

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

подпись

« 27 »

2018 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Б1.В.02 МЕМБРАННАЯ ЭЛЕКТРОХИМИЯ И МЕМБРАННЫЕ
МАТЕРИАЛЫ НОВЫХ ПОКОЛЕНИЙ**

Направление подготовки _____ 04.04.01 Химия _____

Направленность (профиль) _____ Электрохимия _____

Программа подготовки _____ академическая _____

Форма обучения _____ очная _____

Квалификация (степень) выпускника _____ магистр _____

Краснодар 2018

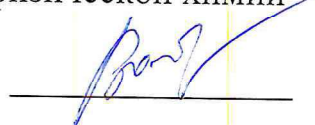
Рабочая программа дисциплины «Мембранная электрохимия и мембранные материалы новых поколений» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования, утвержденным приказом Минобрнауки России от 23.09.2015 № 1042 по направлению подготовки 04.04.01 Химия (уровень магистратуры) и учебным планом основной образовательной программы по направлению подготовки 04.04.01 Химия, профиль Электрохимия.

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



Рабочая программа утверждена на заседании кафедры (выпускающей) физической химии «10» апреля 2018 г., протокол № 11.

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



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета химии и высоких технологий протокол № 5 от «20» апреля 2018 г.

Председатель УМК факультета
доцент, канд. хим. наук Стороженко Т.П.



Эксперты:

Профессор кафедры стандартизации, сертификации и аналитического контроля ФГБОУ ВО «КубГТУ», д-р хим. наук Стрижов Н.К.

Профессор кафедры аналитической химии ФГБОУ ВО «КубГУ», д-р хим. наук Цюпко Т.Г.

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель освоения дисциплины

Целью дисциплины является формирование у студентов системных знаний в области мембранной электрохимии с учетом фундаментальных законов классической электрохимии и науки о полимерных материалах.

1.2 Задачи дисциплины

- формирование знаний об основных закономерностях электрохимии и физикохимии полимерных материалов;
- формирование знаний об экспериментальных методах получения и модифицирования современных мембранных материалов;
- развитие умений пользоваться экспериментальными методами исследования электрохимических характеристик мембранных систем;
- формирование у студентов навыков самостоятельной аналитической и научно-исследовательской работы.

1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.В.02 «Мембранная электрохимия и мембранные материалы новых поколений» является обязательной и входит в вариативную часть учебного плана по направлению подготовки 04.04.01 Химия. Изучение дисциплины «Мембранная электрохимия и мембранные материалы новых поколений» должно предшествовать изучению таких дисциплин, как «Современные методы исследования в электрохимии». При освоении данной дисциплины слушатели должны иметь знания по физической химии и электрохимии, умение работать с химической посудой и реактивами.

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

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

- готовностью использовать и развивать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач (ОК-1);
- владением теорией и навыками практической работы в избранной области химии (ПК-2).

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ОК-1	способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу	теоретические основы мембранной электрохимии	анализировать ионообменные мембраны для использования в конкретном электромембранном процессе	представлением об электрохимии полимерных мембран и мембранных технологиях
2	ПК-2	владением теорией и навыками практической работы в избранной области химии	назначение, область применения, классификацию мембран и методы их модифицирования	определить основные электрохимические характеристики мембран проводить статистическую обработку экспериментальных данных.	методами исследования основных характеристик мембран

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

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

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры (часы)			
			9			
Контактная работа, в том числе:						
Аудиторные занятия (всего):		54	54			
Занятия лекционного типа		18	18			
Лабораторные занятия		36	36			
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		-	-			
Иная контактная работа:						
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,5	0,5			
Самостоятельная работа, в том числе:		62,8	62,8			
Проработка учебного (теоретического) материала		20	20			
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		20	20			
Подготовка к текущему контролю		22,5	22,5			
Контроль:						
Подготовка к экзамену		26,7	26,7			
Общая трудоемкость	час.	144	144			
	в том числе контактная работа	54,5	54,5			
	зач. ед	4	4			

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Синтетические ионообменные мембраны	12	2	-	-	10
2.	Области применения синтетических ионообменных мембран	18	2	-	6	10
3.	Экспериментальные методы изучения электротранспортных свойств ионообменных мембран	26	4	-	12	10
4.	Модифицирование мембран	20	4	-	6	10
5.	Поляризационные явления в электромембранной системе	18	2	-	6	10
6.	Теоретическое описание электромембранных явлений и характеристика мембран	22,8	4	-	6	12,8
	Итого по дисциплине:		18	-	36	62,8

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

2.3 Содержание разделов дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
-----------	----------------------	--------------------	-------------------------

1	2	3	4
1	Синтетические ионообменные мембраны	Классификация ионообменных мембран. Синтез мембран и их структура. Модели структурной организации мембран. Механизм мембранного действия	Устный опрос
2	Области применения синтетических ионообменных мембран	Процессы разделения веществ: микрофильтрация, ультрафильтрация, обратный осмос, газоразделение, первапорация, диализ и электродиализ. Мембраны в качестве искусственных органов, сепараторов топливных элементах и электролизерах, как твердые электролиты и катализаторы.	Устный опрос
3	Экспериментальные методы изучения электротранспортных свойств ионообменных мембран	Физико-механические свойства мембран: плотность, геометрические размеры в сухом и набухом состоянии, прочность на разрыв. Электротранспортные свойства: мембранный потенциал; число переноса ионов; электропроводность ионообменных мембран; диффузионная и электроосмотическая проницаемость	Устный опрос
4	Модифицирование мембран	Методы модифицирования мембран: механический, химический, электрохимический. Модифицирование мембран органическими компонентами. Получение и свойства гибридных мембран.	Устный опрос
5	Поляризационные явления в электромембранной системе	Концентрационная поляризация в электромембранной системе. Основные уравнения для предельного тока. Анализ вольтамперной кривой. Сопряженные явления.	Тест
6	Теоретическое описание электромембранных явлений и характеристика мембран	Уравнения линейной неравновесной термодинамики для взаимосвязи потоков ионов и растворителя с градиентами действующих на мембрану сил. Концепция структурной неоднородности полимерных ионообменных мембран. Теория обобщенной проводимости гетерогенных систем. Взаимосвязь электропроводности и диффузионной проницаемости мембран. Характеристика мембран на основе исследования концентрационных зависимостей электротранспортных свойств.	Устный опрос

2.3.2 Занятия семинарского типа

Занятия семинарского типа не предусмотрены

2.3.3 Лабораторные занятия

№	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Области применения синтетических ионообменных мембран	Электродиализное обессоливание и концентрирование растворов электролитов	Предварительный устный опрос по теме работы, защита лабораторной работы
2.	Экспериментальные методы изучения электротранспортных свойств ионообменных мембран	Определение удельной электропроводности ионообменных мембран. Определение чисел переноса ионов потенциометрическим и электроаналитическим методом	Предварительный устный опрос по теме работы, защита лабораторной работы
3.	Модифицирование мембран	Определение интегральных коэффициентов диффузионной проницаемости	Предварительный устный опрос по теме

		модифицированных мембран	работы, защита лабораторной работы
4.	Поляризационные явления в электромембранной системе	Измерение вольтамперных характеристик электромембранной системы.	Предварительный устный опрос по теме работы, защита лабораторной работы
5.	Теоретическое описание электромембранных явлений и характеристика мембран	Определение транспортно-структурных параметров мембран из концентрационных зависимостей их удельной электропроводности и диффузионной проницаемости	Предварительный устный опрос по теме работы, защита лабораторной работы

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ

Курсовые работы – не предусмотрены

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

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1.	Подготовка отчета по лабораторной работе	Методические рекомендации к организации аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы студентов: методические указания / сост. Т.П. Стороженко, Т.Б. Починок, А.В. Беспалов, Н.В. Лоза. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2018. 89 с.
2.	Подготовка к устному опросу	1. Hoek E.M.V., Tarabara V.V. Encyclopedia of membrane science and technology (in 3 volumes). NJ.: Wiley. – 2013. 2. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Химия». Спб.: Лань. 2015. 2 шт. (0.04). https://e.lanbook.com/book/58166#authors .
3.	Подготовка к тесту	1. Кононенко Н.А., Демина О.А., Лоза Н.В., Фалина И.В., Шкирская С.А. Мембранная электрохимия: учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. Краснодар, КубГУ, 2017. 290 с.
4.	Подготовка к зачету	1. Мембраны и мембранные технологии, под ред. А.Б. Ярославцева, – М.: Наука, 2013. 611 с. http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=468334&sr=1 2. Кононенко Н.А., Демина О.А., Лоза Н.В., Фалина И.В., Шкирская С.А. Мембранная электрохимия: учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. Краснодар, КубГУ, 2017. 290 с. 3. Березина Н.П. Электрохимия мембранных систем: учебное пособие. Краснодар: изд-во Кубанского государственного университета. 2009.

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. 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
9	ЛР	Моделирование и визуализация процессов, протекающих в мембранных системах	8
9	ЛР	Моделирование и визуализация процессов, протекающих при электролизе, мембранном электролизе и др. мембранных процессах	8
	Итого:		16

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.

Вопросы для устного опроса по теме «Синтетические ионообменные мембраны»

1. Какова классификация мембран?
2. Какие реакции используются при синтезе мембран?
3. Как получить пористые мембраны?
4. Чем отличаются ионообменные мембраны от ультрафильтрационных и обратноосмотических мембран?
5. Какое целевое назначение ионообменных мембран?

Тест по теме «Поляризационные явления в электромембранной системе»

1. Причиной возникновения предельного состояния в электромембранной системе является:
разные числа переноса ионов в растворе и мембране
разная концентрация раствора по обе стороны мембраны
2. Причиной возрастания тока выше предельного в электромембранной системе является:
селективность мембраны
сопротивление мембраны
каталитическое действие функциональных групп
3. Как изменяется предельный ток с увеличением концентрации раствора в электромембранной системе?

увеличивается
уменьшается
не изменяется

4. Толщина диффузионного слоя зависит от:
обменной емкости мембраны
гидродинамического режима в системе
температуры раствора
5. Для расчета величины предельного тока используется уравнение:
Фика
Пирса
Нернста

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

4.2.1 Вопросы для подготовки к зачету

1. Классификация мембран.
2. Области применения мембран.
3. Способы получения мембран
4. Физические методы исследования структуры ионообменных мембран
5. Физико-механические свойства мембран и методы их определения.
6. Экспериментальные методы оценки селективности мембран.
7. Экспериментальные методы определения электропроводности на постоянном и переменном токах.
8. Мембранный потенциал и методы его измерения.
9. Экспериментальное определение диффузионных характеристик мембран.
10. Перенос воды через мембрану. Осмос и электроосмос.
11. Методы модифицирования мембран.
12. Измерение вольтамперных характеристик электромембранной системы.

4.2.2 Вопросы для подготовки к экзамену

13. Ионообменные мембраны. Классификация и целевое назначение
14. Способы получения мембран
15. Структурная организация мембран
16. Мембранные процессы разделения веществ.
17. Области применения мембран.
18. Физические методы исследования структуры ионообменных мембран
19. Состояние ионов и воды в мембранах
20. Физико-механические свойства мембран
21. Граница раздела мембрана-раствор.
22. Строение внутренней границы заряженный гель-раствор.
23. Механизм ионообменной доннановской сорбции электролита и формирование мембранного потенциала.
24. Мембранный потенциал и методы его измерения.
25. Расчет чисел переноса методом э.д.с.
26. Электромиграционные и эффективные числа переноса, их зависимость от плотности тока и связь с выходом по току.
27. Диффузия неэлектролитов и электролитов.
28. Экспериментальное определение интегрального и дифференциального коэффициента проницаемости.
29. Экспериментальные методы определения электропроводности на постоянном и переменном токах.
30. Перенос воды через мембрану. Осмос и электроосмос.
31. Проблема концентрирования электролитов.

32. Методы модифицирования мембран.
33. Классификация модификаторов.
34. Композитные мембраны с ион-электронным механизмом проводимости.
35. Поляризационные явления в электромембранной системе.
36. Вольтамперные характеристики мембранной системы.
37. Предельное состояние.
38. Сопряженные эффекты концентрационной поляризации.
39. Сверхпредельное состояние. Диссоциация воды. Нарушение электронейтральности.
40. Теоретическое описание электромембранных явлений.
41. Концепция структурной неоднородности ионообменных мембран.
42. Характеризация мембран с помощью набора транспортно-структурных параметров.

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.

4.2.3 Пример экзаменационных билетов

**Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования**

«Кубанский государственный университет»

Направление подготовки – 04.04.01 Химия

Магистерская программа – Электрохимия

Кафедра физической химии

Дисциплина «Мембранная электрохимия и мембранные материалы новых поколений»

Экзаменационный билет № 1

1. Поляризационные явления в электромембранной системе.
2. Особенности структуры перфторированных мембран.
3. Экспериментальные методы определения чисел переноса ионов в ионообменных мембранах.

Заведующий кафедрой _____

В.И. Заболоцкий

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

5.1 Основная литература:

1. Мембраны и мембранные технологии, под ред. А.Б. Ярославцева, – М.: Наука, 2013. 611 с. http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=468334&sr=1
2. Кононенко Н.А., Демина О.А., Лоза Н.В., Фалина И.В., Шкирская С.А. Мембранная электрохимия: учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. Краснодар, КубГУ, 2017. 290 с.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

5.2 Дополнительная литература:

1. Hoek E.M.V., Tarabara V.V. Encyclopedia of membrane science and technology (in 3 volumes). NJ.: Wiley. – 2013.
2. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Химия». Спб.: Лань. 2015. 2 шт. (0.04). <https://e.lanbook.com/book/58166#authors>.
3. Березина Н.П. Электрохимия мембранных систем: учебное пособие. Краснодар: изд-во Кубанского государственного университета. 2009.

5.3. Периодические издания:

Журнал «Мембраны и мембранные технологии»

Журнал «Электрохимия»

"Журнал физической химии"

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

Русское мембранное общество «Мембраны и мембранные технологии»:
<http://memtech.ru/index.php/ru/>
КубГУ, кафедра физической химии:
<http://www.kubsu.ru/University/departments/CHEM/physchem/>
НОЦ Южный мембранный центр: www.mtc.kubsu.ru

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

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.

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. Обзаведитесь всем необходимым методическим обеспечением. Перед посещением лаборатории изучите теорию вопроса, предполагаемого к исследованию, ознакомьтесь с руководством по соответствующей работе и подготовьте протокол проведения работы, в который занесите:

- ☐ 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.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала. Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

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

8.1 Перечень информационных технологий.

8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.

Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint)

Программное обеспечение для слабовидящих.

8.3 Перечень информационных справочных систем:

1. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru>)
2. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru/>)

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

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и

		соответствующим программным обеспечением (ауд. 332с, 334с, 406с, 416с).
2.	Лабораторные занятия	Лаборатория «Мембранного материаловедения» (ауд.345с), предназначенная для проведения практических и лабораторных работ по учебной дисциплине «Мембранная электрохимия и мембранные материалы новых поколений», укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения, 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. Имеется химическая посуда: стаканы, колбы, пипетки, бюретки для титрования, а также электрохимические ячейки: кондуктометрическая ячейка для измерения сопротивления растворов, ячейки для измерения сопротивления мембран контактным и разностным методами, диффузионная ячейка. В распоряжении лаборатории имеются учебный стенд «Ионообменные материалы» и лабораторные установки для исследования основных характеристик ионообменников, включающие приборы: потенциостат AUTOLAB PGSTAT302, насос многоканальный перистальтический Heidolph Pumpdrive 5001, мультиметры универсальные настольные, иономер-рН-метр. В лаборатории имеются весы аналитические и шейкер лабораторный LS110, а также лабораторная установка «Мембранная вольтамперометрия». Имеются компьютеры для обработки экспериментальных данных на лабораторных занятиях.
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения (ауд. 332с, 334с, 343с).
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения (ауд.345с).
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 (ауд.329с).