

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»  
(Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева)

СОГЛАСОВАНО

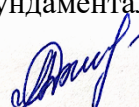
Руководитель ОПОП

 Ю.А. Очередко

«24» января 2025 г.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
фундаментальной и прикладной  
химии

 Л.А. Джигола

«24» января 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Ионообменные равновесия»**

Составители

Джигола Л.А., доцент, к.х.н., завкафедрой  
фундаментальной и прикладной химии  
Фидурова С.Н., к.х.н., доцент кафедры  
фундаментальной и прикладной химии

Направление подготовки

**04.03.01 ХИМИЯ**

Направленность (профиль) ОПОП

Квалификация (степень)

**бакалавр**

Форма обучения

**очная**

Год приема

**2023**

Курс

**4**

Семестр

**8**

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1. Целями освоения дисциплины «Ионообменные равновесия»** является создание системы усвоения основных положений теории сорбции и возможность реализации на практике полученных обучающимися знаний.

**1.2. Задачи освоения дисциплины:** освоение современного теоретического материала по вопросам сорбции, а в дальнейшем реализация полученных знаний при исследовании сорбции известными сорбентами различных важных для науки и практики соединений в растворах. Полученные результаты реализуются на практике в виде отчетов и научных статей.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

**2.1. Учебная дисциплина «Ионообменные равновесия»** относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, и осваивается в 8 семестре.

Дисциплина встраивается в структуру ОПОП как с точки зрения преемственности содержания, так и с точки зрения непрерывности процесса формирования компетенций выпускника. «Входные» знания и умения обучающегося связаны со знанием теоретических основ аналитической и физической химии.

**2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы следующие знания, умения, навыки, формируемые предшествующими учебными дисциплинами:**

- Аналитическая химия

Знания: современные методы определения токсичных веществ в воздухе, водных объектах и почве;

Умения: применять полученные знания в практической работе, направленной на решение конкретной задачи при контроле содержания вредных веществ в объектах окружающей среды (воздух, вода, почва);

Навыки: владеть методами анализа веществ загрязняющих воздух, воду, почву.

- Физическая химия

Знания: общие закономерности протекания химических реакций в растворах и твердой фазе, основы химической термодинамики и кинетики;

Умения: применять теоретические знания о строении, изменении состава и реакционной способности реагирующих веществ;

Навыки: владеть навыками химического эксперимента с учетом правил техники безопасности при использовании химических реактивов, анализа результатов опытов и формулирования обоснованных выводов.

**2.3. Последующие учебные дисциплины и практики, для которых необходимы знания, умения, навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:**

- коллоидная химия;

- сорбционные процессы в технологиях переработки углеводородного сырья;

- производственная практика (преддипломная).

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование элементов следующей компетенции в соответствии с ФГОС ВПО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки:

в) профессиональной (ПК):

ПК-5. - Способен проводить критический анализ полученных результатов и оценивать перспективы продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках.

**Таблица 1 – Декомпозиция результатов обучения**

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
	Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
ПК-5. - Способен проводить критический анализ полученных результатов и оценивать перспективы продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках.	<p>ИПК-5.1.1 Роль сорбционных процессов в науке и практике;</p> <p>ИПК-5.1.2 Существующие методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач в области изучения сорбционных процессов;</p> <p>ИПК-5.1.3 Сочетание сорбционного концентрирования с методами последующего определения.</p>	<p>ИПК-5.2.1 Использовать современное оборудование для решения задач в области изучения сорбционных процессов;</p> <p>ИПК-5.2.2 , Использовать программное обеспечение и профессиональные базы данных для решения задач в области изучения сорбционных процессов;</p> <p>ИПК-5.2.3 Распознавать тонкости процессов, позволяющих моделировать процессы формирования модели жизненно важных структур.</p>	<p>ИПК-5.3.1 Навыками использования современных расчетно-теоретических методов химии для решения профессиональных задач в области изучения сорбционных процессов;</p> <p>ИПК-5.3.2 Физико-химическими, квантово-химическими, спектроскопическим и и другими методами исследования дисперсных систем;</p> <p>ИПК-5.3.3 Навыками использования современных экспериментальных методов химии для решения профессиональных задач в области изучения сорбционных процессов.</p>

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, в том числе 45 часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (из них 15 часов – лекционные занятия, 30 часов – практические занятия), и 27 часов – на самостоятельную работу обучающихся.

**Таблица 2 – Структура и содержание дисциплины**

Раздел, тема дисциплины	Семестр	Контактная работа (в часах)			Самостоят. работа		Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
		Л	ПЗ	ЛР	КР	СР	
Тема 1. Сорбция как метод концентрирования	8	2	6			4	Собеседование Тест
Тема 2. Динамический характер адсорбции	8	4	6			6	Собеседование Тест Практическое задание
Тема 3. Экспериментальные методы измерения равновесной адсорбции	8	2	6			4	Собеседование Тест
Тема 4. Сочетание сорбционного концентрирования с методами последующего определения	8	3	6			6	Собеседование
Тема 5. Прикладные задачи адсорбции	8	4	6			7	Собеседование
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>15</b>	<b>30</b>			<b>27</b>	<b>Зачет</b>

Примечание: Л – лекция; ПЗ – практическое занятие, семинар; ЛР – лабораторная работа; КР – курсовая работа; СР – самостоятельная работа.

**Таблица 3 – Матрица соотнесения разделов, тем учебной дисциплины и формируемых компетенций**

Раздел, тема дисциплины	Кол-во часов	Код компетенции	Общее количество компетенций
		ПК-5	
Тема 1. Сорбция как метод концентрирования	12	+	1
Тема 2. Динамический характер адсорбции	16	+	1
Тема 3. Экспериментальные методы измерения равновесной адсорбции	12	+	1
Тема 4. Сочетание сорбционного концентрирования с методами последующего определения	15	+	1
Тема 5. Прикладные задачи адсорбции	17	+	1
<b>Итого</b>	<b>72</b>		

### Краткое содержание учебной дисциплины

#### Тема.1. Сорбция как метод концентрирования.

Общие положения. Механизм адсорбции углеводородов на кремнезёмах и алюмосиликатах. Энергия адсорбционных сил. Молекулярно-статистический расчет адсорбционных равновесий. Энергия адсорбции простых неполярных молекул на неполярном адсорбенте. Энергия адсорбции сложных неполярных молекул на неполярном адсорбенте. Электростатические силы при адсорбции. Энергия адсорбции неполярных молекул на поверхности ионных решеток. Энергия адсорбции полярных молекул на неполярном адсорбенте. Адсорбция полярных молекул на поверхностях, имеющих заряды.

#### Тема 2. Динамический характер адсорбции.

Изменение структуры конденсированной фазы. Процессы на поверхности

адсорбента. «Бомбардировка» поверхности. Среднее время «жизни» молекулы в адсорбированном состоянии. Поверхностная диффузия. Изотермы адсорбции Генри. Изотермы адсорбции Ленгмюра. Полимолекулярная адсорбция. Уравнение БЭТ.

### **Тема 3. Экспериментальные методы измерения равновесной адсорбции.**

Общие определения. О методах измерения адсорбции. Объемный метод измерения адсорбции газов и паров. Весовой метод измерения изотерм адсорбции газов и паров. Адсорбция их растворов. Основные методы определения теплот адсорбции.

### **Тема 4. Сочетание сорбционного концентрирования с методами последующего определения.**

Методы сорбционного концентрирования, с последующими методами определения.

### **Тема 5. Прикладные задачи адсорбции.**

Использование адсорбции для задач очистки. Использование адсорбентов для выделения компонентов газовых и жидких сред. Использование сорбции для задач хранения. Адсорбенты как носители и диспергаторы. Адсорбенты в энергетике

## **5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРЕПОДАВАНИЮ И ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1. Указания для преподавателей по организации и проведению учебных занятий по дисциплине**

Преподаватель должен активно непосредственно участвовать в учебном процессе и проводить подготовку к нему. Необходимость постоянной подготовки к занятиям обусловлена потребностью отражать современные подходы, взгляды, данные по темам и разделам. Проводя подготовку к учебному процессу необходимо изучать современные методические рекомендации, результаты научных исследований, новые технологии и т.д. При реализации различных видов учебной работы преподаватель должен использовать образовательные технологии: создание интерактивных презентаций, обучающие компьютерные программы, технологии развития мышления (эффективная лекция, таблицы, работа в группах и т.д.)

В ходе подготовки лекции преподаватель должен разрабатывать план лекции, в котором должен определить те основные материалы, которые слушатели должны понять и записать. Содержание лекции должно быть организованным и четким, что делает усвоение материала доступным. Содержание лекции должно отвечать следующим требованиям: изложение материала от простого к сложному; от известного к неизвестному; логичность, четкость и ясность в изложении материала; возможность проблемного изложения; дискуссии и диалога в конце лекции с целью активизации деятельности слушателей; опора смысловой части лекции на подлинные факты, события, явления, статистические данные; тесная связь теоретических положений и выводов с практикой и профессиональной деятельностью. В ходе лекционного занятия преподаватель должен четко озвучить тему, представить план, кратко изложить цель, учебные вопросы. Раскрывая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Следует также раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. При изложении лекционного материала следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам, приводя примеры, раскрывать положительный отечественный и зарубежный опыт. По ходу изложения, возможно, задавать риторические вопросы и самому давать на них ответ. Преподаватель в целом не должен отвлекаться от излагаемого материала лекции. Преподаватель должен руководить работой слушателей по конспектированию

лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы. Используемый во время лекции наглядный материал – слайды, таблицы, схемы, иллюстрации помогает вести конспекты и улучшает темп предложения материала лекций. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Для закрепления материала, подготовки к семинарским и практическим занятиям и выполнения самостоятельной работы необходимо рекомендовать литературу, основную и дополнительную, в том числе учебно-методические материалы, а также электронные источники (интернет-ресурсы).

Практические занятия способствуют закреплению знаний, полученных студентами в ходе теоретического обучения и самостоятельной работы, формированию компетенций, навыков в получении информации, приобретению умений провести ее обработку и анализ, овладению навыками планирования, анализа и управления. Общее требование при разработке тематики практических занятий таково - этот вид аудиторных занятий должен научить студента правильно оценить и предвидеть развитие ситуации, управлять ее формированием, владению методами анализа. На занятиях проводится отработка практических умений под контролем преподавателя. В конце каждого практического занятия преподаватель планирует 6- 7 минут для подведения итогов. Он обращает внимание на то, как освоен учебный материал по теме в целом, анализирует типичные ошибки и недоработки студентов, акцентирует их внимание на значимость темы.

## **5.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Приступая к изучению новой учебной дисциплины «Ионообменные равновесия», студенты должны ознакомиться с учебной программой, учебной, научной и методической литературой, получить в библиотеке рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, завести новую тетрадь для работы с первоисточниками.

Готовясь к устному опросу, обращаться за методической помощью к преподавателю. Составить план-конспект своего выступления. В ходе занятия внимательно слушать выступления своих однокурсников. При необходимости задавать им уточняющие вопросы. Принимать активное участие в обсуждении учебных вопросов: выступать с докладами, рефератами, обзорами научных статей, отдельных публикаций периодической печати, касающихся содержания темы семинарского занятия. В ходе своего выступления использовать технические средства обучения, доску и мел. С целью более глубокого усвоения изучаемого материала задавать вопросы преподавателю. После подведения итогов устранить недостатки, отмеченные преподавателем.

При подготовке к зачету (в конце 8 семестра) повторять пройденный материал в строгом соответствии с учебной программой, примерным перечнем учебных вопросов, выносящихся на зачет и содержащихся в данной программе. Использовать литературу, рекомендованную преподавателем. Обратит особое внимание на темы учебных занятий, пропущенных студентом по разным причинам. При необходимости обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю.

При подготовке к практическим занятиям студентам отводится время на самостоятельную работу, которая включает изучение теоретического курса по теме «Ионообменные равновесия», ознакомление с материалом, изложенным в учебниках и иных источниках информации, включая поисковую работу в интернете. Полезно использовать Web-ресурс "Электронное образование" Астраханского государственного университета им. В.Н. Татищева (<https://moodle.asu-edu.ru>), в котором периодически обновляется информация о текущих заданиях и присутствует необходимый материал по курсу учебной дисциплины.

## **Таблица 4 – Содержание самостоятельной работы обучающихся**

Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов	Форма работы
<p>Тема.1. Сорбция как метод концентрирования. Общие положения. Механизм адсорбции углеводородов на кремнезёмах и алюмосиликатах. Энергия адсорбционных сил. Молекулярно-статистический расчет адсорбционных равновесий. Энергия адсорбции простых неполярных молекул на неполярном адсорбенте. Энергия адсорбции сложных неполярных молекул на неполярном адсорбенте. Электростатические силы при адсорбции. Энергия адсорбции неполярных молекул на поверхности ионных решеток. Энергия адсорбции полярных молекул на неполярном адсорбенте. Адсорбция полярных молекул на поверхностях, имеющих заряды.</p>	4	<p>Оформление отчета по лабораторным работам. Конспектирование ответов на семинарские вопросы при подготовке к опросу. Решение аналитических задач. Подготовка к тестированию</p>
<p>Тема 2. Динамический характер адсорбции. Изменение структуры конденсированной фазы. Процессы на поверхности адсорбента. «Бомбардировка» поверхности. Среднее время «жизни» молекулы в адсорбированном состоянии. Поверхностная диффузия. Изотермы адсорбции Генри. Изотермы адсорбции Легнмюра. Полимолекулярная адсорбция. Уравнение БЭТ</p>	6	<p>Оформление отчета по лабораторным работам. Конспектирование ответов на семинарские вопросы при подготовке к опросу. Решение аналитических задач. Подготовка к тестированию</p>
<p>Тема 3. Экспериментальные методы измерения равновесной адсорбции Общие определения. О методах измерения адсорбции. Объемный метод измерения адсорбции газов и паров. Весовой метод измерения изотерм адсорбции газов и паров. Адсорбция их растворов. Основные методы определения теплот адсорбции.</p>	4	<p>Оформление отчета по лабораторным работам. Конспектирование ответов на семинарские вопросы при подготовке к опросу. Решение аналитических задач. Подготовка к тестированию</p>
<p>Тема 4. Сочетание сорбционного концентрирования с методами последующего определения. Методы сорбционного концентрирования, с последующими методами определения</p>	6	<p>Оформление отчета по лабораторным работам.</p>

		Конспектирование ответов на семинарские вопросы при подготовке к опросу.
Тема 5. Прикладные задачи адсорбции. Использование адсорбции для задач очистки. Использование адсорбентов для выделения компонентов газовых и жидких сред. Использование сорбции для задач хранения. Адсорбенты как носители и диспергаторы. Адсорбенты в энергетике	7	Оформление отчета по лабораторным работам. Конспектирование ответов на семинарские вопросы при подготовке к опросу.

### 5.3. Виды и формы письменных работ, предусмотренных при освоении дисциплины, выполняемые обучающимися самостоятельно

В качестве письменных работ предлагается подготовка к собеседованию по вопросам (конспектирование), отчет по лабораторным работам (оформление отчета в тетради для лабораторных и практических работ) и самостоятельное решение задач.

#### Методические указания по написанию отчета по практической работе

К выполнению, оформлению и отчету по практическим работам предъявляются общие требования:

1. Цель и задачи исследования.
2. Краткое описание эксперимента: способы, методы, методики исследования и теоретические положения.
3. Законы, положения, математический аппарат, уравнения реакций. Результаты исследования и расчеты (уравнения должны быть приведены в общем виде и с подставленными данными). Результаты исследования и расчетов должны быть сведены в соответствующие таблицы. Статистическая обработка данных.
4. Графическая обработка экспериментальных данных: графики и схемы должны выполняться только на миллиметровой бумаге. На ось ординат наносится функция, на ось абсцисс – аргумент с указанием единиц измерения. На осях наносится шкала согласно выбранному масштабу. Единицы масштаба должны быть выбраны в соответствии точности отсчета при эксперименте. Координаты экспериментальной точки наносятся только на плоскости и отмечаются точкой. По экспериментальным точкам проводится усредняющая кривая. Выпавшие точки не используются, но показываются. Экспериментальные данные для построения градуировочного графика обрабатываются по методу наименьших квадратов. на миллиметровой бумаге изображены графически зависимости, полученные в ходе выполнения эксперимента (все выполняется только простым карандашом!). График для каждой системы оформляется на отдельном листе, масштаба А4 (или ½ листа масштаба А4, более мелкие рисунки не допускаются!) с подробной подрисуночной подписью (Рис.1 .....). Если для системы приводятся данные при нескольких температурах, они наносятся все на один график. В подрисуночной подписи указываются, условия получения данных (длина волны, размер кювет, какой температуре соответствуют нанесенные линии, концентрация анализируемых растворов и т.п.). Компьютерный вариант представления графиков не допускается! При работе с графиком для определения каких-либо величин, допускается построение на графике

дополнительных линий, однако расчеты, связанные с этими графиками, следует помещать в тексте работы, а не на координатной плоскости графика или рисунка. В подписи под рисунком должен стоять номер рисунка, название графика и расшифровка по номерам линий на графике. Желательно, чтобы на одном листе располагался один рисунок;

5. Анализ экспериментально полученных зависимостей.

6. Выводы.

Работа считается выполненной, если приведены все необходимые расчеты, построены изучаемые зависимости, приведены все структурные формулы изучаемых веществ и образуемых соединений, сделаны соответствующие выводы.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки реализация компетентностного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития требуемых компетенций обучающихся.

При реализации различных видов учебной работы по дисциплине могут использоваться электронное обучения и дистанционные образовательные технологии.

### 6.1. Образовательные технологии

**Таблица 5 – Образовательные технологии, используемые при реализации учебных занятий**

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Форма учебного занятия		
	Лекция	Практическое занятие, семинар	Лабораторная работа
Тема 1. Сорбция как метод концентрирования	Обзорная лекция	Фронтальный опрос, выполнение практических занятий в микрогруппах, дискуссии по вопросам к теме.	Не предусмотрено
Тема 2. Динамический характер адсорбции	Обзорная лекция	Фронтальный опрос, выполнение практических занятий в микрогруппах, дискуссии по вопросам к теме.	Не предусмотрено
Тема 3. Экспериментальные методы измерения равновесной адсорбции	Проблемная лекция	Фронтальный опрос, выполнение практических занятий в микрогруппах, дискуссии по вопросам к теме.	Не предусмотрено
Тема 4. Сочетание сорбционного концентрирования с методами последующего определения	Проблемная лекция	Фронтальный опрос, выполнение практических занятий в микрогруппах, дискуссии по вопросам к теме.	Не предусмотрено

Тема 5. Прикладные задачи адсорбции	Проблемная лекция	Фронтальный опрос, выполнение практических занятий в микрогруппах, дискуссии по вопросам к теме.	Не предусмотрено
-------------------------------------	-------------------	--	------------------

Учебные занятия по дисциплине могут проводиться с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) интерактивном взаимодействии обучающихся и преподавателя в режимах *on-line* и/или *off-line* в формах: видеолекций, лекций-презентаций, видеоконференций, собеседования в режиме чата, выполнения виртуальных практических работ и др.

## 6.2. Информационные технологии

Информационные технологии, используемые при реализации различных видов учебной и внеучебной работы:

- использование возможностей интернета в учебном процессе (использование сайта преподавателя (рассылка заданий, предоставление выполненных работ, ответы на вопросы, ознакомление обучающихся с оценками и т. д.));
- использование электронных учебников и различных сайтов (например, электронных библиотек, журналов и т. д.) как источников информации;
- использование возможностей электронной почты преподавателя;
- использование средств представления учебной информации (электронных учебных пособий и практикумов, применение новых технологий для проведения очных (традиционных) лекций и семинаров с использованием презентаций и т. д.);
- использование виртуальной обучающей среды Web-ресурса "Электронное образование" АГУ им.В.Н.Татищева.

## 6.3. Программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

### 6.3.1. Программное обеспечение

Наименование программного обеспечения	Назначение
Adobe Reader	Программа для просмотра электронных документов
Платформа дистанционного обучения LMS Moodle	Виртуальная обучающая среда
Mozilla FireFox	Браузер
Microsoft Office 2013, Microsoft Office Project 2013, Microsoft Office Visio 2013	Пакет офисных программ
7-zip	Архиватор
Microsoft Windows 7 Professional	Операционная система
Kaspersky Endpoint Security	Средство антивирусной защиты
Google Chrome	Браузер
OpenOffice	Пакет офисных программ
Opera	Браузер

Paint .NET	Растровый графический редактор
VLC Player	Медиапроигрыватель
WinDjView	Программа для просмотра файлов в формате DJV и DjVu

### 6.3.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем».

<https://library.asu-edu.ru>

2. Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной генерации на электронной платформе ЭБС «Электронный читальный зал - БиблиоТех».

<https://biblio.asu-edu.ru>

*Учетная запись образовательного портала АГУ  
(Регистрация в 905 аудитории. Пристрой)*

3. Электронная библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента». Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой, предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Каталог в настоящее время содержит около 15000 наименований.

[www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)

*Регистрация с компьютеров АГУ*

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине «Ионообменные равновесия» проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины – последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных между собой разделов, тем.

**Таблица 6 – Соответствие разделов, тем дисциплины, результатов обучения по дисциплине и оценочных средств**

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
Тема 1. Сорбция как метод концентрирования	ПК-5	Собеседование по вопросам к практическим работам. Вопросы для собеседования Тест
Тема 2. Динамический характер адсорбции	ПК-5	Собеседование по

		вопросам к практическим работам. Вопросы для собеседования Тест
Тема 3. Экспериментальные методы измерения равновесной адсорбции	ПК-5	Собеседование по вопросам к практическим работам. Вопросы для собеседования Тест
Тема 4. Сочетание сорбционного концентрирования с методами последующего определения	ПК-5	Собеседование по вопросам к практическим работам. Вопросы для собеседования
Тема 5. Прикладные задачи адсорбции	ПК-5	Собеседование по вопросам к практическим работам. Вопросы для собеседования

## 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

**Таблица 7 – Показатели оценивания результатов обучения в виде знаний**

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует глубокое знание теоретического материала, умение обоснованно излагать свои мысли по обсуждаемым вопросам, способность полно, правильно и аргументированно отвечать на вопросы, приводить примеры
4 «хорошо»	демонстрирует знание теоретического материала, его последовательное изложение, способность приводить примеры, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует неполное, фрагментарное знание теоретического материала, требующее наводящих вопросов преподавателя, допускает существенные ошибки в его изложении, затрудняется в приведении примеров и формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	демонстрирует существенные пробелы в знании теоретического материала, не способен его изложить и ответить на наводящие вопросы преподавателя, не может привести примеры

**Таблица 8 – Показатели оценивания результатов обучения в виде умений и владений**

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы
4 «хорошо»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует отдельные, несистематизированные навыки, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении заданий, выполняет задание при подсказке преподавателя, затрудняется в формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	не способен правильно выполнить задание

**Критерии оценки тестовых заданий:**

1. оценка «отлично» выставляется студенту, если дано не менее 90% правильных ответов (интервал от 90 до 100%);
2. оценка «хорошо» если дано не менее 70% правильных ответов (интервал от 70 до 89%);
3. оценка «удовлетворительно» если дано не менее 50% правильных ответов (интервал от 50 до 69%);
4. оценка «неудовлетворительно», если дано менее 50% правильных ответов.

**Критерии оценки для практических работ**

1. оценка «отлично» (90-100 баллов) выставляется студенту, если полностью выполнены общие требования к выполнению, оформлению и отчету по лабораторным работам, а именно:

- отчет по работе представлен не позднее двух недель после выполнения и/или вовремя прикреплен на проверку в электронно-образовательном ресурсе [moodle.asu-edu.ru](http://moodle.asu-edu.ru) (по указанию преподавателя!);
- аккуратно (читаемо) оформлена работа (цель, оборудование, реактивы, ход работы, таблицы с результатами, графики, расчеты, уравнения реакций или схемы, статистическая обработка данных, выводы)
- обязательно продемонстрировать в работе используемый математический аппарат по теме выполняемой работы (обозначения, формулы, уравнения реакций, схемы и т.п.).
- на миллиметровой бумаге изображены графически зависимости, полученные в ходе выполнения эксперимента (все выполняется только простым карандашом!). График для каждой системы оформляется на отдельном листе, масштаба А4 (или ½ листа масштаба А4, более мелкие рисунки не допускаются!) с подробной подрисуночной подписью (Рис.1 .....). Если для системы приводятся данные при нескольких температурах, они наносятся все на один график. В подрисуночной подписи указываются, условия получения данных (длина волны, размер кювет, какой температуре соответствуют нанесенные линии, концентрация анализируемых растворов и т.п.). Компьютерный вариант представления графиков не допускается!

При работе с графиком для определения каких-либо величин, допускается построение на графике дополнительных линий, однако расчеты, связанные с этими графиками, следует помещать в тексте работы, а не на координатной плоскости графика или рисунка. В подписи под рисунком должен стоять номер рисунка, название графика и расшифровка по номерам линий на графике. Желательно, чтобы на одном листе располагался один рисунок;

- ошибки и недочеты в расчетах отсутствуют, приведены размерности всех величин в системе единиц СИ;
- студентом правильно проведен анализ и оценка полученных результатов, представлена статистическая обработка полученных результатов, дано аргументированное обоснование найденному проценту ошибки в работе;
- студент правильно и аргументировано ответил письменно на все вопросы после лабораторной работы, а также безошибочно выполнен комплект задач по теме лабораторной работы (при наличии).

**2. оценка «хорошо» (70-89 баллов)** выставляется студенту, если полностью выполнены общие требования к выполнению, оформлению и отчету по лабораторным работам, см. пункт 1. Но в работе имеются не существенные замечания:

- не полное оформление, представлен не полностью математический аппарат, пропущены размерности величин;
- есть не критические замечания к оформлению и трактовке графиков;
- студент правильно и аргументировано ответил письменно на более 80-% всех вопросов после лабораторной работы, а также не менее 80-% правильно решенных задач по теме лабораторной работы (при наличии).

**3. оценка «удовлетворительно» (60-69 баллов)** выставляется студенту, если не полностью выполнены общие требования к выполнению, оформлению и отчету по лабораторным работам, см. пункт 1, а именно:

- отчет по работе представлен не вовремя (позднее двух недель после выполнения) и/ или не вовремя прикреплен на проверку в электронно-образовательном ресурсе **moodle.asu-edu.ru (по указанию преподавателя!)**;
- небрежное оформление, в работе частично представлен математический аппарат, пропущены размерности величин;
- есть критические замечания к оформлению и трактовке графиков;
- студентом или не дан, либо ошибочно проведен анализ и оценка полученных результатов, не проведена статистическая обработка полученных данных, нет разъяснений по рассчитанному проценту ошибки по полученным экспериментальным данным.
- Студент правильно и аргументировано ответил письменно на более 70-% всех вопросов после лабораторной работы, а также не менее 70-% правильно решенных задач по теме лабораторной работы (при наличии).

**4. оценка «неудовлетворительно» (50-59 баллов)** выставляется студенту если:

- отчет по работе представлен не вовремя (позднее двух недель после выполнения) и/ или не вовремя или вообще не прикреплен на проверку в электронно-образовательном ресурсе **moodle.asu-edu.ru (по указанию преподавателя!)** без уважительной причины;
- небрежное оформление, в работе не представлен математический аппарат, пропущены размерности величин;
- имеются грубые ошибки в оформлении и трактовке графиков, в расчетах и (или) уравнениях реакций;

- студентом не представлен анализ и оценка полученных результатов, не проведена статистическая обработка полученных данных, нет разъяснений по рассчитанному проценту ошибки по полученным экспериментальным данным.
  - студент не ответил правильно письменно на менее 50-% всех вопросов после лабораторной работы, а также не выполнил правильно хотя бы 1 задачу из комплекса задач после лабораторной работы (при наличии).
5. оценка «неудовлетворительно», если студент не может правильно ответить на поставленные вопросы, не способен провести анализ и дать оценку полученным результатам.

### 7.3. Контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения по дисциплине

#### Тема 1: «Сорбция как метод концентрирования»

##### 1. Вопросы для собеседования:

1. Дайте определение понятиям: сорбция, адсорбция, абсорбция, десорбция. Приведите примеры.
2. Объясните механизм адсорбции углеводородов на кремнезёмах и алюмосиликатах.
3. Энергия адсорбционных сил. Молекулярно-статистический расчет адсорбционных равновесий.
4. Энергия адсорбции простых неполярных молекул на неполярном адсорбенте.
5. Энергия адсорбции сложных неполярных молекул на неполярном адсорбенте.
6. Электростатические силы при адсорбции.
7. Энергия адсорбции неполярных молекул на поверхности ионных решеток.
8. Энергия адсорбции полярных молекул на неполярном адсорбенте.
9. Адсорбция полярных молекул на поверхностях, имеющих заряды.
10. Что такое обменная адсорбция? Каково ее практическое значение?
11. В чем отличие физической адсорбции от хемосорбции?

##### 2. Тестовые задания:

1. Адсорбцией называется концентрирование какого-либо вещества:
  - а) в объёме фазы в результате самопроизвольного перехода его из поверхностного слоя;
  - б) в поверхностном слое в результате самопроизвольного перехода его из объёма фазы.
2. Выберите уравнение Шишковского, связывающее изменение поверхностного натяжения раствора с концентрацией растворённого ПАВ в объёме:
  - а)  $\sigma = \sigma_0 - K_T RTc$ ;
  - б)  $\sigma = \sigma_0 - A_\infty RT \ln(1 + Kc)$ ;
  - в)  $\Gamma = -\frac{c}{RT} \frac{d\sigma}{dc}$ .
3. Графическая зависимость адсорбции от концентрации адсорбируемого вещества в объёмной фазе при данной температуре называется:
  - а) изобарной адсорбции;
  - б) изотермой адсорбции;
  - в) изотропией адсорбции.

#### Тема 2: «Динамический характер адсорбции»

##### 1. Вопросы для собеседования:

1. При каких условиях соблюдается при адсорбции закон Генри? Каков физический смысл константы Генри?
2. Напишите уравнение изотермы адсорбции теории мономолекулярной адсорбции Ленгмюра. Объясните физический смысл входящих в него величин. При каких условиях это уравнение применимо?
3. Чем отличаются константы адсорбции в уравнениях Ленгмюра и Генри и какова взаимосвязь между ними?
4. Как определяют константы уравнения Ленгмюра? Какие термодинамические и геометрические характеристики можно рассчитать, зная эти кон-станты?
5. Покажите, есть ли связь между эмпирическим уравнением Фрейндлиха и уравнением Ленгмюра.
6. В чем состоит сущность графического метода определения констант в уравнении Фрейндлиха.
7. Приведите анализ уравнения Шишковского.
8. Какие параметры уравнений Ленгмюра и Шишковского связаны между собой.
9. Как перейти от уравнения Гиббса к уравнению Ленгмюра, используя дифференциальную форму уравнения Шишковского?
10. Объясните физический смысл констант уравнения БЭТ. При каких условиях это уравнение выполняется?
11. Как определяют константы уравнения БЭТ? Для чего применяют это уравнение?
12. Какие адсорбаты используют при определении удельной поверхности адсорбентов методом БЭТ и при каких условиях проводят измерения?
13. Что такое поверхностное натяжение и как оно возникает?
14. Какие существуют методы измерения поверхностного натяжения?
15. Какие вещества называются поверхностно-активными (ПАВ)? Приведите примеры.
16. Напишите уравнение количественного соотношения между величиной адсорбции и изменением поверхностного натяжения с концентрацией раствора. В чем состоит практическое значение этого уравнения?
17. Какие уравнения описывают зависимость поверхностного натяжения растворов ПАВ от их концентрации? При каких условиях они применимы?
18. Какие факторы влияют на агрегатное состояние адсорбционных слоев молекул ПАВ?
19. Сформулируйте правило Дюкло-Траубе и поясните его физический смысл. При каком строении поверхностных пленок соблюдается это правило? В чем заключается обратимость этого правила?
20. Покажите взаимосвязь между константой адсорбции Генри и поверхностной активностью.
21. Как влияют на адсорбцию природа растворителя, природа и пористость адсорбента.

## 2. Тестовые задания:

1. Выберите адсорбционное уравнение Гиббса:

а)  $A = A_{\infty} \frac{Kc}{1 + Kc}$ ;

б)  $\Gamma = -\frac{c}{RT} \frac{d\sigma}{dc}$ ;

в)  $\sigma = \sigma_0 - K_d RTc$ .

2. Выберите уравнение изотермы Ленгмюра:

$$\text{а) } A = \frac{A_{\infty} \varepsilon \cdot p/p_s}{(1 - p/p_s)[1 + (K - 1)p/p_s]};$$

$$\text{б) } A = A_{\infty} \frac{Kc}{1 + Kc};$$

$$\text{в) } \ln \frac{p}{p_s} = \frac{\sigma \cdot V_M}{RT} \cdot \frac{ds}{dV};$$

$$\text{г) } \Delta G^0 = -RT \ln K.$$

3. Удельную поверхность адсорбентов можно определить по уравнению:

$$\text{а) } s_0 = \frac{1}{N_A A_{\infty}};$$

$$\text{б) } s_{y_0} = A_{\infty} N_A s_0;$$

$$\text{в) } \delta = \frac{A_{\infty} M}{\rho};$$

$$\text{г) } \pi s_M = RT.$$

4. Стандартная энергия Гиббса адсорбции связана с равновесной константой адсорбции соотношением:

$$\text{а) } \ln p = \frac{\Delta H}{RT} + const;$$

$$\text{б) } \Delta G^0 = -RT \ln K;$$

$$\text{в) } \Delta G^0 = \Delta H - T\Delta S.$$

5. Выберите уравнение капиллярной конденсации Кельвина, используемые для описания адсорбции на пористых телах с переходными порами:

$$\text{а) } \frac{p/p_s}{A(1 - p/p_s)} = \frac{1}{A_{\infty} \varepsilon} + \frac{(\varepsilon - 1)}{A_{\infty} \varepsilon} \cdot \frac{p}{p_s};$$

$$\text{б) } \ln \frac{p}{p_s} = \frac{\sigma \cdot V_M}{RT} \cdot \frac{ds}{dV};$$

$$\text{в) } A = \frac{A_{\infty} \varepsilon \cdot p/p_s}{(1 - p/p_s)[1 + (K - 1)p/p_s]}.$$

6. Выберите уравнение полимолекулярной адсорбции БЭТ:

$$\text{а) } \frac{1}{A} = \frac{1}{A_{\infty}} + \frac{1}{A_{\infty} K} \cdot \frac{1}{c};$$

$$\text{б) } A = \frac{A_{\infty} \varepsilon \cdot p/p_s}{(1 - p/p_s)[1 + (K - 1)p/p_s]};$$

$$\text{в) } \ln \frac{p}{p_s} = \frac{\sigma \cdot V_M}{RT} \cdot \frac{ds}{dV}.$$

### 3. Практическое задание:

1. Величина адсорбции красителя (ПАВ) из раствора может быть использована для оценки удельной поверхности порошков. При введении 1 г активного угля в 100 см<sup>3</sup> водного раствора метиленового голубого концентрация красителя изменяется от начальной  $1 \cdot 10^{-4}$  моль/дм<sup>3</sup> до конечной равновесной  $6 \cdot 10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup>, а при добавлении 2 г угля к такому же исходному раствору равновесная концентрация составила  $4 \cdot 10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup>. Считая, что адсорбция описывается уравнением Ленгмюра, рассчитайте  $s_{уд}$  угля. Площадь, занимаемую молекулой красителя на поверхности, примите равной  $0,65 \text{ нм}^2$ .

2. Ниже приведены результаты измерения адсорбции газообразного криптона на катализаторе:

$p, \text{Па}$	13,22	23,99	49,13	75,70	91,22
$A \cdot 10^3, \text{м}^3/\text{кг}$	1,27	1,5	1,76	1,9	1,98

Определите константы уравнения БЭТ и удельную поверхность катализатора, принимая, что один атом криптона занимает площадь  $0,195 \text{ нм}^2$ ,  $p_s = 342,6 \text{ Па}$ , плотность криптона равна  $3,74 \text{ кг/м}^3$ .

### Тема 3: «Экспериментальные методы измерения равновесной адсорбции»

#### 1. Вопросы для собеседования:

1. Объемный метод измерения адсорбции газов и паров.
2. Весовой метод измерения изотерм адсорбции газов и паров.
3. Основные методы определения теплот адсорбции.

#### 2. Тестовые задания:

1. Толщину адсорбционных слоёв можно рассчитать по формуле:
  - а)  $s_0 = \frac{1}{N_A A_\infty}$  ;
  - б)  $\delta = \frac{A_\infty M}{\rho}$  ;
  - в)  $\pi s_M = RT$  .
2. Правило Дюкло-Траубе, согласно которому поверхностная активность жирных кислот, спиртов, аминов и других веществ в гомологических рядах на границе раствор- воздух при увеличении углеводородной цепи на каждую  $\text{CH}_2$  – группу:
  - а) уменьшается в 3,2 раза;
  - б) увеличивается в 3,2 раза.
  - в) не изменяется.
3. Согласно обращённому правилу Дюкло – Траубе для растворов ПАВ в неполярных растворителях поверхностная активность при увеличении длины углеводородного радикала:
  - а) увеличивается;
  - б) уменьшается;
  - в) не изменяется.
4. Твёрдые материалы, используемые для адсорбции из газовой фазы и растворов обладают:
  - а) низкой удельной поверхностью;
  - б) высокой удельной поверхностью;
  - в) средней удельной поверхностью.

### Тема 4: «Сочетание сорбционного концентрирования с методами последующего определения»

#### Вопросы для собеседования:

1. Какая существует связь между длиной углеводородной цепи вещества, его растворимостью и адсорбируемостью в растворе?

### Тема 5: «Прикладные задачи адсорбции»

#### Вопросы для собеседования:

1. Использование адсорбции для задач очистки.
2. Использование адсорбентов для выделения компонентов газовых и жидких сред.
3. Использование сорбции для задач хранения.
4. Адсорбенты как носители и диспергаторы.

## 5. Адсорбенты в энергетике.

**Практические работы**

Практическая работа №1: «Изотермы сорбции углеводов из водных растворов минеральными и растительными сорбентами»

Практическая работа №2: «Изучение кинетики сорбции углеводов из водных растворов минеральными и растительными сорбентами»

Практическая работа № 3: «ИК-спектрометрическое определение нефтепродуктов в воде с предварительным сорбционным концентрированием на сорбентах различного происхождения»

**Перечень вопросов и заданий, выносимых на зачет**

1. Механизм адсорбции углеводов на кремнезёмах и алюмосиликатах.
2. Энергия адсорбционных сил.
3. Молекулярно-статистический расчет адсорбционных равновесий.
4. Энергия адсорбции простых неполярных молекул на неполярном адсорбенте.
5. Энергия адсорбции сложных неполярных молекул на неполярном адсорбенте.
6. Электростатические силы при адсорбции.
7. Энергия адсорбции неполярных молекул на поверхности ионных решеток.
8. Энергия адсорбции полярных молекул на неполярном адсорбенте.
9. Адсорбция полярных молекул на поверхностях, имеющих заряды.
10. Изменение структуры конденсированной фазы.
11. Процессы на поверхности адсорбента.
12. «Бомбардировка» поверхности.
13. Среднее время «жизни» молекулы в адсорбированном состоянии.
14. Поверхностная диффузия.
15. Изотермы адсорбции Генри.
16. Изотермы адсорбции Легнмюра.
17. Полимолекулярная адсорбция.
18. Уравнение БЭТ
19. Объемный метод измерения адсорбции газов и паров.
20. Весовой метод измерения изотерм адсорбции газов и паров.
21. Адсорбция их растворов.
22. Основные методы определения теплот адсорбции.
23. Методы сорбционного концентрирования, с последующими методами определения
24. Использование адсорбции для задач очистки.
25. Использование адсорбентов для выделения компонентов газовых и жидких сред.
26. Использование сорбции для задач хранения.
27. Адсорбенты как носители и диспергаторы.
28. Адсорбенты в энергетике

**Таблица 9 – Примеры оценочных средств с ключами правильных ответов**

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
<b>Код и наименование проверяемой компетенции</b>				
<b>ПК-5. - Способен проводить критический анализ полученных результатов и оценивать перспективы продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках.</b>				

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
1.	Задание закрытого типа	<p>Выберите один правильный ответ.</p> <p>Графическая зависимость адсорбции от концентрации адсорбируемого вещества в объёмной фазе при данной температуре называется:</p> <p>а) изобарной адсорбции;  б) изотермой адсорбции;  в) изотропией адсорбции.</p>	б	1
2.		<p>Выберите один правильный ответ.</p> <p>Стандартная энергия Гиббса адсорбции связана с равновесной константой адсорбции соотношением:</p> <p>а) <math>\ln p = \frac{\Delta H}{RT} + const</math> ;  б) <math>\Delta G^0 = -RT \ln K</math> ;  в) <math>\Delta G^0 = \Delta H - T\Delta S</math>.</p>	б	1
3.		<p>Выберите один правильный ответ.</p> <p>Правило Дюкло-Траубе, согласно которому поверхностная активность жирных кис-лот, спиртов, аминов и других веществ в гомологических рядах на границе раствор- воздух при увеличении углеводородной цепи на каждую <math>\text{CH}_2</math> – группу:</p> <p>а) уменьшается в 3,2 раза;  б) увеличивается в 3,2 раза.  в) не изменяется.</p>	б	1
4.		<p>Выберите один правильный ответ.</p> <p>Величина адсорбции красителя (ПАВ) из раствора может быть использована для оценки удельной поверхности порошков. При введении 1 г активного угля в <math>100 \text{ см}^3</math> водного раствора метиленового голубого концентрация красителя изменяется от начальной <math>1 \cdot 10^{-4}</math> моль/дм<sup>3</sup> до конечной равновесной <math>6 \cdot 10^{-5}</math> моль/дм<sup>3</sup>, а при добавлении 2 г угля к такому же исходному раствору равновесная концентрация составила <math>4 \cdot 10^{-5}</math> моль/дм<sup>3</sup>. Считая, что адсорбция описывается уравнением Ленгмюра, рассчитайте <math>s_{\text{уд}}</math> угля. Площадь, занимаемую молекулой красителя на поверхности, примите равной <math>0,65 \text{ нм}^2</math>.</p> <p>А) <math>4,65 \text{ м}^2/\text{г}</math>  Б) <math>4,65 \text{ м}^2/\text{кг}</math>  В) <math>2,43 \text{ м}^2/\text{г}</math></p>	А	4

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)												
5.		<p>Г) 2,43 м<sup>2</sup>/кг</p> <p>Решите задачу и запишите правильный ответ в виде десятичной дроби до четвертого знака после запятой.</p> <p>Ниже приведены результаты измерения адсорбции газообразного криптона на катализаторе:</p> <table border="1" data-bbox="443 555 995 775"> <thead> <tr> <th><math>p</math>, Па</th> <th><math>A \cdot 10^3</math>, м<sup>3</sup>/кг</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>13,22</td> <td>1,27</td> </tr> <tr> <td>23,99</td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td>49,13</td> <td>1,76</td> </tr> <tr> <td>75,70</td> <td>1,9</td> </tr> <tr> <td>91,22</td> <td>1,98</td> </tr> </tbody> </table> <p>Определите константы уравнения БЭТ, принимая, что один атом криптона занимает площадь 0,195 нм<sup>2</sup>, <math>p_s = 342,6</math> Па, плотность криптона равна 3,74 кг/м<sup>3</sup>.</p>	$p$ , Па	$A \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup> /кг	13,22	1,27	23,99	1,5	49,13	1,76	75,70	1,9	91,22	1,98	0,0015	3-4
$p$ , Па	$A \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup> /кг															
13,22	1,27															
23,99	1,5															
49,13	1,76															
75,70	1,9															
91,22	1,98															
6.	Задание открытого типа	<p>Ситуационная задача.</p> <p>Что такое поверхностное натяжение и как оно рассчитывается?</p>	<p>Одной из важных характеристик поверхности раздела фаз является поверхностное натяжение. Оно характеризует избыток поверхностной энергии, приходящийся на 1 м<sup>2</sup> межфазной поверхности. Поверхностное натяжение (<math>\sigma</math>) равно термодинамически обратимой, изотермической работе, которую надо совершить, чтобы увеличить площадь межфазной поверхности на единицу. Единицы измерения поверхностного натяжения</p>	5-7												

№ п/ п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			<p>следующие: <math>[\sigma] = \text{Дж/м}^2</math> или <math>(\text{Н}\cdot\text{м})/\text{м}^2 = \text{Н/м}</math>.</p> $\sigma = \frac{G}{S},$ <p>где <math>G</math> – свободная энергия Гиббса.</p>	
7.		<p>Ситуационная задача. Как найти постоянные уравнения Ленгмюра?</p>	<p>Чтобы найти постоянные <math>\Gamma_\infty</math> и <math>K</math> в уравнении Ленгмюра, его приводят к линейной форме.</p> $\frac{1}{\Gamma} = \frac{1}{\Gamma_\infty} + \frac{1}{\Gamma_\infty K} \cdot \frac{1}{C}$ <p>В координатах <math>\frac{1}{\Gamma} = f\left(\frac{1}{C}\right)</math> это уравнение прямой линии, тангенс угла наклона которой к оси абсцисс равен <math>\text{tg } \alpha = \frac{1}{\Gamma_\infty K}</math>, а отрезок, отсекаемый прямой на оси ординат, равен <math>\frac{1}{\Gamma_\infty}</math></p>	2-3
8.		<p>Ситуационная задача. Приведите уравнение Фрейндлиха. Как определить константы данного уравнения?</p>	<p>Помимо уравнения изотермы Ленгмюра, используется эмпирическое уравнение Фрейндлиха: <math>\Gamma = Kc^{1/n}</math>, где <math>K</math> и <math>1/n</math> — константы, зависящие от природы газа и температуры и не зависящие от равновесного давления газа в</p>	3-4

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			<p>системе.            Постоянные в уравнении Фрейндлиха <math>K</math> и <math>1/n</math> находят на основе опытных данных. Для этого степенное уравнение логарифмируют.  <math>\ln A = \ln K + 1/n \cdot \ln p</math>.            В координатах <math>\ln A - \ln p</math> — это уравнение прямой, не проходящей через начало координат. Тангенс угла наклона <math>\alpha</math> равен <math>1/n</math>, а отрезок, отсекаемый ею на оси ординат, равен <math>\ln K</math>.</p>	
9.	Задание комбинированного типа	<p>Прочитайте текст, выберите несколько правильных ответов и напишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.</p> <p>Чем осложнена адсорбция растворённых веществ твёрдыми адсорбентами?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. присутствием третьего компонента;</li> <li>2. взаимодействием между поверхностью адсорбента и растворителя;</li> <li>3. электростатическим взаимодействием;</li> <li>4. термодинамическими условиями проведения эксперимента.</li> </ol>	<p>Адсорбция растворённых веществ твёрдыми адсорбентами осложнена рядом факторов:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. присутствием третьего компонента — растворителя, молекулы которого конкурируют с молекулами сорбата за активные центры поверхности адсорбента;</li> <li>2. взаимодействием между поверхностью адсорбента и растворителя;</li> <li>3. электростатическим взаимодействием между</li> </ol>	3-4

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			поверхностью адсорбента и ионами сорбата, если он является электролитом.	
10.	Задание открытого типа	Ситуационная задача. Охарактеризуйте угол смачивания	Угол смачивания $\theta$ , который устанавливается при контакте капли жидкости с твердой поверхностью, зависит только от поверхностного натяжения на границах фаз твердое тело – жидкость – газ ( $\sigma_{ж-г}$ , $\sigma_{т-г}$ , $\sigma_{т-ж}$ ). Связь между углом смачивания и поверхностным натяжением выражает уравнение Юнга: $\cos\theta = \frac{\sigma_{т-г} - \sigma_{т-ж}}{\sigma_{ж-г}}$ Из уравнения Юнга следует, что на процесс смачивания можно влиять, изменяя поверхностное натяжение в данной трехфазной системе.	3-4

Полный комплект оценочных материалов по дисциплине (модулю) (фонд оценочных средств) хранится в электронном виде на кафедре, утверждающей рабочую программу дисциплины (модуля), и в Центре мониторинга и аудита качества обучения.

#### 7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Текущий и внутрисеместровый контроль, промежуточная аттестация учебных достижений студентов проводится путем балльно-рейтинговой системы. Общая оценка учебных достижений студента в семестре по учебному курсу определяется как сумма баллов, полученных студентом по различным формам текущего и промежуточного контроля в течение данного семестра. Успешность изучения дисциплины в течение

семестра оценивается, исходя из 100 максимально возможных баллов (90 баллов на текущие формы контроля и до 10 баллов отводится на бонусы), которые накапливаются студентом в течение всего семестра изучения дисциплины. Итоговой формой отчетности во является зачет.

**Таблица 10 – Технологическая карта рейтинговых баллов по дисциплине**

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
<b>1 семестр</b>				
<b>Основной блок</b>				
1.	Ответ на занятия	2 / 10	20	по расписанию
2.	Выполнение практического задания	1 / 10	10	по расписанию
3.	Тест	2 / 30	60	по расписанию
<b>Всего</b>			<b>90</b>	-
<b>Блок бонусов</b>				
4.	Посещение занятий	13 / 0,5	6,5	по расписанию
5.	Своевременное выполнение всех заданий	5 / 0,7	3,5	по расписанию
<b>Всего</b>			<b>10</b>	-
<b>ИТОГО</b>			<b>100</b>	-

**Таблица 11 – Система штрафов (для одного занятия)**

Показатель	Балл
Опоздание на занятие	-0,5
Нарушение учебной дисциплины	-0,5
Неготовность к занятию	-3
Пропуск занятия без уважительной причины	-1

**Таблица 12 – Шкала перевода рейтинговых баллов в итоговую оценку за семестр по дисциплине (модулю)**

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале	
90–100	5 (отлично)	Зачтено
85–89	4 (хорошо)	
75–84		
70–74		
65–69	3 (удовлетворительно)	
60–64		
Ниже 60	2 (неудовлетворительно)	Не зачтено

При реализации дисциплины (модуля) в зависимости от уровня подготовленности обучающихся могут быть использованы иные формы, методы контроля и оценочные средства, исходя из конкретной ситуации.

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Основная литература

1. Алыков Н.Н., Алыков Н.М., Алыкова Т.В., Воронин Н.И., Алыков Е.Н., Кляев В.И., Садомцев К.Ю. Опоки Астраханской области. Монография. Астрахань: Изд. дом «Астраханский университет». 2005. 144 с.
2. Алыкова Т.В. Коллоидная химия: учебно-методическое пособие. - Астрахань: изд. дом «Астраханский университет», 2007. - 84 с.
3. Золотов Ю.А. Сорбционное концентрирование микрокомпонентов из растворов: применение в неорганическом анализе. – М.: Наука, 2007. – 320 с.
4. Лейкин Ю.А., Физико-химические основы синтеза полимерных сорбентов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Лейкин Ю.А. - 3-е изд. (эл.)- М. : БИНОМ, 2015. - 416 с. (Учебник для высшей школы)- ISBN 978-5-9963-2935-9 – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996329359/html>
5. Лукьянов А.Н., Неоднородные сорбенты [Электронный ресурс] : / Лукьянов А.Н. - Красноярск : СФУ, 2012. - 190 с. - ISBN 978-5-7638-2524-4 – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763825244/html>
6. Шукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия - М.: Высш. Школа, 2006. - 444 с.

### 8.2. Дополнительная литература

1. Алыкова Т.В. Химический мониторинг объектов окружающей среды: Монография. Астрахань: Изд-во Астрах. гос. пед. ун-та, 2002. 210 с.
2. Алыков Н.М., Алыкова Т.В. Сборник задач и упражнений по коллоидной химии. Уч. пос. для вузов. - Астрахань: Из-во Астраханского гос. ун-та, 1999. – 112 с.
3. Цивадзе А.Ю. Адсорбция, адсорбенты и адсорбционные процессы в нанопористых материалах. – М.: Издат. гр. «Граница», 2011. -496 с.

### 8.3. Интернет-ресурсы, необходимые для освоения дисциплины

1. <http://asu-edu.ru>
2. <https://biblio.asu-edu.ru> (Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной генерации на платформе ЭБС «Электронный Читальный зал – БиблиоТех»)
3. <http://www.studentlibrary.ru> (Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента». [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru))

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает в себя практическо-лабораторный практикум, аудиторию (лабораторию) для проведения практических занятий. Лабораторный практикум обеспечен химическими реактивами, лабораторной посудой и учебно-научным оборудованием: весы аналитические и электронные, спектрофотометры В-1100; анализаторы жидкостей рН-метры «Эксперт-001», ионоселективные электроды, концентратомер КН-3, центрифуга ОПН-3 с ротором, магнитные мешалки, рефрактометр, термостат "ТС-80"М2, кондуктометр «Эксперт», Аквадистиллятор ДЭ-4(с ЗИПом), шкаф вытяжной ШВ-202 ПАОТ, малая раковина, КО1-04. Проведение практических занятий сопряжено с применением компьютеров для выполнения поисковой работы, вычислений и работе в информационных системах.

Рабочая программа дисциплины при необходимости может быть адаптирована для обучения (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий) лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов. Для этого требуется заявление обучающихся, являющихся лицами с ограниченными возможностями здоровья, инвалидами, или их законных представителей и рекомендации психолого-медико-педагогической комиссии. Для инвалидов содержание рабочей программы дисциплины (модуля) может определяться также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).