

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
«04» апреля 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой фундаментальной и
прикладной химии

 Л.А. Джигола
«04» апреля 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Изучение сорбционных процессов»

Составитель	Очередко Ю.А., доцент, к.т.н., доцент кафедры ХМ
Согласовано с работодателями:	Фидурова С.Н., заместитель начальника отдела физико-химических исследований ИТЦ «Газпром добыча Астрахань», Федорова И.В., начальник химико-аналитического отдела испытательный Центр филиала ФГБУ «ЦЛАТИ по ЮФО»- ЦЛАТИ по Астраханской области
Направление подготовки	04.04.01 ХИМИЯ
Направленность (профиль) ОПОП	НЕФТЕХИМИЯ
Квалификация (степень)	магистр
Форма обучения	очная
Год приема	2024
Курс	1
Семестры	1-2

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью освоения дисциплины «Изучение сорбционных процессов» является создание системы усвоения основных положений теории сорбции и возможность реализации на практике полученных магистрантами знаний.

1.2. Задачами освоения дисциплины «Изучение сорбционных процессов» является освоение современного теоретического материала по вопросам сорбции, а в дальнейшем реализация полученных знаний, изучая сорбцию 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 «Изучение сорбционных процессов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, и осваивается в 1-2 семестрах.

Дисциплина «Изучение сорбционных процессов» имеет логическую и содержательно-методическую взаимосвязь с дисциплинами: «Аналитической химией», позволяющей применять в практической работе, направленной на решение конкретной задачи при контроле содержания вредных веществ в объектах окружающей среды полученные знания о современных методах определения токсичных веществ в воздухе, водных объектах и почве; «Физической химией», позволяющей применять теоретические знания об общих закономерностях протекания химических реакций в растворах и твердой фазе, основы химической термодинамики и кинетики.

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:

- Способы очистки экосистем;

- Безопасность жизнедеятельности в нефтехимическом производстве.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки:

а) профессиональных (ПК):

ПК-3 Способен проводить экспериментальные и расчетно-теоретические работы по заданной теме в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках.

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 компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
		Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
ПК-3	ПК-3.1. Проводит экспериментальные исследования по заданной теме в выбранной области химии	- существующие методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач в области изучения сорбционных процессов	- распознавать тонкости процессов, позволяющих моделировать процессы формирования модели жизненно важных структур	- физико-химическими, квантово-химическими, спектроскопическими и другими методами исследования дисперсных систем
	ПК-3.2. Проводит расчетно-теоретические исследования по заданной теме в выбранной области химии	- влияние на сорбцию природы растворителя, природы и пористости сорбента	- использовать программное обеспечение и профессиональные базы данных для решения задач в области изучения сорбционных процессов	- навыками использования современных расчетно-теоретических методов химии для решения профессиональных задач в области изучения сорбционных процессов
	ПК-3.3. Управляет высокотехнологичным химическим оборудованием	- сочетание сорбционного концентрирования с методами последующего определения	- использовать современное оборудование для решения задач в области изучения сорбционных процессов	- навыками использования современных экспериментальных методов химии для решения профессиональных задач в области изучения

Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
		Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
				сорбционных процессов
ПК-5	ПК-5.1. Критически анализирует полученные результаты исследований в выбранной области химии, выявляет достоинства и недостатки	- роль сорбционных процессов в науке и практике	- проводить критический анализ результатов собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ	- навыками формулировки заключения и выводов по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ в области изучения сорбционных процессов
	ПК-5.4. Анализирует полученные результаты и формулирует предложения по оптимизации отдельных стадий технологического процесса	- методы анализа статистических и динамических вариантов сорбционного концентрирования; - причины и механизмы сорбции	- корректно интерпретируют результаты собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ; - обобщать результаты собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ	- методами регистрации и обработки результатов исследования дисперсных систем; - навыками обобщения и анализа полученных данных.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины в соответствии с учебным планом составляет 4 зачетные единицы (144 часа).

Трудоемкость отдельных видов учебной работы студентов очной формы обучения приведена в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Трудоемкость отдельных видов учебной работы по формам обучения

Вид учебной и внеучебной работы	для очной формы обучения
Объем дисциплины в зачетных единицах	4
Объем дисциплины в академических часах	144
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе (час.):	28,25
- занятия лекционного типа, в том числе:	-
- практическая подготовка (если предусмотрена)	-
- занятия семинарского типа (семинары, практические, лабораторные), в том числе:	27
- практическая подготовка (если предусмотрена)	4
- консультация (предэкзаменационная)	1
- промежуточная аттестация по дисциплине	0,25
Самостоятельная работа обучающихся (час.)	115,75
Форма промежуточной аттестации обучающегося (зачет/экзамен), семестр (ы)	зачет – 1 семестр; экзамен – 2 семестр

Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий и самостоятельной работы, для каждой формы обучения представлено в таблице 2.2.

Таблица 2.2. Структура и содержание дисциплины (модуля)

для очной формы обучения

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Контактная работа, час.						КР / КП	СР, час.	Итого часов	Форма текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации [по семестрам]
	Л		ПЗ		ЛР					
	Л	В т.ч. ПП	ПЗ	В т.ч. ПП	ЛР	В т.ч. ПП				
Семестр 1.										
Тема 1. Сорбция как метод концентрирования					7	1		30	37	Собеседование Тест
Тема 2. Динамический характер адсорбции					6			29	35	Собеседование Тест Практическое задание
Консультации										
Контроль промежуточной										Зачёт

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Контактная работа, час.						КР / КП	СР, час.	Итого часов	Форма текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации <i>[по семестрам]</i>
	Л		ПЗ		ЛР					
	Л	в т.ч. ПП	ПЗ	в т.ч. ПП	ЛР	в т.ч. ПП				
аттестации										
ИТОГО за семестр:					13			59	72	
Семестр 2.										
Тема 3. Экспериментальные методы измерения равновесной адсорбции					6	2		20	28	Собеседование Тест
Тема 4. Сочетание сорбционного концентрирования с методами последующего определения					4	1		20	25	Собеседование
Тема 5. Прикладные задачи адсорбции					4			16,75	20,75	Собеседование
Консультации									1	
Контроль промежуточной аттестации									0,25	Экзамен
ИТОГО за семестр:					14			56,75	72	
Итого за весь период					27			115,75	144	

Примечание: Л – лекция; ПЗ – практическое занятие, семинар; ЛР – лабораторная работа; ПП – практическая подготовка; КР / КП – курсовая работа / курсовой проект; СР – самостоятельная работа

Таблица 3. Матрица соотношения разделов, тем учебной дисциплины и формируемых компетенций

Раздел, тема дисциплины	Кол-во часов	Код компетенции		Общее количество компетенций
		ПК-3	ПК-5	
Тема 1. Сорбция как метод концентрирования	37	+	+	2
Тема 2. Динамический характер адсорбции	35	+	+	2
Тема 3. Экспериментальные методы измерения равновесной адсорбции	28	+	+	2
Тема 4. Сочетание сорбционного концентрирования с методами последующего определения	25	+	+	2
Тема 5. Прикладные задачи адсорбции	20,75	+	+	2
Консультации	1			
Контроль промежуточной аттестации	0,25			
Итого	144			

Краткое содержание учебной дисциплины

Тема.1. Сорбция как метод концентрирования.

Общие положения. Механизм адсорбции углеводов 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

Лабораторные 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 лабораторных 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 лабораторного 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

При подготовке к лабораторным занятиям студентам отводится время на самостоятельную работу, которая включает изучение лекционного курса, ознакомление с материалом, изложенным в учебниках и иных источниках информации, включая поисковую работу в интернете. Полезно использовать образовательный портал Астраханского государственного университета, на котором периодически обновляется информация о текущих заданиях и присутствует необходимый материал по курсу учебной дисциплины.

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

1. Шукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия - М.: Высш. Школа, 2006. - 444 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. 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.
5. Алыкова Т.В. Химический мониторинг объектов окружающей среды: Монография. Астрахань: Изд-во Астрах. гос. пед. ун-та, 2002. 210 с.
6. 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.
7. Цивадзе А.Ю. Адсорбция, адсорбенты и адсорбционные процессы в нанопористых материалах. – М.: Издат. гр. «Граница», 2011. -496 с.
8. Лейкин Ю.А., Физико-химические основы синтеза полимерных сорбентов [Электронный ресурс] / Лейкин Ю.А. - М. : БИНОМ, 2011. - 413 с. - ISBN 978-5-9963-0127-0 – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996301270/html>
9. 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>
10. Лейкин Ю.А., Физико-химические основы синтеза полимерных сорбентов [Электронный ресурс] : / Лейкин Ю.А. - 2-е изд. (эл.)- М. : БИНОМ, 2013. - 413 с. (Учебник для высшей школы)- ISBN 978-5-9963-2237-4 – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996322374/html>
11. 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>

Таблица 4. Содержание самостоятельной работы обучающихся

для очной формы обучения

Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов	Форма работы
<i>Тема.1. Сорбция как метод концентрирования.</i> Общие положения. Механизм адсорбции углеводов 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.	25	Индивидуальная работа

Энергия адсорбции неполярных молекул на поверхности ионных решеток. Энергия адсорбции полярных молекул на неполярном адсорбенте. Адсорбция полярных молекул на поверхностях, имеющих заряды.		
<i>Тема 2. Динамический характер адсорбции.</i> 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	20	Индивидуальная работа
<i>Тема 3. Экспериментальные методы измерения равновесной адсорбции</i> 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.	25	Индивидуальная работа
<i>Тема 4. Сочетание сорбционного концентрирования с методами последующего определения.</i> Методы сорбционного концентрирования, с последующими методами определения	25	Индивидуальная работа
<i>Тема 5. Прикладные задачи адсорбции.</i> 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	20,75	Индивидуальная работа

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

По каждой теме, изученной обучающимся самостоятельно, должен быть написан конспект. Конспект должен быть выполнен в ученической тетради в клетку (строчки «через клеточку») «от руки». На титульном листе должны быть разборчиво написаны фамилия, имя, отчество, факультет, курс, группа, тема. Конспект должен отражать основные понятия, формулы, постулаты. В конце работы ставится число и подпись.

В качестве письменных работ предлагается отчет по лабораторной работе.

Методические указания по написанию отчета по лабораторной работе

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. На листе, где выполнен график, должны быть указаны наименование графика (под графиком), условия, сноски.

Экспериментальные данные для построения градуировочного графика обрабатываются по методу наименьших квадратов.

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. Практическая практика	Не предусмотрено	Не предусмотрено	Групповая лабораторная работа Практическая подготовка
Тема 2. Динамический характер адсорбции	Не предусмотрено	Не предусмотрено	Групповая лабораторная работа
Тема 3. Экспериментальные методы измерения равновесной адсорбции. Практическая подготовка	Не предусмотрено	Не предусмотрено	Групповая лабораторная работа Практическая подготовка
Тема 4. Сочетание сорбционного концентрирования с методами последующего определения. Практическая подготовка	Не предусмотрено	Не предусмотрено	Групповая лабораторная работа Практическая подготовка
Тема 5. Прикладные задачи адсорбции	Не предусмотрено	Не предусмотрено	Групповая лабораторная работа

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 лабораторных 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 (LMS Moodle «Электронное образование») или иных информационных систем, сервисов и мессенджеров.

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

6.3.1. Программное обеспечение

1. Microsoft Office 2013;
2. Microsoft Windows 7 Professional;
3. Платформа дистанционного обучения *LMS Moodle* (виртуальная обучающая среда).

6.3.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. <https://library.asu.edu.ru/catalog/> (Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем»)
2. <https://journal.asu.edu.ru/> (Электронный каталог «Научные журналы АГУ»)

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

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине «Изучение сорбционных процессов» 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

Контролируемый раздел, тема дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
Сорбция как метод концентрирования	ПК-3, ПК-5	Собеседование Тест
Динамический характер адсорбции	ПК-3 ПК-5	Собеседование Тест Практическое задание
Экспериментальные методы измерения равновесной адсорбции	ПК-3 ПК-5	Собеседование Тест
Сочетание сорбционного концентрирования с методами последующего определения	ПК-3 ПК-5	Собеседование
Прикладные задачи адсорбции	ПК-3 ПК-5	Собеседование

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

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) $\sigma = \sigma_0 - K_{\Gamma} RTc$;
 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:

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

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

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

г) $\Delta G^0 = -RT \ln K$.

3. Удельную поверхность адсорбентов можно определить по уравнению:

а) $s_0 = \frac{1}{N_A A_{\infty}}$;

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

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

г) $\pi s_M = RT$.

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

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

б) $\Delta G^0 = -RT \ln K$;

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:

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

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

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

6. Выберите уравнение полимолекулярной адсорбции БЭТ:

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

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

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

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 см³ водного раствора метиленового голубого концентрация красителя изменяется от начальной 1·10⁻⁴ моль/дм³ до конечной равновесной 6·10⁻⁵ моль/дм³, а при добавлении 2 г угля к такому же исходному раствору равновесная концентрация составила 4·10⁻⁵ моль/дм³. Считая, что адсорбция описывается уравнением Ленгмюра, рассчитайте $s_{уд}$ угля. Площадь, занимаемую молекулой красителя на поверхности, примите равной 0,65 нм².

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

p , Па	13,22	23,99	49,13	75,70	91,22
$A \cdot 10^3$, м ³ /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 нм², $p_s = 342,6$ Па, плотность криптона равна 3,74 кг/м³.

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 СН₂ – 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 поверхности;
- 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.

Лабораторные работы

Лабораторная работа №1: «Изотермы сорбции углеводородов из водных растворов сорбентом С-1»

Лабораторная работа №2: «Изучение кинетики сорбции углеводородов из водных растворов сорбентом С-1»

Лабораторная работа № 3: «Флуориметрическое определение нефтепродуктов в воде с предварительным сорбционным концентрированием на сорбенте С-1»

Методические указания по написанию отчета по лабораторной работе

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. На листе, где выполнен график, должны быть указаны наименование графика (под графиком), условия, сноски. Экспериментальные данные для построения градуировочного графика обрабатываются по методу наименьших квадратов.
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.

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

1. Механизм адсорбции углеводородов 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)
Код и наименование проверяемой компетенции				
ПК-3 Способен проводить экспериментальные и расчетно-теоретические работы по заданной теме в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках.				
1.	Задание закрытого типа	Графическая зависимость адсорбции от концентрации адсорбируемого вещества в объёмной фазе при данной температуре называется: а) изобарной адсорбции; б) изотермой адсорбции; в) изотропией адсорбции.	б	1
2.		Стандартная энергия Гиббса адсорбции связана с равновесной константой адсорбции соотношением:	б	1

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		а) $\ln p = \frac{\Delta H}{RT} + const$; б) $\Delta G^0 = -RT \ln K$; в) $\Delta G^0 = \Delta H - T\Delta S$.		
3.		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 CH_2 – группу: а) уменьшается в 3,2 раза; б) увеличивается в 3,2 раза. в) не изменяется.	б	1
4.		Величина адсорбции красителя (ПАВ) из раствора может быть использована для оценки удельной поверхности порошков. При введении 1 г активного угля в 100 см^3 водного раствора метиленового голубого концентрация красителя изменяется от начальной $1 \cdot 10^{-4}$ моль/ дм^3 до конечной равновесной $6 \cdot 10^{-5}$ моль/ дм^3 , а при добавлении 2 г угля к такому же исходному раствору равновесная концентрация составила $4 \cdot 10^{-5}$ моль/ дм^3 . Считая, что адсорбция описывается уравнением Ленгмюра, рассчитайте $S_{\text{уд}}$ угля. Площадь, занимаемую молекулой красителя на поверхности, примите равной $0,65 \text{ нм}^2$. А) $4,65 \text{ м}^2/\text{г}$ Б) $4,65 \text{ м}^2/\text{кг}$ В) $2,43 \text{ м}^2/\text{г}$ Г) $2,43 \text{ м}^2/\text{кг}$	А	4
5.	Задание открытого типа	Что такое поверхностное натяжение и как оно рассчитывается?	Одной из важных характеристик поверхности раздела фаз является поверхностное натяжение. Оно характеризует избыток поверхностной энергии, приходящийся на 1 м^2 межфазной поверхности. Поверхностное натяжение (σ) равно термодинамически	3-4

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			<p>обратимой, изотермической работе, которую надо совершить, чтобы увеличить площадь межфазной поверхности на единицу. Единицы измерения поверхностного натяжения следующие: $[\sigma] = \text{Дж}/\text{м}^2$ или $(\text{Н}\cdot\text{м})/\text{м}^2 = \text{Н}/\text{м}$.</p> $\sigma = \frac{G}{S},$ <p>где G – свободная энергия Гиббса.</p>	
6.		Как найти постоянные уравнения Ленгмюра?	<p>Чтобы найти постоянные Γ_{∞} и K 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 $\frac{1}{\Gamma} = f\left(\frac{1}{C}\right)$ это уравнение прямой линии, тангенс угла наклона которой к оси абсцисс равен</p> $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\Gamma_{\infty} K}$ <p>а отрезок, отсекаемый прямой на оси ординат, равен $\frac{1}{\Gamma_{\infty}}$</p>	2-3
7.		Чем осложнена адсорбция растворённых веществ твёрдыми адсорбентами?	<p>Адсорбция растворённых веществ твёрдыми адсорбентами осложнена рядом факторов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. присутствием 	3-4

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			<p>третьего компонента – растворителя, молекулы которого конкурируют с молекулами сорбата за активные центры поверхности адсорбента;</p> <p>2. взаимодействием между поверхностью адсорбента и растворителя;</p> <p>3. электростатическим взаимодействием между поверхностью адсорбента и ионами сорбата, если он является электролитом.</p>	
8.		Охарактеризуйте угол смачивания	<p>Угол смачивания θ, 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:</p> $\cos \theta = \frac{\sigma_{т-г} - \sigma_{т-ж}}{\sigma_{ж-г}}$ <p>Из уравнения Юнга следует, что на процесс смачивания можно влиять, изменяя поверхностное натяжение в данной трехфазной системе.</p>	3-4
9.	Задания комбинированного	Ниже приведены результаты измерения адсорбции газообразного криптона на катализаторе:	0,0015	3-4

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания		Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)												
	типа	<table border="1"> <tr> <td>p, Па</td> <td>$A \cdot 10^3$, м³/кг</td> </tr> <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> </table>	p , Па	$A \cdot 10^3$, м ³ /кг	13,22	1,27	23,99	1,5	49,13	1,76	75,70	1,9	91,22	1,98			
p , Па	$A \cdot 10^3$, м ³ /кг																
13,22	1,27																
23,99	1,5																
49,13	1,76																
75,70	1,9																
91,22	1,98																
10.		<p>Определите константы уравнения БЭТ, принимая, что один атом криптона занимает площадь 0,195 нм², $p_s = 342,6$ Па, плотность криптона равна 3,74 кг/м³. Приведите решение задачи</p> <p>Приведите уравнение Фрейндлиха. Как определить константы данного уравнения?</p>		<p>Эмпирическое уравнение Фрейндлиха: $\Gamma = Kc^{1/n}$, где K и $1/n$ — константы, зависящие от природы газа и температуры и не зависящие от равновесного давления газа в системе. Постоянные в уравнении Фрейндлиха K и $1/n$ находят на основе опытных данных. Для этого степенное уравнение логарифмируют. $\ln A = \ln K + 1/n \cdot \ln p$. В координатах $\ln A - \ln p$ — это уравнение прямой, не проходящей через начало координат. Тангенс угла наклона α равен $1/n$, а отрезок, отсекаемый ею на оси ординат, равен $\ln K$.</p>	3-4												
<p>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>																	
11.	Задание закрытого типа	<p>Адсорбцией называется концентрирование какого-либо вещества: а) в объеме фазы в результате самопроизвольного перехода его из поверхностного слоя;</p>		б	1												

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		б) в поверхностном слое в результате самопроизвольного перехода его из объёма фазы.		
12.		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.	б	1
13.		Твёрдые материалы, используемые для адсорбции из газовой фазы и растворов обладают: а) низкой удельной поверхностью; б) высокой удельной поверхностью; в) средней удельной поверхностью.	б	1
14.		Графическая зависимость адсорбции от концентрации адсорбируемого вещества в объёмной фазе при данной температуре называется: а) изобарной адсорбции; б) изотермой адсорбции; в) изотропией адсорбции.	б	1
15.	Задание открытого типа	Как классифицируют вещества в зависимости от способности изменять поверхностное натяжение?	Для характеристики способности веществ изменять поверхностное натяжение используют величину поверхностной активности - σ , вещества, понижающие поверхностное натяжение, называются поверхностно-активными (ПАВ) ; вещества, повышающие поверхностное натяжение называются поверхностно-инактивными (ПИВ); практически не изменяющие поверхностное натяжение поверхностно-	2-3

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
16.		<p>Какими зависимостями характеризуют адсорбцию?</p>	<p>неактивными (ПНВ). Адсорбцию характеризуют: 1. Зависимостью количества адсорбированного вещества Γ от температуры при постоянных равновесных давлениях и концентрациях C; кривые на графиках $\Gamma = f(T)$ при $p = \text{const}$ называются изобарами, а при $C = \text{const}$ – изопикнами адсорбции; 2. Зависимостью равновесного давления или концентрации от температуры при постоянном количестве адсорбированного вещества; кривые на графиках $p = f(T)$ и $C = f(T)$ при $\Gamma = \text{const}$ называются изостерами; 3. Зависимостью количества адсорбированного вещества Γ от равновесного давления или концентрации при постоянной температуре; кривые на графиках $\Gamma = f(C)$ и $\Gamma = f(p)$ при $T = \text{const}$ называются изотермами адсорбции.</p>	3-4
17.		<p>Чем отличаются адсорбция газов и паров на поверхности твердых тел от адсорбции на границе «жидкость–газ»?</p>	<p>Адсорбция газов и паров на поверхности твердых тел отличается от адсорбции на границе «жидкость–</p>	3-4

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			<p>газ» тем, что:</p> <p>1. Поверхность твердого тела, в отличие от поверхности жидкости, имеет сложный, неоднородный характер.</p> <p>2. Адсорбция происходит не на всей поверхности, а лишь на активных центрах.</p> <p>3. Адсорбция кинетически обратима — наряду с адсорбцией газа происходит его десорбция.</p> <p>4. Поверхность адсорбента часто бывает пористой. Наличие пор приводит к тому, что адсорбция сопровождается капиллярной конденсацией.</p> <p>5. Наряду с адсорбцией, представляющей собой поверхностный процесс, может происходить поглощение газа или пара всем объемом твердого тела. Это явление называется абсорбцией.</p>	
18.		Что такое капиллярная конденсация и для чего ее используют?	Капиллярная конденсация – это процесс конденсации паров в порах твердого тела. Это явление характерно для паров веществ и обусловлено наличием у адсорбента мелких	3-4

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)												
			<p>пор. В таких порах пары конденсируются при давлениях, меньших, чем давление насыщенного пара над плоской поверхностью жидкости при той же температуре. Капиллярной конденсации предшествует адсорбция пара на поверхности конденсации, которая начинается при определенном количестве адсорбированного вещества. Капиллярную конденсацию используют для улавливания паров пористыми сорбентами. Большую роль она играет в процессах сушки, удерживания влаги почвами, строительными и другими материалами.</p>													
19.	Задания комбинированного типа	<p>Ниже приведены результаты измерения адсорбции газообразного криптона на катализаторе:</p> <table border="1" data-bbox="418 1472 927 1675"> <thead> <tr> <th>p, Па</th> <th>$A \cdot 10^3$, м³/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 удельную поверхность катализатора, принимая, что один атом криптона занимает площадь 0,195 нм², $p_s = 342,6$ Па, плотность криптона равна 3,74 кг/м³. Приведите решение задачи.</p>	p , Па	$A \cdot 10^3$, м ³ /кг	13,22	1,27	23,99	1,5	49,13	1,76	75,70	1,9	91,22	1,98	7,8	3-4
p , Па	$A \cdot 10^3$, м ³ /кг															
13,22	1,27															
23,99	1,5															
49,13	1,76															
75,70	1,9															
91,22	1,98															
20.		<p>Выберите правильный ответ и аргументируйте его: Увеличение концентрации вещества на</p>	<p>А Адсорбция – это самопроизвольное из-</p>	3-4												

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		поверхности раздела фаз называется а) адсорбцией б) абсорбцией в) хемосорбцией г) капиллярной конденсацией	менение (обычно повышение) концентрации вещества вблизи поверхности раздела фаз (от лат. ad- на и sorbeo- поглощаю). Процессы, происходящие самопроизвольно на границе раздела фаз называются поверхностными явлениями.	

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 1 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 2 семестре является экзамен, поэтому балльная оценка распределяется на две составляющие: семестровую (текущий контроль по учебной дисциплине в течение семестра) – 50 баллов и экзаменационную – 50 баллов. 50 баллов семестрового контроля состоят из 40 баллов, полученных на различных формах текущего контроля, и 10 баллов, включающих различного рода бонусы (отсутствие пропусков занятий, активная работа в течение семестра).

Таблица 10. Технологическая карта рейтинговых баллов по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
1 семестр				
Основной блок				
1.	Ответ на занятии	2 / 10	20	по расписанию
2.	Выполнение практического задания	1 / 10	10	по расписанию
3.	Тест	2 / 25	50	по расписанию
Всего			80	-
Блок бонусов				

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
4.	Посещение занятий	13 / 0,5	6,5	по расписанию
5.	Своевременное выполнение всех заданий	5 / 0,7	3,5	по расписанию
Всего			10	-
Дополнительный блок				
6.	Зачет		10	
Всего			10	-
ИТОГО			100	-
2 семестр				
Основной блок				
7.	Ответ на занятия	3 / 5	15	по расписанию
8.	Тест	1 / 25	25	по расписанию
Всего			40	-
Блок бонусов				
9.	Посещение занятий	16 / 0,5	8	по расписанию
10.	Своевременное выполнение всех заданий	6 / 0,33	2	по расписанию
Всего			10	-
Дополнительный блок				
11.	Экзамен		50	по расписанию
Всего			50	-
ИТОГО			100	-

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)	Зачтено
60–64		
Ниже 60	2 (неудовлетворительно)	Не зачтено

При реализации дисциплины 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. Опои 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. (30 экз.)

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)

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает в себя лабораторию для проведения лабораторных работ. Лабораторный практикум обеспечен химическими реактивами, лабораторной посудой и учебно-научным оборудованием: весы электронные, спектрофотометры ПЭ 5400, ПЭ2300; анализаторы жидкостей рН-метры «Эксперт-001», ионоселективные электроды, центрифуга ОПН-3 с ротором, магнитные мешалки, рефрактометр, термостат "ТС-80"М2 хроматограф «Цвет 500 М», Электролизная установка ЛЭМ-11043, микросмеситель ПЭ-0137 1.75.45.0032, Аквадистиллятор ДЭ-4(с ЗИПом), шкаф вытяжной ШВ-202 ПАОТ, малая раковина, КО1-04. Проведение семинарских занятий сопряжено с применением компьютеров для выполнения поисковой работы, вычислений и работе в информационных системах.

10. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) ПРИ ОБУЧЕНИИ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Рабочая программа дисциплины (модуля) 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. При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья учитываются их индивидуальные психофизические особенности. Обучение инвалидов осуществляется также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление учебной информации в визуальной форме (краткий конспект лекций; тексты заданий, напечатанные увеличенным шрифтом), на аудиторных занятиях допускается присутствие ассистента, а также сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков. Текущий контроль успеваемости осуществляется в письменной форме: обучающийся письменно отвечает на вопросы, письменно выполняет практические задания. Доклад (реферат) также может быть представлен в письменной форме, при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т. д.). Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости время подготовки к ответу может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации, а также использование на аудиторных занятиях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т. д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь. Текущий контроль успеваемости осуществляется в устной форме. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, на аудиторных занятиях, а также при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации могут быть предоставлены необходимые технические средства (персональный компьютер, ноутбук или другой гаджет); допускается присутствие ассистента (ассистентов), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь (занять рабочее место, передвигаться по аудитории, прочитать задание, оформить ответ, общаться с преподавателем).