




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

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП Химия


(подпись) А.А. Капустина
«26» июня 2015г. (Ф.И.О. рук. ОП)

«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующая кафедрой
общей, неорганической и
элементоорганической химии

А.А. Капустина
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)
«26» июня 2015г.

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

курс 4 семестр 7
лекции _ час.
практические занятия _ час.
лабораторные работы 72 час.
в том числе с использованием МАО лек. ___ /пр. ___ /лаб. 36 час.
в том числе в электронной форме лек. ___ /пр. ___ /лаб. ___ час.
всего часов аудиторной нагрузки 72 час.
в том числе с использованием МАО 36 час.
самостоятельная работа 72 час.
в том числе на подготовку к экзамену 36 час.
курсовая работа / курсовой проект _____ семестр
зачет _____ семестр
экзамен 7 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 12.03.2015 № 210

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Физической и аналитической химии ШЕН протокол № 9 от « 5 » июня 2015 г.

Заведующий кафедрой
Физической и аналитической химии ШЕН д.х.н., профессор Кондриков Н.Б.
Составители: к.х.н., доцент Артемьянов А.П., профессор Кондриков Н.Б.

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)

АННОТАЦИЯ
к рабочей программе дисциплины
«Сорбционные процессы и электрокатализ»

Дисциплина «Сорбционные процессы и электрокатализ» разработана для студентов направления 04.03.01- Химия, профиль «Фундаментальная химия» в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению. Входит в часть учебного плана - Дисциплины по выбору: Б1.В.ДВ.2.4. Трудоемкость дисциплины 4 зачетных единиц (180 часов). Дисциплина включает 108 часа лабораторных занятий, 36 часов самостоятельной работы, 36 часов отводится на контроль, завершается экзаменом. Реализуется в 7 семестре.

Дисциплина «Сорбционные процессы и электрокатализ» опирается на знания, умения и навыки, усвоенные при изучении таких дисциплин, как «Неорганическая химия», «Физика», «Физическая химия», «Математика». Знания, полученные при изучении дисциплины «Сорбционные процессы и электрокатализ», используются при выполнении квалификационных работ.

Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются:

изложение 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. Усвоение знаний о типах изотерм адсорбции и условий их реализации, о закономерностях кинетики и динамики адсорбции, влиянии различных факторов на характер адсорбционных процессов (природа составляющих адсорбционной системы, поляризация поверхности, рН среды),

3. Обоснование роли адсорбционных, каталитических процессов для решения теоретических и технологических проблем. Иметь представления об основных направлениях практических приложений закономерностей адсорбционных процессов, анализировать условия наиболее эффективного применения адсорбентов в зависимости от природы адсорбционной системы и задач использования.

4. 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.

Для успешного изучения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции: ОПК-2, ОПК-6, ПК-4.

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, владения), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования следующих компетенций (общекультурные/ общепрофессиональные/ профессиональные компетенции (элементы компетенций)):

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
способностью применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов (ПК-4)	Знает	условия применимости основных закономерностей адсорбционных и каталитических систем.
	Умеет	применять знания основных закономерностей адсорбционных и каталитических систем.
	Владеет	навыками применения основных закономерностей адсорбционных и каталитических систем.
владением навыками химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций (ОПК-2).	Знает	устройство и принципы учебно-научной аппаратуры для проведения сорбционных экспериментов.
	Умеет	применять знание принципов работы современной аппаратуры для проведения сорбционных экспериментов.
	Владеет	навыками применения современной аппаратуры для проведения сорбционных экспериментов .
Знает нормы техники безопасности и умения реализовать их в лабораторных и технологических условиях (ОПК-6)	Знает	технику безопасного обращения с химическими материалами и оборудованием
	Умеет	применять знания норм техники безопасности в работе на учебно-научной аппаратуре и реализует их в лабораторных и технологических условиях
	Владеет	навыками применения знаний норм техники безопасности в работе на учебно-научной аппаратуре, навыками реализации их в лабораторных и технологических условиях

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Сорбционные процессы и электрокатализ» применяются следующие методы

активного/ интерактивного обучения: исследовательский метод, групповой разбор расчетных и экспериментальных химических задач.

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Учебным планом не предусмотрена.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лабораторные работы (72 час.)

Лабораторная работа №1 Вводное занятие (4 часов), с использованием метода активного обучения: групповой разбор расчетных и экспериментальных задач (2 часа).

План

1. Требования техники безопасности.
2. Лабораторное оборудование.
3. Оформление отчета.
4. Построение и обработка графиков

Лабораторная работа №2 Определение концентраций на фотоколориметре (4 часов), с использованием метода активного обучения: групповой разбор расчетных и экспериментальных задач (2 часа).

План

1. Приготовление растворов
2. Определение концентраций на фотоколориметре
3. Построение калибровочных кривых.

Лабораторная работа №3 Изучение адсорбции в статических условиях (4 часов), с использованием метода активного обучения: исследовательский метод (4 часа).

План

1. Способы проведения эксперимента по изучению адсорбции в статических условиях
2. Определение исходных и равновесных концентраций на фотоколориметре
3. Расчет адсорбции в статических условиях

Лабораторная работа №4 Изучение адсорбции в динамических условиях (8 часов), с использованием метода активного обучения: исследовательский метод (4 часов).

План

1. Способы проведения эксперимента по изучению адсорбции и динамических условиях
2. Определение исходных и равновесных концентраций на фотоколориметре
3. Построение выходных кривых
4. Расчет адсорбции в динамических условиях

Лабораторная работа №5 Изотерма адсорбции в системе активированный уголь – раствор красителя (4 часов), с использованием метода активного обучения: исследовательский метод (4 часа).

План

1. Способы проведения эксперимента по изучению адсорбции в статических

условиях

2. Определение исходных и равновесных концентраций на фотоколориметре
3. Расчет адсорбции в статических условиях
4. Определение типа изотермы адсорбции в системе активированный уголь – раствор красителя

Лабораторная работа №6 Изотерма адсорбции в системе силикагель – раствор красителя (4 часов), с использованием метода активного обучения: групповой разбор расчетных и экспериментальных задач (2 часа).

План

1. Способы проведения эксперимента по изучению адсорбции в статических условиях
2. Определение исходных и равновесных концентраций на фотоколориметре
3. Расчет адсорбции в статических условиях
4. Определение типа изотермы адсорбции в системе силикагель – раствор красителя

Лабораторная работа №7 Изотерма адсорбции в системе активированный уголь – бензойная кислота (4 часов), с использованием метода активного обучения: групповой разбор расчетных и экспериментальных задач (2 часа).

План

1. Способы проведения эксперимента по изучению адсорбции в статических условиях
2. Определение исходных и равновесных концентраций на фотоколориметре
3. Расчет адсорбции в статических условиях
4. Определение типа изотермы адсорбции в системе активированный уголь – бензойная кислота

Лабораторная работа №8 Изотерма адсорбции в системе силикагель – раствор бензойная кислота (4 часов), с использованием метода активного обучения: групповой разбор расчетных и экспериментальных задач (2 часа).

План

5. Способы проведения эксперимента по изучению адсорбции в статических условиях
6. Определение исходных и равновесных концентраций на фотоколориметре
7. Расчет адсорбции в статических условиях
8. Определение типа изотермы адсорбции в системе силикагель – раствор красителя

Лабораторная работа №9 Кинетика адсорбции метиленового голубого из раствора на активном угле (4 часов), с использованием метода активного обучения: исследовательский метод (4 часа).

План

1. Изменение концентрации метиленового голубого во времени
2. Расчет адсорбции метиленового голубого в каждый момент времени
3. Определение равновесной адсорбции метиленового голубого

4. Построение кинетической кривой адсорбции метиленового голубого на активном угле

Лабораторная работа №10 Кинетика адсорбции метиленового голубого из раствора на силикагеле (4 часов), с использованием метода активного обучения: исследовательский метод (2 часа).

План

5. Изменение концентрации метиленового голубого во времени
6. Расчет адсорбции метиленового голубого в каждый момент времени
7. Определение равновесной адсорбции метиленового голубого
8. Построение кинетической кривой адсорбции метиленового голубого на силикагеле

Лабораторная работа №11 Расчет коэффициентов массопереноса в процессе адсорбции метиленового голубого из раствора на силикагеле (4 часов).

План

1. Кинетическая кривая адсорбции метиленового голубого во времени
2. Расчет адсорбции метиленового голубого в каждый момент времени
3. Определение равновесной адсорбции метиленового голубого
4. Расчет коэффициентов массопереноса кинетической кривой адсорбции метиленового голубого на силикагеле

Лабораторная работа №12 Расчет коэффициентов массопереноса в процессе адсорбции метиленового голубого из раствора на силикагеле (4 часов), с использованием метода активного обучения: групповой разбор расчетных и экспериментальных задач (2 часа).

План

1. Кинетическая кривая адсорбции метиленового голубого во времени
2. Расчет адсорбции метиленового голубого в каждый момент времени
3. Определение равновесной адсорбции метиленового голубого
4. Расчет коэффициентов массопереноса кинетической кривой адсорбции метиленового голубого на активном угле

Лабораторная работа №13 Построение изотермы адсорбции по данным динамики адсорбции (8 часов).

План

1. Способы проведения эксперимента по изучению адсорбции в динамических условиях
2. Определение исходных и равновесных концентраций на фотоколориметре
3. Интегрирование выходных кривых
4. Расчет адсорбции по выходным кривым

Лабораторная работа №14 Сравнение эффективности использования различных адсорбентов (8 часов), с использованием метода активного обучения: групповой разбор расчетных и экспериментальных задач (2 часа).

План

1. Проведение эксперимента по адсорбции в динамических условиях на двух

адсорбентах

2. Определение исходных и равновесных концентраций на фотоколориметре
3. Интегрирование выходных кривых на двух адсорбентах
4. Расчет адсорбции по выходным кривым на двух адсорбентах
5. Сравнение эффективности использования различных адсорбентов в очистке воды от примесей

Лабораторная работа №15 Современные сорбционные материалы в процессах очистки воды (4 часов), с использованием метода активного обучения: исследовательский метод (4 часа).

План

1. Современные способы регенерации сорбционных материалов.
2. Методы получения эффективных сорбционных материалов
3. Современные сорбционные материалы в процессах очистки воды

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Сорбционные процессы и электрокатализ» представлено в Приложении 1 и 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.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п / п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства - наименование	
			текущий контроль	промежуто чная аттестация

1	<p>Лабораторная работа №1 Вводное занятие (6 часов).</p> <p>Лабораторная работа №2 Определение концентраций на фотоколориметре (6 часов).</p> <p>Лабораторная работа №3 Изучение адсорбции в статических условиях (6 часов).</p> <p>Лабораторная работа №4 Изучение адсорбции в динамических условиях (12 часов)</p>	ПК-4	Знает	Собеседовании (УО-1). Тестирование (ПР-1).	Экзаменационные вопросы №№1-10
			Умеет	Проверка отчетов по лабораторным работам № 1-5 (ПР-6), Собеседовании (УО-1).	Экзаменационные вопросы №№1-10
			Владеет	Проверка отчета по лабораторным работам № 1-5 (ПР-6), Собеседовании (УО-1).	Экзаменационные вопросы №№1-10
2	<p>Лабораторная работа №5 Изотерма адсорбции в системе активированный уголь – раствор красителя (6 часов)</p> <p>Лабораторная работа №6 Изотерма адсорбции в системе силикагель – раствор красителя (6 часов).</p> <p>Лабораторная работа №7 Изотерма адсорбции в системе активированный</p>	ОПК-2	Знает	Собеседовании (УО-1). Тестирование (ПР-1).	Экзаменационные вопросы №№10-15

	<p>уголь – бензойная кислота (6 часов) Лабораторная работа №8 Изотерма адсорбции в системе силикагель – раствор бензойная кислота (6 часов). Лабораторная работа №9 Кинетика адсорбции метиленового голубого из</p> <p>Лабораторная работа №10 Кинетика адсорбции метиленового голубого из раствора на силикагеле (6 часов) Лабораторная работа №11 Расчет коэффициентов массопереноса в процессе адсорбции метиленового голубого из раствора на силикагеле (6 часов).</p>		Умеет	Проверка готовности к лабораторным работам № № 5-6 Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №№10-15
			Владеет	Проверка готовности к лабораторным работам № № 5-6 Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №№10-15
3	<p>Лабораторная работа №12 Расчет коэффициентов массопереноса в процессе адсорбции метиленового голубого из раствора на силикагеле (6 часов). Лабораторная работа №13 Построение изотермы адсорбции по данным динамики адсорбции (12 часов). Лабораторная работа №14 Сравнение эффективности использования различных адсорбентов (12 часов) Лабораторная работа №15 Современные сорбционные материалы в процессах очистки воды (6 часов)</p>	ОПК-6	Знает	Собеседование (УО-1). Тестирование (ПР-1).	Экзаменационные вопросы №№15-20
			Умеет	Собеседование (УО-1). Тестирование (ПР-1).	Экзаменационные вопросы №№15-20
			Владеет	Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №№15-20

--	--	--	--	--	--

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

Рекомендуемая литература

а) основная литература:

1. Bond A.M. Electroanalytical methods. Theory and practice / A.M. Bond, D. Intselt, Sh. Komorski-Lovrich, R.J. Compton, M. Lovrich, H. Lohse, F. Marken, A. Neudeck, U. Retter, Stoyek C., D. A. Fidler, F. Scholz // Ed. F. Scholz. Trans. from English. ed. VN Maystrenko. - М.: Binom. Laboratory Knowledge, 2012. – 326 p.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:253266&theme=FEFU>

2. Адсорбция [Электронный ресурс] / В.Д. Ягодовский. - М.: БИНОМ, 2015 -

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996329090.html>

3. Адсорбция органических кислот: Метод. указания к лабораторным работам по курсу "Физическая и коллоидная химия" / Под ред. А.М. Голубева. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. - 23 с.

http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0394.html

4. 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. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970427668.html>

Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

1. Сорбционное концентрирование микрокомпонентов из растворов / Золотов, Г. И. Цизин, С. Г. Дмитриенко / Российская академия наук, Институт общей и неорганической химии. Москва : Наука, 2007. - 320 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:259976&theme=FEFU>

2. Адсорбенты и носители катализаторов. Научные основы регулирования

пористой структуры: Монография / В.С. Комаров, С.В. Бесараб. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 203 с.

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=448449>

3. Фрумкин, А.Н. Потенциалы нулевого заряда / А. Н. Фрумкин; Академия наук СССР, Институт электрохимии.- М.: Наука, 1982. – 260с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:46517&theme=FEFU>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Васильев, С. Ю. Электрохимия. Структура, системы и материалы. История. http://www.elch.chem.msu.ru/rus/fnm/fnm13_1.pdf
2. Васильев, С. Ю. Равновесные свойства полярных растворителей и растворов электролитов http://www.elch.chem.msu.ru/rus/fnm/fnm13_2.pdf
3. Васильев, С. Ю. Неравновесные явления в растворах электролитов http://www.elch.chem.msu.ru/rus/fnm/fnm13_3.pdf
4. Васильев, С. Ю. Строение заряженных межфазных границ. Понятия, термодинамика, феноменология http://www.elch.chem.msu.ru/rus/fnm/fnm13_56.pdf
5. Васильев, С. Ю. Кинетика стадии массопереноса http://www.elch.chem.msu.ru/rus/fnm/fnm13_7.pdf
6. Васильев, С. Ю. Кинетика стадии переноса заряда и сложных электрохимических реакций http://www.elch.chem.msu.ru/rus/fnm/fnm13_8.pdf
7. Васильев, С. Ю. Кинетика стадии переноса заряда и сложных электрохимических реакций http://www.elch.chem.msu.ru/rus/fnm/fnm13_9.pdf
8. Прохорова, Г. К. Введение в электрохимические методы анализа / Г. К. Прохорова, под. ред. П. К. Агасян, В. М. Иванова. – М. : МГУ, 1991. – 97 с. <http://www.chem.msu.ru/rus/books/prochor/all.pdf>
9. <http://e.lanbook.com>
10. <http://www.studentlibrary.ru>
11. <http://znanium.com>
12. <http://www.nelbook.ru>

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ **Рекомендации по планированию и организации времени,** **отведенного на изучение дисциплины**

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 и электрокатализ».

Регулярность – первое условие поисков более эффективных способов работы. Рекомендуется выбрать день/дни недели для регулярной подготовки по дисциплине «Сорбционные процессы и электрокатализ», 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 теоретического курса, готовится к лабораторным занятиям, проходит контрольные точки текущей аттестации, включающие разные формы проверки усвоения материала (собеседование, тестирование 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 и электрокатализ».

2. Неотъемлемой составной частью освоения курса является посещение консультаций. Глубокому освоению лекционного материала способствует предварительная подготовка, включающая работу с учебниками.

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

- 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 лабораторным занятиям.

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

Рекомендации по работе с литературой

Изучение дисциплины следует начинать с проработки учебного материала, 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 лабораторным занятиям.

Задание на дом к лабораторным занятиям №1-4

Просмотреть материал лекций, учебники и методическое пособие 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 №5-12

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 лабораторным занятиям №12-15

Просмотреть материал лекций, учебники и методическое пособие, подготовить отчет. Методическое пособие к лабораторным работам находится в Приложении 3.

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. Для этого важны следующие моменты - соблюдение режима дня: сон не менее 8 часов в сутки; занятия заканчивать не позднее, чем за 2-3 часа до сна; прогулки на свежем воздухе, неутомительные занятия спортом во время перерывов между занятиями. Наличие полных собственных конспектов теоретического является необходимым условием успешной сдачи экзамена. Необходимо обдумать теоретический материал, 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.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Техническое обеспечение лаборатории катализа и сорбционных процессов L 751:

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. Насос Камовского.

Перистальтический насос. Потенциостат П-5827М. Набор сит. Анализатор удельной поверхности материалов. СОРБОМЕТР Bi-Sorb Poly.

Спектрофотометр SPECORD. Термостат U-10 – 2 шт. Фотоэлектроколориметр – ФЭК-56М – 2 шт. Хроматограф ЛХМ-72.

Проведение лекций с использованием мультимедийной аппаратуры для демонстрации иллюстративного материала; тестирование студентов в системе Webrate



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

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

по дисциплине «Сорбционные процессы и электрокатализ»
Направление подготовки 04.03.01 Химия
профиль «Фундаментальная химия»
Форма подготовки очная

Владивосток
2015

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1.	Сентябрь (1-2 нед.)	Подготовка к собеседованию	4 часа	Тестирование и решение задач по вопросам, вынесенным на самостоятельное изучение (ПР-1).
1.	Сентябрь (1-2 нед.) Октябрь (1-4 нед.)	Подготовка к выполнению лабораторных работ №№ 1-2, выполнение отчета по ним	8 часов	Опрос перед началом занятия (УО-1). Принятие отчета о выполнении в ходе лабораторных работ экспериментального задания (ПР-6). Тестовый контроль (ПР-1)
2.	Ноябрь (1-4 нед.)	Подготовка к выполнению лабораторных работ № 3, 4 ,5 выполнение отчета по ним	8 часа	Опрос перед началом занятия (УО-1). Принятие отчета о выполнении в ходе лабораторных работ экспериментального задания (ПР-6). Тестовый контроль (ПР-1)
2.	Декабрь (1-2 нед.)	Подготовка к выполнению лабораторных работ № 6,7 выполнение отчета по ним	8 часов	Опрос перед началом занятия (УО-1). Принятие отчета о выполнении в ходе лабораторных работ экспериментального задания (ПР-6).
3.	Декабрь (3-4 нед.)	Подготовка к выполнению лабораторных работ № 8 выполнение отчета по ним	8 часов	Принятие отчета о выполнении в ходе лабораторных работ экспериментального задания (ПР-6).
4.	Экзаменационная сессия	Подготовка к экзамену	36 часов	Экзамен

Просмотреть учебники и методическое пособие к лабораторным занятиям и подготовить ответы на вопросы по сорбционным равновесиям и катализу.

Просмотреть материал лекций, учебники и методическое пособие для

подготовки к тестированию и решению задач.

Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению

Методические рекомендации для подготовки к вопросам по лабораторным работам

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 отчета по лабораторной работе.

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.

Критерии оценки 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.

По теме для самостоятельного изучения студенты опрашиваются устно на консультациях согласно графику, оцениваются по пятибалльной системе.

Оценка «Отлично»

- А) Задание выполнено полностью.
- Б) Отчет/ответ составлен грамотно.
- В) Ответы на вопросы полные и грамотные.
- Г) Материал понят, осознан и усвоен.

Оценка «Хорошо»

- А), Б) - те же, что и при оценке «Отлично».
- В) Неточности в ответах на вопросы, которые исправляются после уточняющих вопросов.
- Г) Материал понят, осознан и усвоен.

Оценка «Удовлетворительно»

- А), Б - те же, что и при оценке «Отлично».

В) Неточности в ответах на вопросы, которые не всегда исправляются после уточняющих вопросов.

Г) Материал понят, осознан, но усвоен не достаточно полно.

Оценка «Неудовлетворительно»

А) Программа не выполнена полностью.

Б) Устный отчет и ответы на вопросы не полные и не грамотные.

В) Материал не понят, не осознан и не усвоен.

Методические рекомендации для подготовки к устному опросу

Собеседование является одной из составляющих учебной деятельности студента по овладению знаниями. Целью собеседования является определение качества усвоения лекционного материала и части дисциплины, предназначенной для самостоятельного изучения.

Задачи, стоящие перед студентом при подготовке к устному опросу:

1. закрепление полученных ранее теоретических знаний;
2. выработка навыков самостоятельной работы;
3. выяснение подготовленности студента к будущей практической работе.

Тема собеседования известна и проводится оно по сравнительно недавно изученному материалу, в соответствии с перечнем тем и вопросов для подготовки.

Преподаватель готовит задания либо по вариантам, либо индивидуально для каждого студента. По содержанию работа может включать теоретический материал, задачи, тесты, расчеты и т.п. выполнению работы предшествует инструктаж преподавателя.

Ключевым требованием при подготовке к собеседованию выступает творческий подход, умение обрабатывать и анализировать информацию, делать самостоятельные выводы, обосновывать целесообразность и эффективность предлагаемых рекомендаций и решений проблем, четко и логично излагать свои мысли. Подготовку к собеседованию следует начинать с повторения соответствующего раздела учебника, учебных пособий по данной теме и конспектов лекций.

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.

Задачи для самостоятельного решения.

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 .

3. Определить адсорбцию бензола на цеолите, если показатель степени в уравнении Фрейндлиха 0,5, константе равной 24, концентрации 0,22 ммоль/л, адсорбции 6,3 ммоль/г.

4. Какова площадь молекулы метанола, если предельная адсорбция его на угле 0,35 ммоль/г, удельная поверхность угля $200 \text{ м}^2/\text{г}$.

5. Сравнить эффективность использования двух адсорбентов для очистки растворов, если объемы до проскока 20 и 46 мл, объемные скорости протока 12 и 8 мл/мин, массы адсорбентов 14 и 9 г, соответственно.

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 .

3. Определить константу адсорбции пропана на саже, если показатель степени в уравнении Фрейндлиха 0,7 при концентрации 0,52 ммоль/л, адсорбции 1,5 ммоль/г.

4. Какова площадь молекулы кислорода, если предельная адсорбция его на саже 0,14 ммоль/г, удельная поверхность сажи $150 \text{ м}^2/\text{г}$.

5. Сравнить эффективность использования двух адсорбентов для очистки растворов, если объемы до проскока 300 и 68 мл, объемные скорости протока 2 и 12 л/мин, массы адсорбентов 500 и 90 г, соответственно.

Структура отчета по лабораторной работе

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.

Критерии оценки 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.

По теме для самостоятельного изучения студенты опрашиваются устно на консультациях согласно графику, оцениваются по пятибалльной системе.

Оценка «Отлично»

- А) Задание выполнено полностью.
- Б) Отчет/ответ составлен грамотно.
- В) Ответы на вопросы полные и грамотные.
- Г) Материал понят, осознан и усвоен.

Оценка «Хорошо»

- А), Б) - те же, что и при оценке «Отлично».
- В) Неточности в ответах на вопросы, которые исправляются после уточняющих вопросов.
- Г) Материал понят, осознан и усвоен.

Оценка «Удовлетворительно»

- А), Б) - те же, что и при оценке «Отлично».
- В) Неточности в ответах на вопросы, которые не всегда исправляются после уточняющих вопросов.
- Г) Материал понят, осознан, но усвоен не достаточно полно.

Оценка «Неудовлетворительно»

- А) Программа не выполнена полностью.
- Б) Устный отчет и ответы на вопросы не полные и не грамотные.
- В) Материал не понят, не осознан и не усвоен.

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.



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

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине «Сорбционные процессы и электрокатализ»
Направление подготовки 04.03.01 Химия
профиль «Фундаментальная химия»
Форма подготовки очная

Владивосток
2015

Паспорт оценочных средств по дисциплине «Сорбционные процессы и электрокатализ»

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
способностью применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов (ПК-4)	Знает	условия применимости основных закономерностей адсорбционных и каталитических систем.
	Умеет	применять знания основных закономерностей адсорбционных и каталитических систем.
	Владеет	навыками применения основных закономерностей адсорбционных и каталитических систем.
владением навыками химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций (ОПК-2).	Знает	устройство и принципы учебно-научной аппаратуры для проведения сорбционных экспериментов.
	Умеет	применять знание принципов работы современной аппаратуры для проведения сорбционных экспериментов.
	Владеет	навыками применения современной аппаратуры для проведения сорбционных экспериментов .
Знает нормы техники безопасности и умение реализовать их в лабораторных и технологических условиях (ОПК-6)	Знает	технику безопасного обращения с химическими материалами и оборудованием
	Умеет	применять знания норм техники безопасности в работе на учебно-научной аппаратуре и реализует их в лабораторных и технологических условиях
	Владеет	навыками применения знаний норм техники безопасности в работе на учебно-научной аппаратуре, навыками реализации их в лабораторных и технологических условиях

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуто чная аттестация
1	Лабораторная работа №1 Вводное занятие (6 часов). Лабораторная работа №2 Определение концентраций на фотоколориметре (6 часов). Лабораторная работа №3 Изучение адсорбции в статических условиях (6 часов). Лабораторная работа №4 Изучение адсорбции в динамических условиях (12 часов)	ПК-4	Знает	Собеседо вание (УО-1). Тестиров ание (ПР- 1).	Экзаменац ионные вопросы №№1-10
			Умеет	Проверка отчетов по лаборато рным работам № 1-5 (ПР-6), Собеседо вание (УО-1).	Экзаменац ионные вопросы №№1-10
			Владеет	Проверка отчета по лаборато рным работам № 1-5 (ПР-6), Собеседо вание (УО-1).	Экзаменац ионные вопросы №№1-10

2	<p>Лабораторная работа №5 Изотерма адсорбции в системе активированный уголь – раствор красителя (6 часов)</p> <p>Лабораторная работа №6 Изотерма адсорбции в системе силикагель – раствор красителя (6 часов).</p> <p>Лабораторная работа №7 Изотерма адсорбции в системе активированный уголь – бензойная кислота (6 часов)</p> <p>Лабораторная работа №8 Изотерма адсорбции в системе силикагель – раствор бензойная кислота (6 часов).</p> <p>Лабораторная работа №9 Кинетика адсорбции метиленового голубого из</p> <p>Лабораторная работа №10 Кинетика адсорбции метиленового голубого из раствора на силикагеле (6 часов)</p> <p>Лабораторная работа №11 Расчет коэффициентов массопереноса в процессе</p>	ОПК-2	Знает	Собеседование (УО-1). Тестирование (ПР-1).	Экзаменационные вопросы №№10-15
			Умеет	Проверка готовности к лабораторным работам № № 5-6 Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №№10-15
			Владеет	Проверка готовности к лабораторным работам № № 5-6 Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №№10-15

	адсорбции метиленового голубого из раствора на силикагеле (6 часов).				
3	<p>Лабораторная работа №12 Расчет коэффициентов массопереноса в процессе адсорбции метиленового голубого из раствора на силикагеле (6 часов).</p> <p>Лабораторная работа №13 Построение изотермы адсорбции по данным динамики адсорбции (12 часов).</p> <p>Лабораторная работа №14 Сравнение эффективности использования различных адсорбентов (12 часов)</p> <p>Лабораторная работа №15 Современные сорбционные материалы в процессах очистки воды (6 часов)</p>	ОПК-6	Знает	Собеседование (УО-1). Тестирование (ПР-1).	Экзаменационные вопросы №№15-20
			Умеет	Собеседование (УО-1). Тестирование (ПР-1).	Экзаменационные вопросы №№15-20
			Владеет	Собеседование (УО-1).	Экзаменационные вопросы №№15-20

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ПК-4 – способностью применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов	знает (пороговый уровень)	условия применимости основных закономерностей адсорбционных и каталитических систем.	Знать основные закономерности процессов в адсорбционных и каталитических системах	Знание основных закономерностей адсорбционных процессов и функционирования катализаторов
	умеет (продвинутый)	применять знания основных закономерностей адсорбционных и каталитических систем.	уметь применять знания об основных закономерностях процессов в адсорбционных и каталитических системах	умение проводить адсорбционные и каталитические исследования, определять физический смысл получаемых параметров структуры сорбентов и катализаторов.
	владеет (высокий)	навыками применения основных закономерностей адсорбционных и каталитических систем.	владеть навыками применения знаний основных закономерностей адсорбционных и каталитических систем.	способность анализа и систематизации информации в адсорбционных и каталитических исследованиях, физического смысла получаемых параметров структуры сорбентов и катализаторов.
ОПК-2 – владением навыками химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций	знает (пороговый уровень)	устройство и принципы работы учебно-научной аппаратуры для проведения сорбционных экспериментов.	знать устройство и принципы работы учебно-научной аппаратуры для проведения сорбционных экспериментов.	знание принципов проведения адсорбционных и каталитических измерений, обработки результатов исследований.
	умеет (продвинутый)	применять знание принципов работы современной аппаратуры для проведения сорбционных экспериментов.	уметь применять знания устройства и принципов работы учебно-научной аппаратуры для проведения	умение проводить химический эксперимент, использовать основные физико-химические методы в адсорбционных и каталитических исследова-

			сорбционных экспериментов.	дованиях
	владеет (высокий)	навыками применения современной аппаратуры для проведения сорбционных экспериментов	владеть навыками проведения химического эксперимента, основными физико-химическими методами в адсорбционных и каталитических исследованиях	способность выполнения работы на учебно-научной аппаратуре при проведении адсорбционных и каталитических исследований
ОПК-6 – знанием норм техники безопасности и умением реализовать их в лабораторных и технологических условиях	знает (пороговый уровень)	технику безопасного обращения с химическими материалами и оборудованием	знать технику безопасного обращения с химическими материалами и оборудованием	знание техники безопасности при проведении адсорбционных и каталитических исследований
	умеет (продвинутый)	применять знания норм техники безопасности в работе на учебно-научной аппаратуре и реализует их в лабораторных и технологических условиях	уметь применять знания о нормах техники безопасности при проведении адсорбционных и каталитических исследований	умение применения норм техники безопасности при проведении адсорбционных и каталитических исследований
	владеет (высокий)	навыками применения знаний норм техники безопасности в работе на учебно-научной аппаратуре, навыками реализации их в лабораторных и технологических условиях	владеть навыками применения знаний о нормах техники безопасности при проведении адсорбционных и каталитических исследований	способность применять знания норм техники безопасности при проведении адсорбционных и каталитических исследований

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

Экзамен (Средство промежуточного контроля) – Вопросы к экзамену, образцы билетов.

Примерный перечень оценочных средств (ОС)

Экзамен (Средство промежуточного контроля) – Вопросы к экзамену, образцы билетов.

Вопросы к экзамену по дисциплине «Сорбционные процессы и электрокатализ»

1. Особенности ультрадисперсных (наноразмерных) систем. Роль поверхности в таких системах.
2. Адсорбция в границе раздела твердое тело – газ. Особенности процесса. Методы определения количества адсорбированного вещества.
3. Изотермы, изобары, изостеры, изопикны адсорбции. Виды графических зависимостей.
4. Типы изотерм адсорбции по классификации С. Брунауэра, Л.Деминга, У. Деминга.
6. Адсорбционные силы. Специфическая и неспецифическая адсорбция. Типы адсорбентов и адсорбатов по классификации Киселева.
7. Удельная поверхность твердого тела ($S_{уд}$). Соотношения между удельной поверхностью и размером частиц твердых тел разной структуры. Связь величины $S_{уд}$ с емкостью монослоя.
8. Теория мономолекулярной адсорбции Лангмюра. Предпосылки теории. Вывод уравнения адсорбции. Линейная форма уравнения Лангмюра. Определение констант уравнения. Расчет величины удельной поверхности из адсорбционных данных с помощью уравнения Лангмюра.
9. 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.
10. Анализ изотерм адсорбции с помощью t -графиков: кривые зависимости величины адсорбции от толщины адсорбционной пленки. Расчет величины удельной поверхности по t -графикам. Влияние микро- и мезопористости на форму t -графиков.
11. Анализ изотерм адсорбции с помощью as -графиков. Нормализованная

величина адсорбции. Отклонения от линейности as -графиков.

Преимущества as -графиков.

12. Анализ изотерм адсорбции с помощью сравнительных графиков.

Сравнение изотерм адсорбции на данном твердом теле и эталоне с помощью f -графиков.

13. Классификация пор по размерам, предложенная Дубининым.

Механизмы сорбции газов и паров пористыми твердыми телами.

Влияние размера пор.

14. Классификация пор по размерам Дубинина. Взаимосвязь механизма заполнения пор с видом изотерм сорбции.

15. Изотермы сорбции мезопористых сорбентов. Механизм процесса адсорбции в мезопорах. Капиллярная конденсация в мезопорах.

16. Уравнение Томсона (Кельвина), связывающее давление пара жидкости с радиусом кривизны ее поверхности. Вывод уравнения. Расчет распределения пор по размерам с помощью уравнения Кельвина. Соотношение между радиусом кривизны мениска и размером пор.

17. Анализ вида изотерм на микропористых адсорбентах. Механизм адсорбции в микропорах. Оценка объема микропор из адсорбционных данных.

18. Изотермы адсорбции на микропористых адсорбентах. Влияние развитой внешней поверхности и наличия мезопор на форму изотерм. Оценка микропористости из изотермы адсорбции.

19. Теория адсорбции в микропорах Дубинина-Радушкевича. Уравнение Дубинина-Радушкевича и его анализ.

20. Процессы в слое адсорбента, определяющие форму выходной кривой в динамике адсорбции.

21. Смысл понятий: “объем до проскока” и “объем раствора, соответствующий насыщению слоя”, определение понятиям «динамическая» и «статическая» емкость адсорбента.

22. Особенности нестационарного и стационарного режимов динамики адсорбции, длина работающего слоя, концентрационный фронт.

23. Факторы, влияющие на форму выходной кривой.

24. Оценка эффективности адсорбента в процессе извлечения примесей из воды по выходным кривым.

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 и электрокатализ

Форма обучения очная

Семестр 5 2015- 2016 учебного года

Реализующая кафедра: Физической и аналитической химии

Экзаменационный билет № 1

1. Уравнение Томсона (Кельвина), связывающее давление пара жидкости с радиусом кривизны ее поверхности. Вывод уравнения. Расчет распределения пор по размерам с помощью уравнения Кельвина. Соотношение между радиусом кривизны мениска и размером пор.

2. Анализ вида изотерм на микропористых адсорбентах. Механизм адсорбции в микропорах. Оценка объема микропор из адсорбционных данных.

Зав. кафедрой _____

М.П. (школы)

**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 и электрокатализ

Форма обучения очная

Семестр 5 2015- 2016 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)

Критерии оценки знаний, умений и навыков при промежуточной аттестации

Отметка "Отлично"

1. Дан полный, исчерпывающий ответ, в объяснении нет ошибок.
2. Материал понят и изучен.
3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.
4. Допущены ошибки по невнимательности (оговорки, описки).

Отметка "Хорошо"

1. Дан полный ответ
2. Существенных ошибок нет.
2. Допущены 1-2 несущественные ошибки или неполное объяснение.

Отметка "Удовлетворительно"

1. Дан неполный ответ, хотя и соответствующий требуемой глубине, построен несвязно.
2. Допущено не более одной существенной ошибки.

Отметка "Неудовлетворительно"

1. Дан неполный и неточный ответ
2. Допущено более двух существенных ошибок, которые не исправляются после уточняющих вопросов, материал изложен несвязно.
3. Незнание или непонимание большей или наиболее существенной части учебного материала.

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

Примерный перечень оценочных средств (ОС)

1. 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.) - Вопросы по темам/разделам дисциплины.
2. Лабораторная работа (ПР -6) (Средство для закрепления и практического освоения материала по определенному разделу) Вопросы к лабораторным работам
3. Тест (ПР-1) (Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося)

- Фонд тестовых заданий.

Вопросы к собеседованию

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;
С) адсорбенты: а) уголь; б) окисленный уголь;
адсорбат: амиловый спирт из водного раствора;
D) адсорбент: сажа;
адсорбаты: а) фенол из водного раствора; б) бензиловый спирт (Ph-CH₂OH) из водного раствора.
а. Е) адсорбенты: а) цеолит; б) уголь;
адсорбат: пары воды;
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?
7. Что является кинетикой адсорбции, в чем ее отличие от адсорбции в статических условиях?
8. Дать определение понятий: ламинарное и турбулентное течение, гидродинамический слой, диффузионный слой.
9. Каковы основные режимы кинетики адсорбции в зависимости от характера лимитирующей стадии?
10. Назвать факторы, благоприятствующие соответствующему режиму кинетики адсорбции.
11. Почему эффективный коэффициент диффузии в порах отличается от коэффициента диффузии в свободном растворе?
12. Что такое коэффициент ослабления переноса, от каких факторов он зависит?
13. Каким образом изучение кинетики адсорбции позволяет дать рекомендации к выбору оптимальных адсорбентов?
14. В чем отличие адсорбции в динамических и статических условиях?
15. Какие процессы в слое адсорбента определяют форму выходной кривой в динамике адсорбции?

16. Пояснить смысл понятий: “объем до проскока” и “объем раствора, соответствующий насыщению слоя”? Дайте определения понятиям «динамическая» и «статическая» емкость адсорбента.
17. В чем особенность нестационарного и стационарного режимов динамики адсорбции? Что такое длина работающего слоя, концентрационный фронт?
18. Каковы основные критерии эффективности использования адсорбентов в процессах адсорбционной технологии?
19. В чем смысл регенерации адсорбентов? Опишите известные вам способы регенерации.
20. Каким образом пористая структура адсорбентов влияет на эффективность их использования?
21. В чем заключаются основные принципы выбора оптимальной пористой структуры адсорбента?
22. Какие факторы, помимо пористой структуры, влияют на эффективность использования адсорбентов?

Вопросы к лабораторным работам

Лабораторная работа № -5.

1. Особенности ультрадисперсных (наноразмерных) систем. Роль поверхности в таких системах.
2. Адсорбция в границе раздела твердое тело – газ. Особенности процесса. Методы определения количества адсорбированного вещества.
3. Принципы весового и объемного методов определения количества адсорбированного (сорбированного) вещества. Единицы измерения количества адсорбированного газа или пара на твердой поверхности.
4. Изотермы, изобары, изостеры, изопикны адсорбции. Виды графических зависимостей.
5. Типы изотерм адсорбции по классификации С. Брунауэра, Л.Деминга, У. Деминга.
6. Адсорбционные силы. Специфическая и неспецифическая адсорбция. Типы адсорбентов и адсорбатов по классификации Киселева.
7. Реальные твердые тела. Энергетическая и геометрическая неоднородность твердой поверхности.
8. Внешняя и внутренняя поверхности твердого тела. Пористые и непористые тела с большой удельной поверхностью
9. Определение величины удельной поверхности методом БЭТ. Требования к адсорбатам.
10. Теория мономолекулярной адсорбции Лангмюра. Предпосылки теории. Вывод уравнения адсорбции. Линейная форма уравнения Лангмюра. Определение констант уравнения. Расчет величины удельной

поверхности из адсорбционных данных с помощью уравнения Лангмюра.

11. Теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра. Возможности и недостатки теории.

12. Теория полимолекулярной адсорбции Брунауэра, Эмметта, Теллера (БЭТ). Вывод уравнения адсорбции.

13. Теория полимолекулярной адсорбции Брунауэра, Эмметта, Теллера (БЭТ). Уравнение БЭТ в линейной форме. Приложение уравнения к экспериментальным данным. Определение удельной поверхности твердого тела методом БЭТ.

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?

4. Назвать факторы, благоприятствующие соответствующему режиму кинетики адсорбции.

5. Почему эффективный коэффициент диффузии в порах отличается от коэффициента диффузии в свободном растворе?

6. Что такое коэффициент ослабления переноса, от каких факторов он зависит?

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

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. В чем заключаются основные принципы выбора оптимальной пористой структуры адсорбента?

5. Какие факторы, помимо пористой структуры, влияют на эффективность использования адсорбентов?

Тестовые задания для текущей проверки

1. НЕПОЛЯРНЫЕ ВЕЩЕСТВА АДСОРБИРУЮТСЯ НА НЕПОЛЯРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЗА СЧЕТ СИЛ:

1) индукционных

- 2) ориентационных
- 3) дисперсионных
2. ПОЛЯРНЫЕ ВЕЩЕСТВА ПРЕИМУЩЕСТВЕННО АДСОРБИРУЮТСЯ НА ПОВЕРХНОСТИ:
 - 1) полярной
 - 2) неполярной
 - 3) полярность не играет роли
3. ПО МЕХАНИЗМУ ЛЕНГМЮРА АДСОРБЦИЯ ЗАКАНЧИВАЕТСЯ ОБРАЗОВАНИЕМ:
 - 1) монослоя
 - 2) нескольких слоев
 - 3) ассоциатов
4. МЕХАНИЗМ ОБЪЕМНОГО ЗАПОЛНЕНИЯ СООТВЕТСТВУЕТ:
 - 1) послойному заполнению пор
 - 2) адсорбции в объеме пор
 - 3) заполнению микропор
5. АДСОРБЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ НА НЕПОЛЯРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВОЗРАСТАЕТ ПРИ:
 - 1) увеличении полярности поверхности
 - 2) уменьшении полярности молекул
 - 3) при заряджении поверхности
6. АДСОРБЦИЯ СЛАБЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ НА УГЛЕРОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ЩЕЛОЧНОЙ СРЕДЕ:
 - 1) уменьшается
 - 2) возрастает
 - 3) не изменяется
7. АДСОРБЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОСНОВАНИЙ НА УГЛЕРОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ АНОДНОМ ЗАРЯЖЕНИИ ПОВЕРХНОСТИ:
 - 1) уменьшается
 - 2) возрастает
 - 3) возрастает до образования монослоя
8. МИКРОПОРИСТЫЕ АДСОРБЕНТЫ ЧАЩЕ ВСЕГО ХАРАКТЕРИЗУЮТСЯ РЕЖИМОМ КИНЕТИКИ АДСОРБЦИИ:
 - 1) внутридиффузионным
 - 2) внешнедиффузионным
 - 3) смешанным
9. ВЫХОДНАЯ КРИВАЯ В ДИНАМИКЕ АДСОРБЦИИ ЭТО ЗАВИСИМОСТЬ:
 - 1) адсорбции от равновесной концентрации на выходе

- 2) концентрации на выходе от объема пропущенного раствора
- 3) прошедшего через колонку объема раствора от времени

10. ВЫХОДНАЯ КРИВАЯ ДЛЯ МАЛОАДСОРБИРУЮЩИХСЯ ВЕЩЕСТВ ИМЕЕТ ФОРМУ:

- 1) резкую, так как “хвост” догоняет “голову”
- 2) размытую, так как “голова” отстает от “хвоста”
- 3) размытую, так как “голова” обгоняет “хвост”

**Критерии оценки знаний умений и навыков при текущей проверке
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 незначительные 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.

Примеры тестов для проверки сформированности компетенций:

ОПК-2

1. ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ АДСОРБЦИИ:

- 1) моль/г
- 2) Дж/моль
- 3) м²

2. АДСОРБЕНТЫ, ИМЕЮЩИЕ ВЫСОКУЮ УДЕЛЬНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ, НАЗЫВАЮТСЯ:

- 1)макропористые
- 2)микропористые
- 2)мезопористые

3.ПОЛЯРНЫЕ ВЕЩЕСТВА ПРЕИМУЩЕСТВЕННО АДСОРБИРУЮТСЯ НА ПОВЕРХНОСТИ:

- 1)полярной
- 2)неполярной
- 3)полярность не играет роли

4.ПО МЕХАНИЗМУ ЛЕНГМЮРА АДСОРБЦИЯ ЗАКАНЧИВАЕТСЯ ОБРАЗОВАНИЕМ:

- 1) монослоя
- 2) нескольких слоев
- 3)ассоциатов

ОПК-6

1.ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ ТОКСИЧНЫХ ПАРОВ БЕНЗОЛА ИСПОЛЬЗУЮТ АДСОРБЕНТЫ

- 1)неполярные
- 2)полярные
- 3)заряженные

2.НА УГЛЕРОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В СИСТЕМЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ – ВОДА ПРЕИМУЩЕСТВЕННО АДСОРБИРУЕТСЯ:

- 1) вода
- 2) органические загрязнения
- 3) вода и органические загрязнения в сравнимых количествах

3.УВЕЛИЧЕНИЕ ПОЛЯРНОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИВОДИТ К

- 1)повышению адсорбции полярных молекул
- 2)повышению адсорбции неполярных молекул
- 3)понижению адсорбции полярных молекул

4.ОБЪЕМ ДО ПРОСКОКА ТОКСИКАНТОВ ЗНАЧИТЕЛЕН ДЛЯ АДСОРБЕНТОВ

- 1) микропористых
- 2) макропористых
- 3) непористых



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

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по дисциплине «Сорбционные процессы и электрокатализ»
Направление подготовки 04.03.01 Химия
профиль «Фундаментальная химия»
Форма подготовки очная

Владивосток
2015

А.П. Артемьянов, М.А. Цветнов, Н.П. Моргун, Л.М. Ватрогова

**Исследование физико-химических и адсорбционных свойств пористых
материалов**

Учебно-методическое пособие

Владивосток
2014

А.П. Артемьянов, М.А. Цветнов, Н.П. Моргун, Л.М. Ватрогова

И88 Исследование физико-химических и адсорбционных свойств пористых материалов [Электронный ресурс] : учебно-методич. пособие / А.П. Артемьянов, М.А. Цветнов, Н.П. Моргун, Л.М. Ватрогова. – Электрон. текст. дан. – Владивосток : Дальневост. федерал. ун-т, 2014.

В пособии рассматриваются некоторые практические вопросы сорбции, такие как методы определения пористой структуры и сорбционных свойств пористых материалов.

Предназначено для студентов 4-го и 5-го курсов кластера химических и химико-технологических кафедр Школы естественных наук ДВФУ, специализирующихся на кафедрах физической и аналитической химии, химических и ресурсосберегающих технологий, при обучении по спецкурсу «Основы сорбционных процессов».

В данной РПУД приведена часть пособия, которая касается метода расчета пористой структуры по изотерме сорбции.

Определение параметров пористой структуры по адсорбции паров (воды)

Изотермы адсорбции паров воды можно снимать, например, в изопиестической установке, в которую помещают предварительно высушенные образцы. Измерения проводят при 25 °С. Давление паров воды в установке регулируют с помощью раствора серной кислоты соответствующей концентрации. Истинное значение P/P_s определяют, исходя из равновесных значений концентрации кислоты. Величины адсорбции паров воды можно рассчитать по формуле:

$$a = \frac{q_1 - q_0}{18 \cdot q_0}, \quad (1.3)$$

где a – величина адсорбции, моль/г; q_0 – масса высушенного сорбента, г; q_1 – масса сорбента с адсорбированными парами воды, г.

На рис. 4 приведены полученные изотермы адсорбции и десорбции паров воды на различных образцах.

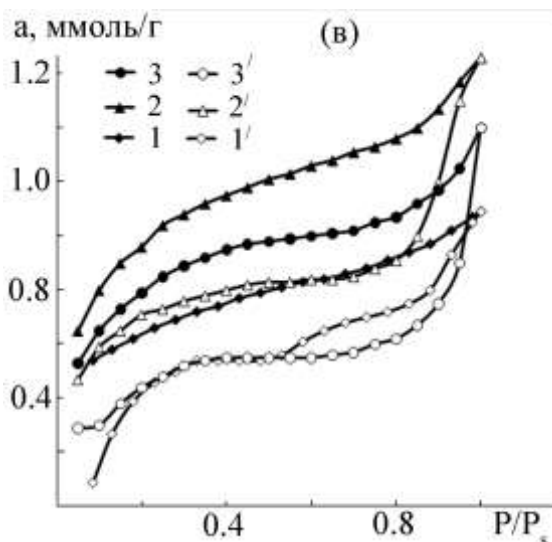


Рис. 4. Изотермы адсорбции (1',2',3') - десорбции (1,2,3) паров воды на кремнийсодержащих образцах

На приведенных изотермах адсорбции можно выделить два участка.

Первый участок при значениях относительного давления пара воды от 0 до 0,6 соответствует адсорбции паров воды с образованием монослоя. Затем на втором участке при p/p_s больше 0,7 замечен резкий рост адсорбции. При этом происходит капиллярная конденсация паров воды в порах поверхностной фазы. Последние точки на изотерме при p/p_s равном 1 соответствует максимальной

адсорбции паров воды и полному заполнению пор адсорбированной водой. Это дает возможность рассчитать объем пор покрытий.

Объем пор W_0 (см³/г) определяется по формуле:

$$W_0 = a_{max} \cdot V_0 \quad (1.4)$$

где V_0 – молярный объем жидкой воды, см³/моль; a_{max} – максимальное количество адсорбированной воды, моль/г.

Величины удельной поверхности пористых материалов можно определить несколькими способами.

1. По адсорбции в области монослоевого заполнения.

2. Термодинамическим методом Киселева по изотермам адсорбции и десорбции паров воды [1].

В первом случае определение удельной поверхности адсорбента из адсорбционных измерений сводится к определению a_m – емкости мономолекулярного слоя, т.е. количества адсорбированного вещества, достаточного для покрытия поверхности плотным мономолекулярным слоем.

В первом случае определение удельной поверхности адсорбента из адсорбционных измерений сводится к определению a_m – емкости мономолекулярного слоя, т.е. количества адсорбированного вещества, достаточного для покрытия поверхности плотным мономолекулярным слоем.

Если a_m выражена в молях на 1 г адсорбента, то удельная поверхность $S_{уд}$ (м²/г) вычисляется по формуле:

$$S_{уд} = a_m N_A \omega_m \quad (1.5)$$

где a_m – емкость мономолекулярного слоя (моль/г),

N_A – число Авогадро ($6,02 \cdot 10^{23}$ 1/моль),

ω_m – площадь, занимаемая молекулой адсорбата в мономолекулярном слое на поверхности адсорбента (для воды - $3,1 \cdot 10^{-20}$ м²). Площадь ω_m , занимаемую одной молекулой на поверхности адсорбента, находят по литературным данным (см. табл 1.) или рассчитывают по формуле:

$$\omega_m = 1.091 (M / N_A \rho)^{2/3} \cdot 10^{-4} (м^2) \quad (1.6)$$

где ρ - плотность жидкого сорбата, г/см³

Таблица 1

Величины молекулярных площадок, приходящих на одну молекулу в заполненном монослое

адсорбат	$\omega_{г,i}$, нм ²	ω_i , нм ²	адсорбат	$\omega_{г,i}$, нм ²	ω_i , нм ²
N ₂	0.162	0.154	CS ₂	0.224	0.203
Ar	0.176	0.175	I ₂	-	0.270
Kr	0.195	0.187	Ne	-	0.100

Xe	0.232	0.238	CO	0.168	0.142
CO ₂	0.170	0.169	C ₂ H ₂	0.187	0.221
C ₆ H ₆	0.500	0.523	H C ₂ H ₅ O	0.231	0.265
C ₆ H ₁₄	0.562	0.584	CO (CH ₃) ₂	0.270	0.340
CCl ₄	0.370	0.410	H CH ₃ O	0.219	0.215
H ₂ O	0.125	0.140			

Величину $S_{уд}$ можно найти по методу Брунауэра, Эмметта и Теллера (метод БЭТ), используя линейную форму уравнения изотермы адсорбции для полислоистой адсорбции пара

$$\frac{p/p_s}{a(1 - \frac{p}{p_s})} = \frac{1}{a_m C} + \frac{C - 1}{a_m C} \frac{p}{p_s} \quad (1.7)$$

где p/p_s – относительное давление пара, a – количество вещества, адсорбированное при этом давлении, C – константа, связанная с теплотой адсорбции и температурой.

Если представить изотерму в координатах $\frac{p/p_s}{a(1 - \frac{p}{p_s})}$ и p/p_s , то в случае применимости уравнения БЭТ, должна получиться прямая линия с наклоном, равным $(C-1)/a_m C$, отсекающая на оси ординат отрезок $1/a_m C$. Из этих величин можно вычислить a_m .

Обычно прямолинейный участок наблюдается в интервале относительных давлений p/p_s от 0,01 до 0,35.

На рис. 5 представлен пример изотермы адсорбции в координатах БЭТ.

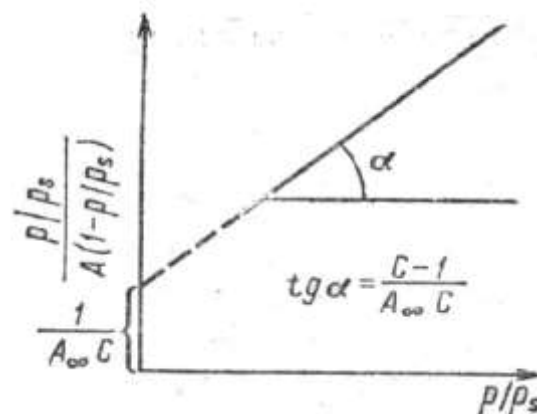


Рис. 5 Изотерма адсорбции в координатах БЭТ

Пример расчета удельной поверхности методом БЭТ

Рассчитать удельную поверхность адсорбента по изотерме адсорбции бензола на его поверхности. Площадь, занимаемая молекулой бензола, $S_0=49 \cdot 10^{-20} \text{ м}^2$.

p/p_s	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4
	24	8	4	0	7	5	6
$a \cdot 10^3$, МОЛЬ/КГ	14,	34,	47,	56,	66,	79.	10
	9	8	2	8	3	3	1.0

Решение. Проверяют применимость к экспериментальным данным теории БЭТ. С этой целью рассчитывают абсциссу и ординату уравнения изотермы адсорбции БЭТ в линейной форме, т.е.

$$y = \frac{p/p_s}{a(1 - p/p_s)} \quad \text{и} \quad x = p/p_s$$

Результаты вычислений сводят в таблицу и строят график зависимости $y=f(x)$

Таблица 1.1

**Данные для построения изотермы адсорбции
в координатах линейной формы уравнения БЭТ**

p/p_s	y , КГ/МОЛЬ	p/p_s	y , КГ/МОЛЬ
0,024	1,650	0,27	5,466
0,08	2,499	0,35	6,790
0,14	3,449	0,46	8,343

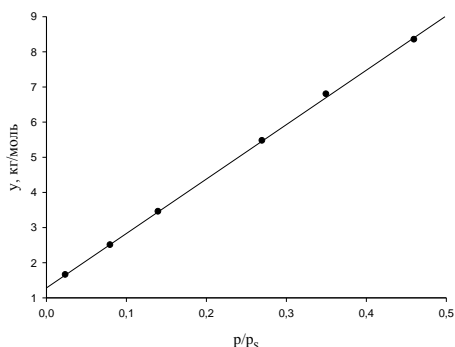


Рис. 5а. Изотерма адсорбции в координатах линейной формы уравнения БЭТ

Для определения адсорбционной емкости монослоя a_m по графику зависимости $y=f(x)$ (рис. 5а.) находят константы уравнения прямой линии: отрезок, отсекаемый на оси ординат при $p/p_s = 0$, $b_0=1.24$ кг/моль, и угловой коэффициент прямой $b_1=15.8$ кг/моль. Отсюда $k=13,65$ и $a_m=0,0489$ моль/кг. По величине a_m рассчитывают удельную поверхность адсорбента:

$$S = S_0 a_m N_A = 49 \cdot 10^{-20} \cdot 0,0489 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 14,4 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{кг}.$$

Второй способ определения S_{y0} основан на термодинамическом описании процесса капиллярной конденсации. Расчет, проведенный для области капиллярной конденсации, позволяет определить удельную поверхность адсорбционной пленки, которая в данном методе предполагается равной удельной поверхности пористого образца ($s' = S_{y0}$). Уравнение для определения удельной поверхности жидкой пленки s' , в области начала капиллярной конденсации, имеет следующий вид:

$$s' = \frac{1}{\sigma} \int_{a_h}^{a_s} A_a da, \quad (1.8)$$

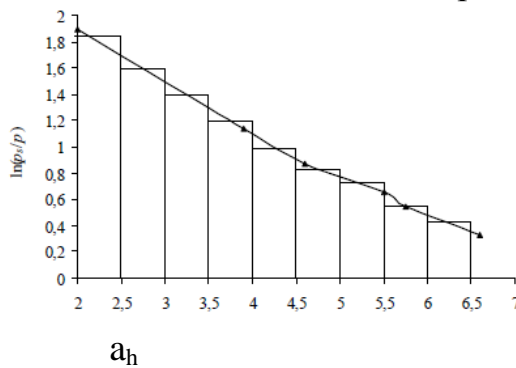
где σ – поверхностное натяжение жидкости, пар которой адсорбируется; a_s – количество адсорбированного вещества при насыщении, т.е. при $p/p_s = 1$, моль/г; a_h – количество адсорбированного вещества в начале капиллярной конденсации, s' – площадь, соответствующая началу конденсации, м²/г; A_a – дифференциальная работа адсорбции, Дж/моль.

Дифференциальная работа адсорбции рассчитывается по уравнению:

$$A_a = RT \ln p/p_s \quad (1.9)$$

где R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К); T – температура, К.

Расчет удельной поверхности заключается в интегрировании кривой зависимости A_a от величины адсорбции a в интервале $a_h - a_s$ (рис. 6).



a_s

Рис. 6. Зависимость дифференциальной работы адсорбции A_a от величины адсорбции a (ммоль/г)

Значения средних радиусов пор r_{cp} в образцах рассчитываются из интегральных кривых распределения объема пор по радиусам $V-r$ (рис. 7), полученных из изотерм десорбции паров воды.

$V(\text{см}^3/\text{г})$ представляют собой объемы пор, заполненных сорбатом при заданных p/p_s , и рассчитываются по величине адсорбции при каждом значении p/p_s :

$$V = a \cdot V_0$$

где V_0 – молярный объем жидкой воды, $\text{см}^3/\text{моль}$; a – количество адсорбированной воды, моль/г.

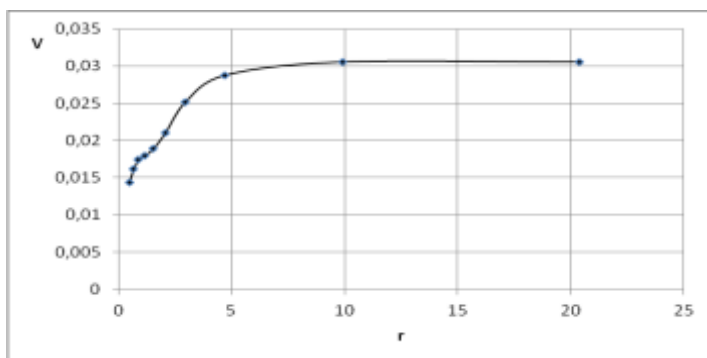


Рис. 7. Интегральная кривая распределения объема пор по радиусам V-r.

Средний радиус пор рассчитывается по уравнению Томсона-Кельвина:

$$r_{\text{cp}} = \frac{2 \cdot \sigma \cdot V_m}{R \cdot T \cdot \ln P_s / P} + l \quad (1.10)$$

где σ – поверхностное натяжение воды, $71.96 \cdot 10^{-7}$ Дж/см²; V_m – молярный объем воды, $\text{см}^3/\text{моль}$; T – температура, К; p_s – давление насыщенных паров воды, мм. рт. ст.; p – равновесное давление паров воды, мм. рт. ст., l – толщина адсорбционной пленки (для воды - $3,2 \cdot 10^{-8}$ см)

Дифференцирование интегральных кривых позволяет построить дифференциальные кривые распределения объема пор по радиусам ($\frac{dV}{dr} - r$) и найти средние (преобладающие) радиусы пор (рис.8).

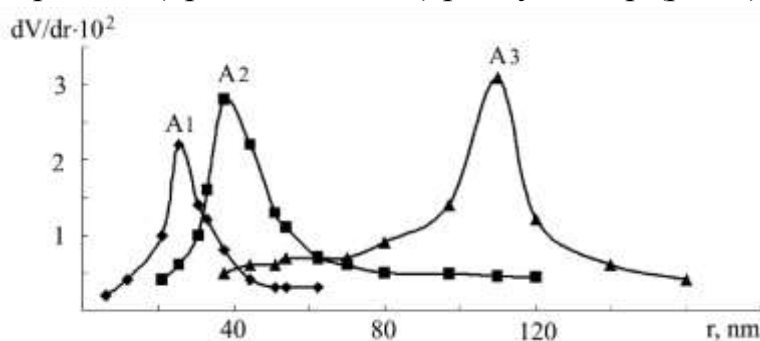


Рис. 8. Дифференциальные кривые распределения объема пор по радиусам на кремнийсодержащих образцах

Пример определения средних (преобладающих) радиусов пор.

По экспериментальным данным сорбции паров воды на активированном угле при $T = 293$ К построить кривую капиллярной конденсации. Показать наличие гистерезиса и, используя ветвь десорбции, построить интегральную и дифференциальную кривые распределения пор по радиусам.

p/p_s	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	0,98
$a_{\text{адс}} \cdot 10^6$, моль/кг	3,75	5,3	6,2	8,75	10,4	12,5	13,4
$a_{\text{дес}} \cdot 10^6$, моль/кг	3,75	7,0	7,9	10,0	11,5	13,0	13,4
$V_m = 18 \cdot 10^{-6}$ м ³ /моль, $\sigma = 72,5 \cdot 10^{-3}$ Дж/м ²							

Решение. Строят изотерму капиллярной конденсации в соответствии с условием задачи. Выбирают ряд точек на ветви десорбции (не менее шести—восьми), соответствующих определенным значениям p/p_s , и рассчитывают объем пор, заполненных конденсатом, по уравнению $V = aV_m$. Затем для этих же значений по уравнению

$$r = \frac{2\sigma V_m}{RT \ln(P/P_s)}$$

рассчитывают максимальный радиус пор, заполненных конденсатом при соответствующих давлениях p/p_s . Полученные данные записывают в табл. 2 и строят структурную кривую адсорбента в координатах $V = f(r)$. Из кривой находят ряд значений $\Delta V/\Delta r$ (табл. 3.) и строят дифференциальную кривую распределения объема пор по радиусам в координатах $\Delta V/\Delta r = f(r)$. Радиусы по оси X берут как среднее двух значений радиусов, для которых находят ΔV .