



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ


Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
профессионального образования

«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

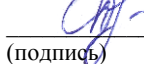
«СОГЛАСОВАНО»

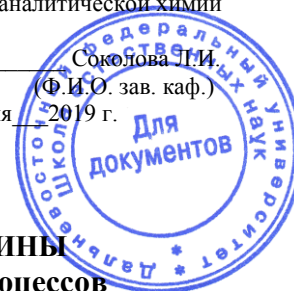
Руководитель ОП  
«Физическая химия»

 Кондриков Н.Б.  
(подпись) (Ф.И.О. рук. ОП)  
«\_08\_»\_\_июня\_\_2019 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой  
Физической и аналитической химии

 Соколова Л.И.  
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)  
«\_08\_»\_\_июня\_\_2019 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Теория и практика адсорбционных процессов**

Направление подготовки 04.06.01 «Химические науки»

Профиль «Физическая химия»

Форма подготовки (очная)

курс 2 семестр 3

лекции 18 час. / 0,5 з.е.

с использованием МАО – 6 час.

практические занятия не предусмотрены.

лабораторные работы 36 час. / 1 з.е.

с использованием МАО – 12 час.

всего часов контактной работы 54 час. / 1,5 з.е.

в том числе с использованием МАО - нет, в электронной форме - нет.

самостоятельная работа 54 час. /1,5 з.е.

в том числе на подготовку к экзамену – 9 час. / 0,25 з.е.

курсовая работа / курсовой проект - не предусмотрено

зачет\_\_ семестр.

экзамен 3 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30.07.2014 г. № 869

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физической и аналитической химии, протокол № 12 от «08» июня 2019 г.

Заведующий кафедрой: профессор кафедры физической и аналитической химии, к.х.н.  
Соколова Л.И.

Составитель: доцент кафедры физической и аналитической химии, канд. хим. наук,  
доцент Артемьянов А.П.

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры (академического департамента):**

Протокол от «08» февраля 2020 г. № 4

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

Соколова Л.И.  
(И.О. Фамилия)

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры (академического департамента):**

Протокол от «22» января 2021 г. № 3

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

Соколова Л.И.  
(И.О. Фамилия)

## **Аннотация рабочей программы учебной дисциплины «Теория и практика адсорбционных процессов»**

Дисциплина «Теория и практика адсорбционных процессов» предназначена для аспирантов, обучающихся по образовательной программе «Физическая химия» и входит в вариативную часть учебного плана «Дисциплины по выбору». Трудоемкость – 3 з.е.

При разработке рабочей программы учебной дисциплины использованы Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 04.06.01. Химические науки, учебный план подготовки аспирантов по профилю «Физическая химия».

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачётные единицы (108 часов). Учебным планом предусмотрены лекции (18 часов), лабораторные работы (36 часов), самостоятельная работа (54 часа).

«Теория и практика адсорбционных процессов» является фундаментальной физико-химической дисциплиной профиля «Физическая химия». В ней обсуждаются разделы физической химии, изучающие основные теории адсорбционных явлений.

Изучение «Теория и практика адсорбционных процессов» связано с другими дисциплинами профиля: «Физическая химия», «Кинетика и катализ», «Теоретическая электрохимия».

**Целями** освоения дисциплины «Теория и практика адсорбционных процессов» являются формирование у студентов знаний об основах и методах экспериментального и теоретического изучения физико-химических процессов, о взаимосвязи строения и свойств химических веществ, формирование химического мышления. «Теория и практика адсорбционных процессов» представляет собой теоретический фундамент для изучения профильных химико-технологических дисциплин. Дисциплина «Теория и практика адсорбционных процессов» формирует понятия о возможностях методов теории поверхностных явлений, роли физической химии в комплексе химических и технологических наук.

### **Задачи курса:**

1) овладение теоретическими знаниями и практическими навыками адсорбционного эксперимента, основными практическими и теоретическими методами исследования физико-химических систем;

2) овладение навыками работы на современной учебно-научной аппаратуре при проведении химических экспериментов;

3) развитие умения грамотно применять теоретические законы поверхностных явлений к решению различных задач, успешно проводить расчеты, умения пользоваться современными литературными источниками для вычисления сорбционного равновесия;

4) развитие умения делать грамотные оценки применимости условий

теоретических закономерностей адсорбции, знать методы эффективности управления адсорбционными процессами;

5) формирование у студентов четкого понимания сущности адсорбционных явлений, природы адсорбционных сил, закономерностей адсорбции в статических и динамических условиях.

Задача лабораторных занятий – закрепление и применение теоретических представлений о теории адсорбционных процессов; осмысленного подхода к решению задач экспериментальных исследований явлений адсорбции; углубления понимания сущности адсорбционных взаимодействий; обучить навыкам обработки и использования полученной информации с целью подготовки студента к будущей самостоятельной работе в различных областях химической науки и современной технологии.

В результате изучения дисциплины у аспирантов формируются следующие общепрофессиональные / профессиональные компетенции:

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1: способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области физической химии с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Знает	<ul style="list-style-type: none"> <li>- современное состояние науки в области физической химии;</li> <li>- современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в области физической химии</li> </ul>
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>-выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования;</li> <li>- представлять результаты научной работы</li> </ul>
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований;</li> <li>- навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности</li> </ul>
ПК-1: способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по физической химии	Знает	<ul style="list-style-type: none"> <li>- современное состояние науки в области адсорбции</li> <li>- методологию проведения синтеза и исследования в области физической химии</li> </ul>
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- определять цель и задачи исследования, планировать и осуществлять экспериментальное исследование</li> <li>- представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу</li> </ul>
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- методами планирования, подготовки, проведения НИР по физической химии</li> <li>- методами анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по физической химии</li> </ul>
ПК-2 Способность к	Знает	- современное состояние экспериментальных

профессиональной эксплуатации современного исследовательского оборудования и приборов		методов в области физической химии; - правила эксплуатации современного исследовательского оборудования и приборов; - теоретические основы новейших физико-химических методов исследования веществ и материалов
	Умеет	- осуществлять физико-химические исследования, используя современное исследовательское оборудование; - интерпретировать результаты ЯМР-, ИК-спектроскопии, хромато-масс-спектрометрии и других физико-химических методов исследования веществ и материалов
	Владеет	- экспериментальными методами подготовки и проведения научно-исследовательской работы по физической химии; - навыками работы с современным исследовательским оборудованием, приборами, программными комплексами обработки результатов в области физической химии

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Теория и практика адсорбционных процессов» применяются следующие методы активного / интерактивного обучения: включают в себя лекции-беседы, проблемные лекции, лекции визуализации, работа в малых группах по индивидуальному заданию и составляют 18 часов.

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (18 ЧАСОВ)**

**Из них интерактивные формы обучения составляют 6 часов.**

**Лекции (16 часов)**

**Модуль 1. Основные понятия теории адсорбционных процессов (6 часов)**

**Раздел 1. Введение. Компоненты сорбционных систем и их свойства (2 часа).**

**Тема 1. Основные понятия адсорбции (1 час).**

Адсорбат, адсорбент, адсорбционная система. Структурные характеристики адсорбентов: удельная поверхность пористость, радиус пор.

**Используемые интерактивные формы обучения:** проблемная лекция.

**Тема 2. Классификация адсорбентов. (1 час)**

Классификация адсорбентов по структурным характеристикам, кристаллическому строению. Количественные характеристики адсорбции: количество поглощенного вещества, адсорбционная емкость

**Используемые интерактивные формы обучения:** проблемная лекция.

**Раздел 2. Экспериментальные методы изучения процессов из газовой фазы и из растворов (3 часа)**

**Тема 1. Определение удельной поверхности твердых тел и оценка распределения пор по размерам (1 час).**

Стандартные изотермы адсорбции. Критерии выбора стандартных изотерм. 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. Анализ изотерм адсорбции с помощью as-графиков. Нормализованная величина адсорбции. Отклонения от линейности as-графиков. Преимущества as-графиков. Оценка величины удельной поверхности по as-графикам. Анализ изотерм адсорбции с помощью сравнительных графиков. Сравнение изотерм адсорбции на данном твердом теле и эталоне с помощью f-графиков.

**Используемые интерактивные формы обучения:** проблемная лекция.

**Тема 2. Использование адсорбции газов для определения удельной поверхности и распределения пор по размерам (1 час)**

**Используемые интерактивные формы обучения:** лекция-визуализация.

**Тема 3. Природа адсорбционных сил (1 час)**

Движущие силы адсорбции. Понятие поверхностной энергии, поверхностное натяжение как мера поверхностной энергии. Физическая адсорбция и хемосорбция. Экспериментальные методы изучения процессов из газовой фазы и из растворов. Изотермы, изобары, изостеры адсорбции.

Взаимодействие полярных молекул с полярной поверхностью, ориентационная составляющая адсорбционных сил, формула Кеезома. Механизм индукционного взаимодействия молекул с поверхностью.

Взаимодействие неполярных молекул с неполярной поверхностью, дисперсионная составляющая адсорбционных сил, уравнение Лондона. Уравнение Леннарда-Джонсона, учитывающее основные составляющие адсорбционных сил. Потенциальная диаграмма взаимодействия молекулы с поверхностью адсорбента. Примеры проявления составляющих адсорбционного взаимодействия в конкретных системах.

**Используемые интерактивные формы обучения:** проблемная лекция.

**Раздел 3. Термодинамика адсорбционных процессов (1 час)**

**Тема 1. Условия адсорбционного равновесия (1 час)**

Выражения поверхностной энергии. Фундаментальные уравнения Гиббса для поверхностного слоя. Свободная энергия адсорбции.

Основные представления Лэнгмюра о механизме адсорбционного процесса.

**Используемые интерактивные формы обучения:** лекция-беседа.

## **Модуль 2. Теории адсорбции (5 часов)**

### **Раздел 1. Теории адсорбции (3 часа)**

#### **Тема 1. Мономолекулярная адсорбция (1 час)**

Вывод уравнения Лэнгмюра для изотермы адсорбции, основанный на кинетических представлениях.

Анализ изотермы Лэнгмюра (область Генри, область полного заполнения поверхности, смысл константы адсорбции).

Анализ изотермы Лэнгмюра (область Генри, область полного заполнения поверхности, смысл константы адсорбции).

Использование изотермы Лэнгмюра для определения теплоты адсорбции, удельной поверхности адсорбента

**Используемые интерактивные формы обучения:** лекция-беседа.

#### **Тема 2. Теория полимолекулярной адсорбции БЭТ. Теория микропор. (1 час)**

Теория БЭТ как обобщение мономолекулярной и потенциальной теории адсорбции. Основные положения теории БЭТ. Уравнение Лэнгмюра как частный вид уравнения БЭТ. Применимость уравнения БЭТ в качестве стандартного метода определения удельной поверхности адсорбентов, а также для определения чистой теплоты адсорбции. Недостатки теории БЭТ

Трактовка геометрической поверхности раздела фаз как макроскопического понятия в рассмотренных теориях физической адсорбции. Невозможность применения подобного подхода в микропористых адсорбентах. Распределение адсорбционного потенциала в микропорах. Объемное заполнение микропор при адсорбции. Условия применимости теории объемного заполнения микропор.

Теория объемного заполнения. Адсорбция в микропорах. Адсорбционный объем как главная характеристика адсорбции в микропорах. Физическое состояние адсорбатов в микропорах, особые свойства адсорбционной фазы. Аналогия между уравнениями теории объемного заполнения микропор и теории растворов как свидетельство их внутренней связи.

**Используемые интерактивные формы обучения:** лекция-визуализация.

#### **Тема 3. Капиллярная конденсация в порах (1 час)**

Рассмотрение свойств сосуществующих фаз, разделенных

искривленной поверхностью раздела, в частности, зависимость давления пара жидкости над искривленным мениском. Формула Кельвина. Капиллярная конденсация как следствие сильной кривизны мениска при образовании жидкой пленки на поверхности мезопор. Механизм капиллярной конденсации в зависимости от формы пор. Объяснение петель адсорбционно-десорбционного гистерезиса. Теории Зигмонди, бутылкообразных и открытых цилиндрических пор. Применение теории капиллярной конденсации для определения структурных характеристик адсорбентов.

**Используемые интерактивные формы обучения:** проблемная лекция.

## **Раздел 2. Адсорбция из растворов на твердых адсорбентах (2 часа)**

### **Тема 1. Адсорбция из растворов на твердых адсорбентах. (1 час)**

Механизм адсорбции из растворов, отличие от адсорбции из газовой фазы на твердых адсорбентах. Количественное описание адсорбции из растворов. Изотерма Лэнгмюра как частный вид общего уравнения. Типы изотерм адсорбции из растворов. Смысл константы адсорбции, свободной энергии адсорбции. Мономолекулярная и полислойная адсорбция из растворов.

**Используемые интерактивные формы обучения:** проблемная лекция.

### **Тема 2. Факторы, влияющие на адсорбцию из растворов. (1 час)**

Факторы, влияющие на адсорбцию из растворов: природа адсорбата, природа адсорбента, структурные характеристики адсорбента.

Термодинамика адсорбции из растворов. Условия адсорбционного равновесия. Химический потенциал вещества в адсорбционной фазе. Связь константы адсорбции и химического потенциала вещества в объемном растворе и на поверхности. Вывод общего уравнения адсорбции из растворов.

**Используемые интерактивные формы обучения:** лекция-визуализация.

## **Модуль 3. Кинетика и динамика физической адсорбции, современное состояние теории сорбции (5 часов)**

### **Раздел 1. Кинетика физической адсорбции (2 часа)**

#### **Тема 1. Стационарные и нестационарные процессы адсорбции (1 час)**

Основные стадии процесса адсорбции: диффузия к поверхности, собственно адсорбция, диффузия с поверхности. Лимитирующая стадия процесса адсорбции.

**Используемые интерактивные формы обучения:** лекция- беседа.

#### **Тема 2. Кинетические закономерности собственно адсорбционной и**



диффузионной стадии (1 час)

Влияние пористой структуры адсорбентов на кинетику адсорбции.

Практическое применение соотношений кинетики адсорбции: промышленные адсорберы.

**Используемые интерактивные формы обучения:** проблемная лекция

## **Раздел 2. Динамика физической адсорбции (2 часа)**

**Тема 1.** Основные понятия динамики адсорбции: длина работающего слоя, время проскока, выходная кривая (1 час)

**Используемые интерактивные формы обучения:** проблемная лекция.

**Тема 2.** Математическое описание динамики адсорбции. Уравнения динамики адсорбции, их анализ и применение для определения характеристик работы адсорбера (1 час)

**Используемые интерактивные формы обучения:** лекция- беседа.

## **Раздел 3. Современное состояние теории сорбционных процессов (1 час)**

**Тема 1.** Модифицирование углеродных адсорбентов обработкой химическими реагентами.

Электрохимическое модифицирование углеродных материалов.

Темплатный синтез каталитически активных образований на поверхности углеродных и неорганических материалов. Направленный синтез функциональных пористых материалов.

Способы регенерации адсорбентов. Выбор оптимальной пористой структуры.

**Используемые интерактивные формы обучения:** проблемная лекция

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (36 ЧАС)**

**Лабораторная работа №1.** Определение типа изотермы адсорбции в системе активированный уголь – раствор красителя, силикагель – раствор красителя, активированный уголь – бензойная кислота. (6 часов)

**Лабораторная работа №2.** Исследование кинетики адсорбции. Построение изотермы адсорбции по данным динамики адсорбции. (6 часов)

**Лабораторная работа №3.** Сравнение эффективности использования различных адсорбентов в очистке воды от примесей. (6 часов)

**Лабораторная работа №4.** Организация сорбционного процесса в колоночном варианте в процессе сорбционного извлечения примесей из раствора. (6 часов)

**Лабораторная работа №5.** Расчет кинетических характеристик сорбции диоксида углерода на углеродном волокне Актилен-Б Оценка

проницаемости и пористой структуры углеродного волокна модифицированного соединениями марганца кинетическим методом адсорбции из газовой фазы (6 часов)

**Лабораторная работа №6.** Анализ литературных источников по теории и практике адсорбционных процессов и расчет различных параметров сорбции: константы адсорбции, коэффициента диффузии, пористой структуры, выходных кривых, определение типа изотермы (6 часов)

### III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Теория и практика адсорбционных процессов» 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 ЦЕЛИ КУРСА

Для контроля используются следующие оценочные средства:

УО-1 – индивидуальное собеседование, в основном на зачете;

УО-2 – коллоквиум – учебное занятие в виде коллективного собеседования;

ПР-1 – письменный (или компьютерный) тест;

ПР-6 – лабораторная работа.

№ п/п	Контролируемые разделы	Коды, наименование и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Компоненты сорбционных систем и их свойства	ОПК-1	Знает современное состояние науки в области физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
		ПК-1	Знает методологию проведения синтеза и исследования в области физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
2	Экспериментальные методы изучения процессов из газовой фазы и из	ОПК-1	Умеет выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования	УО-1 УО-2 ПР-6 ПР-1	УО-1

	растворов	ПК-1	Умеет определять цель и задачи исследования, планировать и осуществлять экспериментальное исследование	УО-1 УО-2 ПР-6 ПР-1	УО-1
3	Термодинамика адсорбционных процессов	ОПК-1	Умеет представлять результаты научной работы	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
		ПК-1	Владеет методами планирования, подготовки, проведения НИР по физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
4	Теории адсорбции	ОПК-1	Умеет выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования	УО-1 УО-2 ПР-1 ПР-6	УО-1
		ПК-1	Знает методологию проведения синтеза и исследования в области физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1 ПР-6	УО-1
5	Адсорбция из растворов на твердых адсорбентах	ОПК-1	Знает современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в области физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
		ПК-1	Владеет методами анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
6	Кинетика физической адсорбции	ОПК-1	Знает современное состояние науки в области физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
		ПК-1	Владеет методами анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
		ПК-2	Знает правила эксплуатации современного исследовательского оборудования и приборов	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
7	Динамика физической адсорбции	ОПК-1	Знает навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1

		ПК-1	Владеет методами анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
		ПК-2	Знает теоретические основы новейших физико-химических методов исследования веществ и материалов	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
8	Современное состояние теории сорбционных процессов	ОПК-1	Знает современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в области физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
		ПК-1	Владеет методами анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
		ПК-2	Умеет интерпретировать результаты ЯМР-, ИК-спектроскопии, хромато-масс-спектрометрии и других физико-химических методов исследования веществ и материалов	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении 2.

## V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

1. Tolmachev, A. M. Adsorption of Gases, Vapors and Liquids / A. M. Tolmachev. – М. : Granica, 2012. – 214 p.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:689394&theme=FEFU>
2. Комаров, В. С. 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. 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.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:663077&theme=FEFU>

#### **Дополнительная литература:**

4. Грег С. Адсорбция, удельная поверхность, пористость / С. Грег, К. Синг. - М. : Мир, 1984. – 310 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:71188&theme=FEFU>
5. Золотов, Ю. А.. Сорбционное концентрирование микрокомпонентов из растворов / Ю. А. Золотов, Г. И. Цизин, С. Г. Дмитриенко / Российская академия наук, Институт общей и неорганической химии. – М. : Наука, 2007. – 320 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:259976&theme=FEFU>
6. Адамсон, А. Физическая химия поверхностей / А. Адамсон; под ред. З. М. Зорина, В. М. Муллера; пер. с англ. И. Г. Абидора; предисл. Б. В. Дерягина. – М. : Мир, 1979. – 568 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:688064&theme=FEFU>

#### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. База данных о веществах и их свойствах: <http://www.chemspider.com/>
2. База данных о веществах и их свойствах:  
<http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>
3. <http://e.lanbook.com>
4. <http://www.studentlibrary.ru>
5. <http://znanium.com>
6. <http://www.nelbook.ru>

#### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>
3. База данных полнотекстовых академических журналов Китая  
<http://oversea.cnki.net/>
4. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки <http://diss.rsl.ru/>
5. Электронные базы данных EBSCO <http://search.ebscohost.com/>

#### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

№ п/п	Место расположения компьютерной техники, на	Перечень программного обеспечения
-------	---	-----------------------------------

	которой установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	
1.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, L608 Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30.
2.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, L 752 учебная аудитория для проведения лабораторных занятий: Лаборатория адсорбции	
3.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус А , ауд. А1017.  Аудитория для самостоятельной работы аспирантов.	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30. Родительская программа Campus 3 49231495. Торговый посредник: JSC "Softline Trade" Номер заказа торгового посредника: Tr000270647-18. Photoshop CC for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscription Renewal №ЭА-667-17 от 08.02.2018. 07, Adobe Creative Cloud for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscription New Контракт №ЭА-667-17 от 08.02.2018. ESET NOD32 Secure Enterprise Контракт №ЭА-091-18 от 24.04.2018. AutoCAD Electrical 2015. Срок действия лицензии 10.09.2020. № договора 110002048940 в личном кабинете Autodesk. +2 Сублицензионное соглашение Blackboard № 2906/1 от 29.06.2012.

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

В процессе изучения дисциплины «Теория и практика адсорбционных процессов» предлагаются разнообразные методы и средства освоения учебного материала: лекции, лабораторные работы, коллоквиумы, тестирование, самостоятельная работа аспирантов.

## Лекции

**Лекция** – основная активная форма аудиторных занятий, необходимая для разъяснения основополагающих теоретических разделов. Предполагает интенсивную умственную деятельность аспиранта. Лекция носит познавательный, развивающий, воспитательный и организующий характер. Конспект лекций помогает усвоить теоретический материал дисциплины. При слушании лекции надо конспектировать ее рубрикацию, терминологию, ключевые слова, определения, формулы, графические схемы. Конспект является полезным, когда он пишется самим аспирантом. Можно разработать собственную схему сокращения слов. Название тем, параграфов можно выделять цветными маркерами.

При домашней работе с конспектом лекций необходимо использовать основной учебник и дополнительную литературу, которые рекомендованы по данной дисциплине. Именно такая серьезная работа аспиранта с лекционным материалом позволяет достичь ему успехов в овладении новыми знаниями.

При изложении лекционного курса по дисциплине «Теория и практика адсорбционных процессов» в качестве форм интерактивного обучения используются: лекция-беседа, лекция-визуализация, лекция-консультация, которые строятся на базе предшествующих знаний и знаний смежных дисциплин. Для иллюстрации словесной информации применяются презентации, интерактивная доска, таблицы, схемы. По ходу изложения лекционного материала ставятся проблемные и провоцирующие вопросы, включаются элементы дискуссии.

**Лекция-визуализация.** Чтение лекции сопровождается компьютерной презентацией с базовыми текстами (заголовки, формулировки, ключевые слова и термины), иллюстрациями, рисованием схем и написанием формул на интерактивной доске, производится демонстрация наглядных таблиц и слайдов, что способствует лучшему восприятию излагаемого материала. Лекция - визуализации требует определенных навыков: словесное изложение материала должно сопровождаться и сочетаться с визуальной формой. Информация, изложенная в виде схем, таблиц, слайдов, позволяет формировать проблемные вопросы и способствует развитию профессионального мышления будущих специалистов.

**Лекция-беседа** – «диалог с аудиторией» – является распространенной формой интерактивного обучения и позволяет непосредственно вовлекать аспирантов в учебный процесс, так как создает прямой контакт преподавателя с аудиторией. Такой контакт достигается по ходу лекции, когда аспирантам задаются вопросы проблемного, провоцирующего или информационного характера или когда аспирантам самим предлагается задавать вопросы. Вопросы предлагаются всей аудитории, и любой из аспирантов может предложить свой ответ, другой может его дополнить. При этом от лекции к лекции выявляются активные и пассивные аспиранты, преподаватель по возможности активизирует аспирантов, которые не участвуют в работе. Такая форма лекции позволяет вовлечь всех аспирантов в работу, активизировать их внимание, мышление, получить коллективный опыт, научиться формировать вопросы. Преимущество лекции-беседы

состоит в том, что она позволяет привлекать внимание аспирантов к наиболее важным вопросам темы, определять содержание и темп изложения учебного материала.

**Лекция-консультация.** Преподаватель делает краткое (тезисное) сообщение. Аспиранты задают вопросы, на которые отвечает преподаватель и другие аспиранты. На основе вопросов и ответов разворачивается творческая дискуссия.

### **Практические занятия**

**Лабораторные работы.** Лабораторные работы повышают качество обучения, способствуют развитию познавательной активности у аспирантов, их логического мышления и творческой самостоятельности. В процессе выполнения лабораторных работ углубляются и конкретизируются теоретические знания, вырабатывается умение применять их на практике. Приобретаются навыки работы с современными методами физической химии. Аспирант учится правильно использовать методы, видеть их достоинства и недостатки, получает неоценимый опыт по использованию данных методов. Все это позволяет глубже понять теоретические основы адсорбции. Формируются навыки научно-исследовательской работы и профессиональные компетенции.

**Коллоквиумы.** Коллоквиум – коллективная форма рассмотрения и закрепления учебного материала. Коллоквиумы являются одним из видов практических занятий, предназначенных для углубленного изучения дисциплины, проводятся в интерактивном режиме. На занятиях по теме коллоквиума разбираются вопросы, и затем вместе с преподавателем проводится их обсуждение, которое направлено на закрепление материала, формирование навыков вести полемику, развитие самостоятельности и критичности мышления, на способность аспирантов ориентироваться в больших информационных потоках, вырабатывать и отстаивать собственную позицию по проблемным вопросам учебной дисциплины.

В качестве методов интерактивного обучения на коллоквиумах используются: развернутая беседа, диспут, пресс-конференция.

**Развернутая беседа** предполагает подготовку аспирантов по каждому вопросу плана занятия с единым для всех перечнем рекомендуемой обязательной и дополнительной литературы. Доклады готовятся аспирантами по заранее предложенной тематике.

**Диспут** в группе имеет ряд достоинств. Диспут может быть вызван преподавателем в ходе занятия или же заранее планируется им. В ходе полемики аспиранты формируют у себя находчивость, быстроту мыслительной реакции.

**Пресс-конференция.** Преподаватель поручает нескольким аспирантам подготовить краткие (тезисные) сообщения. После докладов аспиранты задают вопросы, на которые отвечают докладчики и другие члены экспертной группы. На основе вопросов и ответов разворачивается творческая дискуссия вместе с преподавателем.



**Контрольные тесты.** Используется бланковое или компьютерное тестирование в режиме выбора правильных ответов, установления соответствия понятий, обозначения деталей на схемах и прочее.

Возможны также письменные контрольные работы в форме традиционных письменных ответов на ряд вопросов по пройденной теме, изложенной в лекциях и обсужденной на коллоквиумах. Несмотря на произвольность формы, в ответах обязательно использование терминов, ключевых слов и понятий, а при необходимости схем и формул. По некоторым темам предлагается решение задач.

### **Методические указания по работе с литературой**

Надо составить первоначальный список источников. Основой может стать список литературы, рекомендованный в рабочей программе курса. Для удобства работы можно составить собственную картотеку отобранных источников (фамилия авторов, заглавие, характеристики издания) в виде рабочего файла в компьютере. Такая картотека имеет преимущество, т.к. она позволяет добавлять источники, заменять по необходимости одни на другие. Первоначальный список литературы можно дополнить, используя электронный каталог библиотеки ДВФУ, при этом не стесняйтесь обращаться за помощью к сотрудникам библиотеки.

Работая с литературой по той или другой теме, надо не только прочитать, но и усвоить метод ее изучения: сделать краткий конспект, алгоритм, схему прочитанного материала, что позволяет быстрее его понять, запомнить. Не рекомендуется дословно переписывать текст.

### **Методические рекомендации к самостоятельной работе аспиранта**

Текущий контроль результатов самостоятельной работы осуществляется в ходе проведения лабораторных работ (устный опрос), коллоквиумов и тестирования. На основании этих результатов аспирант получает текущие и зачетные оценки, по которым выводится итоговая оценка. Промежуточная (семестровая) аттестация проводится в форме устного зачета.

### **Методические указания по подготовке к лабораторным работам и их выполнению**

К лабораторным работам аспирант должен подготовиться: повторить лекционный материал, прочитать нужный раздел по теме в учебнике.

Занятие начинается с краткого устного опроса по заданной теме. Далее аспиранты работают с конкретными методами.

Для занятий необходимо иметь халат и сменную обувь. Необходимо освоить технику безопасности при работе со всеми используемыми на занятии методами, правильно оценить, сколько необходимо реактивов и расходных материалов для работы. Только после этого аспирант может начинать непосредственно работать с поставленной задачей. В конце занятия аспирант предоставляет преподавателю отчет по результатам проделанной работы с выводами.

Ответы на вопросы, выступления и активность аспирантов на занятии оцениваются текущей оценкой.

### **Структура отчета по лабораторной работе**

Отчеты по лабораторным работам представляются в электронной форме, подготовленные как текстовые документы в редакторе MSWord, а также расчеты в MS Excell.

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).

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 выполнения лабораторной работы**

*Оценивание лабораторных работ* проводится по критериям:

Полнота и качество выполненных заданий;

Теоретическое обоснование полученного результата;

Качество оформления отчета, использование правил и стандартов оформления текстовых и электронных документов;

Отсутствие фактических ошибок, связанных с пониманием темы.

*Оценивание отчета по лабораторной работе* по критериям:

Определены цели и задачи;

Выбраны метод и средства проведения эксперимента;

Проведены необходимые расчеты;

Построены графики и проведена их обработка для вычисления результатов;

Правильно оформлен документ.

### **Критерии оценки подготовки к лабораторным работам**

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 указания по подготовке к коллоквиумам**

Поскольку коллоквиум является коллективной формой рассмотрения и закрепления учебного материала, к нему должны готовиться все аспиранты. Коллоквиум обычно проводится в форме развернутой беседы, диспута, пресс-конференции. На каждый коллоквиум заранее объявляется тема и перечень вопросов для устных сообщений. По всем вопросам надо проработать соответствующий материал из учебника, конспекта лекций, дополнительной литературы и соответствующей лабораторной работы. Преподаватель объявляет вопрос и предлагает сделать сообщение на 5-7 минут одному из аспирантов – либо по их желанию, либо по своему выбору. После сообщения преподаватель и аспиранты задают вопросы и выступают с дополнениями и комментариями.

Ответы на вопросы, выступления и активность аспирантов на занятии оцениваются текущей оценкой.

#### **Методические указания по подготовке доклада**

По отдельным темам на коллоквиумах могут делаться более емкие и глубокие доклады – до 15-20 минут. Тема доклада может быть предложена преподавателем или выбрана аспирантом самостоятельно.

При подготовке к докладу проводится подбор литературных источников по теме из рекомендуемой основной и дополнительной литературы, а также работа с ресурсами информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», указанными в рабочей программе.

Работа с текстом научных книг и учебников состоит не только в прочтении материала, необходимо провести анализ, сравнить изложение материала в разных источниках, подобрать материал таким образом, чтобы он раскрывал тему доклада. Проанализированный материал конспектируют, при этом надо избегать простого переписывания текстов без каких либо комментариев и анализа. Прямое заимствование текстов других авторов в науке не допускается, оно определяется как плагиат и является наказуемым. Цитирование небольших фрагментов (со ссылкой на автора) допускается, если надо подчеркнуть стиль или сущность авторского определения, но злоупотреблять чужими текстами нельзя. Доклад должен быть выстроен логично, материал излагается цельно, связно и последовательно, делаются выводы. Желательно, чтобы аспирант мог выразить своё мнение по обсуждаемой проблеме. Необходимо заранее продумать схемы для иллюстрации на доске или приготовить их в форме компьютерной презентации. В докладе обязательно необходимо использовать термины и ключевые слова по данной теме. После доклада проводится обсуждение с дополнениями и поправками. Оценивается как качество доклада, так и активность участников дискуссии.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

№ п/п	Место расположения компьютерной техники, на которой установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	Перечень программного обеспечения
1.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, L608 Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Мультимедийное оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 ССВА - 1 шт. Парты и стулья
2.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, L 752 учебная аудитория для проведения лабораторных занятий: Лаборатория адсорбции	Шкаф вытяжной для работы с кислотами, столешница - FRIDURIT 20 (в комплекте) ЛАБ, 2 встряхивающих устройства с подогревом ЛАБ-ПУ-02, лабораторная установка "Равновесие распределения", потенциостат П-5827м, стол для весов ЛАБ-PRO СВ 60.40.75 Г, 2 шкафа для баллонов ЛАБ-PRO ШМБ 60.35.165, 2 шкафа для хранения реактивов ЛАБ-PRO ШМР 60.50.195 (Дл.600, Гл.500, Выс.1950 мм,
3.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус А , ауд. А1017.	Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 15 шт. Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox - 1 шт.

	Аудитория для самостоятельной работы аспирантов.	Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C – 1 шт.
4.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L 535а. помещение для хранения и профилактического обслуживания оборудования	



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 «Теория и практика адсорбционных процессов»**

Направление подготовки *04.06.01 Химические науки*

Профиль *«Физическая 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	1 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций, подготовка к лабораторной работе и тестированию	3 час	Устный ответ
2	2 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций, подготовка к лабораторным занятиям. Самостоятельное изучение отдельных разделов дисциплины. Подготовка к коллоквиуму и тестированию	3 час	Работа на лабораторном занятии с методами, Устный ответ
3	3 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций, подготовка к лабораторным занятиям	3 час	Устный ответ, Работа на лабораторном занятии с методами, Коллоквиум, Тестирование
3	3 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций. Подготовка к лабораторным занятиям. Самостоятельное изучение отдельных разделов дисциплины. . Подготовка к коллоквиуму и тестированию	3 час	Работа на лабораторном занятии с методами, Устный ответ
5	5 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций Подготовка к лабораторным занятиям	3 час	Устный ответ, Работа на лабораторном занятии с методами, Коллоквиум, Тестирование
6	6 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций	3 час	Работа на практическом занятии с методами,



		Подготовка к коллоквиуму и тестированию		Устный ответ
7	7 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций, подготовка к лабораторным занятиям	3 час	Устный ответ, Работа на лабораторном занятии, Коллоквиум, Тестирование
8	8 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций, подготовка к лабораторным занятиям. Подготовка к коллоквиуму и тестированию	3 час	Работа на лабораторном занятии с методами, Устный ответ
9	9 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций, подготовка к лабораторным занятиям. Самостоятельное изучение отдельных разделов дисциплины	3 час	Устный ответ, Работа на лабораторном занятии с методами, Коллоквиум, Тестирование
10	10 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций, подготовка к лабораторным занятиям. Подготовка к коллоквиуму и тестированию	3 час	Работа на лабораторном занятии с методами, Устный ответ
11	11 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций, Подготовка к лабораторным занятиям	3 час	Устный ответ, Работа на лабораторном занятии с методами, Коллоквиум, Тестирование
12	12 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций. Подготовка к коллоквиуму и тестированию	3 час	Работа на лабораторном занятии с методами, Устный ответ
13	13 неделя	Самостоятельное изучение отдельных разделов дисциплины.	3 час	Устный ответ, Работа на лабораторном занятии с методами,

		Подготовка к лабораторным занятиям		Коллоквиум, Тестирование
14	14 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций. Подготовка к лабораторным занятиям. Подготовка к коллоквиуму и тестированию	3 час	Работа на лабораторном занятии с методами, Устный ответ
15	15 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций. Самостоятельное изучение отдельных разделов дисциплины. Подготовка к лабораторным занятиям	3 час	Устный ответ, Работа на лабораторном занятии с методами, Коллоквиум, Тестирование
16	16неделя	Работа с литературой и конспектом лекций. Подготовка к лабораторным занятиям. Подготовка к коллоквиуму и тестированию	3 час	Работа на лабораторном занятии с методами, Устный ответ
17	17 неделя	Работа с литературой и конспектом лекций. Подготовка к коллоквиуму и тестированию	3 час	Устный ответ, Работа на лабораторном занятии с методами, Коллоквиум, Тестирование
18	18 неделя	Самостоятельное изучение отдельных разделов дисциплины.	3 час	Коллоквиум, Тестирование. Устное собеседование

Текущий контроль результатов самостоятельной работы осуществляется в ходе проведения лабораторных работ (устный опрос), коллоквиумов и тестирования. На основании этих результатов аспирант получает текущие и зачетные оценки, по которым выводится итоговая оценка. Промежуточная (семестровая) аттестация проводится в форме устного зачета.

**Методические указания по подготовке к лабораторным работам и их выполнению**

К лабораторным работам аспирант должен подготовиться: повторить лекционный материал, прочитать нужный раздел по теме в учебнике.

Занятие начинается с краткого устного опроса по заданной теме. Далее аспиранты работают с конкретными методами.

Для занятий необходимо иметь халат и сменную обувь. Необходимо освоить технику безопасности при работе со всеми используемыми на занятии методами, правильно оценить, сколько необходимо реактивов и расходных материалов для работы. Только после этого аспирант может начинать непосредственно работать с поставленной задачей. В конце занятия аспирант предоставляет преподавателю отчет по результатам проделанной работы с выводами.

Ответы на вопросы, выступления и активность аспирантов на занятии оцениваются текущей оценкой.

### **Методические указания по подготовке к коллоквиумам**

Поскольку коллоквиум является коллективной формой рассмотрения и закрепления учебного материала, к нему должны готовиться все аспиранты. Коллоквиум обычно проводится в форме развернутой беседы, диспута, пресс-конференции. На каждый коллоквиум заранее объявляется тема и перечень вопросов для устных сообщений. По всем вопросам надо проработать соответствующий материал из учебника, конспекта лекций, дополнительной литературы и соответствующей лабораторной работы. Преподаватель объявляет вопрос и предлагает сделать сообщение на 5-7 минут одному из аспирантов – либо по их желанию, либо по своему выбору. После сообщения преподаватель и аспиранты задают вопросы и выступают с дополнениями и комментариями.

Ответы на вопросы, выступления и активность аспирантов на занятии оцениваются текущей оценкой.

### **Методические указания по подготовке доклада**

По отдельным темам на коллоквиумах могут делаться более емкие и глубокие доклады – до 15-20 минут. Тема доклада может быть предложена преподавателем или выбрана аспирантом самостоятельно.

При подготовке к докладу проводится подбор литературных источников по теме из рекомендуемой основной и дополнительной литературы, а также работа с ресурсами информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», указанными в рабочей программе.

Работа с текстом научных книг и учебников состоит не только в прочтении материала, необходимо провести анализ, сравнить изложение материала в разных источниках, подобрать материал таким образом, чтобы он раскрывал тему доклада. Проанализированный материал конспектируют, при этом надо избегать простого переписывания текстов без каких либо комментариев и анализа. Прямое заимствование текстов других авторов в науке не допускается, оно определяется как плагиат и является наказуемым. Цитирование небольших фрагментов (со ссылкой на автора) допускается, если надо подчеркнуть стиль или сущность авторского определения, но злоупотреблять чужими текстами

нельзя. Доклад должен быть выстроен логично, материал излагается цельно, связно и последовательно, делаются выводы. Желательно, чтобы аспирант мог выразить своё мнение по обсуждаемой проблеме. Необходимо заранее продумать схемы для иллюстрации на доске или приготовить их в форме компьютерной презентации. В докладе обязательно необходимо использовать термины и ключевые слова по данной теме. После доклада проводится обсуждение с дополнениями и поправками. Оценивается как качество доклада, так и активность участников дискуссии.

### **Методические указания по работе с литературой**

Надо составить первоначальный список источников. Основой могут стать список литературы, рекомендованный в рабочей программе курса. Для удобства работы можно составить собственную картотеку отобранных источников (фамилия авторов, заглавие, характеристики издания) в виде рабочего файла в компьютере. Такая картотека имеет преимущество, т.к. она позволяет добавлять источники, заменять по необходимости одни на другие, убирать те, которые оказались не соответствующими тематике. Первоначальный список литературы можно дополнить, используя электронный каталог библиотеки ДВФУ, при этом не стесняйтесь обращаться за помощью к сотрудникам библиотеки.

Работая с литературой по той или другой теме, надо не только прочитать, но и усвоить метод ее изучения: сделать краткий конспект, алгоритм, схему прочитанного материала, что позволяет быстрее его понять, запомнить. Не рекомендуется дословно переписывать текст.



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 «Теория и практика адсорбционных процессов»**  
Направление подготовки *04.06.01 Химические науки*  
Профиль *«Физическая химия»*  
Форма подготовки (очная)

**Владивосток**  
**2015**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1: способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области физической химии с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Знает	<ul style="list-style-type: none"> <li>- современное состояние науки в области физической химии;</li> <li>- современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в области физической химии</li> </ul>
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>-выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования;</li> <li>- представлять результаты научной работы</li> </ul>
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований;</li> <li>- навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности</li> </ul>
ПК-1: способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности (направленности) Физическая химия	Знает	<ul style="list-style-type: none"> <li>- современное состояние науки в области адсорбции</li> <li>- методологию проведения синтеза и исследования в области физической химии</li> </ul>
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- определять цель и задачи исследования, планировать и осуществлять экспериментальное исследование</li> <li>- представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу</li> </ul>
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- методами планирования, подготовки, проведения НИР по физической химии</li> <li>- методами анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по физической химии</li> </ul>
ПК-2 Способность к профессиональной эксплуатации современного исследовательского оборудования и приборов	Знает	<ul style="list-style-type: none"> <li>- современное состояние экспериментальных методов в области физической химии;</li> <li>- правила эксплуатации современного исследовательского оборудования и приборов;</li> <li>- теоретические основы новейших физико-химических методов исследования веществ и материалов</li> </ul>
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять синтез функциональных материалов, используя современное исследовательское оборудование;</li> <li>- интерпретировать результаты ЯМР-, ИК-спектроскопии, хромато-масс-спектрометрии и других физико-химических методов исследования веществ и материалов</li> </ul>
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- экспериментальными методами подготовки и</li> </ul>

		<p>проведения научно-исследовательской работы по физической химии;</p> <p>- навыками работы с современным исследовательским оборудованием, приборами, программными комплексами обработки результатов в области физической химии</p>
--	--	---

№ п/п	Контролируемые разделы	Коды, наименование и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Компоненты сорбционных систем и их свойства	ОПК-1	Знает современное состояние науки в области физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
		ПК-1	Знает методологию проведения синтеза и исследования в области физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
2	Экспериментальные методы изучения процессов из газовой фазы и из растворов	ОПК-1	Умеет выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования	УО-1 УО-2 ПР-6 ПР-1	УО-1
		ПК-1	Умеет определять цель и задачи исследования, планировать и осуществлять экспериментальное исследование	УО-1 УО-2 ПР-6 ПР-1	УО-1
3	Термодинамика адсорбционных процессов	ОПК-1	Умеет представлять результаты научной работы	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
		ПК-1	Владеет методами планирования, подготовки, проведения НИР по физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
4	Теории адсорбции	ОПК-1	Умеет выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования	УО-1 УО-2 ПР-1 ПР-6	УО-1
		ПК-1	Знает методологию проведения синтеза и исследования в области физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1 ПР-6	УО-1
5	Адсорбция из растворов на	ОПК-1	Знает современные способы использования	УО-1 УО-2	УО-1

твердых адсорбентах		информационно-коммуникационных технологий в области физической химии	ПР-1	
	ПК-1	Владеет методами анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
Кинетика физической адсорбции	ОПК-1	Знает современное состояние науки в области физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
	ПК-1	Владеет методами анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
	ПК-2	Знает правила эксплуатации современного исследовательского оборудования и приборов	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
Динамика физической адсорбции	ОПК-1	Знает навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
	ОПК-2	Владеет навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
	ПК-1	Владеет методами анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
	ПК-2	Знает теоретические основы новейших физико-химических методов исследования веществ и материалов	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
Современное состояние теории сорбционных процессов	ОПК-1	Знает современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в области физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
	ПК-1	Владеет методами анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по физической химии	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1



		ПК-2	Умеет интерпретировать результаты ЯМР-, ИК-спектроскопии, хромато-масс-спектрометрии и других физико-химических методов исследования веществ и материалов	УО-1 УО-2 ПР-1	УО-1
--	--	------	---	----------------------	------

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		Критерии	Показатели
ОПК-1 способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	знает (пороговый уровень)	современные методы и методики анализа, в том числе в рамках новых научных подходов в науке, современные информационно-коммуникационные технологии, используемые в науке	знание методов анализа в соответствующей профессиональной области и информационно-коммуникационных технологий, используемых в данной области	способность демонстрировать системные знания о современных методах анализа в соответствующей профессиональной области и информационно-коммуникационных технологиях, используемых в данной области
	умеет (продвинутый)	осуществлять отбор и использовать оптимальные методы исследования и современные информационные технологии в научной деятельности	умение отбирать и использовать методы исследования и применять информационные технологии с учетом специфики профессиональной области	способность на высоком уровне осуществлять отбор и эффективно использовать современные исследовательские методы анализа и применения информационных технологий с учетом специфики направления подготовки

	владеет (высокий)	навыками использования современных методов научного исследования и навыками применения информационно-коммуникационных технологий в науке	владение современными методами научного исследования и информационно-коммуникационных технологий	способность на высоком уровне владеть навыками системного использования современных методов научного исследования и навыками эффективного применения информационно-коммуникационных технологий в соответствующей профессиональной сфере
ПК-1 Способность творчески использовать в научной, производственно-технологической и педагогической деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов специальных (профильных) дисциплин	знает (пороговый уровень)	фундаментальные и прикладные разделы специальных (профильных) дисциплин, варианты творческого использования в научной, производственно-технологической и педагогической деятельности данных разделов	знание фундаментальных и прикладных разделов специальных (профильных) дисциплин, вариантов творческого использования в научной, производственно-технологической и педагогической деятельности данных разделов	способность творческого использования в научной, производственно-технологической и педагогической деятельности фундаментальных и прикладных разделов специальных (профильных) дисциплин
	умеет (продвинутый)	творчески использовать в научной, производственно-технологической и педагогической деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов специальных (профильных) дисциплин	умение творчески использовать в научной, производственно-технологической и педагогической деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов специальных (профильных) дисциплин	способность творчески использовать в научной, производственно-технологической и педагогической деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов специальных (профильных) дисциплин
	владеет (высокий)	навыками творческого использования в научной, производственно-	владение навыками творческого использования в научной, производственно-	способность творчески использовать в научной, производственно-

		технологической и педагогической деятельности знаний фундаментальных и прикладных разделов специальных (профильных) дисциплин	технологической и педагогической деятельности знаний фундаментальных и прикладных разделов специальных (профильных) дисциплин	технологической и педагогической деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов специальных (профильных) дисциплин
ПК-2. Способность к профессиональной эксплуатации современного исследовательского оборудования и приборов	знает (пороговый уровень)	- современное состояние экспериментальных методов в области физической химии; - правила эксплуатации современного исследовательского оборудования и приборов; - теоретические основы новейших физико-химических методов исследования веществ и материалов	знание современных методов и способов исследования в области физической химии	способность успешно и на высоком уровне использовать современные методы и способы исследования в области физической химии
	умеет (продвинутой)	осуществлять физико-химические исследования, используя современное исследовательское оборудование;	умение интерпретировать результаты ЯМР-, ИК-спектроскопии, хромато-масс-спектрометрии и других физико-химических методов исследования веществ и материалов	способен осуществлять физико-химические исследования, используя современное исследовательское оборудование; -интерпретировать результаты физико-химических методов исследования веществ и материалов
	владеет (высокий)	Навыками экспериментальных методов подготовки и проведения научно-исследовательской работы по физической химии	владение навыками работы с современным исследовательским оборудованием, приборами, программными комплексами	способен на высоком уровне проводить исследования, используя современные методы и способы исследования в

			обработки результатов в области физической химии	области физической химии
--	--	--	---	-----------------------------

## **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

В качестве заключительного этапа промежуточной (семестровой) аттестации по дисциплине «Теория и практика адсорбционных процессов» предусмотрен экзамен.

### **Подготовка экзамену**

В процессе подготовки к зачету и 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. 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.

### **Методические указания по сдаче экзамена**

На экзамене в качестве оценочного средства применяется собеседование по вопросам, составленным ведущим преподавателем. Экзамен принимается ведущим преподавателем или его ассистентом.

Во время проведения экзамена аспиранты могут пользоваться рабочей программой учебной дисциплины. В случае использования аспирантом средств для списывания, преподаватель имеет право удалить аспиранта с экзамена, а в экзаменационную ведомость поставить неудовлетворительно.

При явке на экзамен аспиранты обязаны иметь при себе зачетную книжку. Преподаватель заполняет соответствующие графы зачетной книжки аспиранта: название дисциплины в соответствии с учебным планом, ее трудоемкость, фамилия преподавателя, оценка, дата, подпись.

Для сдачи устного экзамена аспирант приглашается в специализированную аудиторию. Выходить из аудитории во время подготовки к ответам без разрешения преподавателя аспирантам запрещается. Время, предоставляемое аспиранту на подготовку к ответу на экзамене – 30 минут.

При сдаче экзамена преподаватель может задавать дополнительные вопросы. Если аспирант затрудняется ответить на один вопрос, то ему можно предложить ответить на другой, но не более одного раза.

При промежуточной аттестации установлены оценки на зачете: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

При неявке аспиранта на экзамен без уважительной причины в ведомости делается запись «не явился».

Оценки, выставленные преподавателем по итогам экзамена, не подлежат пересмотру. Аспирант, не согласный с выставленной оценкой, имеет право подать заявление на имя директора Школы. В случае обоснованности поданного заявления директор Школы создает комиссию в составе трех преподавателей по соответствующей кафедре. Оценка, полученная аспирантом во время пересдачи экзамена комиссии, является окончательной.

### **Критерии выставления оценки на экзамене**

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, недопуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной дисциплине.

## **Вопросы к экзамену по дисциплине «Теория и практика адсорбционных процессов»**

### **Вопросы к экзамену**

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.
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. Удельная поверхность твердого тела ( $S_{уд}$ ). Соотношения между удельной поверхностью и размером частиц твердых тел разной структуры. Связь величины  $S_{уд}$  с емкостью монослоя.
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 Ленгмюра.
11. Теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра. Возможности и недостатки теории.
12. Теория полимолекулярной адсорбции Брунауэра, Эмметта, Теллера (БЭТ). Уравнение БЭТ в линейной форме. Приложение уравнения к экспериментальным данным. Определение удельной поверхности твердого тела методом БЭТ.
13. Определение величины удельной поверхности методом БЭТ. Требования к адсорбатам.
14. 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.
15. Анализ изотерм адсорбции с помощью  $as$ -графиков. Оценка величины удельной поверхности по  $as$ -графикам.
16. Классификация пор по размерам, предложенная Дубининым. Механизмы сорбции газов и паров пористыми твердыми телами. Влияние размера пор.

17. Классификация пор по размерам Дубинина. Взаимосвязь механизма заполнения пор с видом изотерм сорбции.
18. Классификация сорбентов по виду изотерм сорбции, предложенная Киселевым. Анализ изотерм сорбции IV типа.
19. Изотермы сорбции мезопористых сорбентов. Механизм процесса адсорбции в мезопорах. Капиллярная конденсация в мезопорах.
20. Уравнение Томсона (Кельвина), связывающее давление пара жидкости с радиусом кривизны ее поверхности. Вывод уравнения.
21. Расчет распределения пор по размерам с помощью уравнения Кельвина. Соотношение между радиусом кривизны мениска и размером пор.
22. Сорбционно-десорбционный гистерезис, его причины. Использование десорбционной ветви изотермы для расчета распределения пор по размерам.
23. Анализ вида изотерм на микропористых адсорбентах. Механизм адсорбции в микропорах. Оценка объема микропор из адсорбционных данных.



## Образцы экзаменационных билетов

### МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
Школа естественных наук

ООП 04.06.01- Химия

Дисциплина «Теория и практика адсорбционных процессов»

Форма обучения – очная

Семестр 3 2019- 2020 учебного года

Реализующая кафедра: Физической и аналитической химии

#### Экзаменационный билет № 1

1. Основные понятия адсорбции. Адсорбат, адсорбент, адсорбционная система. Структурные характеристики адсорбентов: удельная поверхность пористость, радиус пор.
2. Математическое описание динамики адсорбции. Уравнения динамики адсорбции, их анализ и применение для определения характеристик работы адсорбера

Врио Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Соколова Л.И.

М.П. (школы)

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования**

**«Дальневосточный федеральный университет»**

**Школа естественных наук**

ООП 04.06.01- Химия

Дисциплина «Теория и практика адсорбционных процессов»

Форма обучения – очная

Семестр 3 2019- 2020 учебного года

Реализующая кафедра: Физической и аналитической химии

**Экзаменационный билет № 2**

1. Движущие силы адсорбции. Понятие поверхностной энергии, поверхностное натяжение как мера поверхностной энергии. Физическая адсорбция и хемосорбция.
2. Стационарные и нестационарные процессы адсорбции. Основные стадии процесса адсорбции: диффузия к поверхности, собственно адсорбция, диффузия с поверхности. Лимитирующая стадия процесса адсорбции.

Врио Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Соколова Л.И.

М.П. (школы)

## **Оценочные средства для текущего контроля**

**Устный опрос** - наиболее распространенный метод контроля знаний аспирантов. При устном опросе устанавливается непосредственный контакт между преподавателем и аспирантами, в процессе которого преподаватель получает широкие возможности для оценки количества и качества усвоения аспирантами учебного материала. Он является наиболее распространенной и адекватной формой контроля знаний учащихся, включает в себя собеседование (главным образом на зачете), коллоквиум, доклад.

### **Критерии оценки устного ответа:**

«5 баллов» выставляется аспиранту, если он на обсуждаемые вопросы дает правильные ответы, которые отличаются глубиной и полнотой раскрытия темы, умеет делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, которые логичны и последовательны.

«4 балла» выставляется аспиранту, если он на обсуждаемые вопросы дает правильные ответы, которые отличаются глубиной и полнотой раскрытия темы, умеет делать выводы и обобщения, однако допускается одну - две ошибки в ответах.

«3 балла» выставляется аспиранту, если он на обсуждаемые вопросы дает ответы, которые недостаточно полно его раскрывают, отсутствует логическое построение ответа, допускает несколько ошибок.

«2 балла» выставляется аспиранту, если он на обсуждаемые вопросы дает ответы, которые показывают, что он не владеет материалом темы, не может дать аргументированные ответы, допускаются серьезные ошибки в содержании ответа.

## **Темы коллоквиумов**

### **по дисциплине «Теория и практика адсорбционных процессов»**

#### **Коллоквиум № 1. Основные понятия теории адсорбционных процессов Экспериментальные методы изучения процессов из газовой фазы и из растворов**

##### **Вопросы:**

1. Адсорбат, адсорбент, адсорбционная система. Структурные характеристики адсорбентов: удельная поверхность пористость, радиус пор.
2. Классификация адсорбентов по структурным характеристикам, кристаллическому строению. Количественные характеристики адсорбции: количество поглощенного вещества, адсорбционная емкость
3. Стандартные изотермы адсорбции. Критерии выбора стандартных изотерм. Анализ изотерм адсорбции с помощью t-графиков: кривые зависимости величины адсорбции от толщины адсорбционной пленки.

- Расчет величины удельной поверхности по t-графикам.
4. Влияние микро - и мезопористости на форму t-графиков. Анализ изотерм адсорбции с помощью as-графиков. Нормализованная величина адсорбции. Отклонения от линейности as-графиков. Преимущества as-графиков. Оценка величины удельной поверхности по as-графикам. Анализ изотерм адсорбции с помощью сравнительных графиков. Сравнение изотерм адсорбции на данном твердом теле и эталоне с помощью f-графиков.
  5. Движущие силы адсорбции. Понятие поверхностной энергии, поверхностное натяжение как мера поверхностной энергии. Физическая адсорбция и хемосорбция. Экспериментальные методы изучения процессов из газовой фазы и из растворов. Изотермы, изобары, изостеры адсорбции.
  6. Взаимодействие полярных молекул с полярной поверхностью, ориентационная составляющая адсорбционных сил, формула Кеезома. Механизм индукционного взаимодействия молекул с поверхностью.
  7. Взаимодействие неполярных молекул с неполярной поверхностью, дисперсионная составляющая адсорбционных сил, уравнение Лондона. Уравнение Леннарда-Джонсона, учитывающее основные составляющие адсорбционных сил. Потенциальная диаграмма взаимодействия молекулы с поверхностью адсорбента. Примеры проявления составляющих адсорбционного взаимодействия в конкретных системах.

### **Коллоквиум № 2 Теории адсорбции.**

#### **Вопросы:**

1. Вывод уравнения Лэнгмюра для изотермы адсорбции, основанный на кинетических представлениях.
2. Анализ изотермы Лэнгмюра (область Генри, область полного заполнения поверхности, смысл константы адсорбции).
3. Анализ изотермы Лэнгмюра (область Генри, область полного заполнения поверхности, смысл константы адсорбции).
4. Использование изотермы Лэнгмюра для определения теплоты адсорбции, удельной поверхности адсорбента

### **Коллоквиум № 3. Кинетика и динамика физической адсорбции, современное состояние теории сорбции**

#### **Вопросы**

1. Стационарные и нестационарные процессы адсорбции (1 час)
2. Основные стадии процесса адсорбции: диффузия к поверхности, собственно адсорбция, диффузия с поверхности. Лимитирующая стадия

процесса адсорбции.

3. Кинетические закономерности собственно адсорбционной и диффузионной стадии

4. Влияние пористой структуры адсорбентов на кинетику адсорбции.

5. Практическое применение соотношений кинетики адсорбции: промышленные адсорберы.

6. Основные понятия динамики адсорбции: длина работающего слоя, время проскока, выходная кривая

7. Математическое описание динамики адсорбции. Уравнения динамики адсорбции, их анализ и применение для определения характеристик работы адсорбера

8. Модифицирование углеродных адсорбентов обработкой химическими реагентами.

9. Электрохимическое модифицирование углеродных материалов.

10. Темплатный синтез каталитически активных образований на поверхности углеродных и неорганических материалов. Направленный синтез функциональных пористых материалов.

11. Способы регенерации адсорбентов. Выбор оптимальной пористой структуры.

**Тест** является письменной или компьютерной формой контроля, направленной на проверку владения терминологическим аппаратом и конкретными (точными) знаниями в области фундаментальных и прикладных дисциплин.

#### Критерии оценки теста:

5 баллов выставляется аспиранту, если он ответил на 100-86 % от всех вопросов.

4 балла выставляется за правильный ответ на 85-76 % от всех вопросов.

3 балла выставляется за правильный ответ на 75-65 % от всех вопросов.

2 балла выставляется за правильный ответ на 64-50 % от всех вопросов.

1 балла выставляется за правильный ответ менее чем на 50 % от всех вопросов.

### **Тесты**

**по дисциплине «Теория и практика адсорбционных процессов»**

Тестирование по пройденным темам проводится на бумажных бланках. Пример теста для проверки знаний по дисциплине «Теория и практика адсорбционных процессов» приведен ниже:

**УКАЖИТЕ НОМЕР ПРАВИЛЬНОГО ОТВЕТА**

1. СПЕЦИФИЧЕСКАЯ АДСОРБЦИЯ ИОНОВ НА МЕЖФАЗНОЙ ГРАНИЦЕ МЕТАЛЛ/РАСТВОР ПРОИСХОДИТ ЗА СЧЕТ СИЛ
  - 1) Ван-дер-Ваальса
  - 2) кулоновских
  - 3) химических
  - 4) химических и Ван-дер-Ваальса
  
2. ЗНАК ПОТЕНЦИАЛА ЭЛЕКТРОДА ПО РАЦИОНАЛЬНОЙ (ПРИВЕДЕННОЙ) ШКАЛЕ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ЗНАКОМ
  - 1) заряда специфически адсорбирующихся ионов
  - 2)  $\psi_1$  - потенциала
  - 3) заряда электрода
  - 4) заряда ионов в двойном электрическом слое
  
3. ЭЛЕКТРОД, НА КОТОРОМ ОТСУТСТВУЕТ ОБМЕН ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ЗАРЯДАМИ МЕЖДУ ФАЗАМИ, НАЗЫВАЕТСЯ
  - 1) обратимым
  - 2) необратимым
  - 3) идеально-поляризуемым
  - 4) идеально-неполяризуемым
  
4. ПОТЕНЦИАЛ, СООТВЕТСТВУЮЩИЙ МАКСИМУМУ ЭЛЕКТРОКАПИЛЛЯРНОЙ КРИВОЙ, ОТВЕЧАЕТ ПОТЕНЦИАЛУ НУЛЕВОГО ЗАРЯДА ЭЛЕКТРОДА В ЭЛЕКТРОЛИТЕ
  - 1) индифферентном
  - 2) поверхностно-активном
  - 3) любом
  - 4) симметричном
  
5. ЕСЛИ КОНЦЕНТРАЦИЯ ЧАСТИЦ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ПО МЕРЕ ПРИБЛИЖЕНИЯ К ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА ФАЗ УВЕЛИЧИВАЕТСЯ, ТО АДСОРБЦИЯ НАЗЫВАЕТСЯ
  - 1) электростатической

- 2) специфической
- 3) положительной
- 4) отрицательной

6. ГИББСОВСКАЯ АДсорбция является величиной

- 1) всегда положительной
- 2) всегда отрицательной
- 3) как положительной, так и отрицательной

**УКАЖИТЕ НОМЕРА ВСЕХ ПРАВИЛЬНЫХ ОТВЕТОВ**

7. КОЛИЧЕСТВО КОМПОНЕНТА, НЕПОСРЕДСТВЕННО СВЯЗАННОГО С ЕДИНИЦЕЙ ПОВЕРХНОСТИ, ЭТО

- 1) поверхностная концентрация
- 2) гиббсовская адсорбция
- 3) поверхностный избыток
- 4) адсорбция по Ленгмюру

**УКАЖИТЕ НОМЕР ПРАВИЛЬНОГО ОТВЕТА**

8. ДИФфузное строение ионной обкладки двойного электрического слоя является следствием

- 1) взаимного отталкивания одноименно заряженных ионов
- 2) диффузии ионов к поверхности электрода
- 3) теплового движения ионов и молекул растворителя
- 4) взаимного притяжения противоположно заряженных ионов

9. Адсорбция по Ленгмюру является величиной

- 1) всегда положительной
- 2) всегда отрицательной
- 3) как положительной, так и отрицательной

10. МЕТОД ОБРАТНОГО ИНТЕГрирования служит для определения потенциала нулевого заряда в случае специфической адсорбции ионов по кривой зависимости

- 1) пограничного натяжения от потенциала
- 2) дифференциальной емкости от потенциала
- 3) гиббсовской адсорбции от потенциала
- 4) пограничного натяжения от концентрации

**Лабораторные работы**  
**по дисциплине «Теория и практика адсорбционных процессов»**

**Лабораторная работа №1.** Определение типа изотермы адсорбции в системе активированный уголь – раствор красителя, силикагель – раствор красителя, активированный уголь – бензойная кислота. (6 часов)

**Лабораторная работа №2.** Исследование кинетики адсорбции. Построение изотермы адсорбции по данным динамики адсорбции. (6 часов)

**Лабораторная работа №3.** Сравнение эффективности использования различных адсорбентов в очистке воды от примесей. (6 часов)

**Лабораторная работа №4.** Организация сорбционного процесса в колоночном варианте в процессе сорбционного извлечения примесей из раствора. (6 часов)

**Лабораторная работа №5.** Расчет кинетических характеристик сорбции диоксида углерода на углеродном волокне Актилен-Б Оценка проницаемости и пористой структуры углеродного волокна модифицированного соединениями марганца кинетическим методом адсорбции из газовой фазы (6 часов)

**Лабораторная работа №6.** Анализ литературных источников по теории и практике адсорбционных процессов и расчет различных параметров сорбции: константы адсорбции, коэффициента диффузии, пористой структуры, выходных кривых, определение типа изотермы (6 часов).