

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе
З.Х. Султыгова
_____ 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Адсорбция и хроматография, поверхностные явления
(наименование дисциплины)

Основной профессиональной образовательной программы

04.06.01 Химические науки
Профиль 02.00.02 Аналитическая химия
(код и наименование направления специальности)

Квалификация выпускника
Исследователь. Преподаватель -исследователь

Форма обучения

очная
(очная, заочная)

МАГАС, 2018 г.

Составители рабочей программы

профессор, г.к.н., пр. 1 З.М. Султанова З.Х.
(должность, уч. степень, звание) (подпись) (Ф. И. О.)

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры химии

Протокол заседания № 6 от «24» апреля 2018 г.

Заведующий кафедрой

З.М. Султанова З.Х.
(подпись) (Ф. И. О.)

Рабочая программа одобрена учебно-методическим советом
химико-биологич. факультета.
(к которому относится кафедра-составитель)

Протокол заседания № 4 от «28» апреля 2018 г.

Председатель учебно-методического совета
Пшечева А.М.
(подпись) (Ф. И. О.)

Рабочая программа одобрена учебно-методическим советом
_____ факультета
(к которому относится данное направление подготовки/специальность)

Протокол заседания № от « » _____ 20 г.

Председатель учебно-методического совета

(подпись) (Ф. И. О.)

Программа рассмотрена на заседании Учебно-методического совета университета

протокол № 5 от «23» мая 2018 г.

Председатель

Учебно-методического совета университета А.В. Овчинников Хашацуров Ш.Б.
(подпись) (Ф. И. О.)

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Адсорбция и хроматография, поверхностные явления» являются:

-изучение поверхностных явлений, химических сил, действующих на поверхности, описание вещества как фазовой системы.

- рассмотрение обусловленных поверхностными явлениями процессов адсорбции и хроматографии.

Термодинамика поверхностных явлений находит много практических применений; она помогает понять такие явления, как понижение поверхностного натяжения за счет растворенных веществ, адсорбция на твердых телах, хроматография, существование коллоидов и гетерогенный катализ.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Адсорбция и хроматография, поверхностные явления» относится к дисциплинам по выбору вариативной части; изучается в 5 семестре.

Перечень дисциплин, необходимых для изучения дисциплины: неорганическая химия, квантовая химия, физика, математика.

Таблица 2.1.

Связь дисциплины «Адсорбция и хроматография, поверхностные явления» с предшествующими дисциплинами и сроки их изучения

Код дисциплины	Дисциплины, предшествующие дисциплине «Адсорбция и хроматография, поверхностные явления»	Семестр
Б1.В.ОД.1	Аналитическая химия	4
Б1.В.ОД.4	Аналитическая химия органических соединений	3
Б1.В.ДВ.5	Методология научных исследований	3

Таблица 2.2.

Связь дисциплины «Адсорбция и хроматография, поверхностные явления» с последующими дисциплинами и сроки их изучения

Код дисциплины	Дисциплины, следующие за дисциплиной «Адсорбция и хроматография, поверхностные явления»	Семестр
Б1.В.ОД.6	Актуальные задачи современной аналитической химии	6
Б2.2.	Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	6

В результате освоения дисциплины аспирант должен

Знать:

- роль адсорбции и поверхностных явлений как теоретического фундамента современной физической химии;
- об адсорбции и поверхностных явлениях как неотъемлемой части физической химии и ее роли в современной химии;
- о возможностях применения основ дисциплины к решению практических задач.

Уметь:

- продемонстрировать связь фундаментальных экспериментов с теорией;
- самостоятельно формулировать задачу физико-химического исследования в химических системах;
- пользуясь полученными знаниями, уметь выбирать оптимальные пути и методы решения поставленных задач;
- проводить физико-химические исследования систем и процессов с использованием современных методов и приборов ФХМА;
- проводить физико-химические расчеты;
- пользоваться справочной литературой;
- графически отображать полученные зависимости;
- анализировать и обсуждать результаты физико-химических исследований;
- вести научную дискуссию.

Владеть:

- основами дисциплины для решения практических задач;
- методикой проведения физико-химических исследований;
- современными приборами для физико-химических исследований.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

а) универсальных (УК) – УК-3

б) общепрофессиональных (ОПК) – ОПК-1;

в) профессиональных (ПК) – ПК-1

Таблица 3.1.

**Матрица связи компетенций, формируемых на основе изучения дисциплины
«Адсорбция и хроматография, поверхностные явления», с временными этапами освоения
ее содержания**

Коды компетенций (ФГОС)	Компетенция	Семестр изучения
УК-1	Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	5
ОПК-1	Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.	5
ПК-1	Способность разрабатывать стратегию определения аналитических свойств целевых веществ и ее экспериментальной реализации;	5

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Таблица 4.1.

Вид учебной работы	Всего часов	5 семестр
Общая трудоемкость дисциплины	72	72
Аудиторные занятия	16	16
Лекции	8	8
Практические занятия (ПЗ)	8	8
Контроль самостоятельной работы (КСР)	-	-
Самостоятельная работа студентов (СРС)	56	56

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

Таблица 5.1.

Структура и содержание дисциплины

п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы (час)				Формы контроля
				Лекции	Лабораторные работы	Самостоятельные работы		
1.	Основные положения дисциплины «Адсорбция и хроматография, поверхностные явления»	5	1,2	1	1	8		
2	Химия поверхности и структура адсорбентов	5	3-5	1	1	12		Опрос
3	Теория адсорбции газов и структура адсорбентов	5	6-9	2	2	10		Коллоквиум
4	Термодинамика адсорбции из газовой фазы на твердом адсорбенте	5	10-14	2	2	10		Опрос
5	Хроматография. Хроматографический адсорбционный анализ	5	15-16	2	2	14		Коллоквиум
	Итого:			8	8	56		

Таблица 5.2.

Конкретизация результатов освоения дисциплины

УК-3: участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно- образовательных задач		
Знать: методы критического анализа и оценки современных научных достижений, методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях, методы научно-исследовательской деятельности.	Уметь: анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов.	Владеть: навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного характера возникающих в науке на современном этапе ее развития, владеть технологиями планирования профес-

		сиональной деятельности в сфере научных исследований
ОПК-1: способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.		
Знать: основной круг проблем (задач), встречающихся в избранной сфере научной деятельности, основные способы (методы, алгоритмы) их решения и основные источники и методы поиска научной информации	Уметь: находить (выбирать) наиболее эффективные (методы) решения основных типов проблем (задач), встречающихся в избранной сфере научной деятельности, анализировать, систематизировать и усваивать передовой опыт проведения научных исследований	Владеть: современными методами, инструментами и технологией научной и проектной деятельности в определенных областях науки, навыками публикации результатов научных исследований, в том числе полученных лично обучающимся, в рецензируемых научных изданиях
ПК-1: способность разрабатывать стратегию определения аналитических свойств целевых веществ и ее экспериментальной реализации		
Знать: стандартные приемы анализа и экспертизы простых веществ, мониторинга и исследования химических процессов и систем	Уметь: анализировать простые вещества и исследовать химические процессы с использованием стандартных методик	Владеть: базовыми (элементарными) навыками анализа экспертизы веществ, материалов различной природы, мониторинга и исследования химических процессов и систем по предлагаемым методикам

Содержание дисциплины

Тема.1. Основные положения

Поверхностное натяжение. Термодинамика однокомпонентных систем с поверхностью раздела.

Образование центров конденсации. Краевой угол и сцепление с поверхностью.

Поверхностное натяжение растворов. Уравнение Гиббса. Поверхностное давление.

Метод абсолютных концентраций (или полного содержания) и метод избытков Гиббса.

Тема 2. Химия поверхности и структура адсорбентов

Классификация адсорбентов по химической природе, геометрической структуре и среднему диаметру пор. Классификация адсорбентов и молекул адсорбатов по способности к различным видам межмолекулярных взаимодействий (классификация А.В.Киселева).

Классификация пористых адсорбентов по размеру пор (классификация М.М.Дубинина)

Адсорбционное и химическое модифицирование поверхности адсорбентов. Типы адсорбентов. Графитированная термическая сажа (ГТС). Особенности химического, геометрического и фазового строения поверхности ГТС.

Применение ГТС и ее модифицированных аналогов для газохроматографического разделения структурных и пространственных изомеров. Карбохромы, карбораки, углеродные молекулярные сита, активные угли.

Наноразмерные углеродные материалы: фуллерены, углеродные нанотрубки, углеродные волокна, графен. Их использование в современных сорбционных и нанотехнологиях.

Ионные адсорбенты. Кристаллические непористые ионные адсорбенты. Сульфат бария и сульфид переходных металлов.

Адсорбция на ионных адсорбентах молекул органических соединений различного электронного и пространственного строения.

Цеолиты и оксиды. Тонкопористые ионные цеолиты. Особенности пористой структуры цеолитов, их молекулярно-ситовые свойства.

Влияние полярности молекул адсорбатов на их адсорбцию на цеолитах. Адсорбенты-оксиды.

Кремнеземные адсорбенты (силикалит, аэросил, силохромы, силикагели, пористые стекла) и их адсорбционные свойства. Гидроксילирование и дегидроксילирование поверхности кремнеземов. Химическое модифицирование поверхности кремнеземных адсорбентов.

Оксид алюминия, его адсорбционные свойства. Органические пористые адсорбенты. Получение полярных и неполярных органических пористых адсорбентов. Регулирование пористой структуры. Наноструктура пор.

Тема 3. Теории адсорбции газов и паров. Термодинамика адсорбции

Адсорбенты с однородной и неоднородной поверхностью. Типы поверхностных неоднородностей и влияние неоднородностей на адсорбцию.

Локализованная адсорбция газов и паров на однородной поверхности. Теории Генри, Ленгмюра и Брунауэра-Эммета-Теллера.

Мономолекулярная и полимолекулярная адсорбция. Классификация изотерм полимолекулярной адсорбции.

Влияние межмолекулярных взаимодействий "адсорбат-адсорбент" и "адсорбат-

адсорбат" на форму локализованной адсорбции.

Нелокализованная адсорбция на однородной поверхности. Уравнение состояния монослоя, связь с уравнением изотермы адсорбции. Уравнение Хилла.

Двумерные фазовые переходы в адсорбционном слое.

Адсорбция паров в порах. Мезопоры. Капиллярная конденсация. Термодинамические и кинетические причины, приводящие к капиллярно-конденсационному гистерезису.

Экспериментальное определение распределения пор по размерам. Адсорбция в микропорах. Теория Поляни. Теория объемного заполнения микропор, уравнение Дубинина-Радушкевича. Уравнение Бедекера-Фрейндлиха как предельный случай для широкопористых адсорбентов.

Тема 4. Термодинамика адсорбции из газовой фазы на твердом адсорбенте

Термодинамическое и статистическое описание адсорбционной системы.

Метод Гиббса: избыточная гиббсовская адсорбция, её физический смысл.

Термодинамические характеристики адсорбции, их физический смысл, зависимость от степени заполнения поверхности.

Предельно малое ("нулевое") заполнение поверхности, константа Генри адсорбционного равновесия.

Газохроматографический метод изучения термодинамики адсорбции в области "нулевого" заполнения поверхности. Молекулярно-статистическая теория адсорбции. Статистико-термодинамическое описание адсорбции. Анализ адсорбционного равновесия с использованием большого канонического ансамбля.

Вириальное выражение для гиббсовской адсорбции. Связь константы Генри с потенциальной энергией молекулы адсорбата в силовом поле адсорбента.

Молекулярно-статистическая теория адсорбции на адсорбентах с однородной плоской поверхностью. ГТС как модельный адсорбент для молекулярно-статистических расчетов.

Общие принципы построения потенциальной функции межмолекулярного взаимодействия "адсорбат-адсорбент".

Тема 5. Хроматография. Хроматографический адсорбционный анализ

Сущность метода хроматографии. Хроматограмма. Молекулярная хроматография. Ионообменная хроматография

Газовая хроматография. Основное оборудование для хроматографии. Использование

хроматографии в решении практических задач.

Режим хроматографических процессов: фронтальный, вытеснительный, элюентный. Классификация хроматографических методов по агрегатному состоянию фаз, механизму взаимодействия сорбат-сорбент, применяемой технике, способу относительного перемещения фаз.

Теоретические основы хроматографии

Основные характеристики хроматографического процесса. Коэффициент распределения. Удерживаемый объем и время удерживания. Коэффициент емкости. Коэффициент удерживания, его физический смысл. Селективность и эффективность хроматографического разделения. Коэффициент разделения. Разрешение.

Теория равновесной хроматографии. Связь скорости перемещения вещества вдоль слоя неподвижной фазы с коэффициентом распределения и изотермой сорбции. Зависимость формы хроматографического пика от вида изотермы сорбции.

Размывание хроматографической зоны и его физические причины. Неравновесная хроматография. Основы концепции теоретических тарелок, связь с противоточным распределением. Число теоретических тарелок и эффективность колонки. Понятие ВЭТТ. Недостатки концепции теоретических тарелок.

Кинетические теории хроматографии. Факторы, влияющие на размывание зон (вихревая диффузия, молекулярная диффузия, сопротивление массопередачи в подвижной и неподвижной фазах). Зависимость ВЭТТ от скорости потока. Уравнение Ван-Деемтера. Принципиальная схема хроматографа. Выбор параметров хроматографического определения. Идентификация веществ. Количественный анализ. Измерение площадей и высот пиков. Методы внутреннего и внешнего стандартов. Источники ошибок, воспроизводимость измерений.

Газовая хроматография

Принцип метода. Теоретические основы метода. Определяемые вещества. Основные аналитические характеристики. Газо-адсорбционная и газо-жидкостная хроматография.

Аппаратура для газовой хроматографии. Хроматографические колонки, термостаты, детекторы. Классификация детекторов и их важнейшие характеристики (линейность, чувствительность, отношение сигнал/шум, предел обнаружения). Программирование температуры.

Газы-носители, адсорбенты и неподвижные фазы, требования к ним. Модифицирование носителей. Реакционная газовая хроматография. Высокоэффективная капиллярная хроматография. Примеры применения.

Качественный газо-хроматографический анализ. Идентификация веществ на основе

величины удерживания. Метод тестеров. Индексы удерживания Ковача. Источники погрешностей при их определении. Методика количественной газовой хроматографии.

Хромато-масс-спектрометрия. Области применения.

Жидкостная хроматография

Принцип метода. Определяемые вещества. Аналитические характеристики современной высокоэффективной хроматографии (ВЭЖХ). Аппаратура для жидкостной хроматографии. Жидкостные хроматографы (колоночные, капиллярные). Насосы. Вводы проб. Колонки. Детекторы и их выбор. Подготовка пробы.

Адсорбционная хроматография. Основные представления о механизме жидкостной адсорбционной хроматографии (ЖАХ): роль химии поверхности адсорбента и природы жидкой подвижной фазы. Силикагель, его структура и химия поверхности. Модифицированные силикагели, принципы их получения и свойства. Оксид алюминия и другие сорбенты в ЖАХ. Требования к ним. Подвижная фаза (элюент) и требования к ней. Элюирующая сила подвижной фазы, элюотропные ряды. Влияние природы и состава элюента на селективность разделения в ЖАХ. Изократическое и градиентное элюирование. Влияние температуры на элюирование.

Нормально-фазовая ЖАХ на силикагеле. Модели удерживания и типы взаимодействия сорбата с поверхностью сорбента. Роль воды. Области применения нормально-фазовой ЖАХ.

Ионообменная хроматография. Сущность метода. Основные представления о механизме ионного обмена. Ионообменное равновесие. Константа равновесия, селективность, фактор разделения. Ряды селективности. Кинетика ионного обмена. Ионный обмен в неводных и смешанных средах.

Неорганические и органические ионообменники, их классификация. Комплексообразующие сорбенты. Физико-химические свойства ионообменников (обменная емкость, набухание, термическая и реакционная устойчивость). Синтез ионообменников.

Ионный обмен в колонках. Применение в анализе. Определение общей солевой концентрации, концентрирование микропримесей из разбавленных растворов. Разделение элементов с близкими химическими свойствами и аминокислот.

Ионная хроматография. Основы ионной хроматографии (ИХ). Сорбенты, требования к ним. Синтез сорбентов. Выбор сорбентов, размер частиц, матрица, функциональные группы. Время удерживания иона, его связь с коэффициентом селективности, обменной емкостью, объемом сорбента. Элюенты. Состав и элюирующая способность. Влияние pH и концентрации элюента на удерживание ионов. Аппаратура для ИХ, способы детектирования. Двухколоночная и одноколоночная ионная хроматография. Условия определения анионов и катионов. Примеры применения ИХ в анализе смесей неорганических и органических анионов и катионов.

Ион-парная хроматография. Сущность метода. Нормально-фазовая и обращенно-

фазовая ион-парная хроматография. Применение в анализе органических и неорганических соединений.

Другие виды хроматографии.

Эксклюзионная хроматография. Сущность метода. Особенности механизма удерживания молекул. Области применения.

Лигандобменная хроматография. Сущность метода. Сорбенты и подвижные фазы для разделения аминов и аминокислот.

Жидкость-жидкостная (распределительная) хромато-графия. Основы метода. Коэффициент распределения, факторы, влияющие на его величину. Носители, подвижные фазы, требования к ним. Подвижные фазы. Противоточная хроматография. Примеры применения.

Тонкослойная и бумажная хроматография. Основы методов. Величина R_f , ее связь с коэффициентом распределения. Методы определения этой величины. Факторы на нее влияющие. Бумага для хроматографии, подложки, сорбенты для тонкослойной хроматографии (ТСХ). Растворители для бумажной и тонкослойной хроматографии.

Техника получения хроматограмм: восходящая, нисходящая, одномерная, двумерная и круговая. Электрофоретическая бумажная хроматография. Методы качественного и количественного анализа. Высокоэффективная ТСХ. Области применения.

Сверхкритическая флюидная хроматография

Сущность метода. Сверхкритические флюиды, основные их свойства (плотность, вязкость, коэффициент диффузии). Колонки, области применения. Сравнение методов ВЭЖХ, газовой и сверхкритической флюидной хроматографии.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе обучения используются традиционные образовательные технологии (лекции, семинары, практические работы) и активные инновационные образовательные технологии:

1. Семинар в диалоговом режиме применяется в основном при обсуждении выступлений аспирантов с докладами (рефератами)
2. Групповой разбор результатов контрольных работ
3. Встречи с сотрудниками и руководителями профильных лабораторий и предприятий - потенциальными работодателями выпускников.

В целом при изучении курса активные и интерактивные формы проведения занятий составляют не менее 30% аудиторных занятий.

7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1. Перечень-учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине:

1. Химия привитых поверхностных соединений / Под ред. Лисичкина Г.В. М.: ФИЗМАТ ЛИТ, 2003, 590 с.
2. Экспериментальные методы в адсорбции и молекулярной хроматографии/ Под ред. Ю.С. Никитина и Р.С. Петровой. М.: Изд-во МГУ, 1990. 318 с.
3. Еремин В.В., Каргов СИ. Успенская И.А., Кузьменко Н.Е., Лунин В.В. Основы физической химии. Теория и задачи. М.: МГУ, 2005, 480 с.

Лекционные занятия проводятся 1 раз в неделю в объеме 1 часа и 1 часа практических занятий в 5 семестре. После окончания изучения каждой темы аспиранты проходят тестирование, выполняют контрольные работы.

7.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины

**Таблица 7.1.
Содержание самостоятельной работы обучающихся**

<i>№№ п/п</i>	<i>Темы/вопросы, выносимые на самостоятельное изучение</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Формы работы</i>
1.	Основные положения дисциплины «Адсорбция и хроматография, поверхностные явления»	8	собеседование
2.	Химия поверхности и структура адсорбентов	12	собеседование
3.	Теория адсорбции газов и структура адсорбентов	10	собеседование
4.	Термодинамика адсорбции из газовой фазы на твердом адсорбенте	10	собеседование
5.	Хроматография. Хроматографический адсорбционный анализ	14	собеседование

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Контрольные вопросы для проведения текущего контроля

1. Явление адсорбции. Основные понятия и определения.
2. Классификация адсорбентов и адсорбатов по Киселеву.
3. Углеродные адсорбенты. Особенности структуры поверхности.
4. Неорганические соли как адсорбенты. Методы приготовления адсорбентов с заданными свойствами (на примере сульфата бария).
5. Кремнеземные адсорбенты. Химически связанная вода и модифицированные кремнеземы. Области применения.
6. Органические пористые адсорбенты. Распределение пор по размерам. Методы получения и области применения.
7. Типы поверхностных неоднородностей и влияние неоднородностей на адсорбцию.
8. Локализованная адсорбция газов и паров на однородной поверхности.
9. Теории Генри, Ленгмюра и Брунауэра-Эммета-Теллера.
10. Классификация изотерм полимолекулярной адсорбции. Влияние межмолекулярных взаимодействий "адсорбат-адсорбент" и "адсорбат-адсорбат" на форму локализованной адсорбции.
11. Адсорбция паров в порах. Мезопоры.
12. Капиллярная конденсация. Капиллярно-конденсационный гистерезис.
13. Адсорбция в микропорах. Теория Поляни.
14. Теория объемного заполнения микропор, уравнение Дубинина-Радушкевича.
15. Метод Гиббса. Основные положения.
16. Термодинамические характеристики адсорбции, их физический смысл, зависимость от степени заполнения поверхности.
17. Газовая хроматография как метод химии поверхности. Связь хроматографических параметров удерживания с основными адсорбционными характеристиками.
18. Основные положения молекулярно-статистической теории адсорбции

Киселева. Возможности и ограничения.

19.Связь константы Генри с потенциальной энергией молекулы адсорбата в силовом поле адсорбента.

20.Общие принципы построения потенциальной функции межмолекулярного взаимодействия "адсорбат-адсорбент".

21.Метод атом-атомных потенциалов в адсорбции. Различные формы атом-атомных потенциальных функций взаимодействия ""адсорбат-адсорбент".

22.Приближение Кирквуда-Мюллера.

23.Общая характеристика экспериментальных методов изучения адсорбции

24. Методы хроматографии

24. Практическое применение хроматографии

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература:

1. Химия привитых поверхностных соединений / Под ред. Лисичкина Г.В. М.: ФИЗМАТ ЛИТ, 2003, 590 с.
2. Экспериментальные методы в адсорбции и молекулярной хроматографии/ Под ред. Ю.С. Никитина и Р.С. Петровой. М.: Изд-во МГУ, 1990. 318 с.
3. Еремин В.В., Каргов СИ. Успенская И.А., Кузьменко Н.Е., Лунин В.В. Основы физической химии. Теория и задачи. М.: МГУ, 2005, 480 с.
4. Киселев А.В. Межмолекулярные взаимодействия в адсорбции и хроматографии. М.: Высшая школа, 1986. 360 с.
5. Ягодковский В.Д. Статистическая термодинамика в физической химии. М.: БИНОМ, 2005, 495 с.

б) дополнительная литература

1. Курс физической химии /Под ред. ГерасимоваЯ.И., М.: Химия, 1969 (Т.1), 592 с; 1973 (Т.2), 624 с.
2. Авгуль Н.Н., Киселев А.В., Пошкус Д.П. Адсорбция газов и паров на однородных поверхностях. М.: Химия, 1975. 384 с.
3. Адамсон А. Физическая химия поверхности. М.: Мир, 1979, 564 с.
4. Киселев А.В. Физическая химия. Современные проблемы / Под ред. Я.М. Колотыркина.

М.:Химия, 1982. С. 180-213.

5. Киселев А.В., Яшин Я.И. Адсорбционная газовая и жидкостная хроматография. М.:Химия, 1979. 288 с.

6. Лопаткин А. А. Теоретические основы физической адсорбции. М.:Изд-во МГУ, 1982. 344 с.

7. Рогинский С.З., Яновский М.И., Берман А.Д. Основы применения хроматографии в катализе. М.: Наука, 1972. 376 с.

8. Товбин Ю.К. Теория физико-химических процессов на границе газ-твердое тело. М.: Наука, 1990, 345 с.

в) электронные источники информации

1. Научная электронная база данных издательства Elsevier, <http://www.sciencedirect.com/>

2. Научная электронная база данных издательства ACS Publication, <http://pubs.acs.org/>

3. Научно-поисковая электронная база данных Reaxys. <https://www.reaxys.com7/>

4. Научная электронная база данных издательства Springer, <http://www.springerlink.com/>

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

- лекционные аудитории;

- аудитории для семинарских занятий;

- проекционное оборудование и компьютер;

- интерактивные доски;