

## Аннотация

рабочей программы учебной дисциплины «Адсорбция и поверхностные явления»

Направление подготовки: 04.04.01. «Химия» (уровень магистратуры)

профиль «Физическая химия»

Составитель аннотации к.т.н., профессор Арчакова Р.Д.

Кафедра химии

|  |  |
|--|--|
| <b>Цель изучения дисциплины</b>                                  | <b>Целями изучения дисциплины «Адсорбция и поверхностные явления» являются:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- ознакомление с современными представлениями теории адсорбции, поверхностно-капиллярных и коллоидных явлений в системах с разной молекулярной структурой, изучение поверхностных явлений, химических сил, действующих на поверхности;</li><li>- описание вещества как фазовой системы.</li><li>- определение основных текстурных характеристик (удельной поверхности и пористости) различных материалов и установления ряда фундаментальных закономерностей формирования текстурных характеристик на типовых стадиях синтеза различных гетерогенных систем.</li></ul> |
| <b>Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры</b>            | Дисциплина «Адсорбция и поверхностные явления» относится к дисциплинам по выбору; изучается во 2 семестре. Представляет собой теоретическую основу для углубленного изучения термодинамики и физической химии в целом, а также изучения таких курсов химического профиля как коллоидной химии, химии твердого тела, химической технологии, физико-химических методов исследования.<br>Перечень дисциплин, необходимых для изучения дисциплины: неорганическая химия, квантовая химия, физика, математика.  |
| <b>Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины</b> | <b>В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки (УК-6);</li><li>- способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работы выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией наук (ПК-3).</li></ul>   |
| <b>Содержание дисциплины</b>                                     | <b>Раздел 1. Основные положения.</b> 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.

## **Раздел 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, карборакс, 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. Гидроксилирование и дегидроксилирование 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.

## **Раздел 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-Радushкевича. Уравнение Бедекера-Фрейндлиха как предельный случай для широкопористых адсорбентов.

#### **Раздел 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. Разделение смесей.

Газовая хроматография.

|  |  |
|--|--|
|  | <p>Высокоэффективная жидкостная хроматография.<br/>Основное оборудование для хроматографии.<br/>Использование хроматографии в решении практических задач.</p>  |
| <p><b>Знания, умения и навыки, получаемые в процессе изучения дисциплины</b></p> | <p><b>В результате изучения дисциплины магистрант должен</b></p> <p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- физико-химические процессы, происходящие на поверхности и в пористом пространстве твердого тела при адсорбции, массообмене на молекулярном уровне и уровне наночастиц на типовых стадиях формирования твердой структуры;</li> <li>- основные подходы, используемые для моделирования геометрической структуры твердых материалов;</li> <li>- роль адсорбции и поверхностных явлений как теоретического фундамента современной физической химии и ее роли в современной химии;</li> <li>- о возможностях применения основ дисциплины к решению практических задач.</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать закономерности поверхностно-капиллярных явлений и молекулярной химии для оптимизации формирования структуры катализаторов и носителей;</li> <li>- исследовать процесс адсорбции и структуру поверхности;</li> <li>- продемонстрировать связь фундаментальных экспериментов с теорией;</li> <li>- самостоятельно формулировать задачу физико-химического исследования в химических системах;</li> <li>- пользуясь полученными знаниями, уметь выбирать оптимальные пути и методы решения поставленных задач;</li> <li>- проводить физико-химические исследования систем и процессов с использованием современных методов и приборов ФХМА;</li> <li>- проводить физико-химические расчеты;</li> <li>- пользоваться справочной литературой;</li> <li>- графически отображать полученные зависимости;</li> <li>- анализировать и обсуждать результаты физико-химических исследований;</li> <li>- вести научную дискуссию.</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- физико-химическими методами исследования веществ;</li> <li>- приборной базой для физико-химических исследований.</li> <li>- методами проведения адсорбционных экспериментов для определения удельной поверхности, пористости, распределения частиц и пор по характер-</li> </ul> |

|  |   |                    |                  |
|--|---|--------------------|------------------|
|  | ным размерам;<br>- методами построения изотерм адсорбции и адсорбционного анализа.  |                    |                  |
| <b>Объем дисциплины и виды учебной работы</b>  | <b>Вид учебной работы</b>   | <b>Всего часов</b> | <b>2 семестр</b> |
|  | Общая трудоемкость дисциплины   | 108                | 108              |
|  | Аудиторные занятия  | 68                 | 68               |
|  | Лекции  | 34                 | 34               |
|  | Практические занятия (ПЗ)   | 34                 | 34               |
|  | Самостоятельная работа (СРС)  | 40                 | 40               |
| <b>Используемые ресурсы информационно- теле-коммуникационной сети «Internet», информационные технологии, программные средства и информационно-справочные системы</b> | <b>Интернет-ресурсы</b><br><br><a href="http://fizrast.ru/sitemap.html">http://fizrast.ru/sitemap.html</a><br><a href="http://www.don-agro.ru">http://www.don-agro.ru</a><br><a href="http://xn-80abucjiibhv9a.xn-plai/">http://xn-80abucjiibhv9a.xn-plai/</a><br><a href="http://www.agroxxi.ru/">http://www.agroxxi.ru/</a> (РГБ)<br><a href="http://elibrary.rsl.ru">http://elibrary.rsl.ru</a> Научная электронная библиотека<br><a href="http://elibrary.ru/default.asp">http://elibrary.ru/default.asp</a> Российская национальная библиотека<br><a href="http://primo.nl.ru">http://primo.nl.ru</a> <a href="http://nbmgu.ru">http://nbmgu.ru</a> Электронная библиотека Российской государственной библиотеки<br><br><b>Материально-техническое обеспечение дисциплины</b><br><br>- лекционные аудитории;<br>- аудитории для семинарских занятий;<br>- проекционное оборудование и компьютер;<br>- интерактивная доска. |                    |                  |
| <b>Формы текущего и рубежного контроля</b>   | Тестовые задания, контрольные работы, защита реферата.  |                    |                  |
| <b>Формы промежуточного контроля</b>   | Зачет.  |                    |                  |