

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

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по научной работе, и
инновациям
М.В. Шарафан
28 мая 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.01.02 ФИЗИКОХИМИЯ МЕМБРАННЫХ ПРОЦЕССОВ

Направление подготовки
04.06.01 Химические науки

Направленность (профиль) программы
02.00.05 Электрохимия

Квалификация выпускника:
Исследователь. Преподаватель-Исследователь

Форма обучения
очная

Краснодар 2021

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.01.02 «Физикохимия мембранных процессов» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования, утвержденным приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 № 869 по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации) и учебным планом основной образовательной программы по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки, профиль 02.00.05 Электрохимия.

Рабочую программу составил:
профессор кафедры
физической химии, д-р хим. наук, проф. Кононенко Н.А.



Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физической химии
«20» мая 2021 г. протокол № 11.

Заведующий кафедрой физической химии
д-р хим. наук, профессор Заболоцкий В.И.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета
«24» мая 2021 г. протокол № 7.

Председатель УМК факультета
канд. хим. наук, Беспалов А.В.



Зав. отделом аспирантуры
и докторантуры Звягинцева Н.Ю.



1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель дисциплины

Углубленное изучение важнейших разделов физической химии и электрохимии применительно к ионообменным материалам и мембранным процессам.

1.2 Задачи дисциплины

- сформировать знания о равновесии в мембранных системах;
- обеспечить усвоение теоретических основ и закономерностей кинетики мембранных процессов;
- сформировать представления об электрохимических процессах с участием мембран.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физикохимия мембранных процессов» является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 «Дисциплины (модули)» ООП направления подготовки 04.06.01 Химические науки, профиль Электрохимия.

Изучению дисциплины «Физикохимия мембранных процессов» предшествует изучение дисциплины «Физикохимия ионообменных материалов». Данная дисциплина является основой для освоения дисциплин «Современные методы исследования в мембранной электрохимии» и «Фундаментальные основы оптимизации и интенсификации мембранных процессов». Полученные в ходе освоения дисциплины знания, умения и навыки могут быть полезными при выполнении научных исследований, а также в ходе научно-производственной практики.

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: ОПК-1 и ПК-1.

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	<u>ОПК-1</u>	способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области	теоретические основы протекания электрохимических процессов в наносистемах (Шифр: 3 (ОПК-1) – 2)		

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
		использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий			
2	ПК-1	способностью применять основные принципы, теории и концепции современной электрохимии для решения фундаментальных и прикладных задач	назначение, область применения, классификацию и принцип действия наноматериалов; методы исследования их структуры и физико-химических характеристик (Шифр: 3 (ПК-1)-3)	использовать наноматериалы в различных технологиях (Шифр: У (ПК-1) -2)	основными понятиями и терминологией в области синтетических полимерных материалов; методиками измерения физико-химических характеристик ионообменных наноматериалов (Шифр: В (ПК-1) -3)

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. (144 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы	Всего часов	Год обучения			
		<u>2</u>			
Аудиторные занятия (всего)	20	20			
В том числе:					
Занятия лекционного типа	8	8			
Лабораторные занятия	12	12			
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	-	-			
Самостоятельная работа (всего)	96	96			
В том числе:					
Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ	50	50			

Подготовка к текущему контролю	46	46			
Контроль:					
Подготовка к экзамену	28	28			
Общая трудоемкость	час	144	144		
	зач. ед.	4	4		

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые на втором году обучения

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Общая характеристика мембранных процессов	22	2			20
2.	Равновесие в мембранных системах	32	2		4	26
3.	Электромассоперенос в мембранных системах	36	2		4	30
4.	Теоретическое описание явлений переноса в мембранных системах	26	2		4	20
	Контроль	28				
	<i>Всего:</i>	144	8		12	96

2.3 Содержание разделов дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Общая характеристика мембранных процессов	Основные понятия и классификация мембранных процессов. Получение гомогенных и гетерогенных мембран. Физико-химические свойства синтетических мембран. Методы исследования структуры мембран.	Устный опрос
2.	Равновесие в мембранных системах	Равновесие в системе ионит-раствор неэлектролита. Равновесие в системе ионит – раствор сильного электролита. Уравнение Доннана и его анализ. Мембранный потенциал.	Устный опрос
3.	Электромассоперенос	Перенос в ионных проводниках. Поток	Устный опрос

	в мембранных системах	вещества. Уравнение материального баланса. Движение ионов в электрическом и концентрационном поле. Концентрационная поляризация в электромембранных системах.	
4.	Теоретическое описание явлений переноса в мембранных системах	Термодинамика неравновесных процессов для описания явлений переноса в мембранных системах. Фрикционная модель и феноменологический подход. Уравнения Нернста-Планка.	Устный опрос

2.3.2 Занятия семинарского типа

Не предусмотрены

2.3.3 Лабораторные занятия

№	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Равновесие в мембранных системах	Измерение чисел переноса ионов потенциометрическим методом.	Защита лабораторной работы
2.	Электромассоперенос в мембранных системах	Измерение вольтамперных кривых в мембранной системе	Защита лабораторной работы
3.	Теоретическое описание явлений переноса в мембранных системах	Определение электродиффузионных коэффициентов в мембранной системе	Защита лабораторной работы

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

Самостоятельная работа аспирантов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе с дальнейшим их обсуждением на аудиторных занятиях. Во время самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечены доступом к базам данных, библиотечным фондам и сети Интернет.

№	Наименование раздела	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Общая характеристика мембранных процессов	1. Мембраны и мембранные технологии / Отв. ред. А.Б. Ярославцев. М.: Научный мир, 2013. – 612 с. http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=468334&sr=1

		<p>2. Кононенко, Н.А., Фоменко, М.А., Березина, Н.П., Вольфович, Ю.М. Пористая структура мембранных материалов. Учеб. пособие. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2013. 121 с.</p> <p>3. Гнусин Н.П., Кононенко Н.А. Электромассоперенос в ионных проводниках: Учеб. пособие. Краснодар, КубГУ, 2011.</p>
2	Равновесие в мембранных системах	<p>1. Березина, Н.П. Электрохимия мембранных систем [Текст] : учебное пособие / Н. П. Березина ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубан. гос. ун-т. - Краснодар : Кубанский государственный университет, 2009. - 137 с. : ил. - Библиогр.: с. 129-135. - ISBN 9785820906961</p> <p>2. Кононенко, Н.А., Фоменко, М.А., Березина, Н.П., Вольфович, Ю.М. Пористая структура мембранных материалов. Учеб. пособие. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2013. 121 с.</p>
3	Электромассоперенос в мембранных системах	<p>1. Кононенко Н.А., Березина Н.П. Методы исследования и характеристики мембран. Глава в кн.: Мембраны и мембранные технологии. С.402-455 / Коллектив авторов. Отв. ред. А.Б. Ярославцев. М.: Научный мир, 2013. – 612 с. http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=468334&sr=1</p> <p>2. Гнусин Н.П., Кононенко Н.А. Электромассоперенос в ионных проводниках: Учеб. пособие. Краснодар, КубГУ, 2011.</p> <p>3. Буданов, В.В. Химическая кинетика [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Буданов, Т.Н. Ломова, В.В. Рыбкин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 288 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/42196. — Загл. с экрана.</p>
4	Теоретическое описание явлений переноса в мембранных системах	<p>1. Мембраны и мембранные технологии. / Отв. ред. А.Б. Ярославцев. М.: Научный мир, 2013. – 612 с. http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=468334&sr=1</p> <p>2. Гнусин Н.П., Кононенко Н.А. Электромассоперенос в ионных проводниках: Учеб. пособие. Краснодар, КубГУ, 2011.</p> <p>3. Дамаскин, Б. Б. Электрохимия [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина. - 3-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 672 с. - https://e.lanbook.com/book/58166#authors</p>

Обеспечение обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья учебно-методическими ресурсами осуществляется в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

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,
- 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.

3. Образовательные технологии

Для формирования профессиональных компетенций в процессе освоения курса используется технология профессионально-развивающего обучения, предусматривающая не только передачу теоретического материала, но и стимулирование познавательных действий студентов. При проведении лекционных занятий используются мультимедийные презентации. В рамках практических и лабораторных занятий применяются методы проектного обучения, исследовательские методы, метод конкретных ситуаций.

Успешное освоение материала курса предполагает большую самостоятельную работу аспирантов и руководство этой работой со стороны преподавателя. В процессе самостоятельной деятельности студенты осваивают и анализируют передовой педагогический опыт, используя имеющуюся литературу и информационные технологии. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья реализуются индивидуальные образовательные технологии, которые позволяют полностью индивидуализировать содержание, методы и темпы учебной деятельности инвалида, вносить вовремя необходимую коррекцию, как в деятельность студента-инвалида, так и в деятельность преподавателя.

Семестр	Вид занятий (Л, ПР, ЛР)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
3	Л	Лекция-презентация: методы исследования структуры мембран	2
	ЛР	Измерение вольтамперных кривых в мембранной системе	2
	Итого:		4

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации

Вопросы для устного опроса по разделу 1 «Общая характеристика мембранных процессов»:

1. Классификация мембранных процессов.

2. Физико-химические свойства синтетических мембран.
3. Методы исследования структуры мембран.
4. Пористость мембран и методы ее оценки.

Вопросы для устного опроса по разделу 2 «Равновесие в мембранных системах» и при защите лабораторной работы «Измерение чисел переноса ионов потенциометрическим методом»:

1. Равновесие в системе ионит-раствор неэлектролита.
2. Равновесие в системе ионит – раствор сильного электролита.
3. Уравнение Доннана и его анализ.
4. Мембранный потенциал и методы его измерения.
5. Потенциометрический метод определения чисел переноса ионов.

Вопросы для устного опроса по разделу 3 «Электромассоперенос в мембранных системах» и при защите лабораторной работы «Измерение вольтамперных кривых в мембранной системе»:

1. Перенос вещества, заряда и растворителя в ионообменных мембранах.
2. Концентрационная зависимость удельной электропроводности растворов и мембран.
3. Сопряженный перенос молекул воды с ионами в синтетических мембранах.
4. Способы определения удельной электропроводности мембран.
5. Способы определения диффузионной и электроосмотической проницаемости мембран.
6. Поляризационные явления в электродных и мембранных системах.
7. Сопряженные эффекты концентрационной поляризации в электромембранной системе.
8. Факторы, влияющие на величину предельного тока в электромембранной системе.

Вопросы для устного опроса по разделу 4 «Теоретическое описание явлений переноса в мембранных системах» и при защите лабораторной работы «Определение электродиффузионных коэффициентов в мембранной системе»:

1. Термодинамика неравновесных процессов для описания явлений переноса в мембранных системах.
2. Фрикционная модель для описания явлений переноса в мембранных системах.
3. Феноменологический подход к описанию переноса массы, заряда и растворителя.
4. Уравнения Нернста-Планка для описания электродиффузионных процессов в мембранной системе.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

4.2.1 Вопросы для подготовки к зачету (для студентов ЗФО)

1. Классификация мембранных процессов.
2. Физико-химические свойства синтетических мембран.
3. Методы исследования структуры мембран.
4. Пористость мембран и методы ее оценки.
5. Равновесие в системе ионит-раствор неэлектролита.
6. Равновесие в системе ионит – раствор сильного электролита.
7. Уравнение Доннана и его анализ.
8. Мембранный потенциал и методы его измерения.
9. Селективность ионообменных мембран.
10. Потенциометрический метод определения чисел переноса ионов.

4.2.2 Вопросы для подготовки к экзамену

1. Классификация мембранных процессов.
2. Явления переноса в мембранных системах.
3. Подходы к характеристике мембран.
4. Физико-химические свойства синтетических мембран.
5. Методы исследования структуры мембран.
6. Равновесие в системе мембрана – раствор сильного электролита. Уравнение Доннана и его анализ.
7. Мембранный потенциал и методы его измерения.
8. Поток вещества.
9. Уравнение материального баланса.
10. Движение ионов в электрическом поле.
11. Диффузия электролитов.
12. Концентрационная поляризация в электромембранной системе.
13. Экспериментальные методы определения электропроводности на постоянном и переменном токах.
14. Перенос воды через мембрану. Осмос и электроосмос.
15. Селективность ионообменных мембран.
16. Поляризационные явления в электромембранной системе.
17. Вольтамперные характеристики мембранной системы.
18. Термодинамика неравновесных процессов для описания явлений переноса в мембранных системах.
19. Фрикционная модель и феноменологический подход.
20. Уравнения Нернста-Планка.

4.2.2 Пример экзаменационных билетов

КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет химии и высоких технологий
Кафедра физической химии
Экзамен по дисциплине «Физикохимия мембранных процессов»
Направление подготовки – 04.06.01 Химические науки
Профиль программы – 02.00.05 Электрохимия

Билет № 1

1. Классификация мембранных процессов.
2. Поляризационные явления в электромембранной системе.
3. Методы определения электропроводности ионообменных мембран.

Зав. кафедрой физ. химии

В.И.Заболоцкий

Студенты обязаны сдать экзамен в соответствии с расписанием и учебным планом. Экзамен по дисциплине преследует цель оценить работу студента за курс, получение теоретических знаний, их прочность, развитие творческого мышления, приобретение навыков самостоятельной работы, умение применять полученные знания для решения практических задач.

Форма проведения экзамена: устный ответ на вопросы экзаменационного билета. Экзаменатору предоставляется право задавать студентам дополнительные вопросы по всей учебной программе дисциплины.

Результат сдачи экзамена заносится преподавателем в экзаменационную ведомость и зачетную книжку.

Критерии оценки ответа:

оценка «отлично»: глубокие исчерпывающие знания всего программного материала, логически последовательные, полные, грамматически правильные и конкретные ответы на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы; использование в необходимой мере в ответах языкового материала, представленного в рекомендуемых учебных пособиях и дополнительной литературе;

оценка «хорошо»: твёрдые и достаточно полные знания всего программного материала, последовательные, правильные, конкретные ответы на поставленные вопросы при свободном реагировании на замечания по отдельным вопросам;

оценка «удовлетворительно»: знание и понимание основных вопросов программы, наличие несущественных ошибок при недостаточной способности их корректировки, наличие определенного количества (не более 50%) ошибок в освещении отдельных вопросов билета;

оценка «неудовлетворительно»: непонимание сущности излагаемых вопросов, грубые фактические ошибки в ответе, неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы экзаменатора.

Оценочные средства для 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. Буданов, В.В. Химическая кинетика [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Буданов, Т.Н. Ломова, В.В. Рыбкин. — Электрон. дан. —

Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 288 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/42196>. — Загл. с экрана.

2. Мембраны и мембранные технологии, под ред. А.Б. Ярославцева, – М.: Научный мир, 2013. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=468334&sr=1

3. Березина, Н.П. Электрохимия мембранных систем [Текст] : учебное пособие / Н. П. Березина ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубан. гос. ун-т. - Краснодар : Кубанский государственный университет, 2009. - 137 с. : ил. - Библиогр.: с. 129-135. - ISBN 9785820906961

5.2 Дополнительная литература:

1. Гнусин Н.П., Кононенко Н.А. Электромассоперенос в ионных проводниках: Учеб. пособие. Краснодар, КубГУ, 2011.

2. Дамаскин, Б. Б. Электрохимия [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина. - 3-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 672 с. - <https://e.lanbook.com/book/58166#authors>

3. Кононенко, Н.А., Фоменко, М.А., Березина, Н.П., Вольфович, Ю.М. Пористая структура мембранных материалов. Учеб. пособие. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2013. 121 с.

5.3. Периодические издания:

Журнал физической химии.

Электрохимия

Высокомолекулярные соединения

Журнал прикладной химии

Известия РАН. Серия: Химическая

Кинетика и катализ

Коллоидный журнал

Перспективные материалы

Теоретическая и экспериментальная химия

Успехи химии

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

1. <http://www.memtech.ru> – Российское мембранное общество

2. <http://www.mtc.kubsu.ru/> - НОЦ Южный мембранный центр

3. <http://www.nanometer.ru/> - Нанометр-Нанотехнологическое сообщество

4. Библиотека портала РФФИ <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library>

5. КубГУ, кафедра физической химии: <http://www.kubsu.ru/University/departments/CHEM/physchem/>

6. <http://www.sciencedirect.com> – полнотекстовая научная база данных международного издательства Elsevier.

7. <http://apps.webofknowledge.com/> - мультidisциплинарная реферативно-

библиографическая база данных Института научной информации США (Institute for Scientific Information, ISI), представленная на платформе Web of Knowledge компании Thompson Reuters.

8. www.scopus.com - Scopus (SciVerse Scopus) мультидисциплинарная библиографическая и реферативная база данных, созданная издательской корпорацией Elsevier.

9. <http://cyberleninka.ru/about> – Научная библиотека открытого доступа «КиберЛенинка».

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

Успешное освоение дисциплины предполагает активную, творческую работу аспиранта на занятиях лекционного и семинарского типа, а также во время выполнения лабораторных работ.

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

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

Самостоятельная работа аспирантов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе с дальнейшим их обсуждением на аудиторных занятиях. Во время самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечены доступом к базам данных, библиотечным фондам и сети Интернет.

На самостоятельное изучение раздела 1 «Общая характеристика мембранных процессов» отводится 20 часов. Аспиранты должны детально изучить явления переноса в мембранных системах и методы исследования структуры и физико-химических свойств синтетических мембран, используя литературу:

1. Мембраны и мембранные технологии / Отв. ред. А.Б. Ярославцев. М.: Научный мир, 2013. – 612 с.

http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=468334&sr=1

2. Кононенко, Н.А., Фоменко, М.А., Березина, Н.П., Вольфович, Ю.М. Пористая структура мембранных материалов. Учеб. пособие. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2013. 121 с.

3. Гнусин Н.П., Кононенко Н.А. Электромассоперенос в ионных проводниках: Учеб. пособие. Краснодар, КубГУ, 2011.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Баромембранные процессы: микро-, ультра-, нанофильтрация и обратный осмос.

2. Структура ионообменных мембран: мультиплеты, кластеры.
3. Методы исследования структуры синтетических мембран.
4. Физико-химические свойства ионообменных мембран.
5. Пористость синтетических мембран и методы ее оценки. Метод контактной эталонной порометрии.

При самостоятельном изучении раздела 2 «Равновесие в мембранных системах» аспиранты могут использовать литературу:

1. Березина, Н.П. Электрохимия мембранных систем [Текст] : учебное пособие / Н. П. Березина ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубан. гос. ун-т. - Краснодар : Кубанский государственный университет, 2009. - 137 с. : ил. - Библиогр.: с. 129-135. - ISBN 9785820906961

2. Кононенко Н.А., Фоменко М.А., Березина Н.П., Вольфович Ю.М. Пористая структура мембранных материалов. Учеб. пособие. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2013. 121 с.

В рамках раздела 2 аспиранты должны рассмотреть вопросы:

1. Мембранный потенциал.
2. Методы измерения мембранного потенциала.

При самостоятельном изучении раздела 3 «Электромассоперенос в мембранных системах» аспиранты могут использовать литературу:

1. Кононенко Н.А., Березина Н.П. Методы исследования и характеристики мембран. Глава в кн.: Мембраны и мембранные технологии. С.402-455 / Коллектив авторов. Отв. ред. А.Б. Ярославцев. М.: Научный мир, 2013. – 612 с. http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=468334&sr=1

2. Гнусин Н.П., Кононенко Н.А. Электромассоперенос в ионных проводниках: Учеб. пособие. Краснодар, КубГУ, 2011. 83 с.

3. Буданов, В.В. Химическая кинетика [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Буданов, Т.Н. Ломова, В.В. Рыбкин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 288 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/42196>. — Загл. с экрана.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Электроосмос в мембранной системе, сопряженный перенос молекул воды с ионами.
2. Поляризационные явления в присутствии поверхностно-активных органических веществ.
3. Вольтамперная характеристика мембранной системы.
4. Сопряженные эффекты концентрационной поляризации в электромембранной системе.

При самостоятельном изучении раздела 4 «Теоретическое описание явлений переноса в мембранных системах» аспиранты могут использовать литературу:

1. Мембраны и мембранные технологии. / Отв. ред. А.Б. Ярославцев. М.: Научный мир, 2013. – 612 с.

http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=468334&sr=1

2. Гнусин Н.П., Кононенко Н.А. Электромассоперенос в ионных проводниках: Учеб. пособие. Краснодар, КубГУ, 2011.

3. Дамаскин, Б. Б. Электрохимия [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина. - 3-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 672 с. - <https://e.lanbook.com/book/58166#authors>

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Феноменологический подход к описанию переноса массы, заряда и растворителя.

2. Уравнения Нернста-Планка для описания электродиффузионных процессов в мембранной системе.

3. Способы определения электродиффузионных коэффициентов.

Методические указания для обучающихся по подготовке к выполнению лабораторных работ

Целью проведения лабораторных работ является:

– установление связей теории с практикой в форме экспериментального подтверждения положений теории;

– обучение аспирантов умению анализировать полученные результаты;

– контроль самостоятельной работы аспирантов по освоению курса;

– обучение навыкам профессиональной деятельности.

Перед выполнением лабораторных работ аспирантам необходимо ознакомиться с методическими указаниями к выполнению работы и подготовить протокол проведения работы, в который занести:

– название работы;

– заготовки таблиц для заполнения экспериментальными данными наблюдений;

– уравнения химических реакций превращений, которые будут осуществлены при выполнении эксперимента;

расчетные формулы.

Оформление отчетов должно проводиться после окончания работы в лаборатории. Для подготовки к защите отчета следует проанализировать экспериментальные результаты, сопоставить их с известными теоретическими положениями или справочными 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) (при необходимости)

8.1 Перечень необходимого программного обеспечения

Microsoft Windows 8, 10

Microsoft Office Professional Plus

Компьютерные программы для расчета электродиффузионных коэффициентов мембран (предоставляется преподавателем).

8.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

1. <http://elibrary.ru/> Научная электронная библиотека

2. <http://e.lanbook.com/> - электронно-библиотечная система издательства

«Лань»

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

Для проведения занятий по дисциплине имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам: Лаборатория «Мембранного материаловедения», предназначенная для проведения лекционных и лабораторных работ по учебной дисциплине «Физикохимия мембранных процессов» снабжена руководствами для выполнения лабораторных работ и практических занятий, учебно-лабораторным оборудованием, реактивами для химического эксперимента. В необходимом количестве имеются химические реактивы: растворы солей, кислот, щелочей, индикаторов. Имеются весы аналитические, сушильный шкаф, химическая посуда: стаканы, колбы, пипетки, бюретки для титрования. В распоряжении лаборатории имеются приборы: мультиметры универсальные настольные, иономер-рН-метр, а также ячейка для определения числа переноса потенциометрическим методом и учебный стенд «Мембранная вольтамперометрия».

Для проведения лекций-визуализаций и лекций-презентаций имеется мультимедийная аппаратура и ноутбук. Имеются компьютеры для обработки экспериментальных данных на лабораторных занятиях.

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
---	-----------	------------------------------------------------------------------------

1.	Лекционные занятия	Аудитория (ауд. 345с), оснащенная учебной мебелью, переносной презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением для демонстрации мультимедийных презентаций, меловой или универсальной доской.
2.	Семинарские занятия	Аудитория (ауд. 345с), оснащенная учебной мебелью, переносной презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук или переносной мультимедийной техникой) и соответствующим программным обеспечением для демонстрации мультимедийных презентаций, меловой или универсальной доской.
3.	Лабораторные работы	Лаборатория мембранного материаловедения (345с), укомплектованная специализированной мебелью, вытяжной системой вентиляции, средствами пожарной безопасности и оказания первой медицинской помощи, лабораторным оборудованием: переносное мультимедийное оборудование (проектор); потенциостат AUTOLAB PGSTAT302, генератор водорода лабораторный, ванна ультразвуковая лабораторная, ячейка для испытания мембранно-электродных блоков, весы лабораторные, весы аналитические, термостат воздушный, иономер-рН-метр, измеритель иммитанса E7-21, источник тока импульсный Б5-50, кондуктометр, измеритель импеданса Tesla VM 507, насос многоканальный перстальтический Heidolph Pumpdrive 5001, мультиметры универсальные настольные, вакуумный насос лабораторный, шейкер лабораторный, компьютеры.
4.	Групповые (индивидуальные) консультации	Учебная аудитория, укомплектованная учебной мебелью (ауд. 343С, № 328С, 345С, № 334С)
5.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Учебная аудитория для проведения практических занятий (ауд. № 343С, № 328С, № 345С, № 334С), оснащенная учебной мебелью
6.	Самостоятельная работа	Аудитории, оснащенные учебной мебелью и компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета (№ 140, № 341С, № 329С)