

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Имени М.В.Ломоносова

Химический факультет
Кафедра коллоидной химии

Доцент О.А.Соболева

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА
ПО КУРСУ «КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ»
для студентов II курса геологического факультета**

Москва – 2013г.

Курс коллоидной химии предназначен для студентов геологического факультета, специализирующихся на кафедрах инженерной геологии, гидрогеологии и геокриологии. Курс знакомит студентов с основами современного учения о дисперсных системах и поверхностных явлениях. Цель курса состоит в освоении студентами теоретических и экспериментальных основ коллоидной химии и их приложений в геологии.

К основным вопросам, изучаемым в данном курсе, относятся: свойства границ раздела фаз (межфазных поверхностей); поверхностные явления (адсорбция, смачивание, капиллярные явления и электроповерхностные явления); пути и условия образования дисперсных систем, их молекулярно-кинетические и оптические свойства; устойчивость и эволюция дисперсных систем, структурообразование и реологические свойства дисперсных систем; изучение путей и способов управления свойствами дисперсных систем, использование коллоидно-химических процессов в охране окружающей среды. Универсальность дисперсного состояния вещества определяет фундаментальность и междисциплинарность коллоидной химии, ее роль и значение для ряда естественных наук: геологии, почвоведения, биологии, медицины, материаловедения и др.

Освоение студентами курса коллоидной химии в соответствии с учебным планом предусматривает проработку лекционного курса с привлечением соответствующей литературы и выполнение лабораторных работ в практикуме.

Весь материал курса разделен на 3 темы:

1. Поверхностные явления в дисперсных системах.
2. Образование дисперсных систем и их электроповерхностные свойства.
3. Устойчивость, молекулярно-кинетические и структурно-механические свойства дисперсных систем.

Лабораторные работы преследуют цель усвоения и закрепления материала по соответствующим темам, а также привитие студентам необходимого минимума практических навыков в постановке и выполнении коллоидно-химических экспериментов и обработке результатов. По каждой теме предусмотрено выполнение и защита 2-х – 3-х лабораторных работ и сдача трех коллоквиумов, соответствующих основным темам.

По завершении курса коллоидной химии студенты сдают теоретический зачет.

Объем курса: 54 часа, в том числе 18 часов лекции и 36 часов практикума, включая выполнение лабораторных работ и сдачу коллоквиумов.

Темы лекций

Лекция 1. Определение, основные задачи и направления коллоидной химии. Дисперсные системы, универсальность дисперсного состояния вещества. Классификация дисперсных систем. Роль коллоидной химии в геологии. Границы раздела фаз. Поверхностное натяжение, его связь с межмолекулярными взаимодействиями. Работа когезии. Межфазное натяжение. Работа адгезии.

Лекция 2. Смачивание идеальных и реальных поверхностей. Уравнение Юнга. Термодинамические основы несмачивания, смачивания и растекания. Избирательное смачивание. Гидрофильные и гидрофобные поверхности. Капиллярное давление. Капиллярные явления: капиллярное поднятие, стягивание частиц менисками смачивающих жидкостей. Зависимость давления насыщенных паров (растворимости частиц) от радиуса кривизны поверхности. Закон Томсона (Кельвина) и его следствия: изотермическая перегонка, перекристаллизация, капиллярная конденсация.

Лекция 3. Адсорбция поверхностно-активных веществ (ПАВ) из растворов на границах раздела фаз водный раствор/воздух, водный раствор/неполярная жидкость и раствор/твердое тело. Влияние ПАВ на поверхностное натяжение. Влияние адсорбционных слоев ПАВ на смачивание. Гидрофилизация и гидрофобизация твердых поверхностей. Использование явления адсорбции в геологии: флотационное обогащение руд, очистка водных растворов от растворенных веществ.

Лекция 4. Образование термодинамически устойчивых и неустойчивых дисперсных систем в результате процессов диспергирования и конденсации (или кристаллизации). Эффект Ребиндера.

Лекция 5. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем. Броуновское движение. Диффузия. Седиментация. Седиментационно-диффузионное равновесие. Оптические свойства дисперсных систем. Дисперсионный анализ.

Лекция 6. Электроповерхностные свойства дисперсных систем. Причины образования и модели строения двойного электрического слоя. Ионный обмен. Значение ионного обмена в геологии (образование вторичных месторождений, концентрирование и разделение элементов в земной коре, ионный обмен в почвах и др.). Электрокинетические явления.

Понятие об электрокинетическом потенциале. Влияние электролитов на строение двойного электрического слоя и величину электрокинетического потенциала.

Лекция 7. Устойчивость и эволюция дисперсных систем. Седиментационная и агрегативная устойчивость. Коагуляция зелей под действием электролитов. Основы теории ДЛФО. Роль процессов коагуляции в геологии. Факторы, обеспечивающие стабильность и разрушение дисперсных систем.

Лекция 8. Структурообразование и структурно-механические свойства дисперсных систем. Типы дисперсных структур. Образование и прочность дисперсных структур. Явление тиксотропии. Основы реологии. Реологическое поведение свободно- и связнодисперсных систем.

Лекция 9. Коллоидно-химические методы охраны окружающей среды. Использование процессов седиментации, адсорбции, коагуляции, флокуляции, ионного обмена, диализа, электрофореза в технологиях очистки сточных вод.

Методические указания к коллоквиумам

Тема I. Поверхностные явления в дисперсных системах

Определение и классификация дисперсных систем; характеристики степени дисперсности. Универсальность дисперсного состояния вещества. Нанодисперсные системы. Поверхностное натяжение, связь с энергией взаимодействия между молекулами (атомами, ионами) в объеме конденсированной фазе. Работа когезии и адгезии. Влияние температуры на поверхностное натяжение. Критическая температура. Межфазное натяжение, правило Антонова. Смачивание твердых тел жидкостями, уравнение Юнга. Термодинамические условия несмачивания, смачивания и растекания. Влияние шероховатости и химической неоднородности твердой поверхности на величины краевых углов. Избирательное смачивание, гидрофильные и гидрофобные поверхности. Капиллярные явления: капиллярное давление, закон Лапласа. Капиллярное поднятие, стягивающая сила менисков. Значение капиллярных явлений для геологических систем (увлажнение грунтов и горных пород, связность грунтов). Влияние кривизны поверхности (размеров частиц дисперсной фазы) на давление насыщенного пара и растворимость твердых частиц. Закон Томсона (Кельвина). Роль процессов изотермической перегонки, собирательной рекристаллизации, капиллярной конденсации в геологических системах (грунтах, горных породах).

Поверхностно-активные (ПАВ) и поверхностно-инактивные вещества. Изотермы поверхностного натяжения. Понятие поверхностной активности. Уравнение Шишковского. Адсорбция ПАВ на границе вода/воздух. Адсорбционное уравнение Гиббса. Изотерма адсорбции Ленгмюра. Правило Дюкло-Траубе. Адсорбция ПАВ на границах раздела конденсированных фаз (жидкость/жидкость и жидкость/твердое тело); правило уравнивания полярностей; хемосорбция. Вода как поверхностно-активное вещество. Адсорбционные методы определения удельной поверхности. Управление смачиванием твердых тел с помощью ПАВ. Гидрофилизация и гидрофобизация твердых поверхностей. Роль адсорбции в очистке воды от загрязняющих веществ. Коллоидно-химические основы флотационного разделения минералов.

Тема II. Образование дисперсных систем и электроповерхностные свойства

Образование лиофобных свободнодисперсных систем при диспергировании. Зависимость прочности твердых тел от поверхностного натяжения и размеров дефектов. Уравнение Гриффитса. Адсорбционное понижение прочности твердых тел (эффект Ребиндера), условия проявления эффекта Ребиндера, его роль в разрушении грунтов и горных пород. Образование лиофобных дисперсных систем при конденсации (кристаллизации). Гомогенное и гетерогенное образование зародышей новой фазы при фазовых переходах. Физические и химические способы образования природных дисперсных систем – зелей труднорастворимых соединений, поликристаллов, тумана, пен. Получение лиофильных дисперсных систем при самопроизвольном диспергировании макрофаз. Микроэмульсии и критические эмульсии. Мицеллообразование в водных растворах. Критическая концентрация мицеллообразования и способы ее определения. Солюбилизация. Использование мицеллярных систем и микроэмульсий в нефтедобыче.

Причины возникновения двойного электрического слоя (ДЭС) на границе твердого тела с водной средой. Модели строения ДЭС. Распределение противоионов в плотной и диффузной частях ДЭС, падение потенциала в ДЭС. Электрокинетические явления: электроосмос, электрофорез, потенциалы и токи течения и седиментации. Уравнение Гельмгольца-Смолуховского для описания скорости электрофореза. Электрокинетический (ζ -) потенциал. Закономерности ионного обмена между ДЭС и раствором. Роль ионного обмена в образовании вторичных месторождений, в распределении и концентрировании элементов. Влияние ионного обмена на фильтрационные и агрохимические свойства почв. Поверхностная проводимость. Влияние электролитов на строение ДЭС, величину ζ -потенциала и заряд коллоидных частиц. Практическое использование электрокинетических и электроповерхностных явлений в геологии.

Тема III. Устойчивость, молекулярно-кинетические и структурно-механические свойства дисперсных систем

Броуновское движение и диффузия в коллоидных системах. Седиментация в дисперсных системах. Седиментационно-диффузионное равновесие. Основы седиментационного анализа. Получение интегральной и дифференциальной кривых распределения частиц по размерам. Агрегативная и седиментационная устойчивость дисперсных систем. Изменение свободной поверхностной энергии вследствие самопроизвольных процессов коагуляции, коалесценции, рекристаллизации. Роль тонких пленок в устойчивости дисперсных систем. Расклинивающее давление в тонких пленках (по Дерягину). Молекулярная и электростатическая составляющие расклинивающего давления. Факторы стабилизации дисперсных систем. Основы теории ДЛФО. Коагуляция лиофобных золь электролитами. Связь устойчивости (и коагуляции) с величиной ζ -потенциала. Роль процессов коагуляции и флокуляции в геологии: формирование дельт рек, почвообразование, образование осадков из труднорастворимых солей и др.

Структурообразование в дисперсных системах. Классификация дисперсных структур по типу контактов. Контакты между частицами в природных дисперсных структурах. Прочность дисперсных структур; способы управления прочностью. Тиксотропия, ее роль в природе и технике. Элементы реологии. Типы реологического поведения: упругое, вязкое, пластичное, вязко-пластичное. Реологические свойства свободно- и связнодисперсных систем. Возникновение и релаксация внутренних напряжений.

Материалы для подготовки к коллоквиумам и к теоретическому зачету.

1. Лекции (18 час.)
2. Амелина Е.А. Методическое пособие к курсу коллоидной химии. М.: Химфак МГУ. 2011.
3. Сумм Б.Д. Основы коллоидной химии. М.: Академия. 2006.
4. Практикум по коллоидной химии. Под ред. В.Г.Куличихина. М.: Вузовский учебник. 2012.

5. Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. М.: Высшая школа. 2006.
6. Малахова А.Я. Физическая и коллоидная химия. Минск.: Высш. шк. 1981.

Перечень лабораторных работ.

Тема 1. Поверхностные явления в дисперсных системах.

1. Адсорбция ПАВ из растворов и определение удельной поверхности адсорбентов.
2. Влияние адсорбционных слоев ПАВ на смачивание твердых поверхностей.

Тема II. Образование дисперсных систем и электроповерхностные свойства.

1. Получение золь, определение знака заряда их частиц и электрокинетического потенциала методом электрофореза.
2. Седиментационный анализ суспензий.

Тема III. Устойчивость, молекулярно-кинетические и структурно-механические свойства дисперсных систем.

1. Исследование влияния электролитов на процесс нестационарной фильтрации глинистых суспензий.
2. Исследование зон коагуляции и стабилизации золь электролитами.
3. Изучение агрегативной устойчивости суспензий.
4. Вискозиметрия дисперсных систем.

Материалы для выполнения и оформления лабораторных работ.

1. Амелина Е.А., Лопатина Л.И. Методические разработки к практикуму по коллоидной химии. М.: Химфак МГУ. 2011.
2. Практикум по коллоидной химии. Под ред. В.Г.Куличихина. М.: Вузовский учебник. 2012.

Вопросы к теоретическому зачету по коллоидной химии.

1. Определение и основные задачи коллоидной химии. Роль коллоидной химии в геологии.
2. Классификация дисперсных систем.
3. Поверхность раздела фаз. Удельная свободная поверхностная энергия (поверхностное натяжение).
4. Работа когезии. Связь поверхностного натяжения с энергией межмолекулярных взаимодействий.
5. Граница раздела между конденсированными фазами. Межфазное натяжение. Работа адгезии.
6. Смачивание. Краевой угол. Закон Юнга. Условия несмачивания, смачивания и растекания.
7. Избирательное смачивание. Гидрофильные и гидрофобные поверхности.
8. Капиллярное давление. Закон Лапласа.
9. Капиллярное поднятие. Стягивание частиц менисками. Капиллярные явления в почвах.
10. Закон Томсона (Кельвина). Самопроизвольные процессы капиллярной конденсации, изотермической перегонки, собирательной рекристаллизации и их роль в природных системах.
11. Поверхностно-активные и поверхностно-инактивные вещества. Изотермы поверхностного натяжения. Поверхностная активность.
12. Изотермы поверхностного натяжения. Уравнение Шишковского. Правило Дюкло-Траубе.
13. Адсорбция. Уравнения Гиббса и Лэнгмюра.
14. Адсорбция на твердых поверхностях. Адсорбционное определение удельной поверхности адсорбентов. Значение адсорбции в природных и технологических процессах.
15. Управление смачиванием твердых тел с помощью ПАВ. Физико-химические основы флотации.
16. Адсорбция ионов на твердых поверхностях. Двойной электрический слой (ДЭС); причины образования и строение.
17. Электрокинетические явления, их роль в природе и технологии. Электрокинетический потенциал. Уравнение Гельмгольца-Смолуховского.
18. Влияние электролитов на строение двойного электрического слоя и на электрокинетический потенциал.
19. Строение мицелл гидрофобных зольей. Перезарядка коллоидных частиц.

20. Ионный обмен, его влияние на распределение элементов в земной коре, на образование вторичных месторождений, на структуру и свойства почв.
21. Образование лиофобных дисперсных систем при диспергировании; процессы диспергирования в природе и технике.
22. Эффект Ребиндера. Возможные проявления этого эффекта в различных геологических процессах.
23. Образование лиофильных дисперсных систем при самопроизвольном диспергировании макрофаз. Критерий самопроизвольного диспергирования Ребиндера-Щукина.
24. Конденсационное образование лиофобных дисперсных систем; процессы конденсации при образовании дисперсных систем в геологии.
25. Мицеллообразование в растворах мыл. Солюбилизация.
26. Диффузия и седиментация в дисперсных системах. Седиментационно-диффузионное равновесие.
27. Агрегативная и седиментационная устойчивость дисперсных систем. Самопроизвольные процессы, приводящие к разрушению дисперсных систем.
28. Коагуляция зелей под действием электролитов; порог коагуляции, правило Шульце-Гарди. Роль процессов коагуляции в природных дисперсных системах.
29. Пептизация; термодинамическое условие пептизации. Пептизация под действием электролитов.
30. Зоны устойчивости и коагуляции зелей при перезарядке коллоидных частиц.
31. Элементы теории коагуляции зелей электролитами (теории ДЛФО).
32. Факторы устойчивости дисперсных систем.
33. Структурообразование в дисперсных системах. Прочность дисперсных структур.
34. Коагуляционные структуры в дисперсных системах. Природа сил сцепления в контактах между частицами. Тиксотропия; ее роль в природных и технологических процессах.
35. Конденсационно-кристаллизационные структуры. Природа сил сцепления в контактах.
36. Реологические свойства свободнодисперсных систем.
37. Реологическое поведение связнодисперсных систем.
38. Коллоидно-химические основы охраны окружающей среды.