

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**

### **Химия физическая, коллоидная**

Автор-составитель: Ткаченко С.Н., Соболева О.А.

**Уровень высшего образования:**

***Бакалавриат***

**Направление подготовки:**

**05.03.01 Геология**

**Направленность (профиль) ОПОП:**

**Гидрогеология, инженерная геология, геокриология**

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 "Химия физическая, коллоидная " является освоение студентами теоретических и экспериментальных основ коллоидной химии и их приложений в геологии.

**Задачи** – освоение основных разделов коллоидной химии: поверхностные явления в дисперсных системах, образование и устойчивость дисперсных систем, молекулярно-кинетические, электроповерхностные и структурно-механические свойства дисперсных систем. Выполнение лабораторных работ ставит задачи 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.

**1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО** – вариативная часть, естественно-научный цикл, курс – II, семестр – 3.

### **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 (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.

**Уметь:** использовать теоретические знания для описания геологических процессов (капиллярной пропитки грунтов, образования вторичных месторождений, образования дельт рек, процессов выветривания и разрушения горных пород и др.); уметь использовать физико-химические расчеты для определения ряда характеристик дисперсных систем: адсорбции поверхностно-активных веществ на различных границах раздела фаз, электрокинетического потенциала частиц, распределения частиц по размерам, вязкости, уметь управлять устойчивостью дисперсных систем.

**Владеть:** основными методами исследования дисперсных систем и поверхностных явлений, владеть навыками постановки экспериментов в области коллоидной химии и обработки результатов.

**4. Формат обучения** – лекционные и лабораторные занятия

**5. Объем дисциплины (модуля)** составляет 2 з.е. (72 часа), в том числе 54 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (18 часов – занятия лекционного типа, 36 часов – лабораторные занятия, 2 часа – мероприятия текущего

контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 12 академических часов 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):**

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.

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

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.

По каждой теме предусмотрена сдача коллоквиума и защита 2-х – 3-х лабораторных работ.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				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	Всего	
Раздел 1. Поверхностные явления в дисперсных системах		6	12		18	Контрольная работа, коллоквиум, сдача 2-х лабораторных работ, подготовка к контрольной работе и коллоквиуму, 4 часа
Раздел 2. Образование дисперсных систем и их электроповерхностные свойства.		6	12		18	Контрольная работа, коллоквиум, сдача 2-х лабораторных работ, подготовка к контрольной работе и коллоквиуму, 4 часа
Раздел 3. Устойчивость, молекулярно-кинетические и структурно-механические свойства дисперсных систем.		6	12		18	Коллоквиум, сдача 3-х лабораторных работ, 4 часа
Промежуточная аттестация <u>зачет</u>						2
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>54</b>				<b>18</b>

## **Содержание разделов дисциплины:**

### **1. Поверхностные явления в дисперсных системах.**

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. 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. 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.

### **2. Образование дисперсных систем и их электроповерхностные свойства.**

Образование термодинамически устойчивых и неустойчивых дисперсных систем в результате процессов диспергирования и конденсации (или кристаллизации). Эффект Ребиндера. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем. Броуновское движение. Диффузия. Седиментация. Седиментационно-диффузионное равновесие. Оптические свойства дисперсных систем. Дисперсионный анализ. 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.

### **3. Устойчивость, молекулярно-кинетические и структурно-механические свойства дисперсных систем.**

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

## **Содержание практических (лабораторных занятий).**

**Лабораторная работа 1. Адсорбция из растворов.** На основании измерения поверхностного натяжения водных растворов поверхностно-активного вещества (ПАВ)

студенты рассчитывают адсорбцию на границах водный раствор/воздух и водный раствор/твердый адсорбент, определяют размеры молекулы ПАВ и удельную поверхность адсорбента.

**Лабораторная работа 2. Влияние адсорбционных слоев ПАВ на смачивание твердых тел.** Работа проводится в двух вариантах: изучают либо гидрофобизацию алюминиевых пластин с помощью адсорбционных слоев стеариновой кислоты или гидрофилизацию поверхности неполярного полимера с помощью водных растворов ПАВ. На основе определения краевых углов смачивания рассчитывают работу адгезии жидкости к твердой поверхности.

**Лабораторная работа 3. Исследование электрофореза зольей.** Работа заключается в определении знака заряда коллоидных частиц по их движению в электрическом поле, а также в расчете электрокинетического потенциала частиц золя из определения скорости электрофореза.

**Лабораторная работа 4. Изучение агрегативной устойчивости суспензий.** На основании определения объема осадков в суспензии гидрофильного порошка в разных жидких средах оценивается агрегативная устойчивость суспензий.

**Лабораторная работа 5. Седиментационный анализ суспензий.** Цель работы заключается в построении интегральной и дифференциальной кривых распределения частиц по размерам из данных по кинетике седиментации частиц в суспензии при непрерывном фиксировании веса осадка.

**Лабораторная работа 6. Исследование зон коагуляции и стабилизации зольей электролитами.** Цель работы состоит в исследовании влияния на устойчивость лиофобного золя добавок электролита, содержащего многозарядные противоионы, способные вызвать перезарядку частиц золя.

**Лабораторная работа 7. Исследование влияния электролитов на процесс нестационарной фильтрации глинистых суспензий.** На основании измерения скорости фильтрации в работе изучают изменение фильтрационных характеристик дисперсий бентонитовой глины в результате коагуляции под действием электролитов.

**Лабораторная работа 8. Реология дисперсных систем.** В работе методом вискозиметрии изучают и проводят сопоставление реологического поведения низкомолекулярной жидкости (глицерина) и структурированных дисперсных систем (водной суспензии бентонитовой глины и водной суспензии глины с добавкой электролита).

#### **Рекомендуемые образовательные технологии:**

лекции-демонстрации с использованием мультимедийных презентаций, выполнение и сдача лабораторных работ, коллоквиумы для усвоения и закрепления теоретических знаний, 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 работ и трех коллоквиумов.

Материалы, выносимые на коллоквиумы:

#### **Коллоквиум 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-Граубе. 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.

## **Коллоквиум 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 – зольей 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. Солубилизация. 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 ( $\zeta$ -) 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  $\zeta$ -





### 3. роста энтропии системы

#### *Примеры расчетных задач в контрольных работах:*

1. Рассчитать удельную поверхность дисперсной системы, содержащей кубические частицы золота с длиной ребра 10 нм. Плотность золота  $19,3 \text{ г/см}^3$ .
2. Рассчитать свободную поверхностную энергию тумана, состоящего из капель воды радиусом 10 мкм, если суммарный объем частиц дисперсной фазы  $10 \text{ см}^3$ , поверхностное натяжение на границе вода/воздух  $72,5 \text{ мН/м}$ .
3. Во сколько раз давление насыщенных паров над каплей воды радиусом 10 нм выше, чем над плоской поверхностью воды?
4. Рассчитать радиус критического зародыша при образовании капель водяного тумана из пересыщенного пара. Температура  $298\text{К}$ , поверхностное натяжение воды  $72,5 \text{ мН/м}$ , пересыщение равно 4.

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

#### *Примерный перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации:*

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. Капиллярное давление. Закон Лапласа.
8. Капиллярное поднятие. Стягивание частиц менисками. Капиллярные явления в почвах.
9. Закон Томсона (Кельвина). Самопроизвольные процессы капиллярной конденсации, изотермической перегонки, собирательной рекристаллизации и их роль в природных системах.
10. Поверхностно-активные и поверхностно-инактивные вещества. Изотермы поверхностного натяжения. Поверхностная активность.
11. Изотермы поверхностного натяжения. Уравнение Шишковского. Правило Дюкло-Траубе.
12. Адсорбция. Уравнения Гиббса и Лэнгмюра.
13. Адсорбция на твердых поверхностях. Адсорбционное определение удельной поверхности адсорбентов. Значение адсорбции в природных и технологических процессах.
14. Управление смачиванием твердых тел с помощью ПАВ. Физико-химические основы флотации.
15. Адсорбция ионов на твердых поверхностях. Двойной электрический слой (ДЭС); причины образования и строение.

16. Электрокинетические явления, их роль в природе и технологии. Электрокинетический потенциал. Уравнение Гельмгольца-Смолуховского.
17. Влияние электролитов на строение двойного электрического слоя и на электрокинетический потенциал.
18. Строение мицелл гидрофобных зольей. Перезарядка коллоидных частиц.
19. Ионный обмен, его влияние на распределение элементов в земной коре, на образование вторичных месторождений, на структуру и свойства почв.
20. Образование лиофобных дисперсных систем при диспергировании; процессы диспергирования в природе и технике.
21. Эффект Ребиндера. Возможные проявления этого эффекта в различных геологических процессах.
22. Образование лиофильных дисперсных систем при самопроизвольном диспергировании макрофаз. Критерий самопроизвольного диспергирования.
23. Конденсационное образование лиофобных дисперсных систем; процессы конденсации при образовании дисперсных систем в геологии.
24. Мицеллообразование в растворах мыл. Солюбилизация.
25. Диффузия и седиментация в дисперсных системах. Седиментационно-диффузионное равновесие.
26. Агрегативная и седиментационная устойчивость дисперсных систем. Самопроизвольные процессы, приводящие к разрушению дисперсных систем.
27. Коагуляция зольей под действием электролитов; порог коагуляции, правило Шульце-Гарди. Роль процессов коагуляции в природных дисперсных системах.
28. Зоны устойчивости и коагуляции зольей при перезарядке коллоидных частиц.
29. Элементы теории коагуляции зольей электролитами (теории ДЛФО).
30. Факторы устойчивости дисперсных систем.
31. Структурообразование в дисперсных системах. Прочность дисперсных структур.
32. Коагуляционные структуры в дисперсных системах. Природа сил сцепления в контактах между частицами. Тиксотропия; ее роль в природных и технологических процессах.
33. Конденсационно-кристаллизационные структуры. Природа сил сцепления в контактах.
34. Реологические свойства свободнодисперсных систем.
35. Реологическое поведение связнодисперсных систем.
36. 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	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения: использовать теоретические	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое	В целом успешное, но содержащее	Успешное умение использовать

знания для описания ряда геологических процессов; использовать физико-химические расчеты для определения основных характеристик дисперсных систем		е умение, допускает неточности непринципального характера	отдельные пробелы умение использовать физико-химические расчеты.	физико-химические расчеты для определения основных характеристик дисперсных систем
Владения: основными методами исследования дисперсных систем и поверхностных явлений	Навыки владения методами исследования отсутствуют	Фрагментарное владение методами исследования, наличие отдельных навыков	В целом сформированы навыки владения основными методами исследования дисперсных систем и поверхностных явлений.	Владение основными методами исследования дисперсных систем и поверхностных явлений.

## 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. Щукин 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.
2. Практикум по коллоидной химии. Под ред. В.Г.Куличихина. М.: Вузовский учебник. 2012.

### 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: - персональные компьютеры, мультимедийный проектор, приборы, реактивы и оборудование практикума по коллоидной химии (в здании химического факультета МГУ, ауд.110, 112).

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватели – Ткаченко С.Н., Соболева О.А.

11. Авторы программы – Ткаченко С.Н., Соболева О.А.