



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК



«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП
Капустина А.А.
(подпись) (Ф.И.О.)
« 05 » февраля 2021 г.

«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующий кафедрой
(подпись)



Капустина А.А.
(Ф.И.О.)
« 05 » февраля 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Сорбционные процессы
Направление подготовки 04.03.01 Химия
профиль «Фундаментальная химия»
Форма подготовки очная

курс 4 семестр 7

лекции 18 час.

практические занятия не предусмотрены

лабораторные работы 108 час.

в том числе с использованием МАО лек. / пр. / лаб. 68 час.

всего часов аудиторной нагрузки 126 час.

в том числе с использованием МАО 68 час.

самостоятельная работа 54 час.

в том числе на подготовку к экзамену 36 час.

контрольные работы (количество) 1

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены

зачет семестр

экзамен 7

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 17 июля 2017г. №671.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Физической и аналитической химии ШЕН протокол № 3 от 22 января ..2021 г.

Врио зав. Кафедрой Физической и аналитической химии ШЕН, к.х.н, доцент Соколова Л. И.

Составители: к.х.н., доцент Артемьянов А.П.

Владивосток
2021

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____ (подпись) _____ (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____ (подпись) _____ (И.О. Фамилия)

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются:

Усвоение современных представлений теории адсорбции как одной из составляющих физической химии, анализ условий и способов осуществления сорбционных и каталитических процессов, обоснование возможности управления процессами адсорбции, катализа и их практического использования.

Задачи:

1. Приобретение знаний о состоянии сорбционных и каталитических систем, причинах адсорбционных явлений, основных видах межмолекулярных взаимодействий в системах адсорбат – адсорбент.

2. Обоснование роли адсорбционных, каталитических процессов для решения теоретических и технологических проблем.

3. Формирование у студентов четкого понимания сущности адсорбционных и каталитических процессов, способности проявлять осмысленный подход к решению задач экспериментальных исследований явлений адсорбции и катализа, уметь самостоятельно ставить задачу исследования с целью выбора эффективного метода управления адсорбционными и каталитическими процессами.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
научно-исследовательский	ПК-1 Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	ПК -1.1 Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР
		ПК -1.2 Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР
		ПК-1.3 Выбирает технические средства и методы исследований (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР
		ПК-1.4 Готовит объекты исследования
технологический	ПК-3 Способен выбирать технические средства и методы испытаний для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации	ПК-3.1 Планирует отдельные стадии технических испытаний при наличии общего плана НИОКР
		ПК-3.2 Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИОКР
		ПК-3.3 Выбирает технические средства

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
		и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИОКР ПК-3.4 Готовит объекты испытаний для проведения НИОКР

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-1.1 Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР	Знает новые научные результаты по выбранной тематике научных исследований
	Умеет правильно ставить задачи по выбранной тематике, выбирать для исследования необходимые методы, оценивать значимость результатов с точки зрения их результативности и применимости
	Владеет навыками планирования стадии исследования для решения научных задач
ПК-1.2 Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР	Знает классические и современные методы решения задач по выбранной тематике научных исследований
	Умеет осуществлять отбор, систематизацию, анализ и оценку современных достижений для решения поставленных задач
	Владеет навыками критической оценки полученных результатов для обоснования выбора оптимальной стратегии решения исследовательских и практических задач
ПК -1.3 Выбирает технические средства и методы исследований (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР	Знает технические средства, необходимые для проведения исследования
	Умеет выбирать технические средства и методы исследований (из набора имеющихся) для решения поставленных задач
	Владеет навыками оценки имеющихся технических средств и методов НИР
ПК-1.4 Готовит объекты исследования	Знает объекты исследования по выбранной тематике научных исследований
	Умеет правильно ставить задачи при подготовке объектов научных исследований
	Владеет навыками применения способов и методов подготовки объектов исследования по выбранной тематике научных исследований
ПК-3.1 Планирует отдельные стадии технических испытаний при наличии общего плана НИОКР	Знает новые научные результаты по выбранной тематике научных исследований
	Умеет правильно ставить задачи при планировании отдельных стадий технических испытаний, выбирать для исследования необходимые методы, оценивать значимость результатов с точки зрения их результативности и применимости

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
	Владеет навыками применения выбранных методов к решению научных задач на отдельных стадиях НИОКР
ПК-3.2 Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИОКР	Знает планы и программ отдельных этапов НИОКР, классические и современные методы решения задач по выбранной тематике научных исследований
	Умеет осуществлять отбор, систематизацию, анализ и оценку современных достижений для подготовки документации, проектов планов и программ отдельных этапов НИОКР
	Владеет навыками критической оценки полученных результатов для обоснования выбора оптимальной стратегии решения исследовательских и практических задач
ПК-3.3 Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИОКР	Знает технические средства и методы испытаний для решения поставленных задач НИОКР
	Умеет обосновывать применение и использовать технические средства и методы испытаний для решения поставленных задач
	Владеет навыками получения научных результатов при обоснованном выборе технических средств и методов испытаний
ПК-3.4 Готовит объекты испытаний для проведения НИОКР	Знает объекты исследования по выбранной тематике НИОКР на отдельных стадиях испытаний
	Умеет правильно ставить задачи при подготовке объектов НИОКР
	Владеет навыками применения способов и методов подготовки объектов испытаний, выбранных методов к решению задач на отдельных стадиях НИОКР

2. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зачётных единиц (180 академических часа).

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Лаб	Лабораторные работы
СР	Самостоятельная работа обучающегося
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Контроль	Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР		
1	Введение. Компоненты сорбционных систем и их свойства		4						
2	Основы теории равновесных сорбционных систем		6						
3	Неравновесные адсорбционные системы		4						
4	Современные методы управления процессами в сорбционных системах и электрокаталитических системах		4						
5	Вводное занятие: знакомство со способами проведения эксперимента по изучению адсорбции в статических и динамических условиях			6					УО-1; ПР-6
6	Определение типа изотермы адсорбции в системе активированный уголь – раствор красителя				12		18	36	УО-1; ПР-6
7	Определение типа изотермы адсорбции в системе силикагель – раствор красителя				12				УО-1; ПР-6
8	Определение типа изотермы адсорбции в системе активированный уголь – бензойная кислота				12				УО-1; ПР-6
9	Исследование кинетики адсорбции метиленового голубого из раствора на активном угле				12				УО-1; ПР-6
10	Исследование кинетики адсорбции метиленового голубого из раствора на силикагеле				12				УО-1; ПР-6
11	Исследование динамики адсорбции. Построение			6					УО-1; ПР-6

	выходных кривых метиленового голубого на активированном угле								
12	Построение изотермы адсорбции по данным динамики адсорбции метиленового голубого из раствора на силикагеле			6					УО-1; ПР-6
13	Сравнение эффективности использования различных адсорбентов в очистке воды от примесей			6					УО-1; ПР-6
14	Исследование эффективности очистки воды в динамике адсорбции на углеродных адсорбентах различной структуры			6					УО-1; ПР-6
15	Исследование адсорбции углекислого газа на активированном угле			6					УО-1; ПР-6
16	Исследование кинетики адсорбции углекислого газа на активированном угле			12					УО-1; ПР-6
	Итого:		18	108	-	-	18	36	

III. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (18 ЧАСОВ)

Раздел 1. Введение. Компоненты сорбционных систем и их свойства (4 ч).

Тема 1. Структурные характеристики адсорбентов. Экспериментальные методы изучения процессов из газовой фазы и из растворов (2 час.)

Тема 2. Составляющие адсорбционного взаимодействия в конкретных системах. Условия адсорбционного равновесия. (2 час.)

Раздел 2. Основы теории равновесных сорбционных систем (6 ч)

Тема 1. Теория мономолекулярной адсорбции. Анализ изотермы Лэнгмюра (область Генри, область полного заполнения поверхности, смысл константы адсорбции). Использование изотермы Лэнгмюра для определения теплоты адсорбции, удельной поверхности адсорбента. Недостатки теории БЭТ (2 час.)

Тема 2. Механизм капиллярной конденсации в зависимости от формы пор. Применение теории капиллярной конденсации для определения структурных характеристик адсорбентов (2 час.)

Тема 3. Физическое состояние адсорбатов в микропорах, особые свойства адсорбционной фазы. Аналогия между уравнениями теории объемного заполнения микропор и теории растворов как свидетельство их внутренней связи (2 час.)

Раздел 3. Неравновесные адсорбционные системы (4 ч)

Тема 1. Кинетические закономерности собственно адсорбционной и диффузионной стадии. Влияние пористой структуры адсорбентов на кинетику адсорбции. (2 час.)

Тема 2. Математическое описание динамики адсорбции. Формула Шилова. Уравнение материального баланса. Факторы, влияющие на форму выходной кривой: природа органического адсорбата, пористая структура адсорбента, гидродинамический режим. Методы регенерации адсорбентов. Выбор оптимальной пористой структуры (2 час.)

Раздел 4. Современные методы управления процессами в сорбционных системах и электрокаталитических системах (4 час.)

Тема 1. Электросорбционные и электрокаталитические процессы: влияние величины потенциала, природы сорбата и сорбента на величину электросорбции и скорость реакции. Моделирование электросорбционных процессов в пористых матрицах, влияние пористой структуры на распределение электрохимических параметров и величину сорбции и скорости реакции (2 час.)

Тема 2. Получение новых материалов - электрокатализаторов. Химическое и электрохимическое модифицирование поверхности с целью получения поверхностно-модифицированных материалов. Принцип электрокаталитического действия материалов, в том числе поверхностно-модифицированных и композитных материалов (1 час.)

Тема 3. Получение и применение в сорбции и электрокатализе новых нанокompозитных материалов (углеродные трубки, гибридные сорбенты, наносорбенты) (1 час.)

IV. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Лабораторные работы (108 час.)

1. **Лабораторная работа №1.** Вводное занятие: знакомство со способами проведения эксперимента по изучению адсорбции в статических и динамических условиях, приготовление растворов, определение концентраций на фотоколориметре и построение градуировочных графиков. Оформление отчета. Построение и обработка графиков (6 час.)

2. **Лабораторная работа №2.** Определение типа изотермы адсорбции в системе активированный уголь – раствор красителя (12 час.) **Метод:** Исследовательский.

3. **Лабораторная работа №3.** Определение типа изотермы адсорбции в системе силикагель – раствор красителя (12 час.) **Метод:** Исследовательский. Работа по индивидуальному заданию.

4. **Лабораторная работа №4.** Определение типа изотермы адсорбции в системе активированный уголь – бензойная кислота (12 час.) **Метод:** Исследовательский. Работа по индивидуальному заданию.

5. **Лабораторная работа №5.** Исследование кинетики адсорбции метиленового голубого из раствора на активном угле (12 час.) **Задание на дом:** Подготовка сообщения о полученных результатах.

6. **Лабораторная работа №6.** Исследование кинетики адсорбции метиленового голубого из раствора на силикагеле (12 час.) **Метод:** Исследовательский. Работа по индивидуальному заданию.

7. **Лабораторная работа №7.** Построение изотермы адсорбции по данным динамики адсорбции метиленового голубого из раствора на силикагеле (6 час.) **Метод:** Исследовательский.

8. **Лабораторная работа № 8.** Исследование динамики адсорбции. Построение выходных кривых метиленового голубого на активированном угле (6 час.) **Метод:** Исследовательский.

9. **Лабораторная работа №9.** Сравнение эффективности использования различных адсорбентов в очистке воды от примесей (6 час.) **Метод:** Исследовательский. Научная дискуссия.

10. **Лабораторная работа № 10.** Исследование эффективности очистки воды в динамике адсорбции на углеродных адсорбентах различной структуры (6 час.) **Метод:** Исследовательский.

11. **Лабораторная работа № 11.** Исследование адсорбции углекислого газа на активированном угле (6 час.) **Метод:** Исследовательский.

12. **Лабораторная работа №12.** Исследование кинетики адсорбции углекислого газа на активированном угле (12 час.) **Метод:** Исследовательский.

Задания для самостоятельной работы

Требования: Перед каждой лабораторной работой обучающемуся необходимо изучить Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Сорбционные процессы».

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Сорбционные процессы» включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
7 семестр				
1.	1-9 недели	Изучение рекомендованной литературы и подготовка к выполнению эксперимента на лабораторных работах «Сорбционные процессы»	9	Опрос перед началом занятия (УО-1). Принятие отчета о выполнении в ходе лабораторных работ экспериментального задания (ПР-6).
2.	9-17 недели	Подготовка к выполнению эксперимента на лабораторных работах «Сорбционные процессы»	9	Опрос перед началом занятия (УО-1). Принятие отчета о выполнении в ходе лабораторных работ экспериментального задания (ПР-6).
3.	Подготовка к экзамену		36	Экзамен

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Самостоятельная работа студентов по изучению отдельных тем дисциплины включает поиск учебных пособий по данному материалу, проработку и анализ теоретического материала, самоконтроль знаний по данной теме с помощью контрольных вопросов и заданий.

Структура отчета по лабораторной работе

Большая часть учебного материала должна быть проработана студентом самостоятельно, вне аудиторных занятий. Самостоятельная работа студентов является неотъемлемой составной частью процесса подготовки специалистов.

Под самостоятельной работой студента понимается часть учебной планируемой работы, которая выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, без его непосредственного участия. Самостоятельная работа направлена на усвоение системы научных и профессиональных знаний, формирование умений и навыков, приобретение опыта самостоятельной творческой деятельности.

Самостоятельная работа студентов включает в себя подготовку к лабораторным работам, описание проделанной экспериментальной работы с приведением расчетов, графиков, таблиц и выводов, подготовка к защите теории по работе, самоконтроль знаний по теме работы с помощью вопросов к каждой работе, подготовка к коллоквиумам, индивидуальное написание и защиту реферата.

Для качественного выполнения лабораторных работ каждый студент должен заранее подготовиться к очередной работе. Подготовка складывается из изучения цели, задач и содержания лабораторной работы, повторения теоретического материала, относящегося к работе, и теоретическом ознакомления со свойствами химических веществ до выполнения работы. Результаты подготовки отражаются студентами в рабочих тетрадях, куда записываются перечень необходимых измерительных приборов и аппаратура, план выполнения лабораторной работы, расчетные формулы и зарисовываются схемы установок, таблицы для записи опытных и расчетных данных. Все записи в рабочих тетрадях как при подготовке к работе, так и в процессе выполнения ее должны вестись аккуратно.

В начале занятия преподаватель путем опроса и ознакомления с записями в рабочих тетрадях проверяет подготовленность каждого студента. Неподготовленные студенты к выполнению лабораторной работы не допускаются.

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Подготовка к лабораторным работам оценивается в ходе устного опроса по пятибалльной системе.

Отчеты по лабораторным работам составляются студентами индивидуально и защищаются устно, оцениваются по пятибалльной системе.

Отчеты по лабораторным работам представляются в электронной форме, подготовленные как текстовые документы в редакторе MSWord.

Отчет по работе должен быть обобщающим документом, включать всю информацию по выполнению заданий, в том числе, уравнения реакций, таблицы, методику проведения лабораторных опытов, список литературы, расчеты и т. д.

Структурно отчет по лабораторной работе, как текстовый документ, комплектуется по следующей схеме:

Титульный лист – обязательная компонента отчета, первая страница отчета, по принятой для лабораторных работ форме (титульный лист отчета должен размещаться в общем файле, где представлен текст отчета).

Исходные данные к выполнению заданий – обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержат указание варианта, темы и т.д.).

Основная часть – материалы выполнения заданий, разбивается по рубрикам, соответствующих заданиям работы, с иерархической структурой: пункты – подпункты и т. д.

Рекомендуется в основной части отчета заголовки рубрик (подрубрик) давать исходя из формулировок заданий, в форме отглагольных существительных.

Выводы – обязательная компонента отчета, содержит обобщающие выводы по работе (какие задачи решены, оценка результатов, что освоено при выполнении работы).

Список литературы – обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит список источников, использованных при выполнении работы, включая электронные источники (список нумерованный, в соответствии с правилами описания библиографии).

Оформление плана-конспекта занятия и отчета по лабораторной работе. План-конспект занятия и отчет по лабораторной работе относится к категории «письменная работа», оформляется по правилам оформления письменных работ студентами ДВФУ.

Необходимо обратить внимание на следующие аспекты в оформлении отчетов работ:

- набор текста;
- структурирование работы;
- оформление заголовков всех видов (рубрик-подрубрик-пунктов-подпунктов, рисунков, таблиц, приложений);
- оформление перечислений (списков с нумерацией или маркировкой);
- оформление таблиц;
- оформление иллюстраций (графики, рисунки, фотографии, схемы);

- набор и оформление математических выражений (формул);
- оформление списков литературы (библиографических описаний) и ссылок на источники, цитирования.

Набор текста осуществляется на компьютере, в соответствии со следующими требованиями:

- печать – на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (размер 210 на 297 мм.);
- интервал межстрочный – полуторный;
- шрифт – Times New Roman;
- размер шрифта - 14 пт., в том числе в заголовках (в таблицах допускается 10-12 пт.);
- выравнивание текста – «по ширине»;
- поля страницы - левое – 25-30 мм, правое – 10 мм, верхнее и нижнее – 20 мм.;
- нумерация страниц – в правом нижнем углу страницы (для страниц с книжной ориентацией), сквозная, от титульного листа до последней страницы, арабскими цифрами (первой страницей считается титульный лист, на котором номер не ставится, на следующей странице проставляется цифра «2» и т. д.).
- режим автоматического переноса слов, за исключением титульного листа и заголовков всех уровней (перенос слов для отдельного абзаца блокируется средствами MSWord с помощью команды «Формат» – абзац при выборе опции «запретить автоматический перенос слов»).

Если рисунок или таблица размещены на листе формата больше А4, их следует учитывать как одну страницу. Номер страницы в этих случаях допускается не проставлять.

Список литературы и все приложения включаются в общую в сквозную нумерацию страниц работы.

Задания для самостоятельной работы Подготовка к лабораторным занятиям.

Задание на дом к лабораторным занятиям №1-4

Просмотреть материал в учебниках и методическом пособии к практическим занятиям и подготовить ответы на вопросы по сорбционным равновесиям

Задачи для самостоятельного решения представлены в Приложении 1.

Задание на дом к лабораторным занятиям №5-7

Просмотреть материал лекций, учебники и методическое пособие, подготовить ответы на вопросы по теории неравновесных процессов адсорбции

Задачи для самостоятельного решения представлены в Приложении 1.

Задание на дом к лабораторному занятию №8

Просмотреть материал лекций, учебники и методическое пособие, подготовить отчет и выступление с сообщением о применении и регенерации сорбентов.

Примеры вопросов для обсуждения:

II. Современные способы регенерации сорбционных материалов.

III. Методы получения эффективных сорбционных материалов

IV. Современные сорбционные материалы в процессах очистки воды

Задания для самостоятельной работы

1. Современные способы регенерации сорбционных материалов.

2. Методы получения эффективных сорбционных материалов

3. Современные сорбционные материалы в процессах очистки воды

вариант 1

1. Рассчитать величину адсорбции метана на угле при константе адсорбции равной 120, концентрации 0,1 ммоль/л, предельной адсорбции 1,2 ммоль/г.

2. Рассчитать величину удельной поверхности силикагеля, если предельная адсорбция фенола 2,3 ммоль/г, площадь молекулы фенола 40 \AA^2 .

вариант 2

1. Рассчитать величину адсорбции этана на цеолите при константе адсорбции равной 60, концентрации 0,9 ммоль/л, предельной адсорбции 3,8 ммоль/г.

2. Рассчитать величину удельной поверхности угля, если предельная адсорбция нитробензола 4,6 ммоль/г, площадь молекулы нитробензола 55 \AA^2 .

вариант 3

1. Ниже приведены экспериментальные данные по адсорбции азота на TiO_2 (рутиле) при 75 К:

$P \cdot 10^2 \text{ Па}$	60,94	116,41	169,84	218,65	275,25
A , моль/кг.....	0,367	0,417	0,467	0,512	0,567

Постройте график соответствующий линейному уравнению БЭТ. Найдите константы A_∞ и k . Рассчитайте удельную поверхность адсорбента. Давление насыщенного пара азота при указанной температуре $P_s=78300 \text{ Па}$, площадь, занимаемая одной молекулой азота $S_0=0,16 \text{ нм}^2$.

2. Окись углерода адсорбируется на слюде; данные при 90 К представлены ниже. Определите, какой изотерме – Лэнгмюра или Фрейндлиха – лучше соответствуют эти данные? Каково значение K для адсорбционного равновесия? Взяв общую поверхность равной 6200см^2 , рассчитайте площадь, занимаемую каждой адсорбированной молекулой.

$V_a, \text{см}^3$	0,130	0,150	0,162	0,166	0,175	0,180
$P, \text{мм. рт. ст.}$	100	200	300	400	500	600.

3. При измерении адсорбции газообразного азота на активном угле при 194.4К были получены следующие данные:

$p \cdot 10^{-3}, \text{Па}$	1,86	6,12	17,96	33,65	68,89
$A \cdot 10^3, \text{м}^3/\text{кг}$	5,06	14,27	23,61	32,56	40,83

Значения A даны для азота при нормальных условиях.

Рассчитайте, постоянные в уравнение Лэнгмюра и удельную поверхность активированного угля, принимая плотность газообразного азота равной $1,25 \text{кг}/\text{м}^3$, а площадь занимаемую одной молекулой азота на поверхности адсорбента, равной $0,16 \text{нм}^2$.

Критерии оценки самостоятельной работы

Подготовка к лабораторным работам оценивается в ходе устного опроса.

Отчеты по лабораторным работам составляются студентами индивидуально и защищаются устно.

Оценка	Требования
«зачтено»	Студент владеет навыками самостоятельной работы по теме исследования, реферировать литературные источники; методами анализа теоретических и/или практических аспектов изучаемой области. Студент умеет обобщать фактический материал, делать самостоятельные выводы. Работа соответствует требованиям и выполнена в установленные сроки.
«не зачтено»	Не раскрыта структура и теоретическая составляющая темы. Студент не умеет обобщать фактический материал, делать самостоятельные выводы, не владеет навыком реферировать литературные источники.

VI. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
п					
/					
п					

1	Сорбционные процессы, типы изотермы адсорбции	ПК-1.1 Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР	Знает новые научные результаты по выбранной тематике научных исследований	Проверка готовности к лабораторным работам № 7-9 Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №10-15
			Умеет правильно ставить задачи по выбранной тематике, выбирать для исследования необходимые методы, оценивать значимость результатов с точки зрения их результативности и применимости	Проверка готовности к лабораторным работам Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №№10-15
			Владеет навыками планирования стадии исследования для решения научных задач	Проверка готовности к лабораторным работам Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №№10-15
2	Эффективность использования различных адсорбентов в очистке воды от примесей.	ПК-1.2 Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР	Знает классические и современные методы решения задач по выбранной тематике научных исследований	Проверка готовности к лабораторным работам Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №№15-20
			Умеет осуществлять отбор, систематизацию, анализ и оценку современных достижений для решения поставленных задач	Проверка готовности к лабораторным работам Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №№15-20
			Владеет навыками критической оценки полученных результатов для обоснования выбора оптимальной стратегии решения исследовательских и практических задач	Проверка готовности к лабораторным работам Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №№15-20
3	Современные методы управления процессами в сорбционных системах и электрокаталитических системах	ПК -1.3 Выбирает технические средства и методы исследований (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР	Знает технические средства, необходимые для проведения исследования	Проверка готовности к лабораторным работам Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №№15-20
			Умеет выбирать технические средства и методы исследований (из набора имеющихся) для решения поставленных задач	Проверка готовности к лабораторным работам Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №1-10

			Владеет навыками оценки имеющихся технических средств и методов НИР	Проверка отчета по лабораторным работам № 1-5 (ПР-6), Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №1-10
Получение новых материалов - электрокатализаторов. Химическое и электрохимическое модифицирование поверхности с целью получения поверхностно-модифицированных материалов.	ПК-1.4 Готовит объекты исследования	Знает объекты исследования по выбранной тематике научных исследований	Проверка готовности к лабораторным работам № 11-12 Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №10-15	
		Умеет правильно ставить задачи при подготовке объектов научных исследований	Проверка готовности к лабораторным работам Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №№10-15	
		Владеет навыками применения способов и методов подготовки объектов исследования по выбранной тематике научных исследований	Проверка готовности к лабораторным работам Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №№10-15	
Получение новых материалов - электрокатализаторов. Химическое и электрохимическое модифицирование поверхности	ПК-3.1 Планирует отдельные стадии технических испытаний при наличии общего плана НИОКР	Знает новые научные результаты по выбранной тематике научных исследований	Проверка готовности к лабораторным работам Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №№15-20	
		Умеет правильно ставить задачи при планировании отдельных стадий технических испытаний, выбирать для исследования необходимые методы, оценивать значимость результатов с точки зрения их результативности и применимости	Проверка готовности к лабораторным работам Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №№15-20	
		Владеет навыками применения выбранных методов к решению научных задач на отдельных стадиях НИОКР	Проверка готовности к лабораторным работам Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №№15-20	
Применение теории капиллярной конденсации для определения структур	ПК-3.2 Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов	Знает планы и программ отдельных этапов НИОКР, классические и современные методы решения задач по выбранной тематике	Проверка готовности к лабораторным работам Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №№15-20	

турных характеристик адсорбентов	НИОКР	научных исследований		
		Умеет осуществлять отбор, систематизацию, анализ и оценку современных достижений для подготовки документации, проектов планов и программ отдельных этапов НИОКР	Проверка готовности к лабораторным работам Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №1-10
		Владеет навыками критической оценки полученных результатов для обоснования выбора оптимальной стратегии решения исследовательских и практических задач	Проверка отчета по лабораторным работам № 7-12 (ПР-6), Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №1-10
Факторы, влияющие на форму выходной кривой: природа органического адсорбата, пористая структура адсорбента, гидродинамический режим.	ПК-3.3 Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИОКР	Знает технические средства и методы испытаний для решения поставленных задач НИОКР	Проверка готовности к лабораторным работам № 1-3 Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №10-15
		Умеет обосновывать применение и использовать технические средства и методы испытаний для решения поставленных задач	Проверка готовности к лабораторным работам Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №№10-15
		Владеет навыками получения научных результатов при обоснованном выборе технических средств и методов испытаний	Проверка готовности к лабораторным работам Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №№10-15
Получение и применение в сорбции и электрокатализе новых нанокomпозитных материалов (углеродные трубки, гибридные сорбенты, наносорбенты)	ПК-3.4 Готовит объекты испытаний для проведения НИОКР	Знает объекты исследования по выбранной тематике НИОКР на отдельных стадиях испытаний	Проверка готовности к лабораторным работам Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №№15-20
		Умеет правильно ставить задачи при подготовке объектов НИОКР	Проверка готовности к лабораторным работам Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №№15-20
		Владеет навыками применения способов и методов подготовки объектов испытаний, выбранных методов к	Проверка готовности к лабораторным работам Собеседование	Экзаменационные вопросы №№15-

			решению задач на отдельных стадиях НИОКР	е (УО-1).	20
--	--	--	--	-----------	----

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также качественные критерии оценивания, которые описывают уровень сформированности компетенций, представлены в разделе X.

VII. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

Рекомендуемая литература

а) основная литература:

Адсорбция [Электронный ресурс] / В.Д. Ягодовский. - М. : БИНОМ, 2015 - <https://rucont.ru/efd/443529>

Физическая и коллоидная химия : учебник / А. П. Беляев, В. И. Кучук; под ред. А. П. Беляева. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 752 с. <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970427668.html>

Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

1. Адсорбенты и носители катализаторов. Научные основы регулирования пористой структуры: Монография / В.С. Комаров, С.В. Бесараб. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 203 с.

<https://znanium.com/catalog/document?id=158169>

2. Адсорбция, адсорбенты и адсорбционные процессы в нанопористых материалах / Российская академия наук, Отделение химии и наук о материалах, Институт физической химии и электрохимии РАН [и др.] ; [под ред. А. Ю. Цивадзе]. - М.: Граница, 2011. - 492 с.

<https://www.phyche.ac.ru/images/news/materials-e-symp-adsorp-19.10-15.11.2020.pdf>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. <https://e.lanbook.com/>
2. <https://www.studentlibrary.ru/>
3. <https://znanium.com/>
4. <http://www.nelbook.ru/>

VIII. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Рекомендации по планированию и организации времени, отведенного на изучение дисциплины

Приступить к освоению дисциплины следует незамедлительно в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы дисциплины. Обратите внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, лабораторные занятия) планируется самостоятельная работа, итоги которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все задания (аудиторные и самостоятельные) необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с графиком.

В процессе изучения материалов учебного курса предлагаются следующие формы работ: чтение лекций, лабораторные занятия, задания для самостоятельной работы.

Лекционные занятия ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов.

Лабораторные занятия акцентированы на наиболее принципиальных и проблемных вопросах курса и призваны стимулировать выработку практических умений.

Особо значимой для профессиональной подготовки студентов является *самостоятельная работа* по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. Студентам необходимо ознакомиться с основными источниками, без которых невозможно полноценное понимание проблематики курса.

Время, отведённое на самостоятельную работу, должно быть использовано обучающимся планомерно в течение семестра.

Планирование – важнейшая черта человеческой деятельности. Для организации учебной деятельности эффективным вариантом является использование средств, напоминающих о стоящих перед вами задачах, и их последовательности выполнения. В роли таких средств могут быть ИТ-технологии (смартфоны, планшеты, компьютеры и т.п.), имеющие приложения/программы по организации распорядка дня/месяца/года и сигнализирующих о важных событиях, например, о выполнении заданий по дисциплине «Сорбционные процессы».

Регулярность – первое условие поисков более эффективных способов работы. Рекомендуется выбрать день/дни недели для регулярной подготовки по дисциплине «Сорбционные процессы», это позволит морально настроиться на выполнение поставленных задач, подготовиться к ним и выработать правила выполнения для них, например, сначала проработка материала лекций, чтение

первоисточников, затем выделение и фиксирование основных идей. Рекомендуемое среднее время два часа на одно занятие.

Описание последовательности действий, обучающихся при изучении дисциплины

В соответствии с целями и задачами дисциплины студент изучает на занятиях и дома разделы лекционного курса, готовится к практическим занятиям, проходит контрольные точки текущей аттестации, включающие разные формы проверки усвоения материала (собеседование и др.).

Освоение дисциплины включает несколько составных элементов учебной деятельности:

1. Внимательное чтение рабочей программы учебной дисциплины (помогает целостно увидеть структуру изучаемых вопросов). В ней содержится перечень контрольных испытаний для всех разделов и тем, включая экзамен; указаны сроки сдачи заданий, предусмотренных учебной программой курса дисциплины «Сорбционные процессы».

2. Неотъемлемой составной частью освоения курса является посещение лекций и их конспектирование. Глубокому освоению лекционного материала способствует предварительная подготовка, включающая чтение предыдущей лекции, работу с учебниками.

3. Регулярная подготовка к практическим занятиям и активная работа на них, включающая:

- повторение материала лекции по теме;
- знакомство с планом занятия и списком основной и дополнительной литературы, с рекомендациями по подготовке к занятию;
- изучение научных сведений по данной теме в разных учебных пособиях;
- чтение первоисточников и предлагаемой дополнительной литературы;
- посещение консультаций с целью выяснения возникших сложных вопросов при подготовке к практическим занятиям.

4. Подготовка к экзамену (в течение семестра), повторение материала всего курса дисциплины.

Рекомендации по работе с литературой

Изучение дисциплины следует начинать с проработки тематического плана лекций, уделяя особое внимание структуре и содержанию темы и основных понятий. Изучение «сложных» тем следует начинать с составления логической схемы основных понятий, категорий, связей между ними. Целесообразно прибегнуть к классификации материала, в частности при изучении тем, в которых присутствует большое количество незнакомых понятий, категорий, теорий, концепций, либо насыщенных информацией типологического характера.

При работе с литературой обязательно выписывать все выходные данные по каждому источнику. Можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц). Ищите аргументы «за» или «против» идеи автора.

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того на сколько осознанна читающим собственная внутренняя установка (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.

Используйте основные установки при чтении научного текста:

1. информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);

2. усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);

3. аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);

4. творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

Для работы с научными текстами применяйте следующие виды чтения:

1. библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;

2. просмотрное – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;

3. ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц, цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;

4. изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

5. аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач. Первый

из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым или в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Основным для студента является изучающее чтение – именно оно позволяет в работе с учебной литературой накапливать знания в профессиональной области.

При работе с литературой можно использовать основные виды систематизированной записи прочитанного:

1. Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

2. Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

3. Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

4. Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

5. Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Подготовка к экзамену

В процессе подготовки к экзамену, следует ликвидировать имеющиеся пробелы в знаниях, углубить, систематизировать и упорядочить знания. Особое внимание следует уделить организации подготовки к экзаменам. Наличие полных собственных конспектов лекций является необходимым условием успешной сдачи экзамена. Если пропущена какая-либо лекция, необходимо ее восстановить, обдумать, устранить возникшие вопросы, чтобы запоминание материала было осознанным. Следует помнить, что при подготовке к экзаменам вначале надо просмотреть материал по всем вопросам сдаваемой дисциплины, далее отметить для себя наиболее трудные вопросы и обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения.

IX. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Перечень материально технического обеспечения представлен в таблице:

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
---	---	--

<p>690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L 502. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p>	<p>Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 30) Оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA – 1 шт. Доска аудиторная.</p>	<p>Windows Edu Per Device 10 Education, O365 EDU A1, Microsoft 365 Apps for enterprise EDU</p>
<p>690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корп. L, Этаж 6, каб. L 670. Аудитория для самостоятельной работы и выполнения лабораторных работ</p>	<p>Оборудование: Наглядные пособия: периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева. Химические лаборатории с вытяжными шкафами, водоснабжением, муфельные печи, сушильные шкафы, рН- метры, нагревательные приборы, химическая посуда, реактивы. Дистиллятор.</p>	<p>Windows Edu Per Device 10 Education, O365 EDU A1, Microsoft 365 Apps for enterprise EDU</p>
<p>690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корп. L, Этаж 7, каб L 751 лаборатории катализа и сорбционных процессов</p>	<p>ФЭК-56М Автотрансформатор. Амперметр М-104 – 2 шт. Весы аналитические WA-33 (200g). Весы технические WD 200. Встряхиватель ЛТ 1. Встряхивающее устройство ЛАБ-ПУ-02. Выпрямитель ВСА-24М – 2 шт. Мешалка магнитная ММ-5 – 3 шт. Микронасос ППМ. Насос программный. Перистальтический насос. Потенциостат П- 5827М. Набор сит. Анализатор удельной</p>	

	поверхности материалов. СОРБОМЕТР Bi-Sorb Poly. Спектрофотометр SPECORD. Термостат U- 10 – 2 шт. Фотоэлектроколориметр –2 шт.Хроматограф ЛХМ-72.	
--	---	--

Имеющаяся материальная база обеспечивает выполнение курса химическими реактивами, лабораторной посудой, учебно-научным и научным оборудованием в соответствии с реализуемой научной тематикой лабораторий.

Х. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Примерный перечень оценочных средств (ОС)

Устный опрос:

1. Собеседование (УО-1)

Письменные работы:

1. Лабораторная работа (ПР-6)

Устный опрос

Устный опрос позволяет оценить знания и кругозор студента, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.

Обучающая функция состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к зачёту.

Собеседование (УО-1) – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Письменные работы

Письменный ответ приучает к точности, лаконичности, связности изложения мысли. Письменная проверка используется во всех видах контроля и осуществляется как в аудиторной, так и во внеаудиторной работе.

Лабораторная работа (ПР-6) – средство для закрепления и практического освоения материала по определенному разделу.

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Сорбционные процессы» проводится в соответствии с локальными

нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Форма отчётности по дисциплине – экзамен (7-й семестр). Экзамен по дисциплине включает ответы на 2 вопроса. Первый вопрос по теории сорбции. Второй вопрос касается прикладных аспектов сорбционных процессов.

Методические указания по сдаче экзамена

Экзамен принимается ведущим преподавателем. При большом количестве групп у одного преподавателя или при большой численности потока по распоряжению заведующего кафедрой (заместителя директора по учебной и воспитательной работе) допускается привлечение в помощь ведущему преподавателю других преподавателей. В первую очередь привлекаются преподаватели, которые проводили лабораторные занятия по дисциплине в группах.

В исключительных случаях, по согласованию с заместителем директора Школы по учебной и воспитательной работе, заведующий кафедрой имеет право принять экзамен в отсутствие ведущего преподавателя.

Форма проведения экзамена (устная, письменная и др.) утверждается на заседании кафедры по согласованию с руководителем в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Время, предоставляемое студенту на подготовку к ответу на экзамене, должно составлять не более 40 минут. По истечении данного времени студент должен быть готов к ответу.

Присутствие на экзамене посторонних лиц (кроме лиц, осуществляющих проверку) без разрешения соответствующих лиц (ректора либо проректора по учебной и воспитательной работе, директора Школы, руководителя ОПОП или заведующего кафедрой), не допускается. Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, не имеющие возможности самостоятельного передвижения, допускаются к экзамену с сопровождающими.

При промежуточной аттестации обучающихся устанавливается оценка «зачтено» или «не зачтено».

При неявке студента на экзамен в ведомости делается запись «не явился».

Вопросы к экзамену по дисциплине «Сорбционные процессы»

7 семестр.

- 1.** Адсорбция в границе раздела твердое тело – газ. Особенности процесса. Методы определения количества адсорбированного вещества.
- 2.** Изотермы, изобары, изостеры, изопикны адсорбции. Виды графических зависимостей.
- 3.** Типы изотерм адсорбции по классификации С. Брунауэра, Л.Деминга, У. Деминга.
- 4.** Адсорбционные силы. Специфическая и неспецифическая адсорбция.
- 5.** Типы адсорбентов и адсорбатов по классификации Киселева.
- 6.** Удельная поверхность твердого тела (Sуд). Соотношения между удельной поверхностью и размером частиц твердых тел разной структуры. Связь

величины $S_{уд}$ с емкостью монослоя.

7. Теория мономолекулярной адсорбции Лангмюра. Предпосылки теории.
8. Вывод уравнения адсорбции. Линейная форма уравнения Лангмюра.
9. Определение констант уравнения. Расчет величины удельной поверхности из адсорбционных данных с помощью уравнения Лангмюра.
10. Теория полимолекулярной адсорбции Брунауэра, Эмметта, Теллера (БЭТ). Вывод уравнения адсорбции. Уравнение БЭТ в линейной форме. Приложение уравнения к экспериментальным данным. Определение удельной поверхности твердого тела методом БЭТ.
11. Механизм капиллярной конденсации в зависимости от формы пор. Применение теории капиллярной конденсации для определения структурных характеристик адсорбентов
12. Физическое состояние адсорбатов в микропорах, особые свойства адсорбционной фазы. Аналогия между уравнениями теории объемного заполнения микропор и теории растворов как свидетельство их внутренней связи
13. Кинетические закономерности собственно адсорбционной и диффузионной стадии. Влияние пористой структуры адсорбентов на кинетику адсорбции.
14. Математическое описание динамики адсорбции. Формула Шилова. Уравнение материального баланса.
15. Факторы, влияющие на форму выходной кривой: природа органического адсорбата, пористая структура адсорбента, гидродинамический режим. Методы регенерации адсорбентов. Выбор оптимальной пористой структуры
16. Современные методы управления процессами в сорбционных системах и электрокаталитических системах
17. Электросорбционные и электрокаталитические процессы: влияние величины потенциала, природы сорбата и сорбента на величину электросорбции и скорость реакции.
18. Моделирование электросорбционных процессов в пористых матрицах, влияние пористой структуры на распределение электрохимических параметров и величину сорбции и скорости реакции
19. Получение новых материалов - электрокатализаторов. Химическое и электрохимическое модифицирование поверхности с целью получения поверхностно-модифицированных материалов. Принцип электрокатали-

- тического действия материалов, в том числе поверхностно-модифицированных и композитных материалов
20. Получение и применение в сорбции и электрокатализе новых нанокompозитных материалов (углеродные трубки, гибридные сорбенты, наносорбенты)

Образцы экзаменационных билетов
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«Дальневосточный федеральный университет»

Школа естественных наук

ООП 04.03.01- Химия

шифр, название направления подготовки

Дисциплина «Сорбционные процессы»

Форма обучения очная

Семестр 7 2022-2023 учебного года

Реализующая кафедра: Физической и аналитической химии

Экзаменационный билет № 1

1. Теория адсорбции в микропорах Дубинина-Радушкевича. Уравнение Дубинина-Радушкевича и его анализ.
2. Процессы в слое адсорбента, определяющие форму выходной кривой в динамике адсорбции.

Зав. кафедрой _____

М.П. (школы)

Образцы экзаменационных билетов
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«Дальневосточный федеральный университет»

Школа естественных наук

ООП 04.03.01- Химия

шифр, название направления подготовки

Дисциплина «Сорбционные процессы»

Форма обучения очная

Семестр 7 2022-2023 учебного года

Реализующая кафедра: Физической и аналитической химии

Экзаменационный билет № 2

1. Механизм капиллярной конденсации в зависимости от формы пор. Применение теории капиллярной конденсации для определения структурных характеристик адсорбентов
2. Адсорбция в границе раздела твердое тело – газ. Особенности процесса. Методы определения количества адсорбированного вещества.

Зав. кафедрой _____

М.П. (школы)

Критерии оценки знаний умений и навыков при промежуточном контроле

К экзамену допускаются обучающиеся, выполнившие программу обучения по дисциплине, прошедшие все этапы текущей аттестации.

Отметка "Отлично"

1. Дан полный и правильный ответ на основе изученных теорий.
2. Материал понят и изучен.
3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.
4. Ответ самостоятельный.

Отметка "Хорошо"

- 1, 2, 3, 4 – аналогично отметке "Отлично".
5. Допущены 2-3 несущественные ошибки, исправленные по требованию учителя, наблюдалась "шероховатость" в изложении материала.

Отметка "Удовлетворительно"

1. Учебный материал, в основном, изложен полно, но при этом допущены 1-2 существенные ошибки (например, неумение применять законы и теории к объяснению новых фактов).
2. Ответ неполный, хотя и соответствует требуемой глубине, построен несвязно.

Отметка "Неудовлетворительно"

1. Незнание или непонимание большей или наиболее существенной части учебного материала.
2. Допущены существенные ошибки, которые не исправляются после уточняющих вопросов, материал изложен несвязно.

Оценочные средства для текущей аттестации

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация проводится в форме контрольных мероприятий (собеседования, лабораторных работ) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

– учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);

– степень усвоения теоретических знаний;

– уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;

– результаты самостоятельной работы.

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, активности обучающихся на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.

Вопросы для собеседования / устного опроса

Вопросы к лабораторным занятиям

Лабораторные работы №1-4.

1. Чем объясняется явление адсорбции? Какова природа адсорбционных сил?
2. Чем адсорбция из растворов отличается от адсорбции вещества в газообразном состоянии?
3. Укажите, в каком случае адсорбируемость выше:
А) адсорбент: уголь;
адсорбаты: а) пары бензола; б) пары метанола;
В) адсорбенты: а) силикагель; б) уголь;
адсорбат: а) фенол из водного раствора;
4. Чем отличаются системы, адсорбция в которых описывается изотермой Лэнгмюра и изотермой Дубинина?
5. В каких системах к описанию адсорбции приложимо уравнение Фрейндлиха?
6. В чем отличие механизмов адсорбции в микропорах и мезопорах?

Лабораторные работы № 6-7

1. Что является кинетикой адсорбции, в чем ее отличие от адсорбции в статических условиях?
2. Дать определение понятий: ламинарное и турбулентное течение, гидродинамический слой, диффузионный слой.
3. Каковы основные режимы кинетики адсорбции в зависимости от характера лимитирующей стадии?

7. Каким образом изучение кинетики адсорбции позволяет дать рекомендации к выбору оптимальных адсорбентов?

8. В чем отличие адсорбции в динамических и статических условиях?

9. Какие процессы в слое адсорбента определяют форму выходной кривой в динамике адсорбции?

Лабораторная работа № 8

1. Каковы основные критерии эффективности использования адсорбентов в процессах адсорбционной технологии?

2. В чем смысл регенерации адсорбентов? Опишите известные вам способы регенерации.

3. Каким образом пористая структура адсорбентов влияет на эффективность их использования?

4. Каковы оптимальные условия использования сорбционных процессов для очистки воды от примесей?

Критерии оценивания

Оценка	Требования
«зачтено»	Студент показал развернутый ответ на вопрос, знание литературы, обнаружил понимание материала, обоснованность суждений, неточности в ответе исправляет самостоятельно.
«не зачтено»	Студент обнаруживает незнание вопроса, неуверенно излагает ответ.

II. Письменные работы

Лабораторная работа (ПР-6).

Средство для закрепления и практического освоения материала по определенному разделу

Тематика лабораторных работ

1. Определение типа изотермы адсорбции в системе активированный уголь – раствор красителя
2. Определение типа изотермы адсорбции в системе силикагель – раствор красителя
3. Определение типа изотермы адсорбции в системе активированный уголь – раствор бензойной кислоты
4. Определение типа изотермы адсорбции в системе силикагель – раствор бензойной кислоты
5. Исследование кинетики адсорбции метиленового голубого из раствора на активном угле
6. Исследование кинетики адсорбции метиленового голубого из раствора на силикагеле
7. Исследование динамики адсорбции. Построение выходных кривых

- метиленового голубого на активированном угле
8. Построение изотермы адсорбции по данным динамики адсорбции метиленового голубого из раствора на силикагеле
 9. Сравнение эффективности использования различных адсорбентов в очистке воды от примесей

Критерии оценки лабораторных работ

Оценка	Требования
<i>«зачтено»</i>	Студент выполняет лабораторную работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения измерений, правильно самостоятельно определяет цель работы; самостоятельно, рационально выбирает необходимое оборудование для получения наиболее точных результатов проводимой работы. Грамотно и логично описывает ход работы, правильно формулирует выводы, точно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления и т.п., умеет обобщать фактический материал. Допускается два/три недочёта или одна негрубая ошибка и один недочёт. Работа соответствует требованиям и выполнена в срок.
<i>«не зачтено»</i>	Студент выполнил работу не полностью, объём выполненной части не позволяет сделать правильные выводы; не определяет самостоятельно цель работы; в ходе работы допускает одну и более грубые ошибки, которые не может исправить, или неверно производит наблюдения, измерения, вычисления и т.п.; не умеет обобщать фактический материал. Лабораторная работа не выполнена.