

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

2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.02 ФИЗИКОХИМИЯ ИОНООБМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Направление подготовки  
**04.06.01 Химические науки**

Направленность (профиль) программы  
**02.00.05 Электрохимия**

Квалификация выпускника:  
**Исследователь. Преподаватель-Исследователь**

Форма обучения  
**очная**

Краснодар 2021

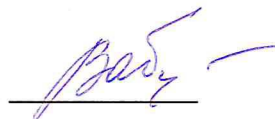
Рабочая программа дисциплины Б1.В.02 «Физикохимия ионообменных материалов» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования, утвержденным приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 № 869 по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки (уровень 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.



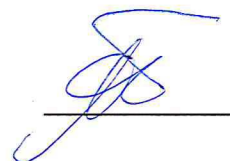
Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физической химии  
«20» мая 2021 г. протокол № 11.

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 применительно к ионообменным материалам и мембранным процессам.

### 1.2 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.

### 1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.В.2 «Физикохимия ионообменных материалов» относится к вариативной части блока Б1 «Дисциплины (модули)» учебного плана направления подготовки 04.06.01 «Химические науки», направленность «Электрохимия».

Дисциплина «Физикохимия ионообменных материалов» является основой для таких дисциплин, как «Электрохимия», «Электрохимия наносистем» и «Современные методы исследования в мембранной электрохимии». Полученные в ходе освоения дисциплины знания, умения и навыки могут быть полезными при выполнении научных исследований.

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: ОПК-1; ПК-1. В результате изучения дисциплины у аспиранта должны сформироваться следующие компетенции, в соответствии с паспортом (п.3 ООП):

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

№ п.п.	Индекс компете нции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
		современных методов исследования и информационно- коммуникационны х технологий			
	ПК-1	способностью применять основные принципы, теории и концепции современной электрохимии для решения фундаментальных и прикладных задач		пользоваться учебной, научной, научно- популярной литературой, сетью Интернет для профессионал ьной деятельности; проводить статистическу ю обработку экспериментал ьных данных; выявлять причинно- следственные связи «структура – свойства» для ионообменных материалов (Шифр: У (ПК-1) – 3);	основными понятиями и терминологие й в области синтетических полимерных материалов; методиками измерения физико- химических характеристик ионообменных и сорбционных материалов (Шифр: В-(ПК-1) – 3).

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач.ед. (72 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице

Вид учебной работы	Всего часов	Курс			
		1			
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	36	36			
В том числе:					
Занятия лекционного типа	8	8			
Лабораторные занятия	20	20			
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	8	8			
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>	36	36			
Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ	20	20			
Подготовка к текущему контролю	8	8			
Подготовка к промежуточному контролю (зачет)	8	8			
Общая трудоемкость	час	<u>72</u>	<u>72</u>		
	зач. ед.	<u>2</u>	<u>2</u>		

## 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые на первом году обучения (для студентов **ОФО**)

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Равновесие в ионообменных системах	24	2	2	8	12
2.	Кинетика ионообменных процессов	26	4	2	8	12
3.	Ионообменные технологии	22	2	4	4	12
	<i>Всего:</i>	72	8	8	20	36

## 2.3 Содержание разделов дисциплины:

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Равновесие в	Равновесие в гомогенной и гетерогенной	Устный опрос.

	ионообменных системах	системе. Модельные представления ионообменного равновесия. Равновесие в системе ионит-раствор неэлектролита, ионит – раствор сильного электролита. Уравнение Доннана и его анализ. Ионообменное равновесие. Уравнение Никольского. Явления зарядовой селективности.	Защита лабораторной работы
2.	Кинетика ионообменных процессов	Основные понятия химической кинетики. Кинетические уравнения. Методы определения константы скорости и порядка реакции. Зависимость константы скорости от температуры. Основные закономерности протекания ионного обмена. Механизм ионного обмена. Лимитирующая стадия и способы ее выявления.	Устный опрос. Защита лабораторной работы
3.	Ионообменные технологии	Области применения ионообменных материалов. Ионообменная технология умягчения и глубокой деминерализации воды. Использование ионообменных материалов в пищевой промышленности и медико-биологической практике. Разделительные диафрагмы в процессах электродиализа и мембранного электролиза.	Устный опрос. Защита лабораторной работы

### 2.3.2 Занятия семинарского типа

№	Наименование раздела	Тематика практических занятий (семинаров)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Равновесие в ионообменных системах	1. Модельные представления ионообменного равновесия: модель Грегора, Лазара, Качальского, Райса. 2. Изотерма адсорбции и коэффициенты распределения, ситовый эффект. 3. Взаимосвязь сорбционных и структурных характеристик ионполимеров.	Устный опрос
2.	Кинетика ионообменных процессов	1. Экспериментальные методы изучения кинетики ионного обмена. 2. Основные теории кинетики ионного обмена. Изотопный обмен, модель Бойда, Адамсона-Гроссмана.	Устный опрос
3.	Ионообменные технологии	1. Ионообменные технологии водоподготовки.	Устный опрос

		2. Использование ионообменных материалов в пищевой, сахарной и молочной промышленности. 3. Регенерация ионообменных материалов	
--	--	---	--

### 2.3.3 Лабораторные занятия

№	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Равновесие в ионообменных системах	Определение константы ионизации ионообменника методом потенциометрического титрования	Защита лабораторной работы
2.	Кинетика ионообменных процессов	Определение скорости реакции ионного обмена	Защита лабораторной работы
3.	Ионообменные технологии	Умягчение воды смешанным слоем ионитов	Защита лабораторной работы

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

*Курсовые работы – не предусмотрены*

## 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по 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.	Равновесие в ионообменных системах	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. Мембраны и мембранные технологии, под ред. А.Б. Ярославцева, – М.: Научный мир, 2013. Режим доступа: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=468334&amp;sr=1">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=468334&amp;sr=1</a>
2.	Кинетика	1. Березина, Н.П. Электрохимия мембранных систем [Текст] :

	ионообменных процессов	<p>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. 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: <a href="https://e.lanbook.com/book/42196">https://e.lanbook.com/book/42196</a>. — Загл. с экрана.</p> <p>4. 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. - <a href="https://e.lanbook.com/book/58166#authors">https://e.lanbook.com/book/58166#authors</a>.</p>
3.	Ионообменные технологии	<p>1. Мембраны и мембранные технологии, под ред. А.Б. Ярославцева, – М.: Научный мир, 2013. Режим доступа: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=468334&amp;sr=1">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=468334&amp;sr=1</a></p> <p>2. НОЦ Южный мембранный центр: <a href="http://www.mtc.kubsu.ru">www.mtc.kubsu.ru</a>.</p>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья 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: моделирование процессов, протекающих в ионитах при набухании	2
	ЛР	Презентация: ионообменные технологии водоподготовки	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 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.

#### **4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

##### **4.2.1 Вопросы для подготовки к зачету**

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.

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. 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

### 5.2 Дополнительная 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.

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

### 5.3. Периодические издания:

Электрохимия

Вестник МГУ. Серия: Химия

Известия ВУЗов. Серия: Химия и химическая технология

Химия. Реферативный журнал. ВИНТИ

Вестник СПбГУ. Серия: Физика. Химия

Высокомолекулярные соединения

Журнал аналитической химии

Журнал неорганической химии

Журнал общей химии

Журнал органической химии

Журнал прикладной химии

Заводская лаборатория

Известия РАН. Серия: Химическая

Кинетика и катализ

Коллоидный журнал

Перспективные материалы

Теоретическая и экспериментальная химия

**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://elibrary.ru/> Научная электронная библиотека
7. <http://www.sciencedirect.com> – полнотекстовая научная база данных международного издательства Elsevier.
8. <http://apps.webofknowledge.com/> - мультидисциплинарная реферативно-библиографическая база данных Института научной информации США (Institute for Scientific Information, ISI), представленная на платформе Web of Knowledge компании Thompson Reuters.
9. [www.scopus.com](http://www.scopus.com) - Scopus (SciVerse Scopus) мультидисциплинарная библиографическая и реферативная база данных, созданная издательской корпорацией Elsevier.
10. <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 студентами 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.

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», а также Интернет-ресурсы: НОЦ Южный мембранный центр: [www.mtc.kubsu.ru](http://www.mtc.kubsu.ru)

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.

Целью проведения лабораторных работ является:

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

– обучение студентов умению анализировать полученные результаты;

– контроль самостоятельной работы студентов по освоению курса;

– обучение навыкам профессиональной деятельности.

Методические указания для обучающихся по подготовке к выполнению и защите лабораторных работ

### **Методические указания для обучающихся по подготовке к выполнению лабораторных работ**

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

– название работы;

– цель работы;

– порядок выполнения работы;

– заготовки таблиц для заполнения экспериментальными данными наблюдений;

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

– 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**

1. Microsoft Windows 8, 10

2. Microsoft Office Professional Plus

Компьютерная программа для расчета константы ионизации (предоставляется преподавателем).

## 8.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

1. <http://e.lanbook.com/> - Электронно-библиотечная система издательства «Лань»
2. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru>)

Обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечены электронными и (или) печатными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

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

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащённость
1.	Лекционные занятия	Аудитория (ауд. 345с, 343с, 334с, 332с), оснащённая учебной мебелью, стационарной или 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, 343с, 334с, 332с), оснащённая учебной мебелью, стационарной или 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: 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 Е7-21, источник тока импульсный Б5-50, кондуктометр, измеритель импеданса Tesla BM 507, насос многоканальный перстальтический Heidolph Pumpdrive 5001, мультиметры универсальные настольные, вакуумный насос лабораторный, шейкер лабораторный, компьютеры, вакуумный насос лабораторный, ПК.
4.	Групповые (индивидуальные) консультации	Учебная аудитория, укомплектованная учебной мебелью (ауд. 343С, № 328С, 345С, № 334С)
5.	Текущий контроль,	Учебная аудитория для проведения практических занятий



	промежуточная аттестация	(ауд. № 343С, № 328С, № 345С, № 334С), оснащенная учебной мебелью
б.	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)