


Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		



**УТВЕРЖДЕНО**  
решением Ученого совета института  
медицины, экологии и физической культуры  
18 мая 2022 г., протокол № 9/239

Председатель / В.И. Мидленко /  
подпись расшифровка подписи  
18 мая 2022 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	<b>КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ</b>
Факультет	<b>Экологический</b>
Кафедра	<b>Общей и биологической химии</b>
Курс	<b>4</b>

Направление (специальность) **04.03.01 Химия**

Направленность (профиль/специализация) **Химия окружающей среды, химическая экспертиза и экологическая безопасность**

Форма обучения **Очная**

Дата введения в учебный процесс УлГУ: « 1 » сентября 2022 г.

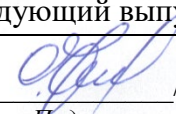
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № 1 от 30.08.2023 г.


Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № 1 от 29.08.2024 г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	Кафедра	Должность, ученая степень, звание
Иванова Лидия Александровна	-	Доцент, кандидат биологических наук

<b>СОГЛАСОВАНО</b>
Заведующий выпускающей кафедрой
(  / <u>Шроль О.Ю.</u> / Подпись ФИО « 16 » мая 2022 г.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

## 1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью освоения дисциплины** - является формирование системных знаний, которые необходимы студентам при рассмотрении физико-химической сущности и механизмов процессов, происходящих в природе и живом организме на молекулярном и клеточном уровнях. В результате освоения данной дисциплины должны быть сформированы умения выполнять в необходимых случаях расчеты параметров этих процессов, что позволит более глубоко понять функции отдельных систем организма, а также его взаимодействие с окружающей средой.

### Задачи освоения дисциплины:

- осветить ключевые вопросы программы, стимулировать студентов к последующей самостоятельной работе.
- сформировать умения и навыки для решения проблемных и ситуационных задач;
- сформировать практические навыки постановки и выполнения экспериментальной работы.

## 2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП:

Дисциплина относится к математическому и естественнонаучному циклу, вариативная часть (Б1.В.1.08). Для изучения дисциплины необходимы знания вопросов предшествующих изучаемых дисциплин – неорганической химии, аналитической химии, органической химии, физической химии. Данная дисциплина изучается на 4 курсе.

## 3 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОПОП


Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
ПК-3: Владеет системой фундаментальных химических понятий	Знать: фундаментальные законы и понятия коллоидной химии; Уметь: применять фундаментальные законы в химии; Владеть: системой фундаментальных понятий и методологических аспектов коллоидной химии.

## 4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего) 3 ЗЕТ

4.2. По видам учебной работы ( в часах): 108

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения - очная)	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
1	2	8
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	84	84
Аудиторные занятия:	84	84


Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

лекции	28	28
семинары и практические занятия	28	28
лабораторные работы, практикумы	28	28
Самостоятельная работа	24	24
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контрольная работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов)	Коллоквиум, контрольная работа	Коллоквиум, контрольная работа
Курсовая работа	-	-
Виды промежуточной аттестации (зачет)	-	-
Всего часов по дисциплине	108	108

#### 4.3 Содержание дисциплины (модуля.) Распределение часов по темам и видам учебной работы:

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий				Самостоятельная работа	Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме		
		лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы			
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Основные понятия коллоидной химии, объекты и цели изучения.	7	2	2	2	2	1	Коллоквиум №1
2. Термодинамика поверхностных явлений	7	2	2	2	2	1	Коллоквиум №2, контрольная работа №1
3. Капиллярные явления	8	2	2	2	2	2	Коллоквиум №3
4. Поверхностные явления и механические свойства твердых тел	14	4	4	4	4	2	Коллоквиум №4
5. Адсорбция на поверхности раздела фаз	8	2	2	2	2	2	Коллоквиум №5, контрольная работа №2
6. Электроповерхностные явления в дисперсных	8	2	2	2	2	2	Коллоквиум №6

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

системах							
7. Лиофобные системы	8	2	2	2	2	2	Коллоквиум №7, контрольная работа №5
8. Лиофильные дисперсные системы	8	2	2	2	2	2	Коллоквиум №8, контрольная работа №3
9. Эмульсии и пены, аэрозоли	8	2	2	2	2	2	Коллоквиум №9
10. Седиментационная устойчивость	8	2	2	2	2	2	Коллоквиум №10
11. Агрегативная устойчивость	8	2	2	2	2	2	Коллоквиум №11
12. Коагуляция золь электролитами	8	2	2	2	2	2	Коллоквиум №12, контрольная работа №4
13. Основы физико-химической механики	8	2	2	2	2	2	Коллоквиум №13
ВСЕГО	108	28	28	28		24	

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1. Тема 1. Основные понятия коллоидной химии, объекты и цели изучения.

Коллоидные частицы и коллоидные системы; коллоидное (дисперсное) состояние вещества. Количественное определение дисперсности: дисперсность и удельная поверхность кривизна поверхности частиц дисперсной фазы. Роль поверхностных явлений в процессах, протекающих в дисперсных системах.

Различные типы классификации дисперсных систем: по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды, по размерам частиц, по концентрации и т.д. Лиофильные и лиофобные дисперсные системы.

Взаимосвязь коллоидной химии с другими химическими дисциплинами, с физикой, биологией, геологией, медициной.

Основные этапы развития коллоидной химии. Главные новые направления и объекты (наносистемы, микроэмульсии, биокolloиды, тонкие пленки и др.), изучаемые коллоидной химией.


### 5.2. Тема 2. Термодинамика поверхностных явлений

Поверхность раздела фаз. Свободная поверхностная энергия. Поверхностное натяжение, силовая и энергетическая трактовки. Метод избыточных термодинамических функций поверхностного слоя (Гиббс). Понятие о поверхности разрыва и разделяющей поверхности. Обобщенное уравнение первого и второго законов термодинамики для поверхности раздела фаз.

Изменение поверхностного натяжения жидкости на границе с собственным паром в зависимости от температуры, критическая температура по Менделееву.

Связь свободной поверхностной энергии с теплотой сублимации (правило Стефана), модулем упругости, идеальной прочностью и другими свойствами вещества.

Поверхность раздела между двумя конденсированными фазами. Правило Антонова; условия его применения.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

### 5.3. Тема 3. Капиллярные явления

Капиллярное давление. Закон Лапласа.

Зависимость давления пара от кривизны поверхности жидкости. Закон Томсона. Капиллярная конденсация. Изотермическая перегонка вещества.

Зависимость растворимости от кривизны поверхности дисперсных частиц (закон Гиббса - Оствальда - Фрейндлиха). Равновесная форма кристаллов (закон Гиббса - Кюри - Вульфа). Смачивание. Краевой угол. Закон Юнга (силовой и энергетический выводы). Соотношение между работами когезии и адгезии при смачивании. Капиллярное поднятие жидкости, уравнение Жюрена, капиллярная постоянная жидкости. Избирательное смачивание как метод характеристики поверхностей твердых тел (лиофильных и лиофобных). Полное смачивание (термодинамическое условие).

Понятие о поверхностных силах второго рода и расклинивающим давлении. Линия трехфазного контакта (линия смачивания); линейное натяжение. Уравнение краевого угла смачивания с учетом линейного натяжения.

Капиллярное течение в пористых средах. Практические приложения (вытеснение нефти, течение в невесомости и др.).

Основные методы измерения поверхностного натяжения жидкостей и поверхностной энергии твердых тел.

### 5.4. Тема 4. Поверхностные явления и механические свойства твердых тел

Разрушение и измельчение (диспергирование) твердых тел как физико-химический процесс образования новой поверхности. Теория Гриффитса, условие самопроизвольного распространения трещин.

Эффект Ребиндера: изменение прочности и пластичности как следствие снижения поверхностной энергии твердых тел. Основные формы проявления эффекта: пластифицирование, возникновение хрупкости, самопроизвольное диспергирование.

Термодинамические условия проявления эффекта Ребиндера. Влияние химической природы твердых тел и жидкостей на возможность его проявления. Электрокапиллярный эффект. Проявление эффекта Ребиндера в природных и технологических процессах (примеры).

Повышение прочности при растворении поверхностного слоя кристаллов (эффект Иоффе).

### 5.5. Тема 5. Адсорбция на поверхности раздела фаз

Адсорбция как самопроизвольное концентрирование на поверхности раздела фаз веществ, снижающих межфазное натяжение. Поверхностно-активные и -инактивные вещества (примеры). Относительность понятия "поверхностная активность" (зависимость от природы контактирующих фаз). Поверхностно-активные металлы.

Термодинамика процесса адсорбции. Уравнение адсорбции Гиббса.


Органические поверхностно-активные вещества (ПАВ). Классификация ПАВ по молекулярному строению (анионо- и катионоактивные, неионогенные, амфолитные); области применения ПАВ. Высокомолекулярные ПАВ (примеры, отличия от низкомолекулярных ПАВ). Проблема биоразлагаемости ПАВ. Классификация ПАВ по механизму их действия (смачиватели, диспергаторы, стабилизаторы, моющие вещества).

Понятие о гидрофильно-липофильном балансе (ГЛБ) молекул ПАВ.

Зависимость поверхностного натяжения от концентрации ПАВ. Уравнение Шишковского.

Поверхностная активность, ее изменение в гомологических рядах ПАВ.

Термодинамическое обоснование правила Траубе - Дюкло. Методы оценки поверхностной активности органических ПАВ. Работа адсорбции. Динамический характер адсорбционного равновесия на поверхности раздела раствор ПАВ - газ. Уравнение Лэнгмюра, его связь с уравнениями Гиббса, Шишковского и Фрумкина.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

Строение монослоев растворимых ПАВ. Двухмерное состояние вещества в поверхностном слое, ориентация молекул в разреженных и в насыщенных слоях. Уравнение состояния монослоя ПАВ. Расчет размеров молекул ПАВ.

Поверхностные пленки нерастворимых ПАВ; поверхностное давление; методы его измерения. Изотермы двухмерного давления. Основные типы пленок: газообразные, жидкорастянутые, жидкие, твердые. Условия перехода пленки от одного состояния к другому. Слои Лэнгмюра - Блоджетт как самоорганизованные коллоидные структуры.

Адсорбция ПАВ на поверхности раздела несмешивающихся жидкостей.

Адсорбция ПАВ из растворов на поверхности твердых тел. Правило уравнивания полярностей Ребиндера. Модифицирующее действие ПАВ: гидрофилизация и гидрофобизация твердой поверхности. Управление смачиванием в процессах флотации. Влияние адсорбционных слоев ПАВ на смазочное действие и на граничное трение.

### 5.6. Тема 6. Электроповерхностные явления в дисперсных системах

Двойной электрический слой (ДЭС). Причины образования ДЭС. Термодинамическое равновесие поверхности раздела фаз с учетом электрической энергии.

Модели строения ДЭС (теории Гельмгольца, Гуи - Чепмена, Штерна, Грэма). Изменение потенциала в зависимости от расстояния от поверхности для сильно и слабо заряженных поверхностей; влияние концентрации и заряда ионов электролита.

Электрокинетические явления: электрофорез, электроосмос, потенциалы течения и оседания; теория Гельмгольца - Смолуховского. Электрокинетический потенциал; граница скольжения. Методы определения электрокинетического потенциала.

Строение мицеллы гидрофобного золя. Влияние концентрации и природы электролита на величину и знак заряда коллоидных частиц. Основы ионного обмена. Лиотропные ряды. Изоэлектрическое состояние в дисперсных системах; методы определения изоэлектрической точки. Практические приложения электрокинетических явлений.

Электрокапиллярные явления. Понятие об электроповерхностных явлениях: капиллярном осмосе, диффузиофорезе.

### 5.7. Тема 7. Лиофобные системы

Диспергационные методы получения дисперсных систем (золей, эмульсий, пен, аэрозолей). Роль ПАВ в процессах получения дисперсных систем. Связь работы диспергирования с поверхностной энергией твердых тел. Использование эффекта Ребиндера для уменьшения работы диспергирования. Процессы диспергирования в природе и технике.

Конденсационные способы получения дисперсных систем. Образование зелей в процессе химических реакций.

Термодинамика гомогенного и гетерогенного образования коллоидных частиц при фазовых переходах 1-го рода (теория Гиббса - Фольмера). Работа образования зародышей новой фазы. Образование частиц дисперсной фазы в процессах кристаллизации из растворов, конденсации пересыщенного пара, кипения. Методы регулирования размеров частиц в дисперсных системах.

Основные методы очистки зелей (диализ и ультрафильтрация).


Коллоидно-химические свойства ВМС. Методы определения концентрации и размеров частиц зелей.

### 5.8. Тема 8. Лиофильные дисперсные системы

Термодинамика образования лиофильных коллоидных систем; критерий самопроизвольного диспергирования (критерий Ребиндера-Щукина).

Мицеллообразование в растворах ПАВ. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ), основные методы определения ККМ. Эмпирические закономерности изменения ККМ и минимального значения поверхностного натяжения на границе раздела раствор



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

ПАВ - воздух в гомологических рядах ПАВ. Строение прямых и обратных мицелл при различных концентрациях ПАВ.

Термодинамика мицеллообразования: тепловые эффекты, роль гидрофобных взаимодействий, диаграмма фазовых состояний, температурная зависимость ККМ; точка Крафта.

Солюбилизация (коллоидное растворение органических веществ в прямых мицеллах). Относительная солюбилизация, зависимость от температуры и концентрации. Солюбилизация в неводных средах.

Микроэмульсии; строение микрокапель, условия образования, фазовая диаграммы.

Практические приложения мицеллярных систем и микроэмульсий (в химии, нефтедобычи, биологии).

### **5.9. Тема 9. Эмульсии, пены, аэрозоли**

Эмульсии. Классификация, определение степени дисперсности. Эмульгаторы, принципы выбора ПАВ для стабилизации прямых и обратных эмульсий. Роль гидрофильнолипофильного баланса молекулы ПАВ в стабилизации эмульсий.

Эмульсионные пленки; их строение и факторы, влияющие на устойчивость эмульсионных пленок. Обращение фаз в эмульсиях. Твердые эмульгаторы.

Методы разрушения эмульсий. Практическое применение эмульсий.

Пены. Строение пен и их классификация. Кратность пен.

Пенообразователи, эффективность их влияния и связь с гидрофильно-липофильным балансом используемых ПАВ. Влияние электролитов на пенообразующую способность ПАВ.

Пенные пленки, строение, факторы устойчивости. Черные пленки.

Практическое применение пен (примеры). Использование пен для моделирования физико-химических процессов (зарождение и перемещение дислокаций и др.).

Классификация аэрозолей по агрегатному состоянию частиц дисперсной фазы.

Методы получения и измерения размеров аэрозольных частиц.

Молекулярно-кинетические свойства аэрозолей (высоко- и грубодисперсных).

Электрические свойства аэрозолей, причины возникновения заряда на поверхности частиц.

Агрегативная устойчивость аэрозолей. Способы и особенности разрушения аэрозолей.

Практическое использование аэрозолей (примеры).

### **5.10. Тема 10. Седиментационная устойчивость**

Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем. Диффузия в коллоидных системах. Закон Эйнштейна.

Седиментационный анализ полидисперсных систем. Константа седиментации.

Дифференциальная кривая распределения частиц по размерам; интегральная кривая; построение их из данных по кинетике накопления осадка.

Седиментационно-диффузионное равновесие. Метод Перрена определения числа Авогадро. Применение ультрацентрифуг для измерения массы ультрадисперсных частиц и макромолекул (Думанский, Сведберг).

### **5.11. Тема 11. Агрегативная устойчивость**


Теория устойчивости гидрофобных золь (теория ДЛФО). Термодинамика тонких пленок.

Расклинивающее давление по Дерягину. Молекулярная составляющая расклинивающего давления. Учет молекулярной природы контактирующих фаз, для тонких пленок и сферических частиц. Электростатическая составляющая расклинивающего давления.

Зависимость энергии взаимодействия частиц дисперсной фазы от расстояния между ними.

Основные факторы, влияющие на агрегативную устойчивость дисперсных систем.

Эффетивная упругость тонких пленок. Эффект Марангони - Гиббса; причины возникновения. Гидродинамические особенности утоньшения пленок.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

Структурно-механический барьер (теория Ребиндера). Реологические свойства адсорбционных слоев ПАВ - стабилизаторов коллоидов коллоидных систем. Защитные коллоиды.

### **5.12. Тема 12. Коагуляция зольей электролитами**

Порог коагуляции; зависимость критической концентрации электролита от размера и заряда коагулирующего иона (правило Шульце - Гарди). Антагонизм и синергизм в действии электролитов на процесс коагуляции.

Коагуляция сильно и слабо заряженных зольей (концентрационная и нейтрализационная коагуляция). Обоснование правила Шульце - Гарди и критерия Эйлера - Корфа в теории ДЛФО.

Флокуляция, гетерокоагуляция, адагуляция (определения, примеры).

Кинетика коагуляции. Теория быстрой коагуляции (Смолуховский); основные положения теории медленной коагуляции (Н.Фукс). Обратимость процесса коагуляции. Пептизация.

### **5.13. Тема 13. Основы физико-химической механики**

Закономерности течения свободно-дисперсных систем под действием приложенного давления. Закон Ньютона. Влияние концентрации и формы частиц дисперсной фазы на закономерности течения (закон Энштейна).

Структурообразование в дисперсных системах. Возникновение и развитие пространственных структур. Природа контактов между элементами структур. Периодические структуры. Образование и свойства гелей.

Коагуляционные структуры. Условия образования, механические свойства; явление тиксотропии.

Кристаллизационные структуры. Механические свойства кристаллизационных структур.

Описание дисперсных систем на основе реологических моделей (Максвелла, Кельвина, Бингама, Шведова). Полная реологическая кривая.

Физико-химические методы регулирования структурно-механических свойств дисперсных систем на различных стадиях их формирования как основная задача физико-химической механики.

## **6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ**

### **6.1. Тема 1. Основные понятия коллоидной химии, объекты и цели изучения.**

Вопросы к теме:


1. Коллоидные частицы и коллоидные системы; коллоидное (дисперсное) состояние вещества. Количественное определение дисперсности: дисперсность и удельная поверхность кривизна поверхности частиц дисперсной фазы. Роль поверхностных явлений в процессах, протекающих в дисперсных системах.
2. Различные типы классификации дисперсных систем: по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды, по размерам частиц, по концентрации и т.д. Лиофильные и лиофобные дисперсные системы.
3. Взаимосвязь коллоидной химии с другими химическими дисциплинами, с физикой, биологией, геологией, медициной.
4. Основные этапы развития коллоидной химии. Главные новые направления и объекты (наносистемы, микроэмульсии, биокolloиды, тонкие пленки и др.), изучаемые коллоидной химией.

### **6.2. Тема 2. Термодинамика поверхностных явлений**

Вопросы к теме:

1. Поверхность раздела фаз. Свободная поверхностная энергия. Поверхностное натяжение, силовая и энергетическая трактовки. Метод избыточных термодинамических функций поверхностного слоя (Гиббс). Понятие о поверхности разрыва и разделяющей поверхности. Обобщенное уравнение первого и второго законов термодинамики для поверхности раздела фаз.
2. Изменение поверхностного натяжения жидкости на границе с собственным паром в зависимости от температуры, критическая температура по Менделееву.



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

3. Связь свободной поверхностной энергии с теплотой сублимации (правило Стефана), модулем упругости, идеальной прочностью и другими свойствами вещества.
4. Поверхность раздела между двумя конденсированными фазами. Правило Антонова; условия его применения.

### 6.3. Тема 3. Капиллярные явления

Вопросы к теме:

1. Капиллярное давление. Закон Лапласа.
2. Зависимость давления пара от кривизны поверхности жидкости. Закон Томсона. Капиллярная конденсация. Изотермическая перегонка вещества.
3. Зависимость растворимости от кривизны поверхности дисперсных частиц (закон Гиббса - Оствальда - Фрейндлиха). Равновесная форма кристаллов (закон Гиббса - Кюри - Вульфа).
4. Смачивание. Краевой угол. Закон Юнга (силовой и энергетический выводы). Соотношение между работами когезии и адгезии при смачивании. Капиллярное поднятие жидкости, уравнение Жюрена, капиллярная постоянная жидкости. Избирательное смачивание как метод характеристики поверхностей твердых тел (лиофильных и лиофобных). Полное смачивание (термодинамическое условие).
5. Понятие о поверхностных силах второго рода и расклинивающем давлении. Линия трехфазного контакта (линия смачивания); линейное натяжение. Уравнение краевого угла смачивания с учетом линейного натяжения.
6. Капиллярное течение в пористых средах. Практические приложения (вытеснение нефти, течение в невесомости и др.).
7. Основные методы измерения поверхностного натяжения жидкостей и поверхностной энергии твердых тел.

### 6.4. Тема 4. Поверхностные явления и механические свойства твердых тел


Вопросы к теме:

1. Разрушение и измельчение (диспергирование) твердых тел как физико-химический процесс образования новой поверхности. Теория Гриффитса, условие самопроизвольного распространения трещин.
2. Эффект Ребиндера: изменение прочности и пластичности как следствие снижения поверхностной энергии твердых тел. Основные формы проявления эффекта: пластифицирование, возникновение хрупкости, самопроизвольное диспергирование.
3. Термодинамические условия проявления эффекта Ребиндера. Влияние химической природы твердых тел и жидкостей на возможность его проявления. Электрокапиллярный эффект. Проявление эффекта Ребиндера в природных и технологических процессах (примеры).
4. Повышение прочности при растворении поверхностного слоя кристаллов (эффект Иоффе).

### 6.5. Тема 5. Адсорбция на поверхности раздела фаз

Вопросы к теме:

1. Адсорбция как самопроизвольное концентрирование на поверхности раздела фаз веществ, снижающих межфазное натяжение. Поверхностно-активные и -инактивные вещества (примеры). Относительность понятия "поверхностная активность" (зависимость от природы контактирующих фаз). Поверхностно-активные металлы.
2. Термодинамика процесса адсорбции. Уравнение адсорбции Гиббса.
3. Органические поверхностно-активные вещества (ПАВ). Классификация ПАВ по молекулярному строению (анионо- и катионоактивные, неионогенные, амфолитные); области применения ПАВ. Высокомолекулярные ПАВ (примеры, отличия от низкомолекулярных ПАВ). Проблема биоразлагаемости ПАВ. Классификация ПАВ по

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

механизму их действия (смачиватели, диспергаторы, стабилизаторы, моющие вещества). Понятие о гидрофильно-липофильном балансе (ГЛБ) молекул ПАВ.

4. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации ПАВ. Уравнение Шишковского. Поверхностная активность, ее изменение в гомологических рядах ПАВ. Термодинамическое обоснование правила Траубе - Дюкло. Методы оценки поверхностной активности органических ПАВ. Работа адсорбции. Динамический характер адсорбционного равновесия на поверхности раздела раствор ПАВ - газ. Уравнение Лэнгмюра, его связь с уравнениями Гиббса, Шишковского и Фрумкина.

5. Строение монослоев растворимых ПАВ. Двухмерное состояние вещества в поверхностном слое, ориентация молекул в разреженных и в насыщенных слоях. Уравнение состояния монослоя ПАВ. Расчет размеров молекул ПАВ.

6. Поверхностные пленки нерастворимых ПАВ; поверхностное давление; методы его измерения. Изотермы двухмерного давления. Основные типы пленок: газообразные, жидкорастянутые, жидкие, твердые. Условия перехода пленки от одного состояния к другому. Слои Лэнгмюра - Блоджетт как самоорганизованные коллоидные структуры.

7. Адсорбция ПАВ на поверхности раздела несмешивающихся жидкостей.

8. Адсорбция ПАВ из растворов на поверхности твердых тел. Правило уравнивания полярностей Ребиндера. Модифицирующее действие ПАВ: гидрофилизация и гидрофобизация твердой поверхности. Управление смачиванием в процессах флотации. Влияние адсорбционных слоев ПАВ на смазочное действие и на граничное трение.

#### **6.6. Тема 6. Электроповерхностные явления в дисперсных системах**

Вопросы к теме:

1. Двойной электрический слой (ДЭС). Причины образования ДЭС. Термодинамическое равновесие поверхности раздела фаз с учетом электрической энергии.

2. Модели строения ДЭС (теории Гельмгольца, Гуи - Чепмена, Штерна, Грэма). Изменение потенциала в зависимости от расстояния от поверхности для сильно и слабо заряженных поверхностей; влияние концентрации и заряда ионов электролита.

3. Электрокинетические явления: электрофорез, электроосмос, потенциалы течения и оседания; теория Гельмгольца - Смолуховского. Электрокинетический потенциал; граница скольжения. Методы определения электрокинетического потенциала.

4. Строение мицеллы гидрофобного золя. Влияние концентрации и природы электролита на величину и знак заряда коллоидных частиц. Основы ионного обмена. Лиотропные ряды. Изоэлектрическое состояние в дисперсных системах; методы определения изоэлектрической точки. Практические приложения электрокинетических явлений.

5. Электрокапиллярные явления. Понятие об электроповерхностных явлениях: капиллярном осмосе, диффузиофорезе.


#### **6.7. Тема 7. Лиофобные системы**

Вопросы к теме:

1. Диспергационные методы получения дисперсных систем (золей, эмульсий, пен, аэрозолей). Роль ПАВ в процессах получения дисперсных систем. Связь работы диспергирования с поверхностной энергией твердых тел. Использование эффекта Ребиндера для уменьшения работы диспергирования. Процессы диспергирования в природе и технике.

2. Конденсационные способы получения дисперсных систем. Образование зоей в процессе химических реакций.

3. Термодинамика гомогенного и гетерогенного образования коллоидных частиц при фазовых переходах 1-го рода (теория Гиббса - Фольмера). Работа образования зародышей новой фазы. Образование частиц дисперсной фазы в процессах кристаллизации из растворов, конденсации пересыщенного пара, кипения. Методы регулирования размеров частиц в дисперсных системах.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

4. Основные методы очистки золей (диализ и ультрафильтрация).
5. Коллоидно-химические свойства ВМС. Методы определения концентрации и размеров частиц золей.

#### **6.8. Тема 8. Лиофильные дисперсные системы**

Вопросы к теме:

1. Термодинамика образования лиофильных коллоидных систем; критерий самопроизвольного диспергирования (критерий Ребиндера-Щукина).
2. Мицеллообразование в растворах ПАВ. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ), основные методы определения ККМ. Эмпирические закономерности изменения ККМ и минимального значения поверхностного натяжения на границе раздела раствор ПАВ - воздух в гомологических рядах ПАВ. Строение прямых и обратных мицелл при различных концентрациях ПАВ.
3. Термодинамика мицеллообразования: тепловые эффекты, роль гидрофобных взаимодействий, диаграмма фазовых состояний, температурная зависимость ККМ; точка Крафта.
4. Солюбилизация (коллоидное растворение органических веществ в прямых мицеллах). Относительная солюбилизация, зависимость от температуры и концентрации. Солюбилизация в неводных средах.
5. Микроэмульсии; строение микрокапель, условия образования, фазовая диаграммы.
6. Практические приложения мицеллярных систем и микроэмульсий (в химии, нефтедобычи, биологии).

#### **6.9. Тема 9. Эмульсии, пены, аэрозоли**


Вопросы к теме:

1. Эмульсии. Классификация, определение степени дисперсности. Эмульгаторы, принципы выбора ПАВ для стабилизации прямых и обратных эмульсий. Роль гидрофильнолипофильного баланса молекулы ПАВ в стабилизации эмульсий.
2. Эмульсионные пленки; их строение и факторы, влияющие на устойчивость эмульсионных пленок. Обращение фаз в эмульсиях. Твердые эмульгаторы.
3. Методы разрушения эмульсий. Практическое применение эмульсий.
4. Пены. Строение пен и их классификация. Кратность пен.
5. Пенообразователи, эффективность их влияния и связь с гидрофильно-липофильным балансом используемых ПАВ. Влияние электролитов на пенообразующую способность ПАВ.
6. Пенные пленки, строение, факторы устойчивости. Черные пленки.
7. Практическое применение пен (примеры). Использование пен для моделирования физико-химических процессов (зарождение и перемещение дислокаций и др.).
8. Классификация аэрозолей по агрегатному состоянию частиц дисперсной фазы.
9. Методы получения и измерения размеров аэрозольных частиц.
10. Молекулярно-кинетические свойства аэрозолей (высоко- и грубодисперсных).
11. Электрические свойства аэрозолей, причины возникновения заряда на поверхности частиц.
12. Агрегативная устойчивость аэрозолей. Способы и особенности разрушения аэрозолей. Практическое использование аэрозолей (примеры).

#### **6.10. Тема 10. Седиментационная устойчивость**

Вопросы к теме:

1. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем. Диффузия в коллоидных системах. Закон Эйнштейна.
2. Седиментационный анализ полидисперсных систем. Константа седиментации. Дифференциальная кривая распределения частиц по размерам; интегральная кривая; построение их из данных по кинетике накопления осадка.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

3. Седиментационно-диффузионное равновесие. Метод Перрена определения числа Авогадро. Применение ультрацентрифуг для измерения массы ультрадисперсных частиц и макромолекул (Думанский, Сведберг).

#### **6.11. Тема 11. Агрегативная устойчивость**

Вопросы к теме:

1. Теория устойчивости гидрофобных золь (теория ДЛФО). Термодинамика тонких пленок. Расклинивающее давление по Дерягину. Молекулярная составляющая расклинивающего давления. Учет молекулярной природы контактирующих фаз, для тонких пленок и сферических частиц. Электростатическая составляющая расклинивающего давления. Зависимость энергии взаимодействия частиц дисперсной фазы от расстояния между ними.
2. Основные факторы, влияющие на агрегативную устойчивость дисперсных систем. Эффективная упругость тонких пленок. Эффект Марангони - Гиббса; причины возникновения. Гидродинамические особенности утоньшения пленок.
3. Структурно-механический барьер (теория Ребиндера). Реологические свойства адсорбционных слоев ПАВ - стабилизаторов коллоидов коллоидных систем. Защитные коллоиды.

#### **6.12. Тема 12. Коагуляция золь электролитами**

Вопросы к теме:

1. Порог коагуляции; зависимость критической концентрации электролита от размера и заряда коагулирующего иона (правило Шульце - Гарди). Антагонизм и синергизм в действии электролитов на процесс коагуляции.
2. Коагуляция сильно и слабо заряженных золь (концентрационная и нейтрализационная коагуляция). Обоснование правила Шульце - Гарди и критерия Эйлера - Корфа в теории ДЛФО.
3. Флокуляция, гетерокоагуляция, адагуляция (определения, примеры).
4. Кинетика коагуляции. Теория быстрой коагуляции (Смолуховский); основные положения теории медленной коагуляции (Н.Фукс). Обратимость процесса коагуляции. Пептизация.

#### **6.13. Тема 13. Основы физико-химической механики**

Вопросы к теме:

1. Закономерности течения свободно-дисперсных систем под действием приложенного давления. Закон Ньютона. Влияние концентрации и формы частиц дисперсной фазы на закономерности течения (закон Энштейна).
2. Структурообразование в дисперсных системах. Возникновение и развитие пространственных структур. Природа контактов между элементами структур. Периодические структуры. Образование и свойства гелей.
3. Коагуляционные структуры. Условия образования, механические свойства; явление тиксотропии.
4. Кристаллизационные структуры. Механические свойства кристаллизационных структур.
5. Описание дисперсных систем на основе реологических моделей (Максвелла, Кельвина, Бингама, Шведова). Полная реологическая кривая.
6. Физико-химические методы регулирования структурно-механических свойств дисперсных систем на различных стадиях их формирования как основная задача физико-химической механики.


### **7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ**

#### **7.1 Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости методом отрывающейся капли**

Приборы и реактивы: сталагмометр; штатив с лапкой; три стакана на 100 мл; 1,0 М растворы этилового ( $C_2H_5OH$ ) и амилового ( $C_5H_{11}OH$ ) спиртов, дистиллированная вода.

##### Краткие теоретические сведения

Падающая капля жидкости имеет форму, при которой ее поверхность бывает

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

наименьшей (шар). На поверхности жидкости имеется как бы пленка, которая стремится ее сжать. Наличие на поверхности жидкости молекул, не уравновешенных межмолекулярными силами, создает в поверхностном слое свободную поверхностную энергию, стремящуюся уменьшиться. На поверхности жидкости как бы образуется пленка, обладающая поверхностным натяжением.

Чтобы увеличить поверхность жидкости, т. е. чтобы преодолеть ее поверхностное натяжение, необходимо затратить работу. *Работа (в Дж), необходимая для увеличения поверхности жидкости на  $1 \text{ м}^2$  служит мерой поверхностной энергии и называется коэффициентом поверхностного натяжения или просто поверхностным натяжением.* Можно рассматривать поверхностное натяжение не только как работу на единицу поверхности, но и как силу, которая действует на единицу длины ( $1 \text{ м}$ ) линии, ограничивающей поверхность, и стремится сократить последнюю.

В зависимости от того или иного определения поверхностное натяжение измеряется или в джоулях на квадратный метр, или в ньютонах на метр. Оба измерения численно совпадают.

Вследствие наличия поверхностного натяжения жидкость, вытекающая из капиллярного отверстия, принимает форму капли. Отрыв капли наступает тогда, когда ее вес преодолевает действие поверхностного натяжения.

Поверхностным натяжением обуславливается также поднятие жидкости в капилляре, если она смачивает его стенки. Это поднятие объясняется тем, что жидкость, смачивая стенки (как бы растекаясь по ним), увеличивает поверхностное натяжение, которое стремится уменьшить поверхность. Уменьшение поверхности достигается тем, что жидкость поднимается в капилляре вслед за смачивающим слоем. Высота поднятия жидкости определяется массой столба жидкости, уравновешивающей поверхностное натяжение. По высоте, диаметру столба и плотности жидкости можно рассчитать величину поверхностного натяжения,

Растворенные вещества изменяют поверхностное натяжение жидкости. Одни из них значительно понижают поверхностное натяжение — они называются *поверхностно-активными*, другие — *поверхностно-неактивные* — несколько увеличивают поверхностное натяжение.

К поверхностно-активным веществам, значительно понижающим поверхностное натяжение воды относятся многие органические соединения, например: спирты, альдегиды, кетоны, кислоты. В гомологическом ряду жирных кислот поверхностная активность быстро возрастает с удлинением углеродной цепи, а именно в среднем в 3,2 раза на каждую прибавляющуюся группу  $\text{CH}_2$ . Следовательно, в таком же отношении с ростом поверхностной активности будет уменьшаться значение поверхностного натяжения раствора.

Цель работы: 1) Сделать расчеты для значений поверхностного натяжения исследованных растворов; данные внести в таблицу.

2) Установить зависимость изменения поверхностного натяжения от увеличения молярной массы у спиртов.

3) Вычислить во сколько раз уменьшается поверхностное натяжение с увеличением радикала на одну  $\text{CH}_2$ - группу.

Ход работы.

Сталагмометр укрепляют в штативе в вертикальном положении и засасывают жидкость так, чтобы она стояла выше верхней метки (при этом в трубке не должно быть пузырьков воздуха) (рисунок 1). Затем дают жидкости вытекать из капилляра.



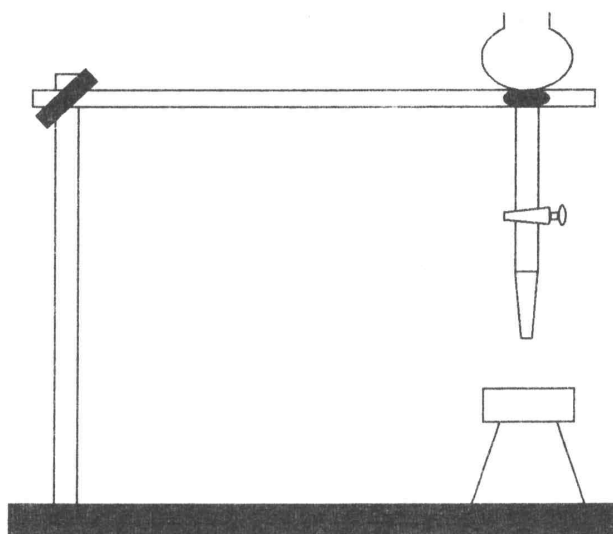


Рис. 1. Оборудование к лабораторной работе.

Когда уровень жидкости точно совпадет с верхней меткой, начинают счет капель. Прекращают счет капель тогда, когда уровень жидкости дойдет до нижней метки. Опыт повторяют не менее трех раз и берут среднюю величину из наблюдаемых отсчетов (расхождение между отдельными измерениями должно быть не более 1-2 капель). Перед каждым измерением необходимо полностью выдуть из капилляра предыдущую жидкость и следить, чтобы во время измерений в капилляре и расширении сталагмометра не было пузырьков воздуха.

Определяют указанным методом число капель воды, образующихся при истечении из объема  $V$ , а затем число капель исследуемых растворов из этого же объема. Поверхностное натяжение вычисляют по формуле:

$$\sigma = \sigma_0 \cdot \frac{\rho \cdot n_0}{\rho_0 \cdot n}$$

где  $\sigma$  - поверхностное натяжение исследуемого раствора,

$\sigma_0$  - поверхностное натяжение воды при 25 °С ( $\sigma_0 = 0,07178$  Н/м),

$n_0$  и  $n$  - среднее число капель воды и исследуемого раствора соответственно,

$\rho_0$  - плотность воды,

$\rho$  - плотность исследуемого раствора


Результаты измерений занести в таблицу.

Вещество	Конц.р-ра, моль/л	Плотность г/мл	Число капель среднее	Поверхн. натяжение, Н/м
H <sub>2</sub> O	-	0,997 г/мл		
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	1,0 М	0,785 г/мл		
C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> OH	1,0 М	0,814 г/мл		

## 7.2 Адсорбция. Измерение адсорбции уксусной кислоты на поверхности угля

Приборы и реактивы: шесть конических колб на 150 мл; пипетка на 10 мл;



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

пипетка на 5 мл; бюретка; воронки для фильтрования; фильтровальная бумага; активированный или древесный уголь; растворы: 2М  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ; 0,1М  $\text{NaOH}$ , индикатор - фенолфталеин.

#### Краткие теоретические сведения

Тела с очень большой поверхностью при соприкосновении с газообразной или жидкой фазой способны поглощать часть газообразного вещества или вещества, растворенного в жидкости. Поглощение не всегда имеет одинаковый характер. Так, поглощаемое вещество может диффундировать внутрь поглотителя, как бы растворяясь в нем, или же поглощение может происходить исключительно на поверхности поглотителя.

Явление поглощения одним веществом других веществ называется *сорбцией*. Сорбция, происходящая только на поверхности тела, называется *адсорбцией*, в отличие от поглощения в толще поглотителя, называемого *абсорбцией*.

Адсорбция зависит от поглотителя и поглощаемого вещества, от температуры и давления газа или концентрации растворов.

Зависимость адсорбции от давления газа (его концентрации) или содержания адсорбируемого вещества в растворе при данной температуре выражается уравнением изотермы адсорбции Лэнгмюра:

$$G = G_{\infty} \cdot C_p / K + C_p$$

где  $G$  и  $G_{\infty}$  — количества (моль) адсорбированного вещества на 1 м<sup>2</sup> поверхности адсорбента ( $G \sim$  в момент адсорбционного равновесия,  $G_{\infty}$  — максимально возможная);  $C_p$  — молярная концентрация раствора адсорбируемого вещества в момент адсорбционного равновесия (равновесная концентрация). При адсорбции из газовой среды величина  $C_p$  заменяется пропорциональной ей величиной давления:

$$P = K \cdot C_p$$

где  $K$  — константа, зависящая от химической природы и физического состояния адсорбента и адсорбируемого вещества.

В сравнительно широких пределах концентрации зависимость адсорбции от концентрации (или давления), выражается довольно простым эмпирическим уравнением Фрейндлиха:

$$x/m = a \cdot C_p^n,$$

где  $x$  — количество растворенного вещества, адсорбированного массой  $m$  поглотителя и находящегося в равновесии с раствором концентрации  $C_p$ ;  $a$  и  $n$  — константы, характерные для данного процесса адсорбции в определенных пределах, причем  $n < 1$ .

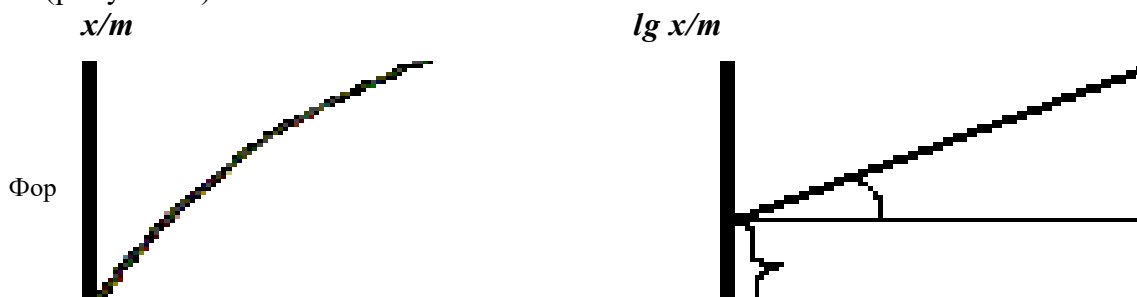
Если на оси ординат отложить соответствующие значения  $x/m$ , а на оси абсцисс —  $C_p$ , то получится кривая которая сначала идет почти прямолинейно, так как для очень слабых концентраций величина  $x/m$  прямо пропорциональна  $C_p$ , т.е. здесь  $n=1$ . При высоких концентрациях достигается предельное значение  $x/m$ , т.е. полное насыщение.


Это наблюдается, когда вся адсорбирующая поверхность покрыта адсорбируемым веществом; в этом случае  $n=0$ . Между этими двумя предельными случаями имеется постепенный переход в области промежуточных концентраций, для которых величина  $n$  остается приблизительно постоянной.

Если прологарифмировать уравнение Фрейндлиха, то оно примет вид:

$$\lg x/m = \lg a + n \cdot \lg C_p$$

Полученное уравнение есть уравнение прямой линии. По оси ординат откладывают величины  $\lg x/m$ , а по оси абсцисс —  $\lg C_p$ . Отрезок  $OA$  дает величину  $\lg a$  (рисунок 2).



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

$$\operatorname{tg} \varphi = n$$

$$A \lg a$$

*O*

$C_p$

$\lg C_p$

Рис.2. Изотерма адсорбции.

Цель работы. 1. Наблюдать адсорбцию на границе жидкой и твердой фаз.

2. Построить изотерму адсорбции уксусной кислоты на поверхности угля.

3. Найти значения  $a$  и  $n$  в уравнении Фрейндлиха.

Ход работы. Разбавлением 2М раствора уксусной кислоты готовят в шести колбах растворы с точно заданной концентрацией  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , в количествах, указанных в таблице:

	1	2	3	4	5	6
Концентрация, моль/л	0,012	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4
Объем 2М $\text{CH}_3\text{COOH}$ , мл	0,6	1,25	2,5	5	10	20
Объем получ. раствора, мл	100	100	100	100	100	100

Таким образом, во всех колбах содержится по 100 мл раствора с различной точно установленной концентрацией  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . В каждую колбу вносят по 1 г растертого угля. Затем тщательно перемешивают все колбы в течение 10 мин.

По истечении данного времени отфильтровывают отдельно содержимое каждой колбы через бумажные фильтры. Отобрав с помощью мерной пипетки из фильтратов пробы объемом  $V_{np}$  по 10 мл определяют титрованием полученную концентрацию уксусной кислоты  $C_p$ . В качестве титранта используют 0,1М раствор  $\text{NaOH}$ , а в качестве индикатора – фенолфталеин. Разность между исходной концентрацией  $C_{исх}$  и полученной  $C_p$  дает количество уксусной кислоты  $x$ , поглощенной 1 г угля из 100 мл раствора.

Результаты наносят на график, причем на оси абсцисс наносят значение  $C_p$ , а на оси ординат — значение  $x/m$ , где  $m$  — масса поглотителя. Полученная кривая есть изотерма адсорбции. Для графического определения значения  $a$  и  $n$ , как было указано выше, откладывают на оси абсцисс значения  $\lg C_p$ , на оси ординат -  $\lg x/m$ . Найденные точки должны лежать на прямой линии.

Измеряют величину тангенса угла наклона прямой к оси абсцисс, что дает величину  $n$ . Расстояние точки пересечения прямой с осью ординат от начала координат соответствует значению величины  $\lg a$ .

№ колбы	$C_{исх}$	$C_p$	$C_{исх} - C_p = x$	$x/m$	$\lg C_p$	$\lg x/m$	$\operatorname{tg} \varphi = n$	$\lg a$	$a$


Вычертить по полученным данным график изотермы адсорбции. Вычертить логарифмический график. Определить значения  $n$ ,  $\lg a$  и  $a$ .

### 7.3 Ионообменная адсорбция

Приборы и реактивы: воронка, мерный цилиндр, ионообменная колонка, пипетка, бюретка, стаканы, ФЭК, рН-метр, 3 М и 0,6 М растворы  $\text{HCl}$ , 1,5 М раствор  $\text{NaCl}$ , 0,2 М раствор  $\text{NaOH}$ , фенолфталеин, раствор  $\text{CuSO}_4$  с концентрацией  $\text{Cu}^{2+}$  60 мг/мл.

#### Краткие теоретические сведения

Ионообменная адсорбция представляет собой процесс обмена ионов между раствором и твердой фазой – адсорбентом. Вещества, способные к ионному обмену,

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

получили название ионитов. В зависимости от того какой вид ионов участвует в обмене, иониты делят на катиониты и аниониты. Широкое применение ионообменная адсорбция получила с развитием синтетических ионитов на основе органических смол, сульфоглей, ионцеллюлоз.

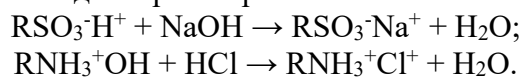
Наиболее важное техническое использование ионитов – это получение в производственных условиях деминерализованной воды, т.е. воды, не содержащей растворенных солей, в том числе солей жесткости. Для полного обессоливания воды ее последовательно пропускают через катионитовый и анионитовый фильтры. В сахарной промышленности иониты применяют для очистки диффузионного сока от электролитов – патокообразователей, что позволяет повысить выход сахара и уменьшить количество менее ценной патоки. В молочной промышленности катиониты используют для частичного удаления из молока ионов кальция и магния с заменой их на ионы калия и натрия и удаления радиоактивных веществ. Анионитной обработкой можно заменить во фруктовых соках кислоты, имеющие неприятный вкус, например яблочную. Иониты нашли также широкое применение для очистки промышленных сточных вод от ионов тяжелых металлов. Ионообменная адсорбция имеет большое значение для земледелия, так как от природы поглощенных почвой катионов зависит ее плодородие.

Количественной характеристикой ионита является полная обменная емкость (ПОЕ):

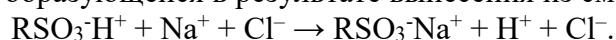
$$ПОЕ = \frac{V_{общ} c}{m} \quad (3.1)$$

где  $V_{общ}$  – суммарный объем раствора, содержащий вытесненную из смолы кислоту;  $c$  – концентрация кислоты;  $m$  – масса ионита смолы в колонке.

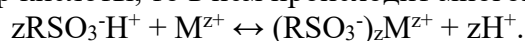
ПОЕ можно определить статическим или динамическим методом, основанным обычно на реакциях, протекающих в водных растворах:



При статическом методе смолу, например катионит в  $H^+$ -форме, титруют раствором щелочи. При динамическом методе через колонку с ионообменной смолой пропускают раствор электролита и регистрируют зависимость концентрации поглощаемого иона в выходящем растворе (элюате) от объема прошедшего раствора (выходная кривая). В работе ПОЕ сульфокатионита в  $H^+$ -форме определяют динамическим методом по количеству кислоты в элюате, образующейся в результате вынесения из смолы ионов  $H^+$  ионами  $Na^+$ :




Константу ионного обмена ( $K_{1,2}$ ) можно определить из данных о равновесном распределении ионов в статических условиях), а также динамическим методом по скорости перемещения зоны вещества по слою ионита. Если через колонку с катионитом пропускается раствор кислоты, то в нем происходит многократный процесс обмена:



В условии равновесия при распределении ионов между протекающим раствором и слоями ионита отношение между концентрациями ионов  $M^{z+}$  в катионите  $\bar{c}$  и растворе  $c$  равно:

$$\frac{\bar{c}}{c} = K_{1,2} \frac{[H^+]^z}{[H^+]^z} \quad (3.2)$$

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

Скорость перемещения хроматографической зоны с постоянной концентрацией иона по высоте колонки равна

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{v}{s(d\Delta c / \Delta c)} \quad (3.3)$$

где  $v$  – объемная скорость пропускания раствора кислоты;  $s$  – площадь сечения колонки,  $x$  – расстояние,  $t$  – время.

Выражение (3.3) можно преобразовать следующим образом:

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{h}{t_{\max}} \quad V_{\max} = vt_{\max}$$

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{hv}{V_{\max}} \quad (3.4)$$

где  $V_{\max}$  и  $t_{\max}$  – объем протекающего через колонку раствора и время, отвечающее максимуму выходной кривой;  $h$  – длина колонки.

При малых концентрациях иона  $M^{z+}$  и постоянной концентрации кислоты можно считать концентрацию ионов водорода в смоле  $[H^+]$  равной ПОЕ. Тогда

$$K_{1,2} = \frac{[H^+]^z c}{[ПОЕ]^z c} \quad (3.5) \quad \text{или} \quad K_{1,2} = \frac{V_{\max} [H^+]^z}{[ПОЕ]^z hs} \quad (3.6)$$

Значение  $V_{\max}$  находят с учетом поправки на свободный объем колонки  $V_0$ :

$$V_{\max} = V_{\max}^* - V_0, \quad (3.7)$$

где  $V_{\max}^*$  – объем элюата, вышедшего из колонки от начала элюирования  $M^{z+}$  кислотой до появления максимальной концентрации  $M^{z+}$  в элюате (максимум на выходной кривой - рисунок 3.).

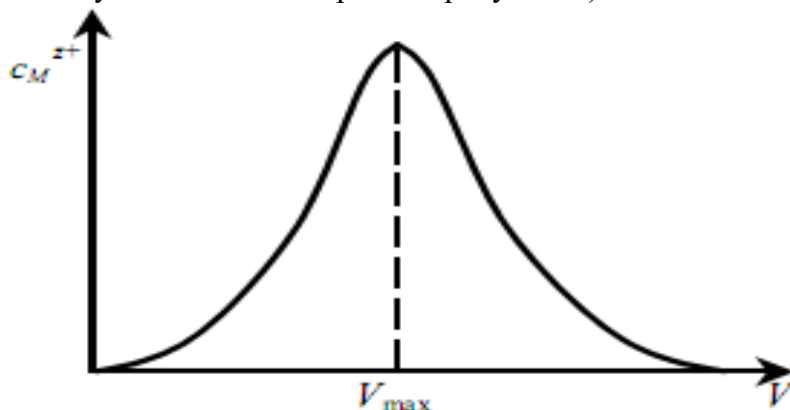


Рис. 3. Кривая разделения ионов

Цель работы: определение полной обменной емкости катионита и константы ионного обмена.

Ход работы

Прежде чем приступить к выполнению практической части лабораторной работы, следует внимательно прочитать материалы теоретической части, и изучить схему лабораторной установки (рис. 4).

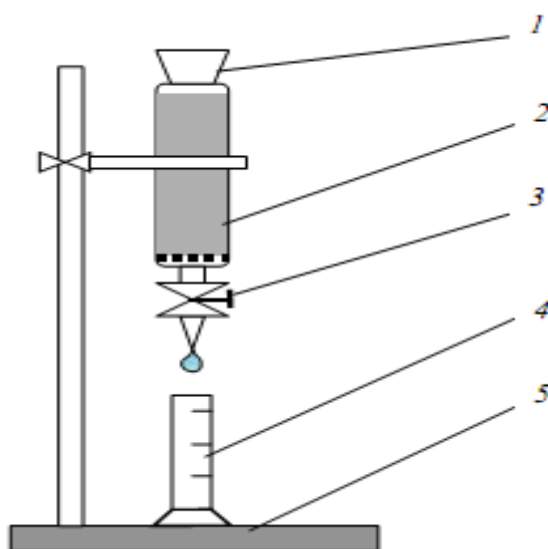


Рис. 4 Схема лабораторной установки

1 – воронка; 2 – ионообменная колонка; 3 – кран; 4 – мерный цилиндр; 5 – штатив

#### Часть 1 *Определение полной обменной емкости катионита*

1. Переведите ионогенные группы катионита в  $H^+$ -форму, пропуская через колонку 50 мл 3 М раствора  $HCl$  до рН 2,0...2,5.
2. Промывайте ионит дистиллированной водой до тех пор, пока рН вытекающего раствора не будет иметь значение 3,5...4,0.
3. В воронку 1 налейте 100 мл 1,5 М раствора  $NaCl$ , откройте кран 3, установив скорость истечения 1 капля в секунду. Собирайте элюат порциями по 50 мл в мерные цилиндры. Отбор проб заканчивают при достижении рН 2,7...3,0.
4. В каждой порции определите кислотность, для этого пипеткой отберите 10 мл элюата, перенесите в стакан и титруйте 0,2 М  $NaOH$  в присутствии фенолфталеина. Результаты внесите в табл. 3.1. Оставшуюся жидкость соберите в общий стакан.
5. Постройте кривую зависимости концентрации кислоты от объема вышедшего элюата.
6. Из полученного в общем стакане раствора кислоты отберите 10 мл, перенесите в стакан и титруйте 0,2 М  $NaOH$  в присутствии фенолфталеина. Вычислите концентрацию кислоты в растворе и суммарный объем вытесненной из смолы кислоты.
7. Полную обменную емкость сульфогля вычислите по формуле (3.1).


Таблица 3.1

Результаты зависимости концентрации кислоты от объема элюата прошедшего через колонку

№ опыта	Объем 0,2 М $NaOH$ , V, мл	Концентрация элюата, с, г/мл

#### Часть 2 *Определение константы ионного обмена*

1. Смотри пп. 1, 2 части 1.
2. В подготовленную колонку вносите 5 мл 0,6 М раствор  $HCl$ .

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

- В воронку 1 налейте 100 мл дистиллированной воды. Собирайте элюат порциями по 10 мл в мерные цилиндры. Отбор проб заканчивают при достижении рН 2,7...3,0.
- В каждой порции определите кислотность. Результаты внесите в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Результаты зависимости рН от объема элюата, прошедшего через колонку

№ опыта	Объем элюата V, мл	рН

- Постройте график зависимости рН от объема вышедшего элюата. По минимальному значению рН определите свободный объем колонки  $V_0$ .
- В воронку 1 внесите 10 мл  $\text{CuSO}_4$  (с концентрацией  $\text{Cu}^{2+}$  60 мг/мл), кран 3 закройте и дайте впитаться в верхние слои смолы раствору соли в течение 5 мин.
- В воронку 1 прилейте 3 М раствор  $\text{HCl}$ , откройте кран 3, установив скорость истечения жидкости через колонку 3 – 40 капель в минуту для элюирования адсорбированных в верхней части смолы ионов  $\text{M}^{2+}$ .
- Элюат собирайте порциями по 50 мл в мерные цилиндры. Для каждой позиции определите оптическую плотность при помощи ФЭК-56 со светофильтром № 8 (светло-красный) в кюветах 50 мм. Полученные результаты внесите в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Результаты зависимости оптической плотности от объема элюата прошедшего через колонку

№ опыта	Объем элюата V, мл	Оптическая плотность, D

9. Постройте график зависимости оптической плотности от объема элюата и по максимальному значению оптической плотности найдите объем элюата  $V_{\text{max}}$ , вышедшего из колонки от начала элюирования до появления максимума на выходной кривой, и по уравнению (3.7) рассчитывают значение  $V_{\text{max}}$ .

10. Константу ионного обмена рассчитайте по уравнению (3.6), при этом за концентрацию  $[\text{H}^+]$  принимают концентрацию  $\text{HCl}$  в элюате; значение ПОЕ определяют в первой части работы.

#### 7.4 Методы получения и очистки коллоидных растворов


**Приборы и реактивы:** плоскодонные колбы на 100 и 150 мл, стаканы на 50 и 100 мл, мерный цилиндр, пипетки, стеклянные палочки, воронки, штативы, фарфоровая ступка, пробирки, полиэтиленовая пленка, фильтровальная бумага, 0,01 н раствор  $\text{AgNO}_3$ , насыщенный раствор  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , 2%-ный и 10%-ный растворы  $\text{FeCl}_3$ , 0,1 М раствор  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , 2%-ный раствор  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 0,1н раствор  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , фенолфталеин, раствор серы в абсолютном спирте.

##### Краткие теоретические сведения

Коллоидные системы относятся к дисперсным системам – системам, где одно вещество в виде частиц различной величины распределено в другом. По среднему размеру частиц дисперсной фазы ( $10^{-7} - 10^{-9}$  м) коллоидные растворы занимают промежуточное положение между истинными и микродисперсными.

Главным условием получения жидкой коллоидной системы являются малая растворимость дисперсной фазы в дисперсионной среде. Методы получения коллоидных растворов можно разбить на две основные группы: методы диспергирования (дробления) и методы конденсации (укрупнения). В первом случае вещества дробятся до размеров коллоидных частиц, а во втором - происходит их укрупнение из ионов и молекул до размеров коллоидных частиц.

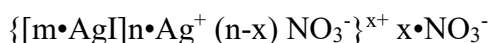


Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

К конденсационным методам относится замена растворителя и метод химической конденсации, основанный на проведении химических реакций, сопровождающихся образованием нерастворимых или малорастворимых веществ.

Еще одним необходимым для получения золей условием, помимо доведения размеров частиц до коллоидных, является наличие в системе стабилизаторов – веществ, препятствующих процессу самопроизвольного укрупнения коллоидных частиц. Стабилизация осуществляется путем формирования вокруг микрокристаллической частицы ионной оболочки, образующей двойной электрический слой.

Основной структурной единицей коллоидного раствора является мицелла. Строение мицеллы рассмотрим на примере золя AgI, возникающего при добавлении KI в раствор AgNO<sub>3</sub>.



где  $m$  – количество молекул AgI в частице осадка;  $n$  – количество потенциалопределяющих ионов, адсорбированных на поверхности твердой частицы осадка;  $(n-x)$  – количество противоионов;  $x$  – количество диффузных противоионов.

В этих формулах частички осадка AgI являются агрегатом мицеллы; агрегат вместе с потенциалопределяющими ионами образуют ядро мицеллы; ядро с плотной частью

противоионов составляют заряженную коллоидную частицу, а коллоидная частица вместе с диффузными противоионами образуют электронеутральную мицеллу.

Для окрашенных золей знак заряда коллоидных частиц можно определить методом капиллярного анализа, используя зависимость адсорбируемости золя от знака заряда поверхности адсорбента. В качестве такой заряженной поверхности может быть использована поверхность капилляров фильтровальной бумаги. При погружении в воду фильтровальной бумаги целлюлозные стенки заряжаются отрицательно, а прилегающая к ним вода – положительно. За счет сил поверхностного натяжения вода поднимается по капиллярам бумаги. Если в воде заряженные коллоидные частицы, то передвижение их вверх возможно только тогда, когда они заряжены отрицательно и не притягиваются к стенкам капилляров. Если частицы заряжены положительно, то подъем невозможен, так как они будут оседать на стенках капилляров.

Цель работы: изучить методы получения и очистки коллоидных растворов.

## ***I. ПОЛУЧЕНИЕ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ ДИСПЕРСИОННЫМ МЕТОДОМ***

### **Опыт 1. Приготовление золя крахмала.**

Около 0,5-1,0 г крахмала тщательно растирают в фарфоровой ступке, добавляя порциями воду общим объемом 5-6 мл. Фильтруют через бумажный фильтр в пробирку. В пробирку стекает золь крахмала. При добавлении йода он дает синее окрашивание.

### **Опыт 2. Получение золя берлинской лазури методом пептизации.**

Пептизацией называют переход в коллоидный раствор осадков образовавшихся при коагуляции. Она может происходить в результате промывания осадка или под действием специальных веществ - пептизаторов.


К 5 мл 2%-ного раствора FeCl<sub>3</sub> прибавляют 1 мл насыщенного раствора K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]. Отфильтровывают и промывают осадок на фильтре дистиллированной водой. Если к осадку на фильтре добавить 3 мл 0,1н раствора щавелевой кислоты (пептизатор), фильтруется золь берлинской лазури, окрашенный в синий цвет.

## ***II. ПОЛУЧЕНИЕ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ КОНДЕНСАЦИОННЫМ МЕТОДОМ***

### **Опыт 1. Метод замены растворителя.**

#### ***A) Получение золя фенолфталеина.***

Налейте в пробирку 3 мл дистиллированной воды и прибавьте 1-2 капли фенолфталеина. Раствор взболтайте. Наблюдается сильно опалесцирующий золь. Объясните его образование.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

### Б) Получение гидрозоль серы

Сера растворяется в этиловом спирте, образуя истинный раствор. В воде сера практически нерастворима, поэтому при добавлении воды спиртовому раствору молекулы конденсируются в более крупные агрегаты.

#### Опыт 2. Реакция гидролиза. Получение золь гидроксида железа.

Хлорное железо является солью сильной кислоты и слабого основания. Соли такого состава в воде подвергаются гидролизу.

В колбочку налейте 20 мл дистиллированной воды и доведите её до кипения. Добавьте 10 капель 10%-ного раствора хлорида железа (III). Получается коллоидный раствор  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  интенсивно красно-коричневого цвета. Напишите строение мицеллы.

#### Опыт 3. Получение золь серы окислением.

Налейте в пробирку 2 мл раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  и добавьте 1 мл 2%-ного раствора серной кислоты. Наблюдается образование опалесцирующего золь серы. Напишите строение мицеллы. Ядром коллоидной частицы является сера, а в избытке - тиосульфат натрия.

### III. ДИАЛИЗ ЗОЛЬ ГИДРОКСИДА ЖЕЛЕЗА

В целлофановый мешочек наливают золь гидроксида железа. Мешочек подвешивают на стеклянной палочке в стакан с дистиллированной водой. Через 1 час к небольшому количеству воды из стакана добавляют 2-3 капли азотнокислого серебра. Образуется осадок хлористого серебра. Это свидетельствует о появлении в стакане с водой ионов хлора, которые поступили туда в процессе диализа из целлофанового мешочка.

### IV. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАКА ЗАРЯДА ЗОЛЬ МЕТОДОМ КАПИЛЛЯРНОГО АНАЛИЗА

а) При погружении в воду фильтровальной бумаги целлюлозные стенки капилляров заряжаются отрицательно, а прилегающая к ним вода положительно. За счет сил поверхностного натяжения вода поднимается по капиллярам бумаги. Если в воде находятся коллоидные частицы, то передвижение их вверх возможно только тогда, когда они заряжены отрицательно и не притягиваются к стенкам капилляров. Положительно заряженные коллоиды, нейтрализуясь отрицательно заряженной бумагой, будут оседать и медленно продвигаться вверх вслед за растворителем. Окрашенные золи гидроокиси железа, берлинской лазури и воды наливают по 5-10 мл в три маленьких стаканчика и опускают в них по узкой одинаковой полоске фильтровальной бумаге. Следят, чтобы полоска не касалась стенки стакана. Через 3-5 мин сопоставляют высоту поднятия воды и коллоидных частиц. Делают заключение о заряде частиц этих золь.

б) Наносят на фильтровальную бумагу капли золь. Положительно заряженные золи дают пятна, окрашенные в центре и бесцветные по краям. Растворы с отрицательно заряженными частицами дают равномерно окрашенное пятно.


## 7.5 Значение концентраций реагирующих веществ для получения коллоидных растворов

Приборы и реактивы: стаканы на 50 мл; мерные пипетки на 10 мл; стеклянные палочки; растворы:  $\text{FeCl}_3$  (2%-ный);  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  (0,1%-ный, 10%-ный и насыщенный); дистиллированная вода.

### Краткие теоретические сведения

Размеры дисперсных частиц при реакциях двойного обмена, в результате которого получаются нерастворимые продукты, зависят от концентрации реагирующих веществ. При очень высоких и очень низких концентрациях получают высокодисперсные (коллоидные) системы. В первом случае это объясняется возникновением одновременно очень большого количества центров кристаллизации (зародышевых центров), что связано с расходом всего реагирующего вещества. Возможность дальнейшего роста частиц этим ограничивается.

В случае низких концентраций весь возможный избыток веществ расходуется на

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

возникновение сравнительно немногочисленных центров кристаллизации, дальнейший рост частиц тем самым исчерпывается. При средних концентрациях реагирующих веществ получаются грубодисперсные частицы, выпадающие в осадок.

**Цель работы:** показать роль концентраций реагирующих веществ при получении коллоидных растворов берлинской лазури.

#### Ход работы

**Опыт 1.** В стакан наливают 5 мл насыщенного раствора  $K_4[Fe(CN)_6]$  и прибавляют 2 мл 2%-ного раствора  $FeCl_3$ . Получается отрицательно заряженный золь берлинской лазури  $KFe[Fe(CN)_6]$  зеленого цвета. Записать уравнение образования золя берлинской лазури в избытке  $K_4[Fe(CN)_6]$ .

**Опыт 2.** Выполняют то же, что и в опыте 1, беря 3 мл 2%-ного раствора  $FeCl_3$  и 1 мл 10%-ного раствора  $K_4[Fe(CN)_6]$ . Из мутного раствора выпадает осадок берлинской лазури. Записать уравнение образования осадка берлинской лазури.

**Опыт 3.** В стакан емкостью на 50 мл наливают 2 мл 0,1%-ного раствора  $K_4[Fe(CN)_6]$  и прибавляют 4 мл 2%-ного раствора  $FeCl_3$ . Получается положительно заряженный золь берлинской лазури  $Fe_4[Fe(CN)_6]$  темно-синего цвета. Записать уравнение образования золя берлинской лазури в избытке  $FeCl_3$ .

## 7.6 Коагуляция и защита коллоидных растворов

**Приборы и реактивы:** плоскодонные колбы на 50 и 100 мл; стаканы на 50 мл; мерный цилиндр; пипетки; стеклянные палочки; электрическая плитка; воронки стеклянные; бюретки; штативы; фильтровальная бумага; растворы:  $FeCl_3$  (0,3 М и 2%);  $HCl$  (конц. и 0,1 н);  $Na_2SiO_3$  (насыщенный раствор);  $K_3[Fe(CN)_6]$  (0,005 М),  $K_2SO_4$  (0,05 М);  $KCl$  (2 М и 0,1 н);  $AgNO_3$  (0,001 н), желатин (0,5% и 0,025%), дистиллированная вода.


#### Краткие теоретические сведения

Устойчивость дисперсной системы характеризуется способностью дисперсной фазы сохранять во времени как исходные размеры частиц, так и равномерно распределяться в дисперсионной среде. Наличие электрического заряда на поверхности частиц является важным условием сохранения устойчивости дисперсных систем. Агрегативная неустойчивость коллоидных систем обусловлена избытком свободной поверхностной энергии на межфазовой границе, что приводит к самопроизвольному образованию агрегатов и последующему их слиянию. Кинетическая (седиментационная) неустойчивость проявляется в оседании частичек дисперсной фазы под влиянием силы тяжести.

**Коагуляция** – процесс самопроизвольного укрупнения (слияния) дисперсных частиц, который может происходить при воздействии на дисперсную систему различных факторов: при интенсивном перемешивании или встряхивании, нагревании или охлаждении, облучении светом или пропускании электрического тока, при добавлении к системе электролитов. Во всех случаях воздействия на систему происходит уменьшение энергии связи диспергированных частиц с дисперсионной средой.

Добавление электролита вызывает сжатие диффузного слоя в коллоидной частице и, следовательно, понижение величины электрокинетического потенциала. Это приводит к уменьшению электростатического отталкивания коллоидных частиц и, как следствие, к большей вероятности их слипания (медленная коагуляция).

Минимальная концентрация электролита, добавляемого к дисперсной системе, при которой наступает явная коагуляция называется *порогом коагуляции* ( $C_k$ ). Порог коагуляции определяется температурой, природой добавляемого электролита, знаком заряда добавляемого иона (действует ион заряженный противоположно коллоидным частицам – Гарди) и числом заряда этого иона (Шульце). Так для трех-, двух- и однозарядных ионов явная коагуляция наступает при концентрации электролитов,

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

соотносящихся между собой как: 1: 25: 500 (правило Шульце – Гарди).

Порог коагуляции рассчитывается по следующему уравнению:

$$C_k = C_{эл} \cdot V_{эл} / V_{золя} \quad (\text{кмоль/м}^3)$$

Величина обратная порогу коагуляции называется коагулирующей силой ( $\gamma$ ):

$$\gamma = 1 / C_k$$

Явление обратное коагуляции, т.е. разрушение агрегатов частиц под действием чистой дисперсионной среды или растворенных веществ, называется *пептизацией*.

Для предотвращения агрегации частиц и защиты гидрозолей от коагулирующего действия электролитов применяют высокомолекулярные соединения и коллоидные ПАВ, растворимые в воде, например, белки, мыла, крахмал, декстрин. Их стабилизирующее действие основано на образовании на поверхности частиц дисперсной фазы адсорбционных пленок и связано с уменьшением межфазного натяжения и со структурно-механическими свойствами поверхностных слоев.

Защитная способность полимеров или ПАВ относительно выбранного золя характеризуется *защитным числом*  $S$  – количеством вещества, требуемого для стабилизации единицы объема золя. Защитное число  $S$ , как и порог коагуляции  $c_k$ , определяют методом турбидиметрии. Защитное число  $S$  (г/л золя) вычисляют по уравнению

$$S = \frac{c_{ст} V_{защ}}{V}$$

где  $c_{ст}$  - концентрация раствора стабилизатора, г/л;  $V_{защ}$  - объем раствора стабилизатора, необходимый для предотвращения коагуляции золя, мл.

Цель работы: ознакомиться с явлениями коагуляции и коллоидной защиты коллоидных растворов.

Ход работы

### Опыт 1. Коагуляция золя кремниевой кислоты.

В пробирку с 4-5 каплями концентрированной соляной кислоты внести 1-2 капли насыщенного раствора силиката натрия. Полученный золь кремниевой кислоты нагреть слабым пламенем спиртовки до перехода в гель. Какое значение имеет нагревание?


### Опыт 2. Пептизация осадка гидроксида железа (III).

Внести в стакан 20 капель 0,3 М раствора хлорида железа (III) и добавлять по каплям раствор аммиака до полного осаждения гидроксида железа. Дать осадку отстояться, слить с него раствор и два раза промыть водой, каждый раз перемешивая осадок. К промытому осадку добавить 2 мл воды, размешать стеклянной палочкой и полученную массу разделить на 3 пробирки. В первую пробирку добавить 2-3 капли 0,1 н раствора соляной кислоты, во вторую – 2-3 капли насыщенного раствора хлорида железа (III), а третью пробирку оставить для сравнения. Перемешать содержимое всех пробирок и поставить их в штатив. Через 10 мин сравнить содержимое всех пробирок и объяснить результаты наблюдения.

### Опыт 3. Исследование коагулирующего действия ионов в зависимости от заряда.

Приготовить коллоидный раствор гидроксида железа (III). 100 мл дистиллированной воды нагревают до кипения. Затем в кипящую воду по каплям добавляют 5—10 мл 2%-ного раствора  $FeCl_3$  до получения коллоидного раствора гидроксида железа (III) интенсивного красно-коричневого цвета. После охлаждения раствор фильтруют через складчатый фильтр, увлажненный дистиллированной водой. *Золь должен казаться совершенно прозрачным в проходящем свете!*

В три колбочки вводят по 10,0 мл коллоидного раствора. Поочередно титруют их, приливая к золю из бюретки по каплям растворы  $K_3[Fe(CN)_6]$ ,  $K_2SO_4$  и  $KCl$

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

соответственно. Титрование ведут до начала коагуляции, фиксируемой по возникновению мути. Записывают объем  $V$  электролитов, пошедших на титрование в таблицу. Опыты необходимо дублировать 2-3 раза.

Электролит коагулянт	Концентрация коагулянта, моль/л	Объем электролита, необходимый для коагуляции, мл	Ск, порог коагуляции, моль/л
KCl	2		
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,05		
K <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	0,005		

Пересчитывают объем  $V$  каждого из приливаемых электролитов на объем  $V'$  этого же электролита, но при концентрации  $1 \cdot 10^{-4}$  М. Для этого используют формулу:

$$V' = V \cdot \frac{C_{эл-та}}{1 \cdot 10^{-4}}$$

где  $C_{эл-та}$  - молярная концентрация титранта. Сопоставляя зарядовые числа анионов соли ( $Fe(CN)_6^{3-}$ ;  $SO_4^{2-}$  и  $Cl^-$ ) с соответствующими значениями  $V'$ , проверяют правило Шульце-Гарди.

#### Опыт 4. Защита золя хлорида серебра

Налить в две пробирки до  $\frac{1}{2}$  их объема 0,001 н раствора нитрата серебра и по одной капле 2 н раствора азотной кислоты. В одну пробирку добавить 10 капель 0,5%-ного коллоидного раствора желатина, в другую – такой же объем дистиллированной воды. Растворы перемешать стеклянными палочками. В обе пробирки добавить по одной капле 0,1 н раствора хлорида калия и взболтать. Почему раствор, к которому была добавлена желатина, не помутнел, а появилась только слабая опалесценция?

#### Опыт 5. Определение защитного числа стабилизатора

В каждый из 10 стаканчиков вносят по 10 мл исследуемого золя и указанные в таблице переменные количества стабилизатора – раствора желатина 0,025%. Растворы тщательно перемешивают и через 8-10 минут во все стаканчики вносят пипеткой раствор коагулятора – по 5 мл раствора K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и дистиллированную воду, чтобы объем смеси в каждом стакане был бы равен 20 мл. Растворы тщательно перемешивают и через 5 минут отмечают наличие или отсутствие коагуляции. Полученные данные заносят в таблицу.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Объем золя, мл	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Объем воды, мл	–	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Объем желатина, мл	5,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	–
Объем электролита	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Наличие или отсутствие коагуляции										

По результатам опыта определяют минимальный объем стабилизатора  $V_{стаб}$ , при добавлении которого происходит коллоидная защита золя. Защитное число  $a$  рассчитывают по формуле:


$$a = V_{стаб} \cdot c_{стаб} \cdot 10,$$

где  $c_{стаб}$  – концентрация раствора стабилизатора, %.

#### 7.7 Определение среднего размера частиц в бесцветном золе методом спектра мутности.

Приборы и реактивы: прибор ФЭК или КФК-3; прозрачный бесцветный золь.



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

### Краткие теоретические сведения

Взаимодействие света с дисперсными системами имеет ряд особенностей, связанных с рассеянием света частицами дисперсной фазы.

Теория оптических свойств дисперсных систем довольно сложна. Релеем рассмотрен простейший случай рассеяния света при следующих условиях:

- малая концентрация дисперсной системы;
- малый размер частиц (отношение длины волны падающего света  $\lambda$  к радиусу частицы  $r$  не менее 10);
- изометричная форма частиц;
- вещество дисперсной фазы не поглощает падающего света, оптически изотропно и не электропроводно.

Если в единице объема дисперсной системы, содержится  $n$  частиц с объемом  $V$ , то общий поток света, рассеянного во всех направлениях, по Рэлею равен:

$$R = 24\pi^3 \left( \frac{n^2 - n_0^2}{n^2 + 2n_0^2} \right)^2 \frac{vV^2}{\lambda_0^4} I_0 = \tau I_0$$

где  $I_0$  - интенсивность падающего светового потока,  $n$  и  $n_0$  - показатели преломления вещества частиц и дисперсионной среды соответственно; величина  $\tau$  (размерность  $m^{-1}$ ) называется *мутностью* системы. Прохождение света через дисперсную систему сопровождается при этом постепенным падением его интенсивности вследствие рассеяния на частицах; связь интенсивности прошедшего через систему света  $I$  с толщиной слоя  $l$  описывается уравнением Бугера-Ламберта-Бера:

$$I = I_0 \cdot e^{-\tau l}$$

Мутность системы  $\tau$  может быть определена как по изменению интенсивности проходящего света, так и по интенсивности света, рассеянного под каким-либо углом.


Значительно сложнее закономерности светорассеяния частицами с размерами, близкими к длине световой волны, а также проводящими или поглощающими свет частицами. В этом случае, в частности, меняется характер зависимости интенсивности рассеяния света от его длины волны: для непроводящих и непоглощающих частиц показатель степени при  $\lambda$  уменьшается от 4 при рэлеевском рассеянии до 0 при переходе к отражению света крупными частицами, так что  $\tau \sim \lambda^{-x}$ .

На рисунке 5 приведена зависимость показателя степени  $x$  при  $\lambda$  от радиуса частиц  $r$ , характерная для систем с сильным отличием показателей преломления вещества частиц и дисперсионной среды. На этом основан получивший значительное распространение в экспериментальной практике метод определения размеров частиц, называемый методом "спектра мутности".

Некоторые из вариантов приборов типа ФЭК различаются в основном числом светофильтров; в таблице приведены длины волн  $\lambda$ , соответствующие максимуму коэффициента пропускания светофильтров приборов ФЭК-52 и ФЭК-56М.

N светофильтра		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Длина	ФЭК-52	415	455	500	540	580	610	660		



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

волны, нм	ФЭКН	360	413	453	508	536	584	610	565	
	ФЭК-56М	315	364	400	440	490	540	582	597	630

Цель работы: определить средний размер частиц бесцветного золя.

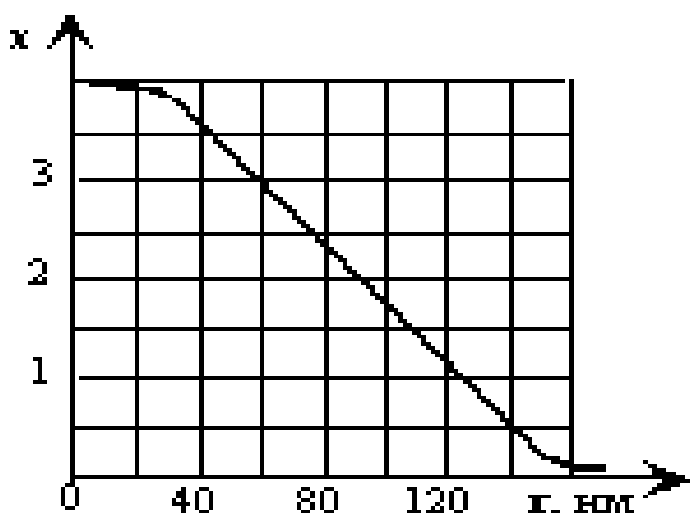
Ход работы

В данной работе определяется интенсивность прошедшего через коллоидную систему света в различных участках видимой области спектра. Спектральные кривые снимают для одного из зольей по указанию преподавателя с помощью приборов ФЭК (кроме ФЭК-М) или КФК-3.

Измерения выполняются с данным зольем со следующими светофильтрами: синим, голубым, зеленым, желтым, оранжевым, красным (фильтры 3-8 прибора ФЭК-52 или ФЭКН и 4-9 прибора ФЭК-56М).

Записывают в таблицу значения оптической плотности D.

Длины волн нм	Оптическая плотность D
---------------	------------------------



Вычерчивают график зависимости  $\lg D$  от  $\lg \lambda$  и по тангенсу углу наклона полученной прямой определяют  $x$ , а затем по рисунку 5 - средний размер частиц.

Рис. 5. Зависимость показателя степени  $x$  при  $\lambda$  от радиуса частиц  $r$ .

## 7. 8 Определение вязкости при помощи капиллярного вискозиметра.

### Влияние концентрации желатина на вязкость.

Приборы и реактивы: вискозиметр; секундомер; 1%-ный золь желатина; золь гидроксида железа (III), 6 стаканов на 100 мл.

#### Краткие теоретические сведения

Свободнодисперсные жидкообразные системы обладают вязкостью и способны течь. Вязкие тела текут при любом напряжении сдвига  $P_T$ , которое выражается уравнением

$$P_T = F/V,$$

где  $F$  — сила вязкого сопротивления;  $V$  — площадь, на которую распространяется действие этой силы.

Течение вязких тел определяется законом Ньютона:

$$P_{\tau} = \eta \frac{d\gamma}{d\tau}; \quad F = \eta B \frac{d\gamma}{d\tau},$$

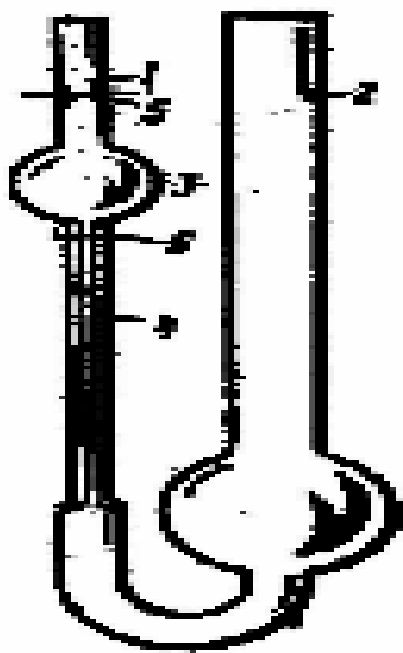
где  $\eta$  — коэффициент вязкости;  $\Delta\gamma/\Delta t$  — изменение деформации во времени (скорость деформации).

Если обозначить скорость деформации через  $\dot{\gamma}$ , то в соответствии с предыдущей формулой вязкость системы равна

$$\eta = P_{\tau} / \dot{\gamma}$$

Вязкость свобододисперсных систем растет по мере увеличения концентрации дисперсной фазы. Присутствие частиц дисперсной фазы приводит к искажению потока жидкости вблизи этих частиц, что влияет на вязкость дисперсной системы. Если концентрация незначительна, то столкновение частиц исключается, и характер движения жидкости около одной из частиц повлияет на движение жидкости вблизи других.

Описание прибора. Капиллярный вискозиметр (рисунок 6) представляет собой две сообщающиеся стеклянные трубки 1 и 2. Трубка 1 имеет расширение 3, переходящее в капилляр через трубку 2 исследуемая жидкость протекает под влиянием собственной тяжести в трубку 1. Выше и ниже расширения 3 на трубке 1 имеются метки 5 и 6. Объем расширенной части трубки обычно равен 3 – 4 мл.



Перед работой вискозиметр необходимо промыть хромовой смесью и дистиллированной водой, а затем просушить в сушильном шкафу.

Жидкость засасывают вверх по узкой трубке точно до метки 5. Время, необходимое для понижения уровня жидкости от метки 5 до метки 6, измеряют секундомером. Затем жидкость снова засасывают вверх по узкой трубке и повторяют определение, делая это до тех пор, пока не будут получаться близкие значения.

Рис. 6. Вискозиметр капиллярный.


Цель работы: определить вязкость раствора желатина; показать зависимость вязкости от концентрации раствора.

Ход работы

Приготавливают из 1%-ного золь желатина следующие растворы:

Состав	1	2	3	4	5	6
V желатина, мл	0	2	5	10	15	20
V воды, мл	20	18	15	10	5	0
Концентрация, %	0	0,1	0,25	0,5	0,75	1
Плотность, г/мл	1,0	1,04	1,08	1,12	1,17	1,2

Для каждого раствора, начиная с первого, измеряют секундомером время

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

истечения жидкости через расширение вискозиметра, повторяя по три раза. По средним данным рассчитывают для каждой концентрации величину поверхностного натяжения  $\eta$  по следующей формуле:

$$\eta = \frac{\rho t}{\rho_{H_2O} \cdot t_{H_2O}}$$

Вычерчивают кривую изменения вязкости с изменением концентрации.

Полученные результаты записывают в таблицу и делают выводы о влиянии концентрации на вязкость золя.

## 7.9 Изучение влияния природы растворенного вещества и pH среды на набухание желатина

Приборы и реактивы: пробирки мерные, стеклянные палочки; 0,1 М растворы  $K_2SO_4$ ,  $KCl$ ,  $KNO_3$ ,  $KSCN$ ,  $CH_3COONa$ ,  $CH_3COOH$ ; порошок желатина.

### Краткие теоретические сведения

При контакте высокомолекулярного соединения с растворителем происходит его набухание — самопроизвольное поглощение низкомолекулярного растворителя высокомолекулярным веществом, что приводит к увеличению его объёма и массы. Набухание — процесс избирательный, т.е. высокомолекулярное соединение способно набухать только в тех жидкостях, которые по отношению к нему являются «хорошими» растворителями. Например, желатин набухает в воде, каучук — в углеводородах.

Набухание характеризуют степенью набухания, под которой понимают относительное увеличение массы или объёма полимера к определенному моменту при данной температуре.

На степень набухания полимера в одном и том же растворителе влияют температура, давление, pH среды, наличие электролитов.

Влияние pH среды особенно велико для высокомолекулярных полиэлектролитов (белков, целлюлозы); минимальное набухание полиэлектролитов наблюдается в области изоэлектрической точки (например, для желатина при  $pH=4,7$ ), так как в этом случае макромолекула не заряжена, степень гидратации полярных групп минимальна и гибкая макромолекула сворачивается в клубок, при более низких или более высоких pH степень набухания растёт.

Набухание белков зависит от присутствия в растворе электролитов, причем решающее влияние оказывают ионы, заряд которых противоположен заряду макромолекулы белка. Так, в щелочных растворах макромолекула белка несет отрицательный заряд, поэтому на набухание оказывают влияние катионы, в кислых растворах — анионы.


По способности влиять на процесс набухания анионы (при одном и том же катионе) могут быть расположены в определенной последовательности, называемой **лиотропным рядом**:  $SO_4^{2-} > C_2O_4^{2-} > CH_3COO^- > Cl^- > NO_3^- > Br^- > I^- > SCN^-$ .

Каждый предыдущий член такого ряда снижает степень набухания сильнее, чем последующий. Так, в присутствии  $SO_4^{2-}$  желатин набухает хуже, чем в чистой воде, а  $SCN^-$  усиливает процесс вплоть до перехода ограниченного набухания в неограниченное.

Степень набухания определяют весовыми или объёмными методами. В объёмных методах измеряют уменьшение объёма жидкости, в которой происходит процесс набухания или оценивают увеличение объёма набухающего полимера.

Цель работы: изучить влияние природы растворенного вещества и pH среды на набухание желатина.

### Ход работы

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

**Опыт 1. Изучение влияния природы растворенного вещества на набухание желатина.** Изучение набухания желатина нужно проводить при комнатной температуре не выше 22°C. При более высокой температуре набухание становится неограниченным.

В первую пробирку наливают 5 мл дистиллированной воды, во вторую — 5 мл раствора сульфата калия, в третью – 5 мл раствора хлорида калия, в четвертую — 5 мл раствора нитрата калия, в пятую - 5 мл раствора роданида калия. В каждую пробирку вносят по 0,3 г порошка желатина. Пробирки осторожно встряхивают, чтобы частицы желатина опустились на дно, и определяют объём слоя желатина до набухания. Через 30 минут измеряют объём слоя набухшего желатина.

Полученные данные заносят в таблицу и рассчитывают степень набухания по формуле:

$$\alpha = (V - V_0)/V_0,$$

где -  $V_0$ ,  $V$  объём слоя до и после набухания.

№пробирки	Состав растворителя	Объём ВМС, мл		Степень набухания, $\alpha$
		до набухания, $V_0$	после набухания, $V$	
1	Дистиллированная вода			
2	0,1 М раствор $K_2SO_4$			
3	0,1 М раствор $KCl$			
4	0,1 М раствор $KNO_3$			
5	0,1 М раствор $KSCN$			

### Опыт 2. Изучение влияния pH среды на набухание желатина.

Готовят буферные растворы:

№ пробирок	Состав буферной смеси		pH раствора
	0,1 М $CH_3COONa$	0,1 М $CH_3COOH$	
1	1,8	8,2	4,0
2	3,7	6,3	4,4
3	5,9	4,1	4,8
4	6,8	3,2	5,4
5	9,4	0,6	5,8


В 5 мерных пробирок наливают по 5 мл ацетатной буферной смеси с различным pH. В каждую вносят по 0,3 г порошка желатина. Содержимое пробирок перемешивают, после оседания желатина измеряют объём слоя до набухания ( $V_0$ ) и оставляют на 30 минут, изредка перемешивая. Затем измеряют объём слоя набухшего желатина ( $V$ ). Рассчитывают степень набухания, результаты измерений и расчетов заносят в таблицу.

№ пробирки	pH раствора	Объём слоя желатина, мл		Степень набухания, $\alpha$
		до набухания, $V_0$	после набухания, $V$	
1	4,0			
2	4,4			
3	4,8			
4	5,4			
5	5,8			

Исходя из полученных результатов, следует построить график зависимости степени набухания от pH растворов и объяснить полученные результаты.

### 7.10 Получение различных дисперсных систем и изучение их свойств

**Приборы и реактивы:** пробирки, пробки, предметные стекла, фильтровальная бумага, пипетки, мерные цилиндры на 50 и 100 мл, секундомер; 1%-ный раствор мыла (или NaOH, или  $Na_2CO_3$ ), 30%-ный раствор  $MgSO_4$ , 1н раствор HCl, растительное масло,

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

льняное масло, 11%-ный раствор суспензии крахмала в воде, 10% -ные растворы NaCl, CaCl<sub>2</sub>, AlCl<sub>3</sub>, 2%-ный раствор желатина, жидкое мыло.

#### Краткие теоретические сведения

Эмульсии представляют собой особый вид дисперсных систем, дисперсная фаза и дисперсионная среда которых являются взаимно нерастворимыми или плохо растворимыми жидкостями. Это обстоятельство и обуславливает специфическое свойство эмульсий образовывать системы со сферическими частицами дисперсной фазы в широком диапазоне концентрации (от 0,001 до 90%) и их способностью к обращению фаз. Получение, устойчивость и разрушение эмульсий определяются особенностями границы раздела Ж—Ж.

Наибольший практический интерес представляют эмульсии, в которых одной из жидких фаз является вода (В), а другая формируется из водонерастворимой жидкости, называемой в общем случае маслом (М); это может быть жидкий жир, минеральные масла.

В зависимости от состава дисперсной фазы и дисперсионной среды могут быть *прямые и обратные эмульсии*. Прямые эмульсии типа М/В — это дисперсии масла в воде. Раздробленной фазой в прямых эмульсиях является масло. Обратные эмульсии типа В/М — это дисперсии воды в масле, в них частицы воды распределены в масляной среде. Прямой эмульсией является молоко, а маргарин и нефть можно отнести к обратным эмульсиям.

Тип эмульсии можно определить экспериментально. Для этой цели в эмульсию добавляют некоторое количество жидкости, составляющую одну из фаз. Если эмульсия легко разбавляется, то добавляемая жидкость проникает в непрерывную часть системы, которая и будет дисперсионной средой. В зависимости от концентрации дисперсной фазы эмульсии могут быть разбавленными, концентрированными и высококонцентрированными.

Устойчивость эмульсий, как и других дисперсных систем — в том числе и с жидкой дисперсионной средой, определяет время их жизни и является важнейшим фактором, обуславливающим применение эмульсий. Однотипность агрегатного состояния двух смежных фаз определяет особенности устойчивости эмульсий.

Эмульсии могут быть лиофильными и лиофобными. Леофильные эмульсии термодинамически устойчивы и образуются самопроизвольно путем диспергирования массы жидкости до капель определенного размера. Леофильных эмульсий немного.


Большинство эмульсий относится к лиофобным системам. Они термодинамически неустойчивы, не могут образовываться самопроизвольно, существовать длительное время и нуждаются в стабилизации, чего можно достигнуть введением веществ, называемых *эмульгаторами* и способных стабилизировать эмульсии.

Эмульсии могут образовываться самопроизвольно, искусственно их можно получить в результате механического диспергирования жидкостей, гомогенизации и другими способами.

Разрушение эмульсий, или деэмульгирование, может происходить самопроизвольно или под действием деэмульгаторов. Самопроизвольное разрушение эмульсий характерно для лиофобных систем.

*Золи и суспензии* являются разновидностями одного и того же типа дисперсных систем — Т/Ж, которые различаются размерами и концентрацией частиц дисперсной фазы. Наряду с общими эти системы имеют специфические, присущие только им свойства.

Золи относятся к высокодисперсным системам; их называют *коллоидными растворами*. Суспензии являются средне- и грубодисперсными системами. В этом они качественно отличаются от зелей.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

Золи — это седиментационно-устойчивые системы. Жидкая дисперсионная среда золей позволяет молекулярно-кинетическим явлениям проявиться наиболее интенсивно. Суспензии, наоборот, седиментационно-неустойчивы; молекулярно-кинетические явления их выражены слабо. При одной и той же массовой концентрации  $v_m$  удельная поверхность частиц золя значительно превышает удельную поверхность частиц суспензии, что обуславливает интенсивность всех поверхностных явлений.

*Пены* отличаются от других дисперсных систем подвижностью и способностью к изменению поверхности раздела фаз. Быстрое снижение поверхности раздела фаз сокращает время жизни пены и обуславливает необходимость применения ПАВ для сохранения устойчивости пен. Значительное увеличение удельной поверхности подвижной границы раздела фаз придает пенам особые свойства.

Пены представляют собой дисперсную систему типа Г/Ж, в которой дисперсной фазой является газ или пар, а дисперсионной средой — жидкость. В качестве дисперсной фазы могут служить пузырьки воздуха, находящиеся в воде. Пены относятся к концентрированным и высококонцентрированным дисперсным системам. Разбавленные дисперсные системы типа Г/Ж, содержание дисперсной фазы которых менее 0,1%, называют газовыми эмульсиями. В разбавленных системах происходит обратная седиментация — всплытие газовых пузырьков. В концентрированных и высококонцентрированных системах типа Г/Ж, т.е. собственно пенах, пузырьки соприкасаются друг с другом и лишены возможности свободного перемещения.

Пены являются крайне неустойчивыми дисперсными системами. Плотность жидкости в сотни и даже тысячи раз превышает плотность газа, из которого формируются пузырьки пены.

Пены относятся к термодинамически неустойчивым лиофобным дисперсным системам. Избыточная поверхностная энергия вызывает процессы, которые ведут к изменению размеров пузырьков пены и к ее разрушению, и определяет агрегативную устойчивость пен. Из всех лиофобных дисперсных систем с жидкой дисперсионной средой пены самые неустойчивые.

Цель работы: получить различные дисперсные системы и изучить их свойства.

Ход работы.

#### **Опыт 1. Получения разбавленных эмульсий путем диспергирования.**

а) В пробирку наливают 5 мл. дистиллированной воды, вносят 5-6 капель растительного масла и, закрыв пробирку, сильно встряхивают. Образуется грубодисперсная эмульсия, которая быстро расслаивается (разрушается). Определяют время расслоения ее на две макрофазы.


б) К полученной нестойкой эмульсии для стабилизации добавляют несколько капель 1%-го раствора обыкновенного мыла или NaOH, или Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> и вновь сильно встряхивают пробирку. Получается стойкая тонкая эмульсия молочно-белого цвета. Запишите схему строения капельки жира в присутствии олеата натрия как эмульгатора.

#### **Опыт 2. Получение концентрированных эмульсий.**

а) Эмульсия М/В. В пробирку наливают 3 мл 1%-го олеата натрия (из опыта 1), добавляют 1 мл льняного масла и интенсивно встряхивают, пока все масло не эмульгируется. Добавляют еще 1 мл масла и снова встряхивают. Таким образом, добавляя масло постепенно порциями по 1 мл. можно ввести до 10 мл масла. Следующую порцию не следует добавлять, пока предыдущая полностью не эмульгируется. Эмульсию сохранить для дальнейших опытов.

б) Эмульсия В/М. В пробирку наливают 3 мл 1%-го р-ра олеата натрия в льняном масле и добавляют 1 мл воды, интенсивно встряхивают до получения эмульсии и затем добавляют следующие порции воды по 1 мл. Добавление следующих порций производят лишь после полного эмульгирования предыдущей. Можно ввести до 10 мл воды.



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

Эмульсию сохранить.

### Опыт 3. Определение типа эмульсии.

а) Каплю эмульсии и каплю воды помещают рядом на предметное стекло. Наклоняют стекло так, чтобы капли соприкоснулись. Если капли сольются, то дисперсионной средой является вода (эмульсия м/в), если не сольются - эмульсия относится к типу В/М.

б) На фильтровальную бумагу наносят каплю эмульсии. Капля эмульсии М/В сразу всасывается бумагой и остается жирное пятно. Капля эмульсии В/М не всасывается.

в) В пробирку с 10 мл дистиллированной воды добавляют несколько капель эмульсии и энергично встряхивают. Эмульсия М/В распределяется равномерно в жидкости, а эмульсия в/м остается в виде капель на поверхности.

### Опыт 4. Разрушение эмульсий.

а) В пробирку наливают 2-3 мл разбавленной эмульсии М/В (из опыта 1), добавляют при встряхивании по каплям ~0,5 мл 30%-го раствора сульфата магния (либо соль кальция или бария). Тщательно встряхивают до образования устойчивой эмульсии. Определяют тип эмульсии одним из выше указанных методов. Делают вывод.

б) В пробирку наливают 2-3 мл разбавленной эмульсии М/В (из опыта 1), добавляют по каплям при встряхивании 1н раствор соляной кислоты. Что происходит?

### Опыт 5. Определение скорости седиментации суспензии по измерению объема осадков под влиянием различных добавок.

В 8 мерных цилиндров наливают по 90 мл 11% раствора суспензии крахмала в воде. В каждый цилиндр по 10 мл следующих растворов:


- 1) воды
- 2) 10% раствора хлористого натрия
- 3) 10% раствора хлористого кальция
- 4) 10% раствора хлористого алюминия
- 5) 5мл 2% раствора желатина, взбалтывают и добавляют 5мл воды.
- 6) 5мл 2% раствора желатина, взбалтывают и добавляют 5мл 20% р-ра NaCl.
- 7) 5мл 2% раствора желатина, взбалтывают и добавляют 5мл 20% р-ра CaCl<sub>2</sub>.
- 8) 5мл 2% раствора желатина, взбалтывают и добавляют 5мл 20% р-ра AlCl<sub>3</sub>.

Через 5 минут после смешения растворов производят первый отсчёт объема осадка во всех цилиндрах. Следующие два отсчёта производят также с интервалом 5 минут. Далее производят три отсчёта с интервалами 10 минут (всего 6 отсчётов). Данные заносят в таблицу:

№ цилиндра	Состав смеси	Время от начала опыта, t, мин	Объем осадка, мл
1	H <sub>2</sub> O		
2	10 мл 10% раствора NaCl		
3	10 мл 10% раствора CaCl <sub>2</sub>		
4	10 мл 10% раствора AlCl <sub>3</sub>		
5	5 мл 2%р-ра желатина + 5 мл H <sub>2</sub> O		
6	5 мл 2%р-ра желатина + 5 мл 20% р-ра NaCl		
7	5 мл 2%р-ра желатина + 5 мл 20% р-ра CaCl <sub>2</sub>		
8	5 мл 2%р-ра желатина + 5 мл 20% р-ра AlCl <sub>3</sub>		

Строят кривые оседания на одном графике для всех смесей, откладывая на оси абсцисс время, а на оси ординат объем осадка.

Суспензия крахмала заряжена отрицательно. Сделайте вывод о влиянии катионов различной валентности на кинетическую устойчивость суспензии и влиянии защитного

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

коллоида в присутствии катионов.

### Опыт 6. Получение пены.

В цилиндр емкостью 50 мл наливают 10 мл воды и 1 мл жидкого мыла. Встряхивают эту смесь в течение 20 секунд. Включают секундомер (после прекращения встряхивания).

Отмечают объём образовавшейся пены, вычитая из общего объёма раствора объём оставшегося раствора. Отмечают время (сек) самопроизвольного уменьшения объёма пен в 2 раза (сек). Повторяют этот опыт при разбавлении раствора водой в 2 раза и в 4 раза. Полученные результаты записывают в таблицу и строят график. Ввести 1-2 капли концентрированной HCl. Пена моментально гасится.


Концентрация пенообразователя					
$C_1$		$C_2=C_1/2$		$C_3=C_1/4$	
Время, сек	Объем пены, V,мл	Время, сек	Объем пены, V,мл	Время, сек	Объем пены, V,мл

## 8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ


Данный вид работы не предусмотрен УП

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ


1. Классификация дисперсных систем. Особенности ультрамикроретерогенного состояния. Коллоидные частицы и коллоидные системы; коллоидное (дисперсное) состояние вещества.
2. Количественное определение дисперсности: дисперсность и удельная поверхность кривизна поверхности частиц дисперсной фазы. Роль поверхностных явлений в процессах, протекающих в дисперсных системах. Взаимосвязь коллоидной химии с другими химическими дисциплинами, с физикой, биологией, геологией, медициной.
3. Поверхность раздела фаз. Свободная поверхностная энергия. Поверхностное натяжение, силовая и энергетическая трактовки.
4. Метод избыточных термодинамических функций поверхностного слоя (Гиббс). Понятие о поверхности разрыва и разделяющей поверхности. Обобщенное уравнение первого и второго законов термодинамики для поверхности раздела фаз. Изменение поверхностного натяжения жидкости на границе с собственным паром в зависимости от температуры, критическая температура по Менделееву.
5. Поверхность раздела между двумя конденсированными фазами. Правило Антонова; условия его применения.
6. Капиллярное давление. Закон Лапласа и его следствия. Зависимость давления пара от кривизны поверхности жидкости. Закон Томсона. Капиллярная конденсация. Изотермическая перегонка вещества.
7. Смачивание. Краевой угол. Закон Юнга (силовой и энергетический выводы). Соотношение между работами когезии и адгезии при смачивании. Капиллярное поднятие жидкости, уравнение Жюрена, капиллярная постоянная жидкости. Избирательное смачивание как метод характеристики поверхностей твердых тел (лиофильных и лиофобных). Полное смачивание (термодинамическое условие).
8. Влияние кривизны поверхности (размера частиц) на давление насыщенного пара и растворимость вещества. Изотермическая перегонка и капиллярная конденсация.
9. Методы измерения поверхностного натяжения и свободной поверхностной энергии твердых тел.
10. Разрушение и измельчение (диспергирование) твердых тел как физико-химический процесс образования новой поверхности.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

11. Эффект Ребиндера: изменение прочности и пластичности как следствие снижения поверхностной энергии твердых тел. Основные формы проявления эффекта: пластифицирование, возникновение хрупкости, самопроизвольное диспергирование. Термодинамические условия проявления эффекта Ребиндера.
12. Влияние химической природы твердых тел и жидкостей на возможность его проявления. Электрокапиллярный эффект. Проявление эффекта Ребиндера в природных и технологических процессах (примеры).
13. Адсорбция как самопроизвольное концентрирование на поверхности раздела фаз веществ, снижающих межфазное натяжение. Поверхностно-активные и -инактивные вещества (примеры). Относительность понятия "поверхностная активность" (зависимость от природы контактирующих фаз).
14. Термодинамика процесса адсорбции. Уравнение адсорбции Гиббса.
15. Органические поверхностно-активные вещества (ПАВ). Классификация ПАВ по молекулярному строению (анионо- и катионоактивные, неионогенные, амфолитные); области применения ПАВ. Высокомолекулярные ПАВ (примеры, отличия от низкомолекулярных ПАВ). Проблема биоразлагаемости ПАВ. Классификация ПАВ по механизму их действия (смачиватели, диспергаторы, стабилизаторы, моющие вещества). Понятие о гидрофильно-липофильном балансе (ГЛБ) молекул ПАВ.
16. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации ПАВ. Уравнение Шишковского. Поверхностная активность, ее изменение в гомологических рядах ПАВ. Термодинамическое обоснование правила Траубе - Дюкло. Методы оценки поверхностной активности органических ПАВ.
17. Работа адсорбции. Динамический характер адсорбционного равновесия на поверхности раздела раствор ПАВ - газ. Уравнение Лэнгмюра, его связь с уравнениями Гиббса, Шишковского и Фрумкина.
18. Адсорбция ПАВ из растворов на поверхности твердых тел. Правило уравнивания полярностей Ребиндера. Модифицирующее действие ПАВ: гидрофилизация и гидрофобизация твердой поверхности.
19. Двойной электрический слой (ДЭС). Причины образования ДЭС. Термодинамическое равновесие поверхности раздела фаз с учетом электрической энергии.
20. Электрокинетические явления: электрофорез, электроосмос, потенциалы течения и оседания; теория Гельмгольца - Смолуховского. Электрокинетический потенциал; граница скольжения. Методы определения электрокинетического потенциала
21. Строение мицеллы гидрофобного золя. Влияние концентрации и природы электролита на величину и знак заряда коллоидных частиц. Основы ионного обмена. Лиотропные ряды. Изоэлектрическое состояние в дисперсных системах; методы определения изоэлектрической точки. Практические приложения электрокинетических явлений.
22. Диспергационные методы получения дисперсных систем (золей, эмульсий, пен, аэрозолей). Роль ПАВ в процессах получения дисперсных систем. Связь работы диспергирования с поверхностной энергией твердых тел. Использование эффекта Ребиндера для уменьшения работы диспергирования. Процессы диспергирования в природе и технике.
23. Конденсационные способы получения дисперсных систем. Образование золей в процессе химических реакций.
24. Образование частиц дисперсной фазы в процессах кристаллизации из растворов, конденсации пересыщенного пара, кипения. Методы регулирования размеров частиц в дисперсных системах.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

25. Основные методы очистки золь (диализ и ультрафильтрация). Коллоидно-химические свойства ВМС. Методы определения концентрации и размеров частиц золь.
26. Мицеллообразование в растворах ПАВ. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ), основные методы определения ККМ. Эмпирические закономерности изменения ККМ и минимального значения поверхностного натяжения на границе раздела раствор ПАВ - воздух в гомологических рядах ПАВ. Строение прямых и обратных мицелл при различных концентрациях ПАВ.
27. Термодинамика мицеллообразования: тепловые эффекты, роль гидрофобных взаимодействий, диаграмма фазовых состояний, температурная зависимость ККМ; точка Крафта.
28. Солюбилизация (коллоидное растворение органических веществ в прямых мицеллах). Относительная солюбилизация, зависимость от температуры и концентрации. Солюбилизация в неводных средах.
29. Эмульсии. Классификация, определение степени дисперсности. Эмульгаторы, принципы выбора ПАВ для стабилизации прямых и обратных эмульсий. Роль гидрофильно-липофильного баланса молекулы ПАВ в стабилизации эмульсий. Эмульсионные пленки; их строение и факторы, влияющие на устойчивость эмульсионных пленок. Обращение фаз в эмульсиях. Твердые эмульгаторы. Методы разрушения эмульсий.
30. Пены. Строение пен и их классификация. Кратность пен. Пенообразователи, эффективность их влияния и связь с гидрофильно-липофильным балансом используемых ПАВ. Влияние электролитов на пенообразующую способность ПАВ. Пенные пленки, строение, факторы устойчивости.
31. Аэрозоли. Классификация аэрозолей по агрегатному состоянию частиц дисперсной фазы. Методы получения и измерения размеров аэрозольных частиц. Молекулярно-кинетические свойства аэрозолей (высоко- и грубодисперсных).
32. Электрические свойства аэрозолей, причины возникновения заряда на поверхности частиц. Агрегативная устойчивость аэрозолей. Способы и особенности разрушения аэрозолей.
33. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем. Диффузия в коллоидных системах. Закон Эйнштейна.
34. Седиментационный анализ полидисперсных систем. Константа седиментации. Дифференциальная кривая распределения частиц по размерам; интегральная кривая; построение их из данных по кинетике накопления осадка.
35. Седиментационно-диффузионное равновесие. Метод Перрена определения числа Авогадро. Применение ультрацентрифуг для измерения массы ультрадисперсных частиц и макромолекул (Думанский, Сведберг).
36. Теория устойчивости гидрофобных золь (теория ДЛФО). Термодинамика тонких пленок. Расклинивающее давление по Дерягину. Молекулярная составляющая расклинивающего давления. Учет молекулярной природы контактирующих фаз, для тонких пленок и сферических частиц. Электростатическая составляющая расклинивающего давления. Зависимость энергии взаимодействия частиц дисперсной фазы от расстояния между ними.
37. Основные факторы, влияющие на агрегативную устойчивость дисперсных систем. Эффективная упругость тонких пленок. Гидродинамические особенности утоньшения пленок.
38. Структурно-механический барьер (теория Ребиндера). Реологические свойства адсорбционных слоев ПАВ - стабилизаторов коллоидов коллоидных систем. Защитные коллоиды.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

39. Порог коагуляции; зависимость критической концентрации электролита от размера и заряда коагулирующего иона (правило Шульце - Гарди). Антагонизм и синергизм в действии электролитов на процесс коагуляции.
40. Коагуляция сильно и слабо заряженных золь (концентрационная и нейтрализационная коагуляция). Обоснование правила Шульце - Гарди и критерия Эйлера - Корфа в теории ДЛФО. Флокуляция, гетерокоагуляция, адагуляция (определения, примеры).
41. Кинетика коагуляции. Теория быстрой коагуляции (Смолуховский); основные положения теории медленной коагуляции (Н.Фукс). Обратимость процесса коагуляции. Пептизация.
42. Закономерности течения свободно-дисперсных систем под действием приложенного давления. Закон Ньютона. Влияние концентрации и формы частиц дисперсной фазы на закономерности течения (закон Энштейна).
43. Структурообразование в дисперсных системах. Возникновение и развитие пространственных структур. Природа контактов между элементами структур. Периодические структуры. Образование и свойства гелей.
44. Коагуляционные структуры. Условия образования, механические свойства; явление тиксотропии.
45. Кристаллизационные структуры. Механические свойства кристаллизационных структур. Описание дисперсных систем на основе реологических моделей (Максвелла, Кельвина, Бингама, Шведова). Полная реологическая кривая.
46. Физико-химические методы регулирования структурно-механических свойств дисперсных систем на различных стадиях их формирования как основная задача физико-химической механики.


### 10 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

Содержание, требования, условия и порядок организации самостоятельной работы обучающихся с учетом формы обучения определяется в соответствии с «Положением об организации самостоятельной работы обучающихся», утвержденным Ученым советом УлГУ (протокол № 8/268 от 26.03.19 г.).


Форма обучения: очная.

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы	Объем в часах	Форма контроля
1. Основные понятия коллоидной химии, объекты и цели изучения.	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины. Подготовка к устному опросу и контрольной работе. Подготовка к сдаче зачета.	1	выборочная проверка во время аудиторных занятий; включение вопросов на коллоквиуме и контрольной работе, на зачете
2. Термодинамика поверхностных явлений	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины. Подготовка к устному опросу и	1	выборочная проверка во время аудиторных




Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		


	контрольной работе. Подготовка к сдаче зачета.		занятий; включение вопросов на коллоквиуме и контрольной работе, на зачете
3. Капиллярные явления	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины. Подготовка к устному опросу и контрольной работе. Подготовка к сдаче зачета.	2	выборочная проверка во время аудиторных занятий; включение вопросов на коллоквиуме и контрольной работе, на зачете
4. Поверхностные явления и механические свойства твердых тел	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины. Подготовка к устному опросу и контрольной работе. Подготовка к сдаче зачета.	2	выборочная проверка во время аудиторных занятий; включение вопросов на коллоквиуме и контрольной работе, на зачете
5. Адсорбция на поверхности раздела фаз	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины. Подготовка к устному опросу и контрольной работе. Подготовка к сдаче зачета.	2	выборочная проверка во время аудиторных занятий; включение вопросов на коллоквиуме и контрольной работе, на зачете
6. Электроповерхностные явления в дисперсных системах	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины. Подготовка к устному опросу и контрольной работе. Подготовка к сдаче зачета.	2	выборочная проверка во время аудиторных занятий; включение вопросов на коллоквиуме и контрольной

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

			работе, на зачете
7. Лиофобные системы	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины. Подготовка к устному опросу и контрольной работе. Подготовка к сдаче зачета.	2	выборочная проверка во время аудиторных занятий; включение вопросов на коллоквиуме и контрольной работе, на зачете
8. Лиофильные дисперсные системы	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины. Подготовка к устному опросу и контрольной работе. Подготовка к сдаче зачета.	2	выборочная проверка во время аудиторных занятий; включение вопросов на коллоквиуме и контрольной работе, на зачете
9. Эмульсии и пены, аэрозоли	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины. Подготовка к устному опросу и контрольной работе. Подготовка к сдаче зачета.	2	выборочная проверка во время аудиторных занятий; включение вопросов на коллоквиуме и контрольной работе, на зачете
10.Седиментационная устойчивость	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины. Подготовка к устному опросу и контрольной работе. Подготовка к сдаче зачета.	2	выборочная проверка во время аудиторных занятий; включение вопросов на коллоквиуме и контрольной работе, на зачете
11.Агрегативная устойчивость	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	2	выборочная проверка во время аудиторных

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

	Подготовка к устному опросу и контрольной работе. Подготовка к сдаче зачета.		занятий; включение вопросов на коллоквиуме и контрольной работе, на зачете
12. Коагуляция золей электролитами	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины. Подготовка к устному опросу и контрольной работе. Подготовка к сдаче зачета.	2	выборочная проверка во время аудиторных занятий; включение вопросов на коллоквиуме и контрольной работе, на зачете
13. Основы физико-химической механики	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины. Подготовка к устному опросу и контрольной работе. Подготовка к сдаче зачета.	2	выборочная проверка во время аудиторных занятий; включение вопросов на коллоквиуме и контрольной работе, на зачете

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

## 11 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) Список рекомендуемой литературы

#### Основная :

1. Гавронская, Ю. Ю. Коллоидная химия : учебник и практикум для академического бакалавриата / Ю. Ю. Гавронская, В. Н. Пак. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 287 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-02502-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/433448> .
2. Щукин, Е. Д. Коллоидная химия : учебник для академического бакалавриата / Е. Д. Щукин, А. В. Перцов, Е. А. Амелина. — 7-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 444 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-01191-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/444075> .
3. Яковлева, А. А. Коллоидная химия : учебное пособие для вузов / А. А. Яковлева. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 209 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-05180-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/438930> .


#### Дополнительная

1. Кудряшева, Н. С. Физическая и коллоидная химия : учебник и практикум для вузов / Н. С. Кудряшева, Л. Г. Бондарева. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 379 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-7159-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/468578> .
2. Коллоидная химия. Примеры и задачи : учебное пособие для вузов / В. Ф. Марков, Т. А. Алексеева, Л. А. Брусницына, Л. Н. Маскаева ; под научной редакцией В. Ф. Маркова. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 186 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02639-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/472232> .

#### Учебно-методическая

1. Иванова Л. А. Коллоидная химия : методические указания для самостоятельной работы бакалавров направления подготовки 04.03.01 Химия / Л. А. Иванова; УлГУ, Экол. фак. - Ульяновск : УлГУ, 2019. - Загл. с экрана; Неопубликованный ресурс. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 649 КБ). - Текст : электронный. <https://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/8394>

Согласовано:

Начальник отдела НБ УлГУ / Окунева И.А. /  16.05.2022  
 Должность сотрудника научной библиотеки                      ФИО                      Подпись


### б) программное обеспечение

1. Microsoft Office
2. ОС Windows Professional
3. Антиплагиат ВУЗ

*Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы*

#### 1. Электронно-библиотечные системы:

- 1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart: электронно-библиотечная

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2022]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2022]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2022]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг. – Москва, [2022]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Букап. – Томск, [2022]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2022]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС **Znanium.com** : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2022]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.8. Clinical Collection : научно-информационная база данных EBSCO // EBSCOhost : [портал]. – URL: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/search/advanced?vid=1&sid=9f57a3e1-1191-414b-8763-e97828f9f7e1%40sessionmgr102> . – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

1.9. База данных «Русский как иностранный» : электронно-образовательный ресурс для иностранных студентов : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». – Саратов, [2022]. – URL: <https://ros-edu.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

**2. КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2022].

### **3. Базы данных периодических изданий:**


3.1. База данных периодических изданий EastView : электронные журналы / ООО ИВИС. - Москва, [2022]. – URL: <https://dlib.eastview.com/browse/udb/12>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

3.2. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО Научная Электронная Библиотека. – Москва, [2022]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

3.3. Электронная библиотека «Издательского дома «Гребенников» (Grebinnikon) : электронная библиотека / ООО ИД Гребенников. – Москва, [2022]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

**4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека»** : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2022]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

**5. SMART Imagebase** : научно-информационная база данных EBSCO // EBSCOhost : [портал]. – URL: <https://ebsco.smartimagebase.com/?TOKEN=EBSCO->

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

[1a2ff8c55aa76d8229047223a7d6dc9c&custid=s6895741](http://1a2ff8c55aa76d8229047223a7d6dc9c&custid=s6895741). – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Изображение : электронные.

#### **6. Федеральные информационно-образовательные порталы:**


6.1. [Единое окно доступа к образовательным ресурсам](http://window.edu.ru/) : федеральный портал . – URL: <http://window.edu.ru/> . – Текст : электронный.

6.2. [Российское образование](http://www.edu.ru/) : федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: [http://www.edu.ru.](http://www.edu.ru/) – Текст : электронный.

#### **7. Образовательные ресурсы УлГУ:**

7.1. Электронная библиотечная система УлГУ: модуль «Электронная библиотека» АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

Согласовано:

Зам. начальника УИТиТ / Ключкова А.В. /  16.05.2022 г.  
Должность сотрудника УИТиТ ФИО подпись дата

## **12 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ**

Учебная аудитория 216 для проведения лабораторных занятий лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (с набором демонстрационного оборудования для обеспечения тематических иллюстраций в соответствии с рабочей программой дисциплины). Помещение укомплектовано специализированной мебелью на 18 посадочных мест и техническими средствами: экран настенный, доска аудиторная. Рабочее место преподавателя, WI-FI, интернет. Площадь 42,93 кв.м.

Учебная аудитория для самостоятельной работы студентов 230 с доступом к ЭБС. для самостоятельной работы студентов, Wi-Fi с доступом к ЭИОС, ЭБС. Компьютерный класс укомплектованный специализированной мебелью на 32 посадочных мест и техническими средствами обучения (16 персональных компьютеров) с доступом к сети «Интернет», ЭИОС, ЭБС. Площадь 93,51 кв.м.


Читальный зал научной библиотеки (аудитория 237) с зоной для самостоятельной работы, Wi-Fi с доступом к ЭИОС, ЭБС. Аудитория укомплектована специализированной мебелью на 80 посадочных мест и оснащена компьютерной техникой с доступом к сети «Интернет», ЭИОС, ЭБС, экраном и проектором. Площадь 220,39 кв.м.

## **13 СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;
- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного




Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

докумен- та; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Разработчик: \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ доцент Л.А. Иванова 16.05.2022