

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Геологический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан Геологического факультета
академик

_____/Д.Ю.Пущаровский/

«__» _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Основы коллоидной химии

Автор-составитель: Породенко Е.В.

Уровень высшего образования:

Бакалавриат

Направление подготовки:

05.03.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:

Экологическая геология

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методическим Советом Геологического факультета
(протокол № _____, _____)

Москва 20__

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Геология» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

Год (годы) приема на обучение – 2018.

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

Цель и задачи дисциплины

Целью курса "Основы коллоидной химии" является освоение студентами теоретических основ коллоидной химии и их приложений в геологии, экспериментальное изучение особенностей дисперсного состояния вещества и явлений, протекающих на границе раздела контактирующих фаз.

Задачи - освоение основных разделов коллоидной химии - поверхностные явления, адсорбция, образование дисперсных систем, электроповерхностные явления, устойчивость лиофобных дисперсных систем, структурообразование и реологические свойства дисперсных систем. Выполнение лабораторных работ позволит ознакомиться с основными методами экспериментального исследования свойств дисперсных систем и поможет в получении навыков расчета и обработки полученных результатов, а также будет способствовать усвоению теоретического материала.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, естественно-научный цикл, курс – II, семестр – 4.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

освоение дисциплин «Общая химия», «Физика», «Высшая математика», «Общая геология». Дисциплина необходима в качестве предшествующей для дисциплин «Грунтоведение», «Гидрогеология», «Гидрогеохимия», а также для научно-исследовательской работы и выполнения выпускных квалификационных работ

3. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников, формируемые (полностью или частично) при реализации дисциплины:

УК-5.Б Способность в контексте профессиональной деятельности использовать знания об основных понятиях, объектах изучения и методах естествознания (формируется частично).

ОПК-4.Б Способность применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач (формируется частично)

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

Знать: теоретические основы следующих разделов коллоидной химии: поверхностные явления (смачивание, капиллярные явления); адсорбция; электроповерхностные явления; образование и свойства дисперсных систем (термодинамически устойчивых (лиофильных) и термодинамически неустойчивых (лиофобных)); агрегативная и седиментационная устойчивость дисперсных систем, структурообразование и реологическое поведение дисперсных систем; применение полученных знаний для описания геологических процессов (капиллярной пропитки грунтов, образования вторичных месторождений, процессов выветривания и разрушения горных пород и т.д.) и использование их в решении задач охраны окружающей среды

Уметь:

использовать физико-химические расчеты для определения характеристик дисперсных систем: адсорбции поверхностно-активных веществ на различных границах раздела фаз, удельной поверхности адсорбента, электрокинетического потенциала частиц зольей, распределения частиц по размерам, описания реологического поведения дисперсных систем (прочность, вязкость и т.д.).

Владеть:

основными методами исследования дисперсных систем и поверхностных явлений, владеть методами графического (компьютерного) представления и обработки полученных экспериментальных данных.

4. Формат обучения – лекционные и лабораторные занятия.

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е. (72 часа), в том числе 26 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (13 часов –

занятия лекционного типа, 13 часов – лабораторные занятия, 4 часа – мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 42 академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – зачет

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В курсе "Основы коллоидной химии" излагаются следующие темы: поверхностные явления (смачивание, капиллярные явления); адсорбция; электроповерхностные явления; образование и свойства дисперсных систем (термодинамически устойчивых (лиофильных) и термодинамически неустойчивых (лиофобных)); устойчивость дисперсных систем, структурообразование и реологическое поведение дисперсных систем; полученные знания важны для описания геологических процессов (капиллярной пропитки грунтов, образования вторичных месторождений, процессов выветривания и разрушения горных пород и т.д.); для решений задач охраны окружающей среды.

Освоение студентами курса коллоидной химии предусматривает проработку лекционного курса с использованием рекомендуемой литературы, написание контрольных работ по теоретическому материалу и выполнение лабораторных работ в практикуме. Выполнение лабораторных работ позволит ознакомиться с основными методами экспериментального исследования свойств дисперсных систем и поможет в получении навыков расчета и обработки полученных результатов, а также будет способствовать усвоению теоретического материала.

Весь материал курса разделен на 5 тем:

1. Поверхность раздела фаз. Поверхностные явления. Адсорбция
2. Образование и свойства дисперсных систем
3. Электроповерхностные явления
4. Устойчивость (агрегативная и седиментационная) лиофобных дисперсных систем
5. Структурообразование и реологические свойства дисперсных систем

По каждой теме предусмотрено написание лекционной контрольной работы (всего 5), выполнение и сдача 1-х – 2-х лабораторных работ (всего 6).

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе			Всего	Самостоятельная работа обучающегося, часы * (виды самостоятельной работы – эссе, реферат, контрольная работа и пр. – указываются при необходимости)	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы					
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа			
Раздел1. Поверхность раздела фаз. Поверхностные явления. Адсорбция.		4	4	-	8	Контрольная работа, расчет и сдача 2-х лабораторных работ, подготовка к контрольной работе. 12 часов	
Раздел2. Образование и свойства дисперсных систем		2	-	-	2	Контрольная работа, подготовка к контрольному опросу, 6 часов	
Раздел 3.Электроповерхностные явления.		2	3	-	5	Контрольная работа, расчет и сдача 1 лабораторной работы, подготовка к контрольной работе. 4 часа	
Раздел 4. Устойчивость (агрегативная и седиментационная) лиофобных дисперсных систем		3	4		7	Контрольная работа, расчет и сдача 2-х лабораторных работ, подготовка к контрольной работе. 10 часов	

Раздел 5. Структурообразование и реологические свойства дисперсных систем		2	2	-	4	Контрольная работа, расчет и сдача 1 лабораторной работы, подготовка к контрольной работе. 4 часа
						Подготовка к контрольному опросу, 6 часов
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>						4**
Итого	72	26				46

Содержание разделов дисциплины:

1. Поверхность раздела фаз. Поверхностные явления. Адсорбция.

Коллоидная химия – наука о дисперсном состоянии вещества и явлениях, протекающих на границе раздела контактирующих фаз. Дисперсные системы (ДС). Классификация ДС. Поверхность раздела фаз. Поверхностная энергия, удельная свободная поверхностная энергия (поверхностное натяжение). Связь удельной свободной поверхностной энергии с энергией взаимодействия молекул в объеме конденсированной фазы. Работа когезии. Дисперсионные и недисперсионные взаимодействия. Полярные и неполярные фазы. Работа адгезии – мера родственности контактирующих фаз. Правило Антонова. **Смачивание** твердых тел жидкостями. Краевой угол смачивания. Уравнение Юнга. Условия смачивания, несмачивания и растекания (термодинамическое условие смачивания, несмачивания). Избирательное смачивание. Гидрофильные и гидрофобные поверхности. Капиллярные явления. Закон Лапласа. Движение жидкостей в тонких капиллярах, капиллярная стягивающая сила, закон Томсона (Кельвина), Изотермическая перегонка вещества и конденсация жидкости в капиллярах. Поверхностно-активные вещества (ПАВ) и поверхностно инактивные вещества (ПИИВ). Относительное понятие поверхностной активности. Уравнение Шишковского. **Адсорбция** ПАВ на границе водный раствор ПАВ/воздух. Уравнение адсорбции Гиббса. Уравнение Лэнгмюра. Адсорбция на границах водный раствор ПАВ/твердое тело, водный раствор ПАВ/масло, Правило уравнивания полярностей (Ребиндер). Модифицирование твердых поверхностей с использованием ПАВ для управления смачиванием. Коллоидно-химические основы флотационного обогащения руд.

2. Образование дисперсных систем.

Получение лиофобных и лиофильных ДС методом диспергирования макрофаз и путем конденсации из молекул и атомов. Работа диспергирования. Критерий самопроизвольного диспергирования лиофильных ДС. Эффект Ребиндера. Конденсационное образование лиофобных ДС. Работа гомогенного и гетерогенного зародышеобразования новой фазы. Мицеллообразование в растворах ПАВ. Солюбилизация. Коллоидно-химические основы моющего действия ПАВ.

3. Электроповерхностные явления.

Двойной электрический слой (причины возникновения ДЭС и его строение). Электрокинетические явления. Электрокинетический потенциал. Строение мицеллы гидрофобного золя. Влияние электролитов на строение ДЭС и электрокинетический потенциал. Ионный обмен в природе и технике.

3. Устойчивость лиофобных дисперсных систем.

Седиментационная и агрегативная устойчивость лиофобных ДС. Тонкие пленки. Понятие о расклинивающем давлении. Факторы стабилизации ДС. Основы **теории** ДЛФО. Коагуляция золь электролитами. Золи, эмульсии, пены.

4. Структурообразование и реологические свойства дисперсных систем.

Структурированные ДС. Коагуляционные и фазовые контакты. Тиксотропия. Механические (реологические) свойства ДС. Основные реологические модели, описывающие поведение ДС. Полная реологическая кривая.

Содержание практических (лабораторных занятий).

1. Адсорбция из растворов.

На основе измерения поверхностного натяжения растворов поверхностно-активных веществ (ПАВ) получают зависимость поверхностного натяжения от концентрации ПАВ (изотерму поверхностного натяжения). Строят графики: 1/ изотермы адсорбции ПАВ на границе раствор-воздух; 2/ изотермы твердый адсорбент – раствор. Рассчитывают размеры молекул ПАВ и удельную поверхность адсорбента.

2. Смачивание.

Измеряют краевые углы смачивания твердых тел растворами ПАВ различной концентрации с помощью компьютерного анализа изображений капли жидкости на твердой поверхности. Строят изотерму краевого угла смачивания твердого тела растворам ПАВ. Определяют точку инверсии смачивания твердых тел растворами ПАВ.

3. Исследование электрофореза золей.

Получают золи AgI из растворов $AgNO_3$ и KI различной концентрации. Определяют знак заряда коллоидных частиц. На основе измеренной скорости электрофореза золя рассчитывают электрокинетический потенциал.

4. Изучение агрегативной устойчивости суспензий.

Изучение способности суспензий гидрофильных порошков к коагуляции в жидкостях с различной полярностью на основе определения объема образующихся осадков. Наблюдают за плотностью образующихся осадков и прозрачностью дисперсионной среды. Используют воду, масло, масло с добавлением ПАВ. Определяют, какие системы являются агрегативно устойчивые.

5. Исследование зон коагуляции и стабилизации золей электролитами

Изучение влияния добавок электролита с многовалентным противоионом (способным вызывать коагуляцию золя) на устойчивость лиофобного золя. Определение зон коагуляции – переход золя от устойчивости к коагуляции – основано на изучении изменения оптических свойств (светорассеяния) золя в зависимости от концентрации электролита.

6. Реология дисперсных систем.

Методом вискозиметрии изучают реологическое поведение низкомолекулярной жидкости и структурированных дисперсных систем. Сопоставляют полученные зависимости скорости деформации от приложенного напряжения для исследованных объектов. На основе полученных зависимостей скорости деформации от приложенного напряжения рассчитывают эффективную вязкость объектов. Объясняют полученные результаты.

Рекомендуемые образовательные технологии

Лекции – демонстрации с использованием мультимедийных презентаций, лабораторный практикум – выполнение, расчет и сдача лабораторных работ, контрольные работы.

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных лабораторных (расчетных) работ.

Для текущего контроля студентов в ходе семестра проводятся контрольные работы.

Примеры тестовых вопросов и расчетных задач в контрольных работах:

1. Рассчитайте дисперсность и $S_{уд}$ кубика массой 1 кг с длиной ребра 1 м. Как изменится дисперсность и $S_{уд}$ при дроблении этого кубика так, чтобы образовались частицы кубической формы с ребром 0,001 м?
2. Расположите жидкости по **увеличению** их поверхностного натяжения на границе с воздухом
 - а/ Вода
 - б/ Октан
 - в/ Ртуть
3. Определение W_k . Рассчитайте W_k для воды и для октана.
4. Рассчитайте W_a воды к стеклу при 293К, если известен краевой угол $\theta = 30^\circ$.

5. Условие смачивания. В какой системе реализуется **смачивание**?

1. Капля воды на стекле
2. Капля воды на полиэтилене
3. Капля октана на стекле
4. Капля октана на полиэтилене

Приведите рисунок смачивания твердого тела жидкостью.

6. Как изменится уровень воды и масла в стеклянных капиллярах радиуса $r = 0,5$ мм по сравнению с плоской поверхностью жидкостей ($\rho_m = 0.8$ г/см³)?

7. Стеклообразные капилляры радиуса r опущены в воду, масло, ртуть. Нарисуйте уровень жидкостей в капиллярах.

8. При растворении в воде поверхностно активного вещества (ПАВ) величина поверхностного натяжения на границе с воздухом :

1. увеличивается
2. уменьшается
3. не изменяется

Нарисуйте изотерму поверхностного натяжения для ПАВ

9. На границе водный раствор – воздух $C_{17}H_{35}COONa$ (дифильная молекула) является:

1. поверхностно-активным веществом
2. поверхностно-неактивным веществом
3. поверхностно-инактивным веществом

Нарисуйте изотерму поверхностного натяжения для данного вещества (граница вода/воздух).

10. Использование флотации для разделения смеси сильвина и галита. Какие физико-химические процессы лежат в основе флотации:

- 1/ концентрирование частиц ценной породы в неполярной фазе
- 2/ гидрофилизация частиц пустой породы
- 3/ измельчение породы,
- 4/ селективная адсорбция на поверхности частиц ценной породы,
- 5/ гидрофобизация частиц ценной породы
- 6/ гидрофобизация частиц пустой породы

Укажите последовательность действий.

11. Какова полярность твердого адсорбента, если молекулы ПАВ адсорбированы из водного раствора против правила уравнивания полярностей Ребиндера?

Как называется такой вид адсорбции? Приведите рисунок.

12. Золь $CaSO_4$ с отрицательным зарядом коллоидной частицы образуется при сливании раствора $Ca(NO_3)_2$ и Na_2SO_4

- а) в избытке Na_2SO_4
- б) в избытке $Ca(NO_3)_2$
- в) сливают равные объемы растворов

Напишите химическую реакцию образования такой частицы и строение мицеллы гидрофобного золя. Будет ли наблюдаться электрофорез, если в эту систему добавить раствор $NaNO_3$ высокой концентрации?

13. Неиндифферентные электролиты

- влияют на ϕ_0 -потенциал
- влияют на ξ - потенциал
- не влияют на ϕ_0 -потенциал
- входят в состав твердой фазы золя

14. Как будет меняться ξ - потенциал при добавлении $NaNO_3$ в систему $AgNO_3 + NaCl$ (изб)? Нарисуйте падение ϕ -потенциала от расстояния и ξ - потенциала от концентрации $NaCl$.

15. Как можно умягчить воду, используя ионный обмен?

16. Скорость электроосмоса зависит

- от вязкости среды
- от диэлектрической проницаемости среды
- от плотности среды
- от ξ - потенциала частицы
- не зависит от напряженности электрического поля
- не зависит от вязкости среды
- зависит от напряженности электрического поля

17. Молекулы мицеллообразующего ПАВ имеют
- а) большую полярную группу и короткую углеводородную цепь;
 - б) оптимальное соотношение полярной группы и углеводородной цепи;
 - в) большую углеводородную цепь и малую полярную группу;
 - г) соотношение полярной группы и углеводородной цепи неважно?
18. Радиус критического зародыша новой фазы зависит от величины пересыщения
- а) прямо пропорционально;
 - б) обратно пропорционально;
 - в) не зависит?
19. Работа диспергирования твердого тела
- а) прямо пропорциональна радиусу образующихся частиц;
 - б) обратно пропорциональна радиусу образующихся частиц;
 - в) не зависит от радиуса образующихся частиц?
20. Эффект Ребиндера. Твердый материал – фильтровальная бумага, активная среда:
- гептан
 - вода
 - ртуть
 - водный раствор хлорида натрия
21. Назовите условия, необходимые для проявления эффекта Ребиндера.
22. Конденсационное образование дисперсной системы – это
- а) процесс механического измельчения макроскопической фазы;
 - б) процесс объединения молекул, атомов или ионов с образованием частиц дисперсной фазы;
 - в) процесс смешения двух фаз;
 - г) процесс расслоения в системе?
23. Какие из перечисленных дисперсных систем образуются самопроизвольно:
- а) эмульсия воды в масле;
 - б) мыльная пена;
 - в) микроэмульсия толуола в воде;
 - г) мицеллярный раствор додецилсульфата натрия
24. В прямых мицеллах ПАВ солюбилизируются
- а) вода;
 - б) углеводороды;
 - в) жиры;
 - г) водорастворимые красители;
 - д) маслорастворимые красители?

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:

1. Коллоидная химия – наука о дисперсном состоянии вещества и поверхностных явлениях.
2. Классификация дисперсных систем.

3. Граница раздела контактирующих фаз. Удельная свободная поверхностная энергия (поверхностное натяжение).
4. Связь удельной свободной поверхностной энергии с энергией межмолекулярных взаимодействий. Работа когезии.
5. Граница раздела между конденсированными фазами. Межфазное натяжение. Работа адгезии.
6. Смачивание. Краевой угол. Закон Юнга. Условия несмачивания, смачивания и растекания.
7. Капиллярное давление. Закон Лапласа. Капиллярное поднятие. Капиллярные явления в почвах.
8. Следствия закона Лапласа. Закон Томсона (Кельвина). Капиллярная конденсация, изотермическая перегонка.
9. Поверхностно-активные и поверхностно-инактивные вещества. Изотермы поверхностного натяжения. Поверхностная активность. Уравнение Шишковского
10. Адсорбция. Уравнения Гиббса и Лэнгмюра.
11. Адсорбция (физическая) на твердых поверхностях. Удельная поверхность адсорбентов. Хемосорбция.
12. Управление смачиванием твердых тел с помощью ПАВ. Физико-химические основы флотации. Значение адсорбции в природных и технологических процессах.
13. Двойной электрический слой (ДЭС); причины образования и строение.
14. Уравнение Никольского. Ионный обмен, его влияние на распределение элементов в земной коре, на образование вторичных месторождений.
15. Электрокинетические явления. Электрокинетический потенциал. Уравнение Гельмгольца-Смолуховского.
16. Влияние электролитов на строение двойного электрического слоя и на электрокинетический потенциал. Строение мицелл гидрофобных золь. Перезарядка коллоидных частиц.
17. Образование дисперсных систем (лиофильных и лиофобных) при диспергировании макрофаз и конденсацией из молекул и атомов.
18. Эффект Ребиндера. Процессы диспергирования в природе и технике.
19. Конденсационное образование лиофобных дисперсных систем; процессы конденсации при образовании дисперсных систем в геологии.
20. Образование лиофильных дисперсных систем при самопроизвольном диспергировании макрофаз. Критерий самопроизвольного диспергирования.
21. Мицеллообразование в растворах мыл. Солюбилизация. Коллоидно-химические основы моющего действия ПАВ.
22. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем. Диффузия и седиментация.
23. Агрегативная и седиментационная устойчивость дисперсных систем. Процессы, приводящие к потере агрегативной устойчивости дисперсных систем (коагуляция, коалесценция, изотермическая перегонка).
24. Факторы устойчивости дисперсных систем.
25. Понятие о теории коагуляции золь электролитами (теории ДЛФО).
26. Коагуляция золь под действием электролитов; порог коагуляции, правило Шульце-Гарди.
27. Перезарядка коллоидных частиц. Зоны устойчивости и коагуляции.

28. Структурообразование в дисперсных системах. Коагуляционные и конденсационно-кристаллизационные структуры в дисперсных системах Природа сил сцепления в контактах. Прочность дисперсных структур.
29. Реологическое поведение свобододисперсных и связнодисперсных систем.
30. Роль коллоидной химии в геологии. Коллоидно-химические основы охраны окружающей среды.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: теоретических основ коллоидной химии- науки о дисперсном состоянии вещества и поверхностных явлениях на границе раздела фаз	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения: использовать физико-химические расчеты для определения характеристик дисперсных систем	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности не принципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать физико-химические расчеты для определения характеристик дисперсных систем	Успешное умение использовать физико-химические расчеты для определения характеристик дисперсных систем
Владения: основными методами исследования дисперсных систем и поверхностных явлений; методами графического (компьютерного) представления и обработки полученных экспериментальных	Навыки владения графическими методами отсутствуют	Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных навыков	В целом сформированные навыки использования методов графического (компьютерного) представления и обработки полученных экспериментальных данных.	Владение графическими методами, использование их для представления и обработки полученных экспериментальных данных.

х данных.				
-----------	--	--	--	--

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. Амелина Е.А. Методическое пособие к курсу коллоидной химии. М.: Химфак МГУ. 2011.
2. Амелина Е.А., Лопатина Л.И. Методические разработки к практикуму по коллоидной химии. М.: Химфак МГУ. 2011.
3. Шукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. М.: Высшая школа. 2015.

- дополнительная литература:

1. Сумм Б.Д. Основы коллоидной химии. М.: Академия. 2006.

Б) Перечень лицензионного программного обеспечения
пакеты программ Microsoft Office Excel, Microsoft Office PowerPoint.

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем (не требуется)

Г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (лицензионное программное обеспечение не требуется):

Д) Материально-технического обеспечение: - мультимедийный проектор, экран (в Главном здании МГУ, учебные аудитории геологического факультета); персональные компьютеры, приборы, реактивы и оборудование практикума по коллоидной химии (в здании химического факультета МГУ, ауд.110, 112).

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели)– Породенко Е.В.

11. Автор (авторы) программы– Породенко Е.В.