

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный университет»  
Факультет химии и высоких технологий  
Кафедра физической химии



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

2.1.2.1 Современные аспекты электрохимии ионообменных материалов  
(наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Научная специальность 1.4.6. Электрохимия

(шифр и наименование научной специальности)

Форма обучения *очная*

Краснодар  
2024

Рабочая программа дисциплины 2.1.2.1 Современные аспекты электрохимии ионообменных материалов составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов, утвержденными приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

Рабочая программы дисциплины составлена  
Н.А. Кононенко, проф. кафедры физической химии,  
д-р хим. наук, проф.



Кононенко

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры физической химии 23 апреля 2024 (протокол № 12).


Заведующий кафедрой Фалина И.В.



Фалина

Программа обсуждена и одобрена учебно-методической комиссией факультета химии и высоких технологий 23 мая 2024 (протокол № 7)

Председатель УМК факультета Беспалов А.В.



Беспалов

### 1. Цель изучения дисциплины

Углубленное изучение современных тенденций развития электрохимии применительно к ионообменным материалам и мембранным процессам.

### 2. Задачи дисциплины

- ✓ сформировать знания о равновесии в ионообменных системах;
- ✓ обеспечить усвоение теоретических основ и закономерностей кинетики ионообменных процессов;
- ✓ сформировать представления о технологических процессах с участием ионообменников и мембран.

### 3. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина 2.1.2.1 Современные аспекты электрохимии ионообменных материалов относится к Образовательному компоненту «Дисциплины (модули)» программы аспирантуры.

### 4. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся специальных компетенций (СК)

№ п.п.	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
1.	<b>СК-1</b> Способность к применению в ходе собственных научных исследований методологических основ, понятийно-категориального и терминологического аппарата электрохимии	1. Проводит научные исследования в области электрохимии с применением методологии, понятийно- категориального и терминологического аппарата электрохимии. 2. Учитывает в исследованиях особенности современных тенденций развития электрохимии.
2	<b>СК-2</b> Способность применять перспективные методы исследования закономерностей и особенностей функционирования электрохимических систем, процессов и технологий в условиях неопределенности и риска	Выявляет, анализирует и предлагает пути решения проблем неопределенности и риска в контексте исследований структурных элементов электрохимических систем, процессов и технологий.

### 5. Структура дисциплины по очной форме обучения.

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

Вид учебной работы	Всего (часов)	Семестры (часы)	
		3	
<b>Контактная работа, в том числе:</b>	<b>36,2</b>	<b>36,2</b>	
<b>аудиторная по видам учебных занятий (всего)</b>	<b>36</b>		
<b>в том числе:</b>			
– лекции	18	18	-
– практические	18	18	-
– лабораторные			-
			-
<b>Иная контактная работа:</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	
Промежуточная аттестация	0,2	0,2	

<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>		<b>144</b>	<b>144</b>	
Проработка учебного (теоретического) материала		48	48	-
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		48	48	-
Подготовка к текущему контролю		48	48	-
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>час.</b>	<b>180</b>	<b>180</b>	<b>-</b>
	<b>зач. ед</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	

## 6. Содержание дисциплины по очной форме обучения

По итогам изучаемой дисциплины аспиранты (обучающиеся) сдают кандидатский экзамен (зачет с оценкой).

Дисциплина изучается на 2 курсе, в 3 семестре по учебному плану очной формы обучения.

№ п/п	Тема. Основные вопросы	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	1. Равновесие ионообменных системах. 1.1 Равновесие в гомогенной и гетерогенной системе. Модельные представления ионообменного равновесия. 1.2. Равновесие в системе ионит-раствор неэлектролита, ионит – раствор сильного электролита. 1.3. Уравнение Доннана и его анализ. Ионообменное равновесие. Уравнение Никольского. Явления зарядовой селективности.	3	6	6	-	48
	2. Кинетика ионообменных процессов. 2.1. Основные понятия химической кинетики. Кинетические уравнения. 2.2. Методы определения константы скорости и	3	6	6	-	48

№ п/ п	Тема. Основные вопросы	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	<p>порядка реакции. Зависимость константы скорости от температуры. 2.3. Основные закономерности протекания ионного обмена. Механизм ионного обмена. Лимитирующая стадия и способы ее выявления.</p>					
	<p>3. Ионообменные технологии. 3.1. Области применения ионообменных материалов. Ионообменная технология умягчения и глубокой деминерализации воды. 3.2. Использование ионообменных материалов в пищевой промышленности и медико-биологической практике. 3.3. Разделительные диафрагмы в процессах электролиза и мембранного электролиза.</p>	3	6	6	-	48
			18	18	Не предусмотрено учебным планом	144

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

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

### **Основная учебная 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](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

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

### **Дополнительная учебная литература**

1. Вшивков, С.А. Фазовые и структурные переходы жидкокристаллических наносистем [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 112 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4038>. — Загл. с экрана.
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. Кулезнев, В.Н. Химия и физика полимеров [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Н. Кулезнев, В.А. Шершнева. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 368 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/51931>.
4. Гнусин Н.П., Кононенко Н.А. Электромассоперенос в ионных проводниках: Учеб. пособие. Краснодар, КубГУ, 2011. 83 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:

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

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 студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;
- подготовку к практическим 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.

При самостоятельном изучении раздела 1 «Равновесие в ионообменных системах» аспирантам рекомендуется использовать издание «Электрохимия мембранных систем» Березиной Н.П. и книгу «Мембраны и мембранные технологии». Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Равновесие в системе ионит-раствор неэлектролита.
2. Изотерма адсорбции и коэффициенты распределения.
3. Ситовый эффект и эффект высаливания.
4. Силы взаимодействия при сорбции неэлектролитов.

При самостоятельном изучении раздела 2 «Кинетика ионообменных процессов» аспиранты могут использовать книги:

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

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

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.

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>

В рамках раздела 2 аспиранты должны рассмотреть вопросы:

1. Экспериментальные методы изучения кинетики ионного обмена.
2. Методы определения константы скорости и порядка реакции ионного обмена.
3. Способы выявления лимитирующей стадии ионного обмена.
4. Изотопный обмен. Модель Бойда.

При самостоятельном изучении раздела 3 «Ионообменные технологии» аспиранты могут использовать книгу «Мембраны и мембранные технологии».

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Ионообменные технологии умягчения воды.
2. Смешанный слой ионитов для получения глубоко деминерализованной воды.
3. Использование ионообменных материалов в пищевой, молочной и сахарной промышленности.
4. Использование ионитов в медико-биологической практике.
5. Регенерация ионообменных материалов.

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.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине позволяют:

- обеспечить взаимодействие между участниками образовательного процесса, в том числе синхронное и (или) асинхронное взаимодействие посредством сети "Интернет";
- фиксировать ход образовательного процесса, результатов промежуточной аттестации по дисциплине и результатов освоения образовательной программы;
- организовать процесс образования путем визуализации изучаемой информации посредством использования презентаций, учебных фильмов;
- контролировать результаты обучения на основе компьютерного тестирования.

### **Перечень программного обеспечения**

1. Лицензионное программное обеспечение (Windows, Microsoft Office)

### **Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

1. Электронно-библиотечные системы (ЭБС):
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» <http://www.biblioclub.ru/>
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>
5. Профессиональные базы данных
6. Scopus <http://www.scopus.com/>
7. ScienceDirect <https://www.sciencedirect.com/>
8. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
9. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
10. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
11. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
12. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prlib.ru/>
13. База данных CSD Кембриджского центра кристаллографических данных (CCDC) <https://www.ccdc.cam.ac.uk/structures/>
14. Springer Journals: <https://link.springer.com/>
15. Springer Journals Archive: <https://link.springer.com/>
16. Nature Journals: <https://www.nature.com/>
17. Springer Nature Protocols and Methods:
18. <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
19. Springer Materials: <http://materials.springer.com/>
20. Nano Database: <https://nano.nature.com/>
21. Springer eBooks (i.e. 2020 eBook collections): <https://link.springer.com/>
22. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
23. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

### **Информационные справочные системы**

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

### **Ресурсы свободного доступа**

2. КиберЛенинка <http://cyberleninka.ru/>;
3. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>



4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
<https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
5. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;

Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ

1. Электронный каталог Научной библиотеки КубГУ  
<http://megapro.kubsu.ru/MegaPro/Web>
2. Электронная библиотека трудов ученых КубГУ  
<http://megapro.kubsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=ToDb&idb=6>
3. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
4. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций  
<http://infoneeds.kubsu.ru/>
5. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>

**11. Материально-техническое оснащение.**

№ п/п	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом
1	3	4
	Аудитории для проведения лекционных и практических занятий (ауд. 345с, 343с, 334с, 332с), Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер. Перечень лицензионного программного обеспечения: MicrosoftWindows 8, 10 Microsoft Office Professional Plus	г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149
	Аудитории для самостоятельной работы (№ 140, № 341С, № 329С) Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер. Перечень лицензионного программного обеспечения: MicrosoftWindows 8, 10 Microsoft Office Professional Plus	г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149

**12. Оценочные средства по дисциплине.**

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации представлены в приложении к РПД

## ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО, ПРОМЕЖУТОЧНОГО И ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Приложение

к рабочей программе дисциплины «2.1.2.1 Современные аспекты электрохимии ионообменных материалов»

## ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО, ПРОМЕЖУТОЧНОГО И ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности в процессе освоения программы аспирантуры

### 1. Опрос на занятии

Вопросы для устного опроса по теме «Равновесие в ионообменных системах» и при защите лабораторной работы «Определение константы ионизации ионообменника методом потенциометрического титрования»

1. Классификация ионообменных материалов.
2. Физико-химические свойства ионитов.
3. Методы определения обменной емкости ионита.
4. Модельные представления ионообменного равновесия: модели Грегора, Лазара, Качальского, Райса.
5. Равновесие в системе ионит-раствор неэлектролита. Изотерма адсорбции и коэффициенты распределения, ситовый эффект, эффект высаливания, силы взаимодействия.
6. Равновесие в системе ионит – раствор сильного электролита. Уравнение Доннана и его анализ.

Вопросы для устного опроса по теме «Кинетика ионообменных процессов» и при защите лабораторной работы «Определение скорости реакции ионного обмена»

1. Экспериментальные методы изучения кинетики ионного обмена.
2. Механизм ионного обмена.
3. Лимитирующая стадия ионного обмена и способы ее выявления.
4. Основные теории кинетики ионного обмена. Изотопный обмен, модели Бойда, Адамсона-Гроссмана.

Вопросы для устного опроса по теме «Ионообменные технологии» и при защите лабораторной работы «Умягчение воды смешанным слоем ионитов»:

1. Ионообменные технологии умягчения воды.
2. Получение глубоко деминерализованной воды.
3. Использование ионообменных материалов в пищевой промышленности.
4. Ионообменные материалы в сахарной промышленности.
5. Использование ионообменных материалов в молочной промышленности.
6. Регенерация ионообменных материалов.

### 2. Промежуточная аттестация

#### Вопросы для подготовки к экзамену

1. Классификация ионообменных материалов.
2. Равновесие в гомогенной и гетерогенной системе.
3. Набухание ионитов.
4. Модельные представления ионообменного равновесия: модель Грегора, Лазара, Качальского, Райса.
5. Равновесие ионит - раствор неэлектролита. Изотерма адсорбции и коэффициенты распределения.
6. Ситовый эффект и эффект высаливания. Силы взаимодействия.

7. Равновесие ионит-раствор сильного электролита. Термодинамическое уравнение Доннана и его анализ.
8. Методы исследования структуры ионообменных материалов.
9. Учет неоднородности ионитов при сорбции сильных электролитов.
10. Ионообменное равновесие. Изотерма обмена, коэффициенты разделения, распределения и равновесия.
11. Уравнение Никольского. Явления зарядовой селективности.
12. Основные закономерности протекания ионного обмена.
13. Механизм ионного обмена. Лимитирующая стадия.
14. Экспериментальные методы изучения кинетики ионного обмена.
15. Основные теории кинетики ионного обмена.
16. Области применения ионообменных материалов.
17. Ионообменные технологии водоподготовки.
18. Использование ионообменных материалов в пищевой, сахарной и молочной промышленности.
19. Использование ионитов в медико-биологической практике.
20. Регенерация ионообменных материалов.

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности в процессе освоения образовательной программы

Контроль освоения дисциплины «2.1.2.1 Современные аспекты электрохимии ионообменных материалов» на этапах текущей и промежуточной аттестации проводится в соответствии с действующим Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

#### Критерии оценивания результатов обучения

Оценка	Критерии оценивания по экзамену
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает аспирант, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает аспирант, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает аспирант, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает аспирант, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

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.