

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный университет»
Факультет химии и высоких технологий

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор
Т. А. Хагуров
подпись
«27» _____ 2018г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.08.01 МЕМБРАНЫ И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Направление подготовки/специальность 04.03.01 Химия

Направленность (профиль) Физическая химия

Программа подготовки академическая

Форма обучения очная

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Краснодар 2018

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.08.01 «Мембраны и каталитические системы» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 04.03.01 Химия (утвержден Приказом Минобрнауки России от 12.03.2015 № 210).

Программу составила:

Фалина И.В., доцент, канд. хим. наук



Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.08.01 «Мембраны и каталитические системы» утверждена на заседании кафедры физической химии протокол № 11 «10» апреля 2018 г.
Заведующий кафедрой Заболоцкий В.И.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета химии и высоких технологий протокол № 5 «20» апреля 2018 г.
Председатель УМК факультета Стороженко Т.П.



Рецензенты:

Коншина Д.Н., канд. хим. наук, доцент кафедры аналитической химии ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»

Павленко Е.А., инженер-технолог проблемной лаборатории по проведению работ по созданию новой и усовершенствованию производимой продукции на основе литий-ионных аккумуляторов и других источников тока, ПАО «Сатурн»

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля).

1.1 Цель освоения дисциплины.

формирование знаний по синтетическим мембранам и каталитическим системам, а также умений и навыков их эффективного использования в различных технологических процессах.

1.2 Задачи дисциплины.

- сформировать знания о способах получения и физико-химических свойствах синтетических мембран;
- сформировать знания о мембранных и каталитических процессах, лежащих в основе различных методов химической технологии;
- развить умения по исследованию с участием синтетических мембран и катализаторов;
- развить навыки по использованию синтетических мембран и каталитических процессов на различных предприятиях химической промышленности;
- сформировать у студентов навыки самостоятельной аналитической и научно-исследовательской работы.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Мембраны и каталитические системы» относится к вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана.

Изучению дисциплины «Мембраны и каталитические системы» должно предшествовать изучение таких дисциплин как «Неорганическая химия», «Физика», «Математика». При освоении данной дисциплины слушатели должны иметь первичные навыки работы с химической посудой и реактивами.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ОПК-1	Способность использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач	- основы каталитических процессов; - теоретические основы функционирования полимерных пористых мембран;	- охарактеризовать мембранный материал на основе требований к ним; - дать характеристику гетерогенному катализатору на основании требования к ним;	- критериями оценки пригодности применения мембранного материала в конкретном процессе; - критериями оценки эффективности катализатора для электрохимических процессов.
2.	ПК-1	Способность выполнять стандартные операции по предлагаемым методикам	- правила работы в химической лаборатории	- оценить физико-химические свойства мембран по стандартным методикам	- навыками выбора адекватной методики для исследования заданной характеристики мембраны

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
3.	ПК-2	Владение базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований	- методы проведения электрохимических измерений	- пользоваться химическим и электрохимическим оборудованием для исследования физико-химических свойств полимерных мембран и катализаторов по предложенной методике	- навыками использования современной электрохимической аппаратуры при проведении научных исследований
4.	ПК-5	Способность получать и обрабатывать результаты научных экспериментов с помощью современных компьютерных технологий	- правила оформления результатов экспериментов	- выполнять компьютерную и статистическую обработку экспериментальных данных.	- приемами составления отчета по полученным экспериментальным результатам; - критериями оценки адекватности результатов эксперимента.

2. Структура и содержание дисциплины.

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зач.ед. (180 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры (часы)	
			4	5
Контактная работа, в том числе:				
Аудиторные занятия (всего):		110	56	54
Занятия лекционного типа		36	18	18
Лабораторные занятия		74	38	36
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		-	-	-
Иная контактная работа:				
Контроль самостоятельной работы (КСР)		4	2	2
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,5	0,2	0,3
Самостоятельная работа, в том числе:		29,8	13,8	16
Подготовка отчета по лабораторным работам		13,8	5,8	8
Подготовка к текущему контролю		16	8	8
Контроль:				
Подготовка к экзамену		35,7	-	35,7
Общая трудоемкость	час.	180	72	108
	в том числе контактная работа	114,5	58,2	56,3
	зач. ед	5	2	3

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.
Разделы дисциплины, изучаемые в 4 семестре

№	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СРС
1	2	3	4	5	6	7
1.	Мембранное материаловедение	34	8	-	20	6
2.	Теоретические основы мембранных процессов	35,8	10	-	18	7,8
	<i>Итого по дисциплине:</i>	69,8	18	-	38	13,8

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре

№	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СРС
1	2	3	4	5	6	7
1.	Введение в катализ	8	4	-	-	4
2.	Гетерогенные каталитические системы	33	8	-	20	5
3.	Мембранные и каталитические процессы	29	6	-	16	7
	<i>Итого по дисциплине:</i>	70	18	-	36	16

2.3 Содержание разделов дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа.

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Мембранное материаловедение	Классификация полимеров. Синтез полимеров: реакции полимеризации и поликонденсации.	Тестирование
2.		Пластические массы, их классификация и получение. Получение гомогенных и гетерогенных мембран.	
3.		Физико-химические свойства синтетических мембран. Методы исследования структурных характеристик.	
4.	Теоретические основы мембранных процессов	Селективность ионообменных мембран. Методы определения чисел переноса.	Коллоквиум
5.		Электропроводность ионообменных мембран.	
6.		Диффузионная проницаемость мембран.	
7.		Подходы к характеристике мембранных материалов.	
8.		Концентрационная поляризация. Сопряженные эффекты концентрационной поляризации.	

9.		Явление электроосмоса в мембранных системах	
10.	Введение в катализ	Свойства катализаторов. Гомогенный и гетерогенный катализ.	Тестирование
11.	Гетерогенные каталитические системы	Классификация и получение гетерогенных катализаторов.	Коллоквиум
12.		Каталитические процессы в мембранных реакторах	
13.		Каталитические системы с биполярными мембранами.	
14.		Мембраны и катализаторы для топливных элементов.	
15.	Мембранные и каталитические процессы	Классификация мембранных процессов.	
16.		Мембраны и каталитические системы в синтезе органических соединений	

2.3.2 Занятия семинарского типа.

Занятия семинарского типа не предусмотрены учебным планом.

2.3.3 Лабораторные занятия.

№	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3
1.	Измерение электропроводности мембран разностным методом	Отчет по лабораторной работе
2.	Измерение диффузионной проницаемости ионообменных мембран	Отчет по лабораторной работе
3.	Определение чисел переноса противоионов потенциометрическим методом	Отчет по лабораторной работе
4.	Определение чисел переноса противоионов электроаналитическим методом	Отчет по лабораторной работе
5.	Расчет транспортно-структурных параметров мембран на основе концентрационной зависимости электропроводности	Отчет по лабораторной работе
6.	Расчет набора транспортно-структурных параметров мембран в рамках микрогетерогенной модели	Отчет по лабораторной работе
7.	Концентрационная поляризация в электромембранных системах	Отчет по лабораторной работе
8.	Определение коэффициентов диффузии противоионов в мембранах из данных по их электропроводности	Отчет по лабораторной работе
9.	Исследование процесса каталитической диссоциации воды в системе с биполярными мембранами	Отчет по лабораторной работе
10.	Расчет токов обмена по водороду на катализаторе низкотемпературного топливного элемента	Отчет по лабораторной работе
11.	Проведение реакции двойного обмена методом электродиализа	Отчет по лабораторной работе
12.	Электроосмотическая проницаемость ионообменных мембран	Отчет по лабораторной работе
13.	Изучение пористой структуры обратноосмотических мембран по данным их электропроводности	Отчет по лабораторной работе

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ

Курсовые работы не предусмотрены учебным планом.

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1.	Подготовка отчета по лабораторной работе	Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы, утвержденные кафедрой физической химии, протокол № 17 от 11.05.2017 г.
2.	Подготовка к коллоквиуму по теме «Теоретические основы мембранных процессов»	1. Методические рекомендации по подготовке к текущему контролю, утвержденные кафедрой физической химии, протокол № 17 от 11.05.2017 г. 2. Мембранная электрохимия: учебное пособие для обучающихся по основным образовательным программам высшего образования уровня бакалавриат и магистратура по направлениям подготовки 04.03.01 и 04.04.01 / [Н. А. Кононенко, О. А. Демина, Н. В. Лоза и др.] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. - [2-е изд., испр. и доп.]. - Краснодар : [Кубанский государственный университет], 2017. - 290 с 3. Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию [пособие]. М.: ДеЛи принт. 2007. 4. Березина Н.П. Электрохимия мембранных систем: учебное пособие. Краснодар: изд-во Кубанского государственного университета. 2009.
3.	Подготовка к коллоквиуму по теме «Гетерогенные каталитические системы»	1. Методические рекомендации по подготовке к текущему контролю, утвержденные кафедрой физической химии, протокол № 17 от 11.05.2017 г. 2. Сибаров, Д. А. Катализ, каталитические процессы и реакторы [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д. А. Сибаров, Д. А. Смирнова. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 200 с. - https://e.lanbook.com/book/102250#book_name. 3. Стромберг А.Г. Физическая химия / А. Н. Стромберг, Д. П. Семченко ; под ред. А. Г. Стромберга. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Высшая школа, 1999. - 527 с.
4.	Подготовка к тесту	1. Методические рекомендации по подготовке к текущему контролю, утвержденные кафедрой физической химии, протокол № 17 от 11.05.2017 г. 2. Стромберг А.Г. Физическая химия / А. Н. Стромберг, Д. П. Семченко ; под ред. А. Г. Стромберга. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Высшая школа, 1999. - 527 с.
5.	Подготовка к зачету	1. Мембранная электрохимия: учебное пособие для обучающихся по основным образовательным программам высшего образования уровня бакалавриат и магистратура по направлениям подготовки 04.03.01 и 04.04.01 / [Н. А. Кононенко, О. А. Демина, Н. В. Лоза и др.] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. - [2-е изд., испр. и доп.]. - Краснодар : [Кубанский государственный университет], 2017. - 290 с 2. Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию [пособие]. М.: ДеЛи принт. 2007.

		3. Березина Н.П. Электрохимия мембранных систем: учебное пособие. Краснодар: изд-во Кубанского государственного университета. 2009. 4. Стромберг А.Г. Физическая химия / А. Н. Стромберг, Д. П. Семченко ; под ред. А. Г. Стромберга. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Высшая школа, 1999. - 527 с.
6.	Подготовка к экзамену	1. Мембранная электрохимия: учебное пособие для обучающихся по основным образовательным программам высшего образования уровня бакалавриат и магистратура по направлениям подготовки 04.03.01 и 04.04.01 / [Н. А. Кононенко, О. А. Демина, Н. В. Лоза и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. - [2-е изд., испр. и доп.]. - Краснодар : [Кубанский государственный университет], 2017. - 290 с 2. Сибаров, Д. А. Катализ, каталитические процессы и реакторы [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д. А. Сибаров, Д. А. Смирнова. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 200 с. - https://e.lanbook.com/book/102250#book_name. 3. Мембраны и мембранные технологии / отв. ред. А. Б. Ярославцев. - Москва : Научный мир, 2013. - 611 с. : ил. http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=468334&sr=1 4. Стромберг А.Г. Физическая химия / А. Н. Стромберг, Д. П. Семченко ; под ред. А. Г. Стромберга. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Высшая школа, 1999. - 527 с.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии.

Для формирования общепрофессиональных компетенций в процессе освоения курса используется технология развивающего обучения, предусматривающая не только передачу теоретического материала, но и стимулирование познавательных действий студентов, в том числе проведение проблемных лекций. При проведении лекционных занятий используются мультимедийные презентации. В рамках лабораторных занятий применяются методы проектного обучения, исследовательские методы.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.

Пример теста по теме «Мембранное материаловедение»

1. У каких мембран плотность выше?
на полистирольной матрице
на перфторированной матрице
2. Физико-химические свойства обратноосмотических и ультрафильтрационных мембран являются:
симметричными
асимметричными
3. При увеличении влагосодержания ионообменной мембраны ее электропроводность в 0,5 М растворе NaCl:
увеличивается
уменьшается
не изменяется
4. Как изменяется обменная емкость с ростом степени сшивки полимерной матрицы?
увеличивается
уменьшается
не изменяется
5. Как определить степень набухания мембраны?
6. Дайте определение обменной емкости ионообменных мембран и назовите единицы ее измерения.

Вопросы к коллоквиуму по теме «Теоретические основы мембранных процессов»

1. Равновесие ионит-раствор сильного электролита.
2. Уравнение Доннана и его анализ. Физический смысл константы Доннана.
3. Межфазная разность электрических потенциалов.
4. Селективность мембран. Число переноса. Истинные и кажущие числа переноса. Электроаналитическое число переноса.
5. Мембранный потенциал. Потенциометрическое число переноса
6. Электропроводность. Системы с биполярной и униполярной проводимостью. Электропроводность ионполимеров.
7. Методы измерения электропроводности мембран: разностный, контактный и разностно-контактный.
8. Микрогетерогенная модель структуры мембраны: деление на структурные псевдофазы.
9. Теория обобщенной проводимости применительно к описанию электропроводности мембран.
10. Перколяционная модель проводимости.
11. Виды перколяционных переходов для ионообменных мембран.
12. Перколяционные явления при набухании мембран.
13. Диффузия. Законы Фика для описания диффузии.
14. Диффузионная проницаемость мембран.
15. Учет структурной неоднородности при описании диффузионной проницаемости.

Пример теста по теме «Введение в катализ»

1. Скоростью химической реакции будет являться:
 - а) изменение концентрации любого из участников реакции в единицу времени (при постоянном давлении);*
 - б) изменение концентрации любого из участников реакции в единицу времени (при постоянном объеме);*
 - в) изменение числа молей любого из участников реакции в единицу времени (при постоянном давлении);*
 - г) изменение числа молей любого из участников реакции в единицу времени (при постоянном объеме).*
2. Скорость газофазной реакции $I_2 + H_2 \rightarrow 2 HI$ можно определить, как

$$\begin{aligned} \text{а) } W &= \frac{dC_{HI}}{dt} = \frac{dC_{H_2}}{dt} = \frac{dC_{I_2}}{dt}; & \text{б) } W &= -\frac{dC_{HI}}{dt} = -\frac{dC_{H_2}}{dt} = -\frac{dC_{I_2}}{dt}; \\ \text{в) } W &= -\frac{1}{2} \frac{dC_{HI}}{dt} = -\frac{dC_{H_2}}{dt} = -\frac{dC_{I_2}}{dt}; & \text{г) } W &= \frac{1}{2} \frac{dC_{HI}}{dt} = -\frac{dC_{H_2}}{dt} = -\frac{dC_{I_2}}{dt}. \end{aligned}$$

3. В соответствии с принципом лимитирующей стадии химической реакции: самой медленной ее стадии;

а) скорость любой сложной химической реакции определяется скоростью самой быстрой ее стадии;

б) скоростью самой медленной стадии определяется скорость сложной химической реакции, если она состоит из ряда параллельных реакций;

в) скоростью самой быстрой стадии определяется скорость сложной химической реакции, если она состоит из ряда параллельных реакций.

4. Увеличение скорости обратимой химической реакции в присутствии катализатора происходит:

а) в результате увеличения константы скорости прямой реакции и уменьшения константы скорости обратной реакции;

б) в результате смещения положения равновесия в сторону образования продуктов реакции;

в) в результате уменьшения энергии активации реакции при сохранении механизма процесса;

г) в результате уменьшения энергии активации реакции с изменением механизма процесса.

5. Основным результатом введения в состав катализатора промоторов является

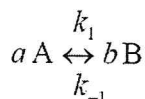
а) повышение специфичности и селективности действия катализатора;

б) увеличение устойчивости катализатора к воздействию каталитических ядов;

в) увеличение каталитической активности катализатора;

г) существенное увеличение удельной поверхности катализатора.

6. Каким образом скажется на величине константы химического равновесия обратимой реакции типа



введение в систему катализатора?

а) константа химического равновесия не изменится;

б) константа химического равновесия увеличится;

в) константа химического равновесия уменьшится, если $\Delta < 0$ кДж, и увеличится, если $\Delta > 0$ кДж;

г) константа химического равновесия увеличится, так как уменьшится число промежуточных стадий процесса.

Вопросы к коллоквиуму по темам «Гетерогенные каталитические системы» и «Мембранные и каталитические процессы»

1. Скорость химической реакции. Константа скорости и порядок реакции. Энергия активации химической реакции.
2. Катализатор. Автокатализ.
3. Промоторы и каталитические яды.
4. Гомогенный и гетерогенный катализ.
5. Кинетика гетерогенного катализа.
6. Селективность катализатора.
7. Адсорбция. Изотерма адсорбции Ленгмюра.
8. Внешнедиффузионная область катализа. Законы Фика.

9. Внешнекинетическая и адсорбционная области катализа.
10. Внутридиффузионная и внутрикинетическая области катализа.
11. Требования к гетерогенному катализатору. Предвидение каталитической активности.
12. Соотношение Бренстеда-Поляни.
13. Мембранный катализ. Классификация мембранных катализаторов.
14. Сопряжение химических реакций на мембранном катализаторе.
15. Вольтамперные характеристики систем «катионо-, анионообменная мембрана – раствор», «биполярная мембрана – раствор». Основные процессы, определяющие вид вольтамперной характеристики.
16. Каталитический ряд функциональных групп.
17. Каталитический механизм реакции диссоциации молекул воды на границах «ионообменная мембрана – раствор» в присутствии сульфокислотных групп, аминогрупп, карбоксильных групп и фосфорнокислотных групп.
18. Каталитический механизм реакции диссоциации молекул воды на границах «ионообменная мембрана – раствор» в присутствии оксидов и комплексов тяжелых металлов.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

Вопросы к зачету по дисциплине

1. Синтез ионполимеров: реакции полимеризации и поликонденсации.
2. Классификация ионообменных мембран. Получение гомогенных и гетерогенных мембран.
3. Физико-химические свойства синтетических мембран. Обменная емкость, влагоемкость, удельная влагоемкость.
4. Исследование структурных характеристик. Методы контактной эталонной и ртутной порометрии.
5. Пористая структура мембран. Микро-, мезо- и макропоры. Структурные типы ионообменных мембран.
6. Гетерогенные ионообменные мембраны для электродиализа.
7. Перфторированные мембраны: особенности получения, структуры и применения.
8. Равновесие ионит-раствор сильного электролита. Уравнение Доннана и его анализ. Межфазная разность электрических потенциалов.
9. Селективность мембран. Методы определения чисел переноса ионообменных мембран.
10. Электропроводность ионполимеров. Учет структурной неоднородности при описании электропроводности.
11. Перколяционная модель проводимости мембранных материалов. Перколяционные явления при набухании мембран.
12. Методы измерения электропроводности ионообменных мембран.
13. Диффузионная проницаемость мембран. Учет структурной неоднородности при описании диффузионной проницаемости.
14. Микрогетерогенная модель проводимости ионполимеров.
15. Движение ионов в электрическом и концентрационном поле.
16. Электродиффузия в мембранных системах. Уравнения Нернста-Планка.
17. Концентрационная поляризация. Предельный электродиффузионный ток. Уравнение Пирса.
18. Концентрационная поляризация. Сопряженные эффекты концентрационной поляризации.
19. Электроосмотическая проницаемость мембран. Методы измерения электроосмотической проницаемости.
20. Электроосмотическая проницаемость мембран. Модельные подходы для описания электроосмотической проницаемости. Уравнение Скачарда.

Вопросы к экзамену по дисциплине

1. Синтез ионполимеров: реакции полимеризации и поликонденсации.
2. Классификация ионообменных мембран. Получение гомогенных и гетерогенных мембран.
3. Физико-химические свойства синтетических мембран. Обменная емкость, влагоемкость, удельная влагоемкость.
4. Исследование структурных характеристик. Методы контактной эталонной и ртутной порометрии.
5. Пористая структура мембран. Микро-, мезо- и макропоры. Структурные типы ионообменных мембран.
6. Гетерогенные ионообменные мембраны для электродиализа.
7. Перфторированные мембраны: особенности получения, структуры и применения.
8. Равновесие ионит-раствор сильного электролита. Уравнение Доннана и его анализ. Межфазная разность электрических потенциалов.
9. Селективность мембран. Методы определения чисел переноса ионообменных мембран.
10. Электропроводность ионполимеров. Учет структурной неоднородности при описании электропроводности.
11. Перколяционная модель проводимости мембранных материалов. Перколяционные явления при набухании мембран.
12. Методы измерения электропроводности ионообменных мембран.
13. Диффузионная проницаемость мембран. Учет структурной неоднородности при описании диффузионной проницаемости.
14. Микрогетерогенная модель проводимости ионполимеров.
15. Движение ионов в электрическом и концентрационном поле.
16. Электродиффузия в мембранных системах. Уравнения Нернста-Планка.
17. Концентрационная поляризация. Предельный электродиффузионный ток. Уравнение Пирса.
18. Концентрационная поляризация. Сопряженные эффекты концентрационной поляризации.
19. Электроосмотическая проницаемость мембран. Методы измерения электроосмотической проницаемости.
20. Электроосмотическая проницаемость мембран. Модельные подходы для описания электроосмотической проницаемости. Уравнение Скачарда.
21. Катализ. Основные понятия. Гомогенный катализ. Основные понятия. Каталитическая активность, селективность.
22. Гетерогенный катализ. Закон действующих поверхностей. Адсорбция. Изотермы адсорбции Ленгмюра.
23. Лимитирующие стадии катализа. Внешнедиффузионная, внешнекинетическая, адсорбционная, внутريدиффузионная и внутрикинетическая области.
24. Мембранный катализ. Классификация мембранных катализаторов. Сопряжение химических реакций на мембранном катализаторе.
25. Область пространственного заряда на межфазной границе «ионообменная мембрана – раствор». Толщина диффузной части двойного электрического слоя в фазе раствора.
26. Вольтамперные характеристики систем «катионо-, анионообменная мембрана – раствор», «биполярная мембрана – раствор». Основные процессы, определяющие вид вольтамперной характеристики.
27. Каталитический механизм реакции диссоциации молекул воды на границах «ионообменная мембрана – раствор» в присутствии сульфокислотных групп, аминогрупп, карбоксильных групп и фосфорнокислотных групп. Лимитирующая стадия скорости реакции диссоциации молекул воды в этих системах.

28. Каталитический механизм реакции диссоциации молекул воды на границах «ионообменная мембрана – раствор» в присутствии оксидов и комплексов тяжелых металлов.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).

5.1 Основная литература:

1. Мембранная электрохимия: учебное пособие / Н.А. Кононенко, О.А. Демина, Н.В. Лоза и др.; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. - [2-е изд., испр. и доп.. - Краснодар : [Кубанский государственный университет], 2017. - 290 с **40 шт.**
2. Мембраны и мембранные технологии / отв. ред. А. Б. Ярославцев. - Москва : Научный мир, 2013. - 611 с. : ил. http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=468334&sr=1
2. Сибаров, Д. А. Катализ, каталитические процессы и реакторы [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д. А. Сибаров, Д. А. Смирнова. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 200 с. - https://e.lanbook.com/book/102250#book_name.

5.2 Дополнительная литература:

1. Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию [пособие]. М.: ДеЛи принт. 2007.
2. Березина Н.П. Электрохимия мембранных систем: учебное пособие. Краснодар: изд-во Кубанского государственного университета. 2009.
3. Стромберг А.Г. Физическая химия / А. Н. Стромберг, Д. П. Семченко ; под ред. А. Г. Стромберга. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Высшая школа, 1999. - 527 с.

5.3. Периодические издания:

Журнал «Мембраны и мембранные технологии»
Журнал «Высокомолекулярные соединения»

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

- Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Кафедра мембранной технологии: <http://membranemsk.ru/ychposob.html>
- Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН: http://www.catalysis.ru/block/index.php?ID=5&SECTION_ID=183

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).

Лекции Успешное освоение дисциплины предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.

Общие рекомендации

Изучение дисциплины следует начинать с проработки рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса.

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;
- подготовку к лабораторным занятиям;
- работу с Интернет - источниками;
- подготовка к зачету/экзамену.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, полученный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, приведенных в рабочей программе дисциплины.

Работа с конспектом лекций

Просмотрите конспект сразу после занятий, отметьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции. Регулярно отводите время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Выполнение лабораторных работ

На занятии получите у преподавателя график выполнения лабораторных работ. Получите все необходимое методическое обеспечение. Перед посещением лаборатории изучите теорию вопроса, предполагаемого к исследованию, ознакомьтесь с руководством по соответствующей работе и подготовьте протокол проведения работы. Отчет по лабораторной работе должен содержать следующие элементы:

1. тему, цель, приборы и материалы;
2. основные расчетные формулы, порядок выполнения работы;
3. экспериментальные данные, внесенные в таблицы;
4. результаты расчетов с детализацией;
5. графики с уравнениями линейной регрессии, полученными методом наименьших квадратов (если таковые требуются);
6. расчет погрешности измерения на основании серии экспериментов;
7. вывод по результатам полученных данных с обоснованием выбора методики определения, оценкой адекватности полученных результатов с учетом физико-

химического смысла измеряемой величины, природы протекающих процессов и справочных данных (если таковые имеются).

Оформление отчетов должно проводиться после окончания работы в лаборатории. Для подготовки к защите отчета следует проанализировать экспериментальные результаты, сопоставить их с известными теоретическими положениями, справочными или литературными данными, обобщить результаты исследований в виде выводов по работе, подготовить ответы на вопросы, приводимые в методических указаниях к выполнению лабораторных работ.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю).

8.1 Перечень информационных технологий.

8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.

Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, Access)

8.3 Перечень информационных справочных систем:

Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru/>)

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО)
2.	Лабораторные занятия	Лаборатория, укомплектованная специализированной мебелью, лабораторной посудой и оборудованием: потенциостат AUTOLAB PGSTAT302 – 1 шт, генератор водорода лабораторный – 1 шт, ванна ультразвуковая лабораторная – 1 шт, ячейка для испытания мембранно-электродных блоков – 1 шт, весы лабораторные – 1 шт, весы аналитические – 2 шт, термостат воздушный – 1 шт, иономер-рН-метр – 3 шт, измеритель иммитанса E7-21 – 4 шт, источник тока импульсный Б5-50 – 3 шт, кондуктометр – 1 шт, измеритель импеданса Tesla BM 507 – 1 шт, насос многоканальный перистальтический Heidolph Pumpdrive 5001 – 3 шт, насос перистальтический одноканальный – 2 шт, мультиметры универсальные настольные – 5 шт, вакуумный насос лабораторный – 1 шт, шейкер лабораторный – 2шт; ПК-3 шт.
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Учебная аудитория

4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Учебная аудитория
5.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.