

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 учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

 Хагуров Т.А.

\_\_\_\_\_ мая \_\_\_\_\_ 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б1.В.02 СТРУКТУРА И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ  
СВОЙСТВА ИОНООБМЕННЫХ И СОРБЦИОННЫХ  
МАТЕРИАЛОВ**

Направление подготовки 04.04.01 Химия

Направленность (профиль) Электрохимия

Форма обучения очная

Квалификация выпускника магистр

Краснодар 2019

Рабочая программа дисциплины «Структура и физико-химические свойства ионообменных и сорбционных материалов» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования, утвержденным приказом Минобрнауки России от 13.07.2017 N 655 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:**

Н.А. Кононенко, профессор кафедры физической химии, д-р хим. наук



Рабочая программа утверждена на заседании кафедры физической химии «29» апреля 2019 г., протокол № 13.

Заведующий кафедрой физической химии Заболоцкий В.И



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета химии и высоких технологий протокол № 6 от «16» мая 2019 г.

Председатель УМК факультета  
Стороженко Т.П.



**Эксперты:**

Доценко С.П., профессор кафедры органической, физической и коллоидной химии ФГБОУ ВО «КубГАУ», д-р хим. наук.

Соколов М.Е., канд. хим. наук, доцент кафедры радиофизики и нанотехнологий ФГБОУ ВО «КубГУ».

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель дисциплины

Целью дисциплины является формирование у студентов знаний по структуре и физико-химическим свойствам ионообменных и сорбционных материалов для практического применения в электрохимии; подготовка студентов к решению научно-исследовательских задач в выбранной области химии.

### 1.2 Задачи дисциплины

Основные задачи дисциплины:

- сформировать у студентов знания о процессах сорбции и ионного обмена в природных и синтетических материалах;
- обеспечить усвоение теоретических основ и закономерностей ионного обмена;
- сформировать представления о технологических процессах с участием ионообменников и сорбентов;
- сформировать у студентов навыки самостоятельной аналитической и научно-исследовательской работы.

### 1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.В.02 «Структура и физико-химические свойства ионообменных и сорбционных материалов» является обязательной и входит в часть учебного плана по направлению подготовки 04.04.01 Химия, формируемую участниками образовательных отношений. Изучение дисциплины «Структура и физико-химические свойства ионообменных и сорбционных материалов» проводится одновременно с изучением таких дисциплин, как «Мембранная электрохимия и мембранные материалы новых поколений». При освоении данной дисциплины слушатели должны иметь знания по физической химии и электрохимии, умение работать с химической посудой и реактивами. В рамках данной дисциплины у студентов формируют знания, умения и навыки, которые обеспечат формирование компетенций, необходимых для успешной научно-исследовательской работы в выбранной области химии.

### 1.4 Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся профессиональных компетенций: способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии или смежных наук (ПК-1), способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в электрохимии или смежных науках (ПК-3).

| № п.п. | Индекс компетенции | Содержание компетенции (или её части)  | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны    |   |  |
|--------|--------------------|--|--|---|--|
|        |                    |  | знает  | умеет   | владеет  |
| 1.     | ПК-1               | Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии или смежных наук | основные понятия в области синтетических полимерных материалов | определить равновесные и кинетические характеристики ионообменников и сорбентов | методиками измерения физико-химических характеристик ионообменных и сорбционных материалов |
| 2.     | ПК-3               | Способен на основе   | Области при-   | проводить ста-  | навыками   |

| № п.п. | Индекс компетенции | Содержание компетенции (или её части)  | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны |  |   |
|--------|--------------------|--|---|--|---|
|        |                    |  | знает   | умеет  | владеет   |
|        |                    | критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в электрохимии или смежных науках | менения ионообменных и сорбционных материалов               | тистическую обработку экспериментальных данных: пользоваться учебной и научной литературой | представления полученных результатов в виде кратких отчетов |

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

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

| Вид учебной работы   |                                      | Всего часов | Семестры (часы) |   |   |   |
|--|--------------------------------------|-------------|-----------------|---|---|---|
|  |                                      |             | 1               |   |   |   |
| <b>Контактная работа, в том числе:</b>                     |                                      |             |                 |   |   |   |
| <b>Аудиторные занятия (всего):</b>                         |                                      | <b>68,3</b> | <b>68,3</b>     |   |   |   |
| Занятия лекционного типа                                   |                                      | 32          | 32              | - | - | - |
| Лабораторные занятия                                       |                                      | 36          | 36              | - | - | - |
| Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия) |                                      | -           | -               | - | - | - |
|  |                                      | -           | -               | - | - | - |
| <b>Иная контактная работа:</b>                             |                                      |             |                 |   |   |   |
| Промежуточная аттестация (ИКР)                             |                                      | 0,3         | 0,3             |   |   |   |
| <b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>                |                                      | <b>85</b>   | <b>85</b>       |   |   |   |
| Подготовка к текущему контролю                             |                                      | 40          | 40              | - | - | - |
| Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ        |                                      | 45          | 45              |   |   |   |
| <b>Контроль:</b>   |                                      | <b>26,7</b> | <b>26,7</b>     |   |   |   |
|  |                                      |             |                 |   |   |   |
| <b>Общая трудоемкость</b>                                  | <b>час.</b>                          | <b>180</b>  | <b>180</b>      | - | - | - |
|  | <b>в том числе контактная работа</b> | <b>68,3</b> | <b>68,3</b>     |   |   |   |
|  | <b>зач. ед</b>                       | <b>5</b>    | <b>5</b>        |   |   |   |

### 2.2 Структура дисциплины

| № | Наименование разделов | Количество часов |                   |    |    |                      |
|---|-----------------------|------------------|-------------------|----|----|----------------------|
|   |                       | Всего            | Аудиторная работа |    |    | Внеаудиторная работа |
|   |                       |                  | Л                 | ПЗ | ЛР |                      |
| 1 | 2                     | 3                | 4                 | 5  | 6  | 7                    |
|   |                       |                  |                   |    |    |                      |

|    |  |      |    |   |    |    |
|----|--|------|----|---|----|----|
| 1. | Введение. Общие положения                                  | 12   | 2  | - | -  | 10 |
| 2. | Классификация ионообменников и сорбентов, синтез ионитов   | 12   | 2  | - | -  | 10 |
| 3. | Структура ионообменников и сорбентов                       | 32   | 6  |   | 6  | 20 |
| 4. | Физико-химические свойства ионитов                         | 40   | 8  |   | 12 | 20 |
| 5. | Процессы набухания, необменного поглощения, ионного обмена | 35   | 8  |   | 12 | 15 |
| 6. | Основы ионообменной технологии                             | 22   | 6  |   | 6  | 10 |
|    | <i>Итого по разделам дисциплинам:</i>                      |      |    |   |    |    |
|    | Промежуточная аттестация (ИКР)                             | 0,3  |    |   |    |    |
|    | Подготовка к промежуточной аттестации                      | 26,7 |    |   |    |    |
|    | Общая трудоемкость по дисциплине                           | 180  | 32 | - | 36 | 85 |

## 2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины:

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

| №  | Наименование раздела (темы)                                | Содержание раздела   | Форма текущего контроля |
|----|--|--|-------------------------|
| 1  | 2  | 3  | 4                       |
| 1. | Введение. Общие положения                                  | Ионный обмен и сорбция: основные положения. Понятие полимерной матрицы, функциональной группы, фиксированного иона, противоиона и коиона. История развития ионного обмена. Техническая эволюция ионообменников и сорбентов.                                  | Устный опрос            |
| 2. | Классификация ионообменников и сорбентов, синтез ионитов   | Классификация ионитов по функциональным свойствам, структуре, степени ионизации функциональных групп. Синтез ионитов и сорбентов. Смолы полимеризационного и поконденсационного типа. Химическое кондиционирование.  | Устный опрос            |
| 3. | Структура ионообменников и сорбентов                       | Физические методы исследования структуры синтетических ионообменников и сорбентов. Методы исследования пористости. Метод контактной эталонной порометрии.  | Реферат                 |
| 4  | Физико-химические свойства ионитов                         | Механические свойства ионитов. Термическая и химическая устойчивость ионитов. Реакции в сульфокатионитах. Обменная емкость ионитов и способы ее определения. Константа ионизации ионитов. Уравнение Гендерсона-Хассельбаха.                                  | Тест                    |
| 5  | Процессы набухания, необменного поглощения, ионного обмена | Набухание ионитов. Модельные представления ионообменного равновесия. Термодинамика набухания. Свободная и связанная вода в ионитах. Равновесие ионит-раствор неэлектролита. Изотерма адсорбции и коэффициенты распределения. Ситовый эффект и эффект высали- | Контрольная работа      |

|   |                                |  |              |
|---|--------------------------------|--|--------------|
|   |                                | вания. Равновесие ионит-раствор сильного электролита. Термодинамическое уравнение Доннана и его анализ. Учет неоднородности ионитов при сорбции сильных электролитов. Ионообменное равновесие. Изотерма обмена, коэффициенты разделения, распределения и равновесия. Уравнение Никольского. Явления зарядовой селективности. |              |
| 6 | Основы ионообменной технологии | Применение ионообменников и сорбентов в химической и пищевой промышленности. Ионообменная технология водоподготовки: умягчение и очистка воды на ионитных фильтрах, деионизация воды в фильтрах смешанного действия. Регенерация ионообменников и сорбентов.   | Устный опрос |

### 2.3.2 Занятия семинарского типа

Занятия семинарского типа не предусмотрены.

### 2.3.3 Лабораторные занятия

| №  | Наименование лабораторных работ  | Форма текущего контроля   |
|----|--|---|
| 1  | 2  | 3   |
| 1. | Определение структурных характеристик мембран и смол методом контактной эталонной порометрии<br>Определение плотности ионообменников и сорбентов.                          | Предварительный устный опрос по теме работы, защита лабораторной работы |
| 2. | Определение обменной и сорбционной емкости ионообменников и сорбентов.<br>Определение константы ионизации ионообменных материалов методом потенциометрического титрования  | Предварительный устный опрос по теме работы, защита лабораторной работы |
| 3  | Определение массовой доли воды в ионообменниках и сорбентах методом воздушно-тепловой сушки.<br>Определение изменения линейных размеров при набухании ионообменных мембран | Предварительный устный опрос по теме работы, защита лабораторной работы |

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы (проекты) учебным планом не предусмотрены.

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

| №  | Вид СРС                                  | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы   |
|----|--|---|
| 1  | 2  | 3   |
| 1. | Подготовка отчета по лабораторной работе | Методические рекомендации 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. Рамбиди Н.Г. Структура полимеров – от молекул до наноансамблей. Учебное пособие. – Долгопрудный: ООО Издательский Дом «Интеллект», 2009. – 264 с.<br>2. Кононенко, Н.А., Фоменко, М.А., Березина, Н.П., Вольфкович, Ю.М. Пористая структура мембранных материалов. Учеб. пособие. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2013. 121 с.  |
| 3. | Подготовка к тесту              | 1. Кононенко Н.А., Демина О.А., Лоза Н.В., Фалина И.В., Шкирская С.А. Мембранная электрохимия: учебное пособие Краснодар, Кубанский гос. ун-т, 2017. 290 с.  |
| 4. | Подготовка к контрольной работе | 1. Кононенко, Н.А., Фоменко, М.А., Березина, Н.П., Вольфкович, Ю.М. Пористая структура мембранных материалов. Учеб. пособие. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2013. 121 с.<br>2. Кононенко Н.А., Демина О.А., Лоза Н.В., Фалина И.В., Шкирская С.А. Мембранная электрохимия: учебное пособие Краснодар, Кубанский гос. ун-т, 2017. 290 с.   |
| 5. | Подготовка реферата             | 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.  |
| 6. | Подготовка к экзамену           | 1. Лейкин Ю.А. Физико-химические основы синтеза полимерных сорбентов: Учебное пособие. Бинوم. Лаборатория знаний, 2011. - 413 с.<br>2. Иржак В.И. Структурная кинетика формирования полимеров. СПб.: Лань. – 2015. 448 с. <a href="https://e.lanbook.com/reader/book/56604/#1">https://e.lanbook.com/reader/book/56604/#1</a> .<br>3. Кононенко Н.А., Демина О.А., Лоза Н.В., Фалина И.В., Шкирская С.А. Мембранная электрохимия: учебное пособие Краснодар, Кубанский гос. ун-т, 2017. 290 с. |

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 компетенций в процессе освоения курса используется технология профессионально-развивающего обучения, предусматривающая не только передачу теоретического материала, но и стимулирование познавательных действий студентов.

Создание в учебной деятельности проблемных ситуаций и организация активной

самостоятельной деятельности обучающихся по их разрешению приводит к творческому овладению знаниями, умениями, навыками, развитию мыслительных способностей. Работа с электронными базами данных, подготовка рефератов и защита в форме доклада, включающая ответы на вопросы и/или дискуссию, индивидуальных заданий, дискуссии по обсуждаемым вопросам.

Мультимедийные презентации по теме занятия. Доклады студентов с мультимедийной презентацией по рефератам. Дискуссии по теме занятия. Устный опрос.

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

#### **4. Оценочные и методические материалы**

##### **4.1 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

**Текущий контроль знаний** осуществляется на каждом лабораторном занятии в виде устного опроса, обсуждения дискуссионных вопросов, в том числе по докладам, рефератам и индивидуальным заданиям студентов. Письменный контроль осуществляется в виде тестов и контрольной работы. Одной из форм контроля формирования необходимых компетенций является устная защита реферата в виде доклада с обязательным демонстрационным материалом, например, презентацией. По индивидуальным заданиям студенты кроме письменного отчета также готовят краткое сообщение на 2-3 минуты с обязательным демонстрационным материалом.

**Подготовка реферата и доклада по нему с мультимедийной презентацией.** Реферат – письменная работа, содержащая краткое изложение сущности какого-либо метода исследования структуры ионообменников и сорбентов с использованием нескольких первоисточников, выполняемая студентом в течение длительного срока (около месяца). Реферат должен содержать основные фактические сведения и выводы по рассматриваемому вопросу.

**Доклад** (устное сообщение) по реферату представляет собой краткое (5-7 мин) изложение сути выполненной работы, сопровождающееся компьютерной презентацией. Последняя должна включать не более 12-15 слайдов.

##### **Пример теста по теме «Физико-химические свойства ионитов»**

1. У каких ионообменников выше плотность?  
*на полистирольной матрице*  
*на перфторированной матрице*
2. Как изменяется обменная емкость ионита с ростом степени сшивки полимерной матрицы?  
*увеличивается*  
*уменьшается*  
*не изменяется*
3. Ионообменники и сорбенты:  
*растворяются в воде*  
*не растворяются в воде*
4. Реакции, протекающие в сульфокатионитах при нагревании:  
*десульфирования*  
*дезаминирования*  
*деградации*
5. Для расчета константы ионизации ионообменника используется уравнение:  
*Нернста-Планка*  
*Гендерсона-Хассельбаха*  
*Дебая-Хюккеля*

**Перечень части компетенций, проверяемых оценочным средством:** способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии или смежных наук (ПК-1).

**Вопросы для устного контроля знаний по разделам дисциплины**  
**Раздел № 1 «Введение. Общие положения»**

1. Какие полимеры используются для получения ионообменников и сорбентов?
2. Какие функциональные группы содержатся в катионообменниках?
3. Какие функциональные группы содержатся в анионообменниках?
4. Какие неорганические ионообменники вы знаете?
5. В чем преимущество ионообменников на полимерной матрице по сравнению с природными сорбентами?

**Перечень части компетенций, проверяемых оценочным средством:** способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии или смежных наук (ПК-1).

**Раздел № 2 «Классификация ионообменников и сорбентов, синтез ионитов»**

1. Какова классификация полимеров?
2. Какие реакции используются при синтезе ионитов и сорбентов?
3. Как получить пористые иониты и сорбенты?
4. Какую геометрическую форму имеют иониты?
5. Чем отличается ионообменник от сорбента?

**Перечень части компетенций, проверяемых оценочным средством:** способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии или смежных наук (ПК-1).

**Раздел № 6 «Основы ионообменной технологии»**

1. Какие ионообменные материалы используются для удаления ионов жесткости из воды?
2. Какие материалы используются для очистки лекарственных препаратов?
3. Для каких целей используются ионообменники в молочной промышленности?
4. Какие ионообменники используются для осветления сахарных сиропов?
5. Как регенерировать ионообменную колонку со смешанным слоем ионитов?

**Перечень части компетенций, проверяемых оценочным средством:** способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в электрохимии или смежных науках (ПК-3).

**Контрольная работа по теме «Процессы набухания, необменного поглощения, ионного обмена»**

**Вариант №1**

1. Как изменится набухание ионполимера, если степень его сшивки увеличится в 2 раза?
2. Объясните, почему анионит ЭДЭ-10П лучше сорбирует триэтиламин, а АВ-17 – фенол?
3. Как будет выглядеть изотерма обмена  $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+}$  для смолы КУ-2?
4. Дайте определение зарядовой селективности ионполимеров.
5. Рассчитайте, во сколько раз изменится концентрация доннановски сорбированного электролита, если концентрация внешнего раствора увеличится в 3 раза.

### Вариант №2

1. Как изменится набухание катионита, если его перевести из  $\text{Na}^+$ - в  $\text{Li}^+$ -форму?
2. Объясните, почему смола КБ-2 лучше сорбирует триэтиламин, а КУ-2 – фенол?
3. Как будет выглядеть изотерма обмена  $\text{Cl}^- - \text{SO}_4^{2+}$  для смолы АВ-17?
4. Что такое ситовый эффект?
5. Рассчитайте, во сколько раз изменится концентрация доннановски сорбированного электролита, если концентрация внешнего раствора увеличится в 4 раза.

### Вариант №3

1. Как обменная емкость влияет на набухание ионполимеров в воде?
2. Объясните, почему анионит ЭДЭ-10П лучше сорбирует бутанол, а АВ-17 – фенол?
3. Нарисуйте изотерму обмена  $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+}$  для смолы КБ-4?
4. Почему смола КУ-2 в  $\text{Li}^+$ -форме сорбирует меньше фенола, чем в  $\text{Na}^+$ -форме?
5. Рассчитайте, во сколько раз изменится концентрация доннановски сорбированного электролита, если концентрация внешнего раствора увеличится в 5 раз.

**Перечень части компетенций, проверяемых оценочным средством:** способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии или смежных наук (ПК-1).

### Примерные темы рефератов по теме «Структура ионообменников и сорбентов»

1. Физические методы исследования структуры синтетических ионообменников и сорбентов.
2. Методы исследования пористости ионообменников и сорбентов.
3. Возможности оптических методов при исследовании структуры ионитов.
4. Перспективы применения резонансных методов для оценки структурных характеристик ионитов.
5. Уровни гетерогенности структуры синтетических полимеров.
6. Взаимосвязь структурных и транспортных характеристик ионообменных мембран.
7. Атомная силовая и сканирующая микроскопия в исследованиях структуры ионитов.
8. Метод контактной эталонной порометрии.

Данное задание выполняется студентами самостоятельно в течение нескольких недель с поэтапным контролем за его выполнением преподавателем в ходе индивидуальных консультаций, в том числе дистанционно по электронной почте. Время, отводимое на выполнение задания - 4 недели.

**Перечень части компетенций, проверяемых оценочным средством:** способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в электрохимии или смежных науках (ПК-3).

### Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

| № п/п | Контролируемые разделы (темы) дисциплины*                | Код контролируемой компетенции (или ее части) | Наименование оценочного средства |   |
|-------|--|---|----------------------------------|---|
|       |  |   | Текущий контроль                 | Промежуточная аттестация                |
| 1     | Введение. Общие положения                                | ПК-1  | Устный опрос                     | Вопросы для подготовки к экзамену № 1-3 |
| 2     | Классификация ионообменников и сорбентов, синтез ионитов | ПК-1  | Устный опрос                     | Вопросы для подготовки к экзамену № 4-6 |

|   |  |      |   |  |
|---|--|------|---|--|
| 3 | Структура ионообменников и сорбентов                       | ПК-1 | Выполнение и защита лабораторной работы. Защита рефератов.  | Вопросы для подготовки к экзамену № 7, 8   |
| 4 | Физико-химические свойства ионитов                         | ПК-3 | Тест. Выполнение и защита лабораторных работ.               | Вопросы для подготовки к экзамену № 9-12   |
| 5 | Процессы набухания, необменного поглощения, ионного обмена | ПК-1 | Контрольная работа. Выполнение и защита лабораторных работ. | Вопросы для подготовки к экзамену № 13-20  |
| 6 | Основы ионообменной технологии                             | ПК-3 | Устный опрос. Выполнение и защита лабораторной работы.      | Вопросы для подготовки к экзамену № 21, 22 |

### Показатели, критерии и шкала оценки сформированных компетенций

| Код и наименование компетенций   | Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания   |  |  |
|--|--|--|--|
|  | пороговый  | базовый  | продвинутый  |
|  | Оценка   |  |  |
|  | Удовлетворительно  | Хорошо   | Отлично  |
| ПК-1<br>Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии или смежных наук | Имеет <i>отрывочные</i> знания основных понятий и терминологии в области ионообменных и сорбционных материалов.  | <i>Знает с некоторыми пробелами</i> основные понятия и терминологию в области ионообменных и сорбционных материалов.   | Имеет <i>полные и глубокие</i> знания основных понятий и терминологии в области ионообменных и сорбционных материалов и их структуры.  |
|  | <i>Умеет</i> определять некоторые физико-химические и структурные характеристики ионообменных материалов по стандартным методикам с погрешностями и небольшими ошибками; | <i>Умеет</i> определять все физико-химические и структурные характеристики ионообменных материалов по стандартным методикам с погрешностями и небольшими ошибками; | <i>Умеет</i> правильно определять все физико-химические и структурные характеристики ионообменных материалов по стандартным методикам; |
|  | <i>Владеет</i> основными методами исследования физико-химических характеристик ионообменных материалов, но только с указаниями преподавателя                             | <i>Владеет</i> основными методами исследования физико-химических и структурных характеристик ионообменных материалов.  | <i>Владеет</i> основными методами исследования физико-химических и структурных характеристик ионообменных материалов в полном объеме.  |

|   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| <p style="text-align: center;"><b>ПК-3</b></p> <p>Способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в электрохимии или смежных науках</p> | <p>Имеет <i>отрывочные</i> знания о структуре и физико-химических свойствах ионообменных и сорбционных материалов</p>  | <p><i>Знает с некоторыми пробелами</i> физико-химические свойства ионообменных и сорбционных материалов;</p>  | <p>Имеет <i>полные и глубокие</i> знания о структуре и физико-химических свойствах ионообменных и сорбционных материалов</p>  |
|   | <p><i>Умеет</i> анализировать результаты исследования физико-химических и структурных характеристик ионообменников и сорбентов с погрешностями и небольшими ошибками.</p>  | <p><i>Умеет</i> анализировать результаты исследования физико-химических и структурных характеристик ионообменных и сорбционных материалов.</p>                  | <p><i>Умеет</i> критически анализировать результаты исследования физико-химических и структурных характеристик ионообменных и сорбционных материалов.</p>             |
|   | <p><i>Владеет</i> основными методами обработки результатов исследования физико-химических и структурных характеристик ионообменных материалов, но только с указаниями преподавателя по выбору и реализации метода исследования</p> | <p><i>Владеет</i> основными методами обработки результатов исследования физико-химических и структурных характеристик ионообменных и сорбционных материалов</p> | <p><i>Владеет</i> методами обработки результатов исследования физико-химических и структурных характеристик ионообменных и сорбционных материалов в полном объеме</p> |

### Зачтено-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен)

#### Вопросы для подготовки к экзамену

1. История развития ионного обмена.
2. Техническая эволюция ионообменников и сорбентов.
3. Понятие полимерной матрицы, функциональной группы, фиксированного иона, противоиона и коиона.
4. Классификация ионитов и сорбентов.
5. Синтез ионитов.
6. Синтез ионообменных мембран.
7. Структурная организация ионитов. Свободная и связанная вода.
8. Методы исследования структуры ионообменников и сорбентов.
9. Физико-химические свойства ионитов.
10. Механические свойства ионитов.
11. Термическая и химическая устойчивость ионитов.
12. Обменная емкость ионитов. Способы определения.
13. Набухание ионитов. Модельные представления.
14. Равновесие ионит-раствор неэлектролита.
15. Ситовый эффект и эффект высаливания.
16. Равновесие ионит-раствор сильного электролита.
17. Уравнение Доннана и его анализ.

18. Учет неоднородности ионитов при сорбции сильных электролитов.
19. Ионообменное равновесие. Уравнение Никольского.
20. Явления зарядовой селективности.
21. Применение ионитов. Ионообменная технология.
22. Применение сорбентов.

**4.2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

***Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания лабораторных работ***

Защита лабораторных работ происходит в виде собеседования с преподавателем с обязательной проверкой преподавателем лабораторного журнала студента. Для успешной защиты лабораторной работы студент должен предоставить лабораторный журнал, оформленный в соответствии с установленными требованиями: отметка о выполнении экспериментальной части работы; необходимые расчеты согласно методическим указаниям к выполнению лабораторных работ с указанием размерностей полученных величин; графики и рисунки в соответствии с требованиями лабораторного практикума. На основании полученных результатов студенты должны сформулировать и записать вывод, который должен быть согласован с заявленными целями и/или задачами лабораторной работы. Вывод должен содержать необходимую количественную информацию. В ходе устной беседы с преподавателем студент должен продемонстрировать знание целей и задач выполненной работы, законов, которые лежат в основе наблюдаемых в ходе работы явлений, продемонстрировать умение анализировать полученную информацию и делать на ее основе выводы. Беседа включает опрос по контрольным вопросам к лабораторной работе. В этом случае в лабораторном журнале на соответствующей работе ставится пометка «зачтено», роспись преподавателя, принявшего работу, и дата защиты работы. После этого лабораторная работа считается выполненной. Допускается защита лабораторных работ индивидуально или в составе малых групп обучающихся, совместно выполнявших данную работу.

***Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания устного опроса по темам***

Форма проведения – собеседование.

Продолжительность опроса – 30 минут.

Студенты проходят собеседование с преподавателем, который опрашивает студентов на предмет выявления знания основных положений раздела дисциплины по вопросам к устному опросу. Опрос проводится фронтально с обсуждением дискуссионных вопросов.

**Критерии оценки:**

- **оценка «зачтено»** студент активно участвует в ответе на вопросы, владеет теоретическими знаниями по данному разделу, допускает незначительные ошибки; студент умеет правильно объяснять материал, иллюстрируя его примерами.

- **оценка «не зачтено»** студент не участвует в ответе на вопросы, неправильно отвечает на вопросы или делает существенные ошибки, затрудняется привести примеры, довольно ограниченный объем знаний программного материала.

***Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания теста***

После изучения темы 4 проводится тестирование. Тесты представляют собой ряд заданий, в которых студенты должны подчеркнуть правильный ответ или написать свой вариант правильного ответа. Выполнение обучающимся тестовых заданий демонстрирует освоение им профессиональной компетенции ПК-3. За каждый правильный ответ выставляется один балл.

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы. Оценка определяется количеством правильных ответов.

| Ступени уровня освоения компетенций | Отличительные признаки  | Показатель оценки сформированной компетенции |
|-------------------------------------|---|--|
| Пороговый                           | Обучающийся воспроизводит термины, основные понятия, способен узнавать языковые явления.                                    | Не менее 3 баллов за задания теста.          |
| Базовый                             | Обучающийся выявляет взаимосвязи, классифицирует, упорядочивает, интерпретирует, применяет на практике пройденный материал. | Не менее 4 баллов за задания теста           |
| Продвинутый                         | Обучающийся анализирует, оценивает, прогнозирует, конструирует.   | Не менее 5 баллов за задания теста           |
|                                     | Компетенция не сформирована   | Менее 3 баллов за задания теста.             |

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.

#### ***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 «Структура и физико-химические свойства ионообменных и сорбционных материалов»**

## Экзаменационный билет № 1

1. Методы исследования структуры ионообменных и сорбционных материалов.
2. Синтез и физико-химические свойства ионитов.
3. Ионообменная технология умягчения воды.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

В.И. Заболоцкий

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

#### 5.1 Основная литература:

1. Лейкин Ю.А. Физико-химические основы синтеза полимерных сорбентов: Учебное пособие. Бинوم. Лаборатория знаний, 2011. - 413 с.
2. Иржак В.И. Структурная кинетика формирования полимеров. СПб.: Лань. – 2015. 448 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/56604/#1>

#### 5.2 Дополнительная литература

1. Кононенко, Н.А., Фоменко, М.А., Березина, Н.П., Вольфкович, Ю.М. Пористая структура мембранных материалов. Учеб. пособие. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2013. 121 с.
2. Рамбиди Н.Г. Структура полимеров – от молекул до наноансамблей. Учебное пособие. – Долгопрудный: ООО Издательский Дом «Интеллект», 2009. – 264 с.
3. Кононенко Н.А., Демина О.А., Лоза Н.В., Фалина И.В., Шкирская С.А. Мембранная электрохимия: учебное пособие Краснодар, Кубанский гос. ун-т, 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».

#### 5.3 Периодические издания

Журнал «Мембраны и мембранные технологии»  
"Журнал физической химии"

### 6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

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. Попробуйте 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.

### **7. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

#### **7.1 Перечень информационно-телекоммуникационных технологий**

#### **7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения**

Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint)

Программное обеспечение для слабовидящих.

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

1. <http://elibrary.ru/> Научная электронная библиотека
2. [www.scopus.com](http://www.scopus.com) - Scopus (SciVerse Scopus) мультидисциплинарная библиографическая и реферативная база данных, созданная издательской корпорацией Elsevier.
3. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru>)
4. <http://cyberleninka.ru/about> – Научная библиотека открытого доступа «КиберЛенинка»
5. <http://www.sciencedirect.com> – полнотекстовая научная база данных международного издательства Elsevier.

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

#### **8. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)**

| №  | Вид работ                                  | Наименование учебной аудитории, ее оснащенность оборудованием и техническими средствами обучения   |
|----|--|--|
| 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 «Структура и физико-химические свойства ионообменных и сорбционных материалов», укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения, снабжена демонстрационным стендом «Ионообменные материалы», 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 лаборатории имеются лабораторные установки для исследования основных характеристик ионообменников, включающие приборы: потенциостат AUTOLAB PGSTAT302, мультиметры универсальные настольные, иономер-рН-метр. Имеются весы аналитические, шейкер лабораторный LS110, компьютеры для обработки экспериментальных данных на лабораторных занятиях. |
| 3. | Групповые (индивидуальные) консультации    | Учебная аудитория (ауд. 322с, 332с, 345с).   |
| 4. | Текущий контроль, промежуточная аттестация | Учебная аудитория (ауд. 322с, 332с, 126с, 334с).   |
| 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).  |