характеристик мембран различного типа с использованием инструментальных методов.	Типы мембран, их свойства, способы изготовления и определения характеристик. Транспорт через мембраны. Элементы неравновесной термодинамики.	Устный опрос, практические задания № 1-5.

### 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
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.	Повышенный уровень	Отлично
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 не достаточно полному освоению компетенций.	Базовый уровень	Хорошо
Ответ на контрольно-измерительный материал неполный, без обоснований, объяснений. Демонстрирует частичные знания учебного материала, значительные затруднения в вопросах принципов конструирования мембранных модулей, установок и организации процессов, что показывает недостаточное владение компетенциями. Ошибки устраняются по дополнительным вопросам преподавателя	Пороговый уровень	Удовлетворительно
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.	–	Неудовлетворительно

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

#### 19.3.1 Перечень вопросов к зачету:

1. Определение мембраны. Типы мембран. Получение синтетических мембран. Характеристики мембран.
2. Движущие силы. Понятия проницаемости и диффузии.
3. Транспорт через пористые мембраны. Транспорт газов через пористые мембраны.
4. Транспорт через непористые мембраны. Транспорт в идеальных мембранных системах.
5. Транспорт через непористые мембраны. Транспорт в концентрационно-зависимых системах.
6. Унифицированный подход к описанию транспорта через мембраны.
7. Транспорт в ионообменных мембранах.
8. Осмос.
9. Баромембранные процессы: микрофильтрация, ультрафильтрация, обратный осмос, пьезодиализ.
10. Разность концентраций как движущая сила мембранных процессов: газоразделение, перапорация, жидкие мембраны, диализ.
11. Термомембранные процессы: мембранная дистилляция.
12. Электромембранные процессы: электродиализ.
13. Поляризационные явления, отложения на поверхности мембран.

#### 19.3.2 Перечень практических заданий:

##### Практическое задание №1.

Свойства мембранных полимеров: пористые и непористые мембраны.

**Практическое задание №2.**

Свойства неорганических мембран.

**Практическое задание №3.**

Методы синтеза мембран.

**Практическое задание №4.**

Методы получения композитных мембран.

**Практическое задание №5.**

Движущие силы. Понятия проницаемости и диффузии. Транспорт в ионообменных мембранах.

**19.3.3 Темы рефератов:**

1. Микрофльтрация.
2. Ультрафльтрация.
3. Обратный осмос.
4. Пьезодиализ.
5. Газоразделение.
6. Первапорация.
7. Жидкие мембраны.
8. Диализ.
9. Мембранная дистилляция.
10. Электродиализ.
11. Поляризационные явления, отложения на поверхности мембран.

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

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме письменных работ (контрольные и практические работы). Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя практические задания, позволяющие оценить степень сформированности умений и навыков. При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.