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

УТВЕРЖДАЮ
и.о. декана П.В.Красильников //
«»20 г.
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Наименование дисциплины:
Коллоидная химия
Уровень высшего образования:
Бакалавриат
Направление подготовки (специальность):
06.03.02/06.04.02 Почвоведение
Направленность (профиль) ОПОП:
Земельные ресурсы и функционирование почв
Форма обучения: очная
Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
факультета почвоведения (протокол №, дата)

На обратной стороне титула:

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки ___06.03.02 Почвоведение___ программы бакалавриата

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова от 30 декабря 2020 года (протокол № 1370).

- 1. **Место дисциплины в структуре ОПОП:** относится к базовой части ОПОП, модуль «Современное естествознание», общенаучный блок.
- 2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия: Перечень дисциплин, которые должны быть освоены до начала изучения дисциплины «Коллоидная химия»: общая химия, аналитическая химия, органическая химия, физическая химия, физическая химия, физика, высшая математика.
- 3. Планируемые результаты обучения в результате освоения дисциплины, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников:

Компетенции	Индикаторы	Планируемые результаты обучения по
выпускников	(показатели)	дисциплине, сопряженные с
(коды)	достижения	компетенциями
	компетенций	
Б-ОПК-1.		Знать: теоретические основы главных
Способен для	Б-ОПК-1.1.	разделов коллоидной химии:
решения	Применяет знания	поверхностные явления; образование,
профессиональных	основных общих	устойчивость и свойства дисперсных
задач использовать	закономерностей в	систем.
основные	области математики,	Уметь: использовать знания,
закономерности в	физики, химии, наук о	приобретенные в курсе коллоидной химии,
области	Земле, биологии и	для анализа и объяснения полученных
математики,	экологии для решения	экспериментальных результатов.
физики, химии,	профессиональных	Владеть: навыками обработки полученных
наук о Земле,	задач.	результатов.
биологии и		Иметь опыт деятельности:
экологии,		по использованию серийных и
прогнозировать		оригинальных приборов и установок для
последствия своей		проведения научных исследований с целью
профессиональной		определения коллоидно-химических
деятельности.		характеристик дисперсных систем.

- 4. Объем дисциплины 2 з.е., в том числе 54 академических часа на контактную работу обучающихся с преподавателем, 18 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.
- 5. **Формат обучения** __очный______(отметить, если дисциплина или часть ее реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий)

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

	Всего	В том числе						
	(часы)	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)				Самостоятельная работа обучающегося		
Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины / форма текущей аттестации		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (семинары)	Занятия семинарского типа (лабораторные)	Занятия семинарского типа (практические)	Всего	Расчет и оформление лабораторных работ	Всего
Раздел 1. Поверхность раздела фаз и поверхностные явления. Смачивание и капиллярные явления. Адсорбция из растворов.								
Тема 1. Определение коллоидной химии. Дисперсные системы. Особенности поверхности раздела фаз. Поверхностное натяжение	2	2				2		
Тема 2. Смачивание и капиллярные явления.	8	2		4		6	2	2
Тема 3. Адсорбция из растворов.	10	2		4		6	2	2
Форма текущей аттестации по разделу 1 — коллоквиум №1, обсуждение лабораторных работ №№ 1-2	4			4		4		

Раздел 2. Образование дисперсных систем.								
Электроповерхностные свойства								
Тема 4. Образование дисперсных систем:	2	2			2			
лиофобные и лиофильные дисперсные								
системы.								
Тема 5. Электроповерхностные свойства	8	2		4	6	2		2
дисперсных систем: двойной электрический								
слой (ДЭС) и электрокинетические явления								
Форма текущей аттестации по разделу 2 -	4			4	4			
коллоквиум №2, обсуждение лабораторной								
работы №3								
Раздел 3. Устойчивость, структуро-								
образование и структурно-механические								
свойства дисперсных систем. Молекулярно-								
кинетические свойства коллоидных систем								
Тема 6. Устойчивость лиофобных дисперсных	14	4		8	12	2		2
систем. Агрегативная устойчивость.								
Седиментационная устойчивость								
Тема 7. Структурообразование и структурно-	8	2		4	6	2		2
механические свойства дисперсных систем.								
Тема 8. Молекулярно-кинетические и	2	2			2	2		2
оптические свойства коллоидных систем.								
Форма текущей аттестации по разделу 3 -	4			4	4			
коллоквиум №3, обсуждение лабораторных								
работ №№ 4-8								
Промежуточная аттестация	зачет, экзамен 6							
	72			54			18	
Итого:								

Подробное содержание разделов и тем дисциплины:

Раздел 1. Поверхность раздела фаз и поверхностные явления. Смачивание и капиллярные явления. Адсорбция из растворов.

Тема 1. Определение и классификация дисперсных систем. Свободная поверхностная энергия границы раздела фаз. Поверхностное и межфазное натяжение. Правило Антонова. Работа (энергия) когезии и адгезии.

Тема 2. Смачивание. Краевой угол. Закон Юнга. Термодинамическое условие смачивания и растекания. Избирательное смачивание. Гидрофильные и гидрофобные поверхности; Капиллярное давление. Закон Лапласа. Капиллярное поднятие. Формула Жюрена. Капиллярная стягивающая сила менисков. Закон Томсона (Кельвина); процессы изотермической перегонки, рекристаллизации и капиллярной конденсации.

Тема 3. Определение и количественная мера адсорбции. Поверхностно-активные (ПАВ) и поверхностно-инактивные вещества. Поверхностная активность. Изотермы поверхностного натяжения; уравнение Шишковского. Правило Дюкло-Траубе. Изотерма адсорбции; уравнение Гиббса. Уравнение изотермы молекулярной адсорбции Ленгмюра. Влияние адсорбционных слоев ПАВ на смачивание твердых тел. Адсорбционные методы определения удельной поверхности адсорбентов.

<u>Лабораторные работы</u>: №1 Адсорбция ПАВ из водных растворов на различных поверхностях раздела фаз и определение удельной поверхности адсорбента; №2 Влияние адсорбционных слоев ПАВ на смачивание твердых поверхностей.

Раздел 2. Образование дисперсных систем. Электроповерхностные свойства.

Тема 4. Конденсационное образование дисперсных систем. Критический зародыш, работа его образования. Образование дисперсных систем при диспергировании. Адсорбционное понижение прочности твердых тел (эффект Ребиндера). Роль этого эффекта в процессах образования и эрозии почв. Самопроизвольное диспергирование макрофаз. Лиофильные дисперсные системы. Самопроизвольное диспергирование агрегатов (пептизация). Условие пептизации.

Тема 5. Двойной электрический слой (ДЭС) на поверхности раздела фаз. Причины образования ДЭС, его строение. Ионный обмен. Лиотропные ряды. Электрокинетические явления. Электрокинетический (ζ-) потенциал. Уравнение Гельмгольца-Смолуховского для скорости электрофоретического переноса. Строение мицелл лиофобных золей. Влияние электролитов на строение ДЭС и электрокинетические явления.

<u>Лабораторная работа №3</u>: Получение золей, определение знака заряда и электрокинетического потенциала их частиц методом электрофореза.

Раздел 3. Устойчивость, структурообразование и структурно-механические свойства дисперсных систем. Молекулярно-кинетические свойства коллоидных систем.

Тема 6. Агрегативная и седиментационная устойчивость. Процессы, приводящие к разрушению дисперсных систем. Факторы агрегативной устойчивости дисперсных систем. Расклинивающее давление (по Дерягину); составляющие расклинивающего давления. Структурно-механический барьер (по Ребиндеру). Основные положения теории ДЛФО. Коагуляция золей электролитами. Правило Шульце-Гарди; критерий Эйлерса-Корфа. Зоны устойчивости и коагуляции. Пептизация под действием электролитов. Флокуляция дисперсий полиэлектролитами.

Тема 7. Процессы, приводящие к образованию дисперсных структур. Классификация дисперсных структур. Природа прочности контактов между частицами в дисперсных структурах различных типов. Прочность дисперсных структур. Тиксотропия. Реологические свойства свободнодисперсных систем. Уравнение Ньютона; уравнение Эйнштейна. Аномалия вязкости. Реологические свойства структурированных дисперсных систем. Уравнение Бингама. Полная реологическая кривая.

Тема 8 (для самостоятельной работы студентов). Броуновское движение и диффузия в коллоидных системах. Уравнение Эйнштейна для коэффициента диффузии. Седиментация в дисперсных системах. Кривые накопления осадка. Уравнение Сведберга - Одена. Построение интегральной и дифференциальной кривых распределения массы частиц по размерам. Седиментационно-диффузионное равновесие Перрена – Больцмана.

<u>Лабораторные работы</u>: №4 Влияние природы дисперсионной среды на агрегативную устойчивость суспензии гидрофильного порошка; №5 Седиментационный анализ суспензий; №6 Исследование зон коагуляции и стабилизации гидрозолей; №7 Влияние электролитов на устойчивость суспензии глины и кинетику нестационарной фильтрации; №8 Реологические свойства дисперсных систем и растворов высокомолекулярных соединений.

7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине:

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

Примеры вопросов при сдаче лабораторных работ:

<u>Лабораторная работа 1</u>. Адсорбция ПАВ из водных растворов на различных поверхностях раздела фаз и определение удельной поверхности адсорбента.

- 1. Дайте определение процесса адсорбции. Каковы единицы измерения адсорбции?
- 2. Как рассчитать изотерму адсорбции ПАВ на поверхности раздела фаз раствор воздух и раствор твердый адсорбент на основе изучения концентрационной зависимости поверхностного натяжения раствора ПАВ?
- 3. Как определить величину максимальной адсорбции на границе раздела фаз раствор воздух и раствор твердый адсорбент?
- 4. Нарисуйте, как ориентируются молекулы ПАВ в насыщенном и разреженном адсорбционных слоях на границе раздела фаз водный раствор ПАВ воздух.
- 5. Как рассчитать площадь поперечного сечения и осевую длину молекулы ПАВ?
- 6. Как оценить удельную поверхность адсорбента?

<u>Лабораторная работа 2</u>. Влияние адсорбционных слоев ПАВ на смачивание твердых поверхностей.

- 1. Что является мерой смачивания? Как измеряется краевой угол? Какие значения принимает краевой угол в случае смачивания, несмачивания, растекания?
- 2. Уравнение Юнга (схема для вывода уравнения).
- 3. Термодинамические условия смачивания, несмачивания и растекания.

- 4. Сформулируйте правило уравнивания полярностей Ребиндера. Есть ли исключения из этого правила?
- 5. Нарисуйте изотерму смачивания для следующих случаев: а) гидрофилизация исходно гидрофобной поверхности, б) гидрофобизация исходно гидрофильной поверхности.
- 6. Что такое «перемасливание» поверхности, в каких случаях можно наблюдать это явление? Нарисуйте изотерму смачивания.
- 7. Как улучшить смачивание исходно гидрофильной поверхности?
- 8. Как можно рассчитать работу адгезии жидкости к твердому телу на основе значений поверхностного натяжения жидкости и краевого угла смачивания?

<u>Лабораторная работа 3</u>. Получение золей, определение знака заряда и электрокинетического потенциала их частиц методом электрофореза.

- 1. Укажите причины возникновения ДЭС (приведите примеры).
- 2. Современные представления о строении ДЭС (модель Штерна)
- 3. Электрокинетический (или дзета-) потенциал (определение).
- 4. Объясните строение мицелл гидрозолей (например, AgI).
- 5. Объясните влияние индифферентных электролитов на строение ДЭС.
- 6. Объясните влияние неиндифферентных электролитов на строение ДЭС.
- 7. Дайте определение прямым и обратным электрокинетическим явлениям, приведите примеры.

<u>Лабораторная работа 4</u>. Влияние природы дисперсионной среды на агрегативную устойчивость суспензии гидрофильного порошка.

- 1. Агрегативная и седиментационная устойчивость дисперсных систем (определения).
- 2. Какие процессы, приводят к нарушению агрегативной устойчивости дисперсных систем?
- 3. Перечислите факторы, способствующие агрегативной устойчивости дисперсных систем
- 4. Объясните наблюдаемые в лабораторной работе явления.

<u>Лабораторная работа 5</u>. Седиментационный анализ суспензий.

- 1. Какие условия должны выполняться при проведении седиментационного анализа методом накопления осадка?
- 2. Как можно расширить диапазон измеряемых размеров частиц?
- 3. Как выглядит кривая накопления осадка для монодисперсной системы, для полидисперсной системы?
- 4. Какие частицы оседают на первом линейном участке кривой накопления осадка в случае полидисперсной системы?
- 5. Как рассчитать размеры частиц исходя из кривой накопления осадка?
- 6. Что показывает интегральная кривая распределения частиц по размерам?
- 7. Как построить дифференциальную кривую распределения частиц по размерам?
- 8. Как выглядит дифференциальная кривая распределения частиц по размерам в случае монодисперсной системы?

<u>Лабораторная работа 6</u>. Влияние электролитов на устойчивость суспензии глины и кинетику нестационарной фильтрации.

- 1. В чем отличие стационарной и нестационарной фильтрации?
- 2. Как влияет добавка электролита с многозарядным катионом на скорость фильтрации суспензии глины, почему?

- 3. Нарисуйте, как для частиц глины в водной среде изменяется зависимость потенциала с расстоянием от заряженной поверхности по мере увеличения концентрации AlCl₃.
- 4. Как зависит потенциал поверхности частиц глины от концентрации AlCl₃?
- 5. Как зависит электрокинетический потенциал частиц глины от концентрации $AlCl_3$? <u>Лабораторная работа 7</u>. Исследование зон коагуляции и стабилизации гидрозолей.
- 1. Как заряжен полученный в работе золь? Напишите формулу мицеллы золя.
- 2. Используемый в работе нитрат алюминия является индифферентным или неиндифферентным электролитом по отношению к исследуемому золю?
- 3. Нарисуйте, как изменяется зависимость потенциала с расстоянием от заряженной поверхности частиц золя по мере увеличения концентрации Al(NO₃)₃.
- 4. Как зависит потенциал поверхности частиц золя от концентрации Al(NO₃)₃?
- 5. Как зависит электрокинетический потенциал частиц золя от концентрации $Al(NO_3)_3$? <u>Лабораторная работа 8</u>. Реологические свойства дисперсных систем и растворов высокомолекулярных соединений.
- 1. Что изучает реология, какие параметры она исследует?
- 2. Какой моделью описывается реологическое поведение глицерина?
- 3. Какое явление наблюдалось в работе при исследовании водных растворов высокомолекулярных соединений?
- 4. Почему в случае дисперсии глины не совпадают кривые течения, полученные при увеличении и уменьшении скорости деформации?

Вопросы к коллоквиумам Коллоквиум 1.

Поверхность раздела фаз и поверхностные явления. Определение и классификация дисперсных систем. Причины возникновения избыточной свободной энергии на поверхности раздела фаз. Поверхностное натяжение как характеристика избытка свободной энергии в поверхностном слое. Поверхностная энергия и энергия взаимодействия молекул (атомов, ионов) в конденсированной фазе. Энергия (работа) когезии как характеристика молекулярных взаимодействий в объеме конденсированной фазы. Связь работы когезии и поверхностного натяжения. Полярные и неполярные фазы. Поверхность раздела между конденсированными фазами. Работа адгезии, как характеристика взаимодействия между молекулами граничащих фаз. Межфазное натяжение как характеристика разности полярностей граничащих фаз.

Смачивание и капиллярные явления. Понятие о смачивании и несмачивании твердых тел. Краевой угол, как характеристика смачивания. Смачивание водой и углеводородами полярных и неполярных поверхностей. Термодинамические условия смачивания, растекания и несмачивания: сопоставление работ адгезии и когезии. Работа растекания. Избирательное смачивание. Количественные характеристики гидрофильности и гидрофобности поверхностей. Влияние химического состава почв на их смачиваемость водой.

Капиллярные явления: капиллярное давление, капиллярное поднятие, стягивание частиц менисками. Зависимость подъема жидкостей в капиллярах и стягивающей силы менисков от поверхностного натяжения жидкости, радиуса капилляра, краевого угла смачивания, размера частиц. Роль капиллярных явлений в почвенных системах. Зависимость давления насыщенного пара и растворимости от кривизны поверхности (размеров частиц дисперсной фазы). Закон Томсона (Кельвина) как основа описания

самопроизвольных процессов изотермической перегонки, собирательной рекристаллизации, капиллярной конденсации.

Адсорбция из растворов. Адсорбция как самопроизвольное сгущение на поверхности раздела фаз массы компонентов. Величина адсорбции, ее размерность. Адсорбционное уравнение Гиббса. Положительная и отрицательная адсорбция. поверхностно-инактивные Поверхностно-активные И вещества. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации этих веществ. Предельные значения поверхностного и межфазного натяжения, достигаемые при введении веществ с дифильным строением молекул в водную и углеводородную фазу. Вода как поверхностноактивное вещество. Представление о расположении молекул ПАВ в разреженных и плотных адсорбционных слоях. Правило уравнивания полярностей. Ориентация молекул ПАВ при их химической адсорбции из водной среды на твердых гидрофильных поверхностях. Управление смачиванием твердых тел с помощью ПАВ. Гидрофилизация и гидрофобизация поверхностей; роль хемосорбции ПАВ. Изотермы смачивания. Коллоидно-химические основы флотации. Значение адсорбции для функционирования и агротехнических свойств почв; очистка воды от вредных примесей.

Коллоквиум 2.

Образование дисперсных систем. Образование свободнодисперсных систем при диспергировании и дезагрегации. Лиофильные, лиофобные и псевдолиофильные дисперсные системы. Затраты энергии при диспергировании; сопоставление с поверхностной энергией. Использование эффекта Ребиндера для повышения эффективности диспергирования; роль этого эффекта в процессах почвообразования и эрозии почв.

Образование лиофобных дисперсных систем при конденсации. Основы теории гомогенного образования зародышей новой фазы при фазовых переходах. Критический зародыш; зависимость его размера и работы образования от величины пересыщения в системе. Гетерогенное образование зародышей новой фазы; влияние смачивания и шероховатости подложки на зародышеобразование. Процессы конденсации в почвообразовании.

Лиофильные коллоидные системы — термодинамически стабильные ультрамикрогетерогенные дисперсные системы, образующиеся при самопроизвольном диспергировании объемных фаз. Критерий самопроизвольного диспергирования. Мыла, как вещества, способные образовывать лиофильные коллоидные системы. Мицеллообразование в растворах мыл.

Псевдолиофильные дисперсные системы, как системы, образующиеся при самопроизвольном диспергировании агрегатов (пептизации). Термодинамические условия пептизации. Дисперсии монтмориллонитовых глин, как системы промежуточные между лиофобными и истинно лиофильными.

Электроповерхностные свойства. Причины возникновения двойного электрического слоя (ДЭС) на поверхности твердых тел. Качественные представления о строении ДЭС. Модель ДЭС по Гельмгольцу. Модель ДЭС по Гуи—Чепмену. Влияние потенциальной (электростатической) и кинетической (тепловой) энергии на распределение противоионов в ДЭС (модель Гуи—Чепмена). Модель Штерна.

Влияние индифферентных и неиндифферентных электролитов на строение ДЭС и падение потенциала в ДЭС. Обменная адсорбция. Закономерности ионного обмена между

ДЭС и раствором при введении электролитов. Роль специфической адсорбции; лиотропные ряды. Ионный обмен в природных дисперсных системах; его значение для функционирования и регулирования агрохимических свойств почв. Электрокинетические явления: электрофорез, электроосмос, потенциалы седиментации и протекания. Уравнение Гельмгольца - Смолуховского для описания скорости относительного смещения фаз. Граница скольжения. Электрокинетический (ζ-) потенциал. Перезарядка поверхности коллоидных частиц. Изоэлектрическое состояние. Поверхностная проводимость. Практическое использование электрокинетических явлений.

Коллоквиум 3.

Устойчивость дисперсных систем. Арегативная и седиментационная устойчивость дисперсных систем. Нарушение агрегативной устойчивости вследствие протекания самопроизвольных процессов коагуляции, коалесценции, рекристаллизации; изменение при этом свободной поверхностной энергии. Пептизация как процесс обратный коагуляции.

Роль тонких пленок в устойчивости дисперсных систем. Расклинивающее давление в тонких пленках (по Дерягину). Молекулярные взаимодействия в дисперсных системах; молекулярная составляющая расклинивающего давления. Энергия и сила притяжения двух сферических частиц.

Факторы стабилизации дисперсных систем. Электростатическая составляющая расклинивающего давления как результат отталкивания диффузных слоев противоионов ДЭС; влияние электролитов на силу и энергию отталкивания.

Основы теории ДЛФО. Сопоставление энергии молекулярного притяжения частиц и энергии отталкивания диффузных слоев противоионов ДЭС на поверхности частиц. Зависимость энергии взаимодействия частиц от расстояния между ними. Потенциальный барьер, вторичный (дальний) и первичный (ближний) минимум; влияние электролитов на высоту и положение потенциального барьера.

Коагуляция лиофобных золей электролитами. Зависимость скорости коагуляции от концентрации электролита; порог коагуляции. Правило Шульце - Гарди. Зоны коагуляции при введении электролита, вызывающего перезарядку частиц золя. Пептизация коагулятов под действием электролитов. Связь устойчивости и коагуляции с электрокинетическим потенциалом. Критерий Эйлерса - Корфа.

Структурная составляющая расклинивающего давления как следствие образования на гидрофильных поверхностях структурированных слоев молекул воды.

Структурно-механический барьер (по Ребиндеру) как сильный фактор стабилизации дисперсных систем. Защитные коллоиды. Роль механических свойств адсорбционных слоев и лиофилизации поверхности в обеспечении устойчивости относительно коагуляции и коалесценции.

Флокуляция дисперсных систем полиэлектролитами. Роль коагуляции и флокуляции в процессах почвообразования, регулирования агротехнических свойств почв и очистки воды от загрязнений.

Структурообразование и структурно - механические свойства дисперсных систем. Структурообразование в дисперсных системах. Классификация дисперсных структур по типу контактов. Природа сил сцепления в коагуляционных и фазовых контактах. Параметры, определяющие прочность дисперсных структур: число контактов в сечении (зависящее от дисперсности и упаковки частиц) и средняя прочность

индивидуального контакта. Процессы, приводящие к образованию фазовых контактов (спекание, прессование, срастание при выделении новой фазы из пересыщенной среды). Конденсационно-кристаллизационные структуры; их образование на примере твердения полуводного гипса. Роль пересыщения в дисперсионной среде. Явление тиксотропии; тиксотропные свойства коагуляционных структур. Роль тиксотропии в природе и технике. Коагуляционные и конденсационные структуры в почвенных системах. Основы реологии. Основные реологические законы, описывающие упругое, вязкое и пластичное поведение идеализированных тел. Реологические свойства свободнодисперсных систем с изометричными и анизометричными частицами. Аномалия вязкости. Реологические свойства структурированных дисперсных систем. Полная реологическая кривая связнодисперсной системы с коагуляционной структурой. Коллоидно-химические основы управления свойствами почвенных дисперсных структур.

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

Вопросы к экзамену:

- 1. Определение коллоидной химии. Дисперсные системы, их классификации. Роль дисперсных систем в природе и технике.
- 2. Поверхность раздела фаз, ее силовое поле. Удельная свободная энергия поверхности (поверхностное натяжение) и ее связь с характером межмолекулярных взаимодействий в объеме конденсированной фазы.
- 3. Работа когезии как характеристика молекулярных взаимодействий в объеме конденсированной фазы. Связь работы когезии и поверхностного натяжения. Полярные и неполярные фазы.
- 4. Граница раздела конденсированных фаз; межфазное натяжение; работа адгезии как характеристика взаимодействия между молекулами граничащих фаз. Межфазное натяжение как характеристика разности полярностей граничащих фаз. Правило Антонова для оценки межфазного натяжения на границе раздела двух жидкостей.
- 5. Понятие о смачивании и несмачивании твердых тел. Краевой угол, как характеристика смачивания. Уравнение Юнга.
- 6. Термодинамические условия смачивания, растекания и несмачивания: сопоставление работ адгезии и когезии. Работа растекания. Смачивание водой и углеводородами полярных и неполярных поверхностей.
- 7. Избирательное смачивание. Характеристики гидрофильности и гидрофобности поверхностей. Влияние химического состава почв на их смачиваемость водой.
- 8. Капиллярное давление. Закон Лапласа. Определение знака радиуса кривизны поверхности.
- 9. Капиллярное поднятие. Зависимость уровня жидкости в капиллярах от поверхностного натяжения жидкости, радиуса капилляра, краевого угла смачивания (формула Жюрена).
- 10. Стягивание сферических частиц менисками. Зависимость стягивающей силы менисков от количества смачивающей жидкости в мениске, поверхностного натяжения жидкости и размера частиц. Капиллярные явления в почвах.

- 11. Зависимость давления насыщенного пара и растворимости от кривизны поверхности (размеров частиц дисперсной фазы). Закон Томсона (Кельвина) как основа описания самопроизвольных процессов изотермической перегонки, собирательной рекристаллизации, капиллярной конденсации.
- 12. Адсорбция. Определение процесса и величины адсорбции, размерность величины адсорбции. Адсорбционное уравнение Гиббса. Положительная и отрицательная адсорбция.
- 13. Поверхностно-активные и поверхностно-инактивные вещества. Изотермы поверхностного натяжения. Предельные значения поверхностного натяжения, достигаемые при введении веществ с дифильным строением молекул в водную фазу. Вода как поверхностно-активное вещество.
- 14. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации поверхностно-активных веществ. Поверхностная активность. Правило Дюкло Траубе.
- 15. Уравнение Шишковского. Анализ уравнения Шишковского в области больших и малых концентраций ПАВ. Физический смысл констант Шишковского.
- 16. Мономолекулярная адсорбция по Ленгмюру. Уравнение Ленгмюра, изотерма адсорбции. Представление о расположении молекул ПАВ в разреженных и плотных адсорбционных слоях. Определение размеров молекул ПАВ.
- 17. Управление смачиванием твердых тел с помощью ПАВ. Правило уравнивания полярностей Ребиндера. Гидрофилизация и гидрофобизация поверхностей; роль хемосорбции ПАВ. Изотермы смачивания.
- 18. Адсорбционный метод определения величины удельной поверхности адсорбентов.
- 19. Образование лиофобных дисперсных систем при диспергировании. Процессы диспергирования в природе и технике.
- 20. Адсорбционное понижение прочности твердых тел (эффект Ребиндера); роль этого эффекта в процессах почвообразования и эрозии почв.
- 21. Образование лиофобных дисперсных систем при конденсации. Основы теории гомогенного образования зародышей новой фазы при фазовых переходах. Критический зародыш; зависимость его размера и работы образования от величины пересыщения в системе.
- 22. Гетерогенное образование зародышей новой фазы; влияние смачивания и шероховатости подложки на зародышеобразование. Процессы конденсации в почвообразовании.
- 23. Лиофильные дисперсные системы; условия их образования при самопроизвольном диспергировании макрофаз.
- 24. Мицеллообразование в водных растворах ПАВ. Солюбилизация.
- 25. Псевдолиофильные дисперсные системы, как системы, образующиеся при самопроизвольном диспергировании агрегатов (пептизации). Термодинамическое условие пептизации. Водные дисперсии монтмориллонитовых глин, как пример псевдолиофильных систем.
- 26. Двойной электрический слой (ДЭС), причины его возникновения (с примерами). Роль ДЭС в почвенных системах.
- 27. Качественные представления о строении ДЭС. Модели ДЭС по Гельмгольцу, Гуи–Чепмену, Штерну. Изменение потенциала с расстоянием от заряженной поверхности. Зависимость эффективной толщины диффузной части ДЭС от концентрации и валентности противоионов.

- 28. Современные представления о строении ДЭС (модель Штерна). Электрокинетический (ζ-) потенциал, определение. Строение мицелл лиофобных золей.
- 29. Влияние индифферентных и неиндифферентных электролитов на строение ДЭС и электрокинетический (ζ-) потенциал.
- 30. Ионный обмен. Лиотропные ряды. Влияние ионного обмена на свойства почв.
- 31. Электрокинетические явления: электрофорез, электроосмос, потенциалы седиментации и протекания. Уравнение Гельмгольца Смолуховского для электрофореза.
- 32. Агрегативная и седиментационная устойчивость лиофобных дисперсных систем. Примеры агрегативно и седиментационно устойчивых и неустойчивых дисперсных систем. Самопроизвольные процессы, приводящие к разрушению лиофобных дисперсных систем: коагуляция, коалесценция, изотермическая перегонка; изменение свободной поверхностной энергии в этих процессах.
- 33. Роль тонких пленок в устойчивости дисперсных систем. Расклинивающее давление в тонких пленках (по Дерягину). Молекулярные взаимодействия в дисперсных системах; молекулярная составляющая расклинивающего давления. Энергия и сила притяжения двух сферических частиц.
- 34. Факторы стабилизации дисперсных систем: 1. Электростатическая составляющая расклинивающего давления как результат отталкивания диффузных слоев противоионов ДЭС. 2. Структурная составляющая расклинивающего давления как образования на поверхности частиц структурированных дисперсионной среды с измененными свойствами по сравнению с объемной жидкостью. 3. Адсорбционная составляющая расклинивающего давления как снижения межфазной энергии за счет адсорбции ПАВ. Гидродинамическое сопротивление дисперсионной среды вытеканию из зазора между частицами. 5. Структурно-механический барьер (по Ребиндеру). Защитные коллоиды. Роль лиофилизации поверхности и механических свойств адсорбционных слоев высокомолекулярных ПАВ в обеспечении устойчивости относительно коагуляции и коалесценции.
- 35. Основы теории Дерягина Ландау Фервея Овербека (ДЛФО). Сопоставление энергии молекулярного притяжения частиц и энергии отталкивания диффузных слоев противоионов ДЭС на поверхности частиц. Зависимость энергии взаимодействия частиц от расстояния между ними. Потенциальный барьер, вторичный (дальний) и первичный (ближний) минимум; влияние электролитов на высоту и положение потенциального барьера.
- 36. Коагуляция лиофобных золей электролитами, не вызывающими перезарядку частиц золя. Зависимость скорости коагуляции от концентрации электролита; порог коагуляции. Правило Шульце Гарди. Критерий Эйлерса Корфа.
- 37. Зоны коагуляции при введении электролита, вызывающего перезарядку частиц золя. Пептизация коагулятов под действием электролитов. Связь устойчивости и коагуляции с электрокинетическим потенциалом.
- 38. Флокуляция дисперсных систем полиэлектролитами. Роль коагуляции и флокуляции в процессах почвообразования, регулирования агротехнических свойств почв и очистки воды от загрязнений.

- 39. Структурообразование в дисперсных системах. Прочность дисперсных структур. Параметры, определяющие прочность дисперсных структур: число контактов в сечении (зависящее от дисперсности и упаковки частиц) и средняя прочность индивидуального контакта.
- 40. Классификация дисперсных структур по типу контактов между частицами. Природа сил сцепления в контактах между частицами. Коагуляционные и конденсационно-кристаллизационные структуры в почвенных системах.
- 41. Коагуляционные структуры. Условия их образования. Прочность единичного коагуляционного контакта. Механические свойства структур с коагуляционным типом контакта. Тиксотропия; ее роль в природных и технологических процессах.
- 42. Кристаллизационные структуры. Процессы, приводящие к образованию фазовых контактов (спекание, прессование, срастание при выделении новой фазы из пересыщенной среды). Роль пересыщения при формировании фазовых контактов. Образование конденсационно-кристаллизационных структур на примере твердения полуводного гипса.
- 43. Основы реологии. Основные реологические законы, описывающие упругое, вязкое и пластичное поведение идеализированных тел. Модель Бингама. Предельное напряжение сдвига. Эффективная вязкость.
- 44. Реологические свойства свободнодисперсных систем с изометричными частицами. Зависимость вязкости дисперсной системы с изометричными частицами от объемной доли дисперсной фазы (уравнение Эйнштейна).
- 45. Реологические свойства свободнодисперсных систем с анизометричными частицами. Аномалия вязкости.
- 46. Реологические свойства структурированных дисперсных систем. Полная реологическая кривая связнодисперсной системы с коагуляционной структурой.
- 47. Диффузия в коллоидных системах; уравнение Эйнштейна для коэффициента диффузии.
- 48. Седиментация в дисперсных системах. Скорость и время седиментации. Седиментационно-диффузионное равновесие Перрена Больцмана.
- 49. Седиментационный анализ дисперсных систем. Условия проведения седиментационного анализа. Кривая накопления осадка для полидисперсной системы. Уравнение Сведберга Одена. Интегральная и дифференциальная кривые распределения частиц по размеру.

8. Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине:

В таблицах представлена шкала оценивания результатов обучения по дисциплине. Уровень теоретических знаний обучающегося оценивается на "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно". Оценка "отлично" выставляется, если обучающийся демонстрирует сформированные систематические знания. Оценка "хорошо" ставится, если при демонстрации знаний студент допускает отдельные неточности (пробелы, ошибочные действия) непринципиального характера. При несистематических знаниях, демонстрации отдельных (но принципиально значимых знаний) и затруднениях в демонстрации других знаний выставляется оценка «удовлетворительно». Оценка "неудовлетворительно" ставится, если знания фрагментарны или отсутствуют.

Уровень практических навыков и умений обучающегося оценивается на «зачет», «незачет». Оценка «зачет» выставляется, если в течение семестра студент сдал 3 теоретических коллоквиума, выполнил, рассчитал, оформил и сдал 7 лабораторных работ. Сдача коллоквиумов и лабораторных работ проходит в форме устной беседы с преподавателем. Оценка «незачет» выставляется, если в течение семестра студент не сдал все теоретические коллоквиумы и не выполнил (или не рассчитал, или не оформил, или не сдал) все лабораторные работы.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине							
Оценка							
РО и							
соответствующие	2	3	4	5			
виды оценочных							
средств							
Знания (устный	Отсутствие	Фрагментарные	Общие, но не	Сформированные			
экзамен)	знаний	знания	структурированные	систематические			
			знания	знания			

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине					
Оценка					
РО и	Незачет	Зачет			
соответствующие виды	пезачет	34461			
оценочных средств					
Умения, навыки (владения,	Не выполнены, или не	Для получения зачета			
опыт деятельности): зачет	оформлены, или не	должны быть сданы все 3			
(теоретические коллоквиумы и	сданы одна или	коллоквиума, а также			
обсуждение выполненных и	несколько лабораторных	выполнены, рассчитаны,			
оформленных лабораторных	работ, не сданы один или	оформлены и сданы 7			
работ)	несколько коллоквиумов	лабораторных работ			

9. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной учебной литературы
- 1. Амелина Е.А. Методическое пособие к курсу коллоидной химии / Е. А. Амелина ; под ред. В. Н. Матвеенко ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, Хим. фак.. М. : [б. и.], 2011. 86 с.
- 2. Методические разработки к практикуму по коллоидной химии / Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, Хим. фак., Каф. коллоид. химии ; сост. Е. А. Амелина ; ред. Л. И. Лопатина. М. : [б. и.], 2011. 70 с.
- 3. Практикум по коллоидной химии: учеб. пособие для студентов вузов. / [В. Д. Должикова и др.]; под ред. В. Г. Куличихина. М.: Вуз. учебник: ИНФРА-М, 2014. 286.
- Перечень дополнительной учебной литературы
- 1. Коллоидная химия : учеб. для вузов. / Е. Д. Щукин, А. В. Перцов, Е. А. Амелина; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. М. : Юрайт, 2020. 443,

- 2. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии : учебник. / Д. А. Фридрихсберг. СПб. [и др.] : Лань, 2010. 410.
- 3. Сумм Б.Д. Коллоидная химия: учебник. / Б. Д. Сумм. М.: Академия, 2013. 238.

Перечень лицензионного программного обеспечения

- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости) http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/colloid.html
- Описание материально-технической базы

А. Помещения:

практикум — для проведения практических работ, приема коллоквиумов и сдачи лабораторных работ.

Б. Оборудование:

Лабораторный практикум на 30 рабочих мест с соответствующим лабораторным оборудованием: вытяжка, электричество, мойка (3 шт.), лабораторные столы, подача воздуха на лабораторных столах, дистиллятор, сушильный шкаф (1 шт.), весы лабораторные аналитические (1 шт.) и технические (4 шт.).

Стандартные приборы для измерения поверхностного натяжения на легкоподвижных границах раздела фаз; горизонтальные микроскопы, объединённые с компьютерами для анализа видеоизображения; кондуктометры; спектрофотометры; турбидиметры; приборы для электрофореза гидрозолей; седиментометры с автоматической регистрацией времени оседания частиц; вискозиметры. Экспериментальные данные в большинстве случаев рассчитываются с помощью стандартных компьютерных программ.

Вспомогательное лабораторное оборудование, наборы посуды для химических экспериментов; расходные материалы и реактивы для проведения экспериментов.

В. Иные материалы: писчая бумага для проведения коллоквиумов.

10. Язык преподавания: русский

11. Преподаватель (преподаватели):

Лектор:

Потешнова Мария Викторовна - старший преподаватель, кандидат химических наук (2005 г., МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва), без ученого звания.

Преподаватели:

- 1. Богданова Юлия Геннадьевна старший научный сотрудник, кандидат химических наук (2001 г., Москва), ученое звание доцента по специальности 02.00.11. (2012 г., МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва)
- 2. Заборова Ольга Владимировна старший научный сотрудник, кандидат химических наук (2014 г., степень присуждена диссертационным советом <u>Д</u> 501.001.60 МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва), без ученого звания
- 3. Иванова Нина Ивановна доцент, кандидат химических наук (1969 г., МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва), ученое звание доцента по кафедре коллоидной химии

- присвоено Решением Государственного комитета СССР по народному образованию 17 апреля 1990 г. № 543/д.
- 4. Лопатина Лариса Ивановна доцент, кандидат химических наук (1985 г., МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва), ученое звание доцента по кафедре. Приказ Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки, 20 октября 2010 г.
- 5. Левачев Сергей Михайлович доцент, доктор химических наук (12.02.2013, Московский Институт тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова, Москва), без ученого звания.
- 6. Парфенова Аксана Михайловна научный сотрудник, без степени, без ученого звания.
- 7. Породенко Елена Владимировна старший преподаватель, кандидат химических наук (1985 г., МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва), без ученого звания.
- 8. Харлов Александр Евгеньевич старший преподаватель, кандидат химических наук (2002 г., МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва), ученое звание доцент по кафедре общей, органической и физической химии. Присвоено Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 16. 12. 2009.

12. Разработчики программы:

- 1. Потешнова Мария Викторовна старший преподаватель, кандидат химических наук (2005 г., МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва), без ученого звания.
- 2. Лопатина Лариса Ивановна доцент, кандидат химических наук (1985 г., МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва), ученое звание доцента по кафедре. Приказ Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки, 20 октября 2010 г.

13. Краткая аннотация дисциплины:

Курс коллоидной химии знакомит студентов факультета почвоведения с основами современного учения о дисперсном состоянии вещества и поверхностных явлениях в дисперсных системах. Курс ставит целью дать четкое представление о теоретических и экспериментальных основах этой обширной самостоятельной области химической науки и их приложении в почвоведении. К основным вопросам, изучаемым в данном курсе, относятся: особые свойства границ раздела фаз и явления на межфазных границах; пути и условия образования дисперсных систем, их особые молекулярно-кинетические, оптические и электроповерхностные свойства; устойчивость и разрушение дисперсных систем; развитие в них пространственных структур со своеобразными реологическими свойствами; управление свойствами дисперсных систем. Универсальность дисперсного состояния определяет фундаментальную роль коллоидной химии в прогрессе естественных наук: почвоведении, химии, геологии, биологии, медицины и др.

Задачей курса является формирование у студентов современных представлений о дисперсном состоянии вещества, свойствах межфазных поверхностей в микрогетерогенных системах и значении основных закономерностей поверхностных и коллоидно-химических явлений для раскрытия механизмов различных процессов в природных дисперсных системах. Освоение курса коллоидной химии способствует более глубокому пониманию многочисленных процессов (физических и химических), протекающих при образовании, функционировании и обработке почв, обеспечивая тем самым необходимый фундамент знаний для успешного изучения студентами почвенного факультета специальных дисциплин. В курсе отражено практическое приложение

основных закономерностей коллоидной химии к различным аспектам учения о почвах, а также рационального использования и защиты окружающей среды.

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

Весь материал курса разделен на 3 раздела: 1) Поверхность раздела фаз и поверхностные явления. Смачивание и капиллярные явления. Адсорбция из растворов; 2) Образование Электроповерхностные дисперсных систем. свойства; 3) Устойчивость, структурно-механические свойства структурообразование дисперсных систем. свойства коллоидных систем. Молекулярно-кинетические По каждому разделу предусмотрено выполнение лабораторных работ и сдача коллоквиума (всего 3 коллоквиума). Отдельные вопросы курса, не вошедшие в материал коллоквиумов, выделены для самостоятельной работы студентов. 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 итогам работы в практикуме (после сдачи всех коллоквиумов и всех лабораторных работ) студенты получают зачет. По завершении освоения курса коллоидной химии студенты сдают экзамен. Объем курса: 54 часа, в том числе 18 часов лекций, 36 часов практикума, включая коллоквиумы.