

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

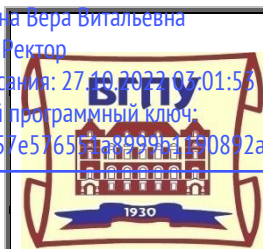
ФИО: Щёкина Вера Витальевна

Должность: Ректор

Дата подписания: 27.10.2022 07:01:55

Уникальный программный ключ:

a2232a55157e5765b1a8b99fa1f0892af53989420420336ffbf573a434e57789



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования**

«Благовещенский государственный педагогический университет»

ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА

Рабочая программа дисциплины

УТВЕРЖДАЮ

**Декан естественно-географического
факультета ФГБОУ ВО «БГПУ»**

 **И.А. Трофимцова**
«22» мая 2019 г.

**Рабочая программа дисциплины
КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ**

**Направление подготовки
44.03.05 ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ
(с двумя профилями подготовки)**

**Профиль
«БИОЛОГИЯ»**

**Профиль
«ХИМИЯ»**

**Уровень высшего образования
БАКАЛАВРИАТ**

**Принята на заседании кафедры химии
(протокол № 8 от «15» мая 2019 г.)**

Благовещенск 2019

СОДЕРЖАНИЕ

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	3
2 УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ	4
3 СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ (РАЗДЕЛОВ)	5
4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	8
5 ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	9
6 ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ (САМОКОНТРОЛЯ) УСВОЕННОГО МАТЕРИАЛА.....	39
7 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ	50
8 ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ИНВАЛИДАМИ И ЛИЦАМИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ	51
9 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ	51
10 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА	52
11 ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ	54

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1.1 Цель дисциплины: сформировать фундаментальные знания в области коллоидной химии.

1.2 Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Коллоидная химия» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б1 (Б1.В.06).

Для освоения дисциплины «Коллоидная химия» обучающиеся используют знания, умения, сформированные в ходе изучения дисциплин «Неорганическая химия», «Аналитическая химия», «Физическая химия».

1.3 Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций: ПК-2:

- **ПК-2.** Способен осуществлять педагогическую деятельность по профильным предметам (дисциплинам, модулям) в рамках программ основного общего и среднего общего образования, **индикаторами** достижения которой является:

- ПК-2.2 Применяет основы теории фундаментальных и прикладных разделов химии (неорганической, аналитической, органической, физической, химии ВМС, химических основ биологических процессов, химической технологии) для решения теоретических и практических задач.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения. В результате изучения дисциплины студент должен

- **знать:**

- пути поиска информации для использования полученных теоретических и практических знаний в области физической химии;
- основы поиска, критического анализа и синтеза информации, системного подхода для решения поставленных задач в рамках дисциплины физическая химия;
- методы и способы обработки информации результатов химического эксперимента, результатов наблюдений и измерений;
- информационные источники справочного, научного, нормативного характера;
- основные современные методы получения дисперсных систем;
- методы и способы обработки информации результатов химического эксперимента, результатов наблюдений и измерений;
- цели и задачи коллоидной химии;
- основные этапы и закономерности развития коллоидной химии, её современное состояние;
- свойства дисперсных систем.

- **уметь:**

- применять и анализировать основы поиска, критического анализа и синтеза информации, системного подхода для решения поставленных задач;
- сопоставляет разные источники информации с целью выявления их противоречий и поиска достоверных суждений;
- решать задачи, используя принципы и методы коллоидной химии;
- использовать приемы и методы физико-химических измерений;
- обрабатывать, анализировать и обобщать результаты наблюдений и измерений, выявлять связь между физическими и химическими процессами, между строением и свойствами дисперсных систем.

- **владеть:**

- навыками анализа, применения основ поиска, критического анализа и синтеза информации, системного подхода для решения поставленных задач в рамках дисциплины физическая химия;
- навыками грамотно, логично, аргументированно формировать собственные суждения и оценки;
- навыками делать заключения и выводы по результатам анализа литературных

данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ по коллоидной химии;

- навыками делать заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ по коллоидной химии;

- навыками работы с лабораторным оборудованием и проводить эксперименты с соблюдением правил техники безопасности;

- основными методиками определения и изучения различных дисперсных систем, законами, лежащими в основе методов анализа.

1.5 Общая трудоемкость дисциплины «Коллоидная химия» составляет 3 зачетных единицы (далее – ЗЕ) (108 часов).

Программа предусматривает изучение материала на лекциях и лабораторных занятиях. Предусмотрена самостоятельная работа студентов по темам и разделам. Проверка знаний осуществляется фронтально, индивидуально.

1.6 Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Объем дисциплины и виды учебной деятельности (очная форма обучения)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр 6
Общая трудоемкость	108	6
Аудиторные занятия	54	
Лекции	22	
Лабораторные работы	32	
Самостоятельная работа	54	
Вид итогового контроля:		Зачет

2 УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Учебно-тематический план (очная форма обучения)

№	Наименование тем (разделов)	Всего часов	Аудиторные занятия		Самостоятельная работа
			Лекции	Лабораторные занятия	
I	Введение	10	2		8
1	Введение в коллоидную химию	5	1		4
2	Классификация дисперсных систем, строение мицелл	5	1		4
II	Методы получения и очистки дисперсных систем	16	4	4	8
1	Получение и очистка коллоидных систем	10	2	4	4
2	Термодинамика образования дисперсных систем	6	2		4
III	Поверхностные явления и адсорбция	14	2	4	8
1	Поверхностные явления	5	1		4
2	Адсорбция на поверхности раздела фаз	3	1		2
3	Поверхностное натяжение	6		4	2
IV	Свойства дисперсных систем	36	8	12	16
1	Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем	8	2	2	4
2	Оптические свойства дисперсных систем	10	2	4	4
3	Реологические свойства	8	2	2	4
4	Электрокинетические свойства дисперсных систем	10	2	4	4

V	Разрушение и устойчивость дисперсных систем	10	2	4	4
VI	Микрогетерогенные системы	6	2		4
VII	Высокомолекулярные вещества и их растворы	16	2	8	6
1	Растворы высокомолекулярных соединений и их свойства	9	1	4	4
2	Гели (студни)	3	1		2
3	Растворы коллоидных поверхностно-активных веществ	4		4	
	Итого	108	22	32	54

Интерактивное обучение по дисциплине

№	Наименование тем (разделов)	Вид занятия	Форма интерактивного занятия	Кол-во часов
1.	1.2 Классификация дисперсных систем, строение мицелл	ЛК	Лекция с ошибками	2
2.	2.1 Получение и очистка дисперсных систем	ЛК	Лекция с ошибками	2
3.	3.1 Поверхностные явления	ЛК	Лекция-дискуссия	2
4.	4.1 Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем	ЛР	Работа в малых группах	2
5.	4.3 Реологические свойства	ЛР	Case-study	2
6.	4.4 Электрокинетические свойства дисперсных систем	ЛК	Лекция с ошибками	2
7.	5.0 Разрушение и устойчивость дисперсных систем	ЛР	Работа в малых группах	2
8.	7.1 Растворы высокомолекулярных соединений и их свойства	ЛК	Лекция-беседа	2
9.	7.3 Растворы коллоидных поверхностно-активных веществ	ЛР	Работа в малых группах	2
	ИТОГО			18

3 СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ (РАЗДЕЛОВ)

1 ВВЕДЕНИЕ

Предмет и содержание коллоидной химии. Взаимосвязь коллоидной химии с другими химическими дисциплинами, с физикой, биологией, геологией, медициной. Основные этапы развития коллоидной химии. Вклад в развитие науки русских и советских ученых: М.В. Ломоносова, Д.И. Менделеева, П.П. Веймарна, И.Г. Борщова, Н. П. Пескова, А. В. Думанского, А.Н. Фрумкина, П.А. Ребиндера, Ю.С. Липатова, В.А. Каргина. Роль коллоидной химии в химической промышленности производстве. Новые направления и объекты (наносистемы, микроэмульсии, биокolloиды, тонкие пленки и др.), изучаемые коллоидной химией.

Понятие о коллоидном состоянии. Основные характеристики дисперсных систем: дисперсная фаза, дисперсионная среда, степень дисперсности, удельная поверхность.

Признаки объектов коллоидной химии: гетерогенность и дисперсность.

Классификация дисперсных систем в зависимости от степени дисперсности, агрегатного состояния фаз и кинетических свойств дисперсной фазы (свободнодисперсные и связнодисперсные системы), по топографическому признаку (корпускулярные, фибриллярные и ламинарные), по термодинамической устойчивости и характеру образования фаз (лиофобные и высокомолекулярные вещества).

Мицеллы. Строение мицелл: ядро, адсорбционный слой, диффузный слой, гранула, интермицеллярная жидкость. Мицеллярные формулы.

II МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ОЧИСТКИ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Условия получения коллоидных систем. Основы термодинамики дисперсных систем. Термодинамика гомогенного и гетерогенного образования коллоидных частиц при фазовых переходах. Образование частиц дисперсной фазы в процессах кристаллизации из растворов, конденсации пересыщенного пара, кипения. Методы регулирования размеров частиц в дисперсных системах. Роль ПАВ в процессах получения дисперсных систем. Использование эффекта Ребиндера для уменьшения работы диспергирования.

Дисперсионные методы получения дисперсных систем. Механическое раздробление твердых тел. Ультразвуковой метод. Метод электрического распыления. Метод химического диспергирования: самопроизвольное диспергирование, посредственная и непосредственная пептизация.

Конденсационные методы. Методы физической конденсации: метод Рогинского-Шальникова, метод замены растворителя. Методы химической конденсации: метод окисления, метод восстановления, метод обменного разложения, метод гидролиза. Электрический метод.

Методы очистки: диализ, электродиализ и ультрафильтрация.

III ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ И АДСОРБЦИЯ

Поверхность раздела фаз. Свободная поверхностная энергия. Поверхностное натяжение. Поверхностная активность, ее изменение в гомологических рядах ПАВ. Правило Траубе-Дюкло. Адгезия, смачивание и растекание жидкостей. Смачивание и краевой угол. Механизм смачивания. Количественные характеристики когезии и адгезии.

Общая характеристика сорбционных процессов. Адсорбция как самопроизвольное концентрирование на поверхности раздела фаз веществ, снижающих межфазное натяжение. Поверхностно-активные и -инактивные вещества. Уравнение адсорбции Гиббса.

Адсорбция на поверхности раздела фаз. Изотермы адсорбции Фрейндлиха и Лэнгмюра. Правило уравнивания полярностей Ребиндера. Ионообменная адсорбция.

IV СВОЙСТВА ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Молекулярно - кинетические свойства дисперсных систем. Броуновское движение и диффузия в дисперсных системах. Связь между средним сдвигом частиц и коэффициентом диффузии. Закон Эйнштейна-Смолуховского. Осмотическое давление. Мембранное равновесие Доннана. Седиментация. Седиментационный анализ.

Оптические свойства дисперсных систем. Оптическая неоднородность дисперсных систем. Явление рассеяния света. Эффект Фарадея-Тиндаля. Нефелометрия. Турбидиметрия. Ультрамикроскопия. Поглощение света и окраска золей. Оптическая анизотропия.

Реологические свойства дисперсных систем. Основные понятия и идеальные законы реологии. Идеально упругое тело Гука. Идеально пластическое тело Сен-Венана-Кулона. Идеально вязкое тело Ньютона. Моделирование реологических свойств тел (модель Максвелла, модель Кельвина-Фойгта, модель Бингама). Классификация дисперсных систем по структурно-механическим свойствам. Закон Ньютона. Уравнение Пуазейля. Вязкость, аномалии вязкости. Уравнение Эйнштейна. Уравнение Бингама.

Электрокинетические свойства дисперсных систем. Основы теории строения двойного электрического слоя (ДЭС). Строение ДЭС по Гельмгольцу, Гуи и Штерну. Электрокинетический потенциал. Зависимость значения электрокинетического потенциала от различных факторов. Изoeлектрическое состояние. Открытие электрических явлений. Электрофорез. Электроосмос. Потенциал течения и оседания.

V РАЗРУШЕНИЕ И УСТОЙЧИВОСТЬ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Кинетическая и агрегативная устойчивость. Термодинамические и кинетические факторы устойчивости дисперсных систем. Теории устойчивости и коагуляции. Адсорбционная теория коагуляции Фрейндлиха. Электростатическая теория коагуляции Мюллера. Теория ДЛФО.

Коагуляция. Кинетика быстрой и медленной коагуляции. Коагуляция под действием электролитов. Порог коагуляции. Критический потенциал. Правило значности (правило Шульце-Гарди). Концентрационная и нейтрализационная коагуляция. Перезарядка зольей. Коагуляция смесью электролитов. Явление синергизма, антогонизма и аддитивности. Явление привыкания зольей. Коллоидная защита. Взаимная коагуляция коллоидных растворов.

VI МИКРОГЕТЕРОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ

Аэрозоли. Общая характеристика. Классификация аэрозолей. Методы получения и разрушения аэрозолей. Особые свойства аэрозолей: термофорез, фотофорез, термопреципитация. Практическое значение аэрозолей.

Порошки. Общая характеристика. Классификация порошков. Способы получения. Свойства порошков: насыпная плотность, слипаемость, сыпучесть (текучесть), гигроскопичность, смачиваемость, абразивность, удельное электрическое сопротивление, горючесть, взрываемость. Практическое значение.

Суспензии. Общая характеристика. Классификация суспензий. Высококонцентрированные суспензии (пасты). Методы получения. Механизм стабилизации. Стабилизаторы. Флотация, фильтрация и кольтматация. Значение в геологических и почвенных процессах.

Эмульсии и эмульсионные пленки. Общая характеристика. Классификация эмульсий и эмульгаторов. Методы определения типа эмульсии. Жидкие и твердые эмульгаторы. Обращение фаз эмульсии. Теория эмульгирования. Деэмульгирование. Практическое значение.

Пены и пенные пленки. Общая характеристика. Твердые пены. Строение пенной пленки. Кратность и время жизни пен. Причины устойчивости пен. Методы получения. Пенообразователи. Теория пенообразования. Практическое значение пен. Пенная флотация.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ). Классификация и общая характеристика. Мицеллярные растворы. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ). Солюбилизация. Применение ПАВ.

Синтетические моющие средства (СМС). Моющее действие. Микрокапсулирование. Теория моющего действия. Механизм действия СМС. Состав СМС. Микрокапсулирование. Значение.

VII ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ВЕЩЕСТВА И ИХ РАСТВОРЫ

Общая характеристика высокомолекулярных веществ (ВМВ). Классификация ВМВ. Свойства ВМВ. Структура и гибкость макромолекул. Природа растворов ВМВ. Набухание и растворение ВМВ. Ограниченное и неограниченное набухание. Степень набухания. Контракция. Давление набухания.

Свойства разбавленных растворов полимеров. Вязкость разбавленных растворов. Приведенная и характеристическая вязкость. Связь характеристической вязкости со средними размерами макромолекул. Вискозиметрический метод определения средневязкостной молекулярной массы полимеров. Уравнение Штаудингера. Осмотическое давление растворов ВМВ. Уравнение Галлера.

Нарушение устойчивости растворов ВМВ. Высаливание. Коацервация.

Растворы полиэлектролитов. Поликислоты, полиоснования, полиамфолиты. Белки как пример амфотерных полиэлектролитов. Свойства растворов полиэлектролитов. Применение полиэлектролитов.

Гели (студни). Общая характеристика. Классификация гелей. Теория строения. Механические свойства гелей. Методы получения. Желатинирование. Факторы, влияющие на процесс желатинирования. Набухание гелей. Факторы, влияющие на набухание. Явление набухания в природе. Тикстропия. Синерезис. Диффузия и электропроводность в студнях. Химические реакции в студнях.

СПИСОК ОСНОВНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Практикум по коллоидной химии: учеб. пособие для студ. (бакалавров, преподава-

телей) технических спец. вузов / под ред. Гельфмана М.И. – СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2005. – 256 с. : ил. (20 экз).

2. Новикова, Е. В. Коллоидная химия: учебное пособие / Е. В. Новикова, Н. А. Родионова. – Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2008. – 92 с.

3. Щукин, Е. Д. Коллоидная химия : учебник для студ. вузов / Е. Д. Щукин, А. В. Перцов, Е. А. Амелина ; МГУ им. М. В. Ломоносова. - 4-е изд., испр. - М. : Высш. шк., 2006. - 443, [1] с. : ил. - (Классический университетский учебник). (10 экз.)

4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа дисциплины призвана помочь студентам в организации самостоятельной работы по освоению курса коллоидной химии. Целью курса «Коллоидная химия» является знакомство студентов с основами науки, изучающей поверхностные явления и вещества в коллоидном состоянии. Именно поверхностные явления определяют характерные свойства дисперсных систем и пути управления этими свойствами. Коллоидная химия – своеобразная пограничная область знания, которая складывается во взаимодействии химии, физики, биологии и других наук. Тесные контакты коллоидной химии со смежными дисциплинами способствовали обогащению ее экспериментальной базы.

В связи с этим главное внимание уделяется рассмотрению таких вопросов, как свойства поверхности раздела фаз и поверхностные явления; пути и условия образования дисперсных систем, их молекулярно-кинетические, оптические и электрические свойства; устойчивость и разрушение дисперсных систем; развитие в них пространственных дисперсных структур со своеобразными реологическими свойствами; управление свойствами дисперсных систем; коллоидно-химические основы охраны окружающей среды.

Большая часть теоретических вопросов представлена в описании лабораторного практикума, что позволит студенту ознакомиться с сущностью вопросов, обсуждаемых на лабораторном занятии. В разделе «Практикум по дисциплине» подробно описаны лабораторные работы. Экспериментальная часть включает теоретические основы каждой работы, методики выполнения и обработки экспериментальных данных, требования к отчету. Каждая лабораторная работа завершается контрольными вопросами. В разделе «Дидактические материалы для контроля (самоконтроля) усвоенного материала» приведена часть задач, выполнение которых предусмотрено самостоятельно.

Для успешного выполнения задания студентам необходимо предварительно ознакомиться с содержанием соответствующего раздела. При подготовке к занятиям необходимо изучить рекомендуемую литературу. Общий список литературы представлен в отдельном разделе. Приступая к лабораторной работе, внимательно прочесть теоретические положения и ход работы, затем выполнить эксперимент и результаты занести в рабочий журнал. Оформление лабораторных работ предусматривает краткое описание лабораторных опытов, оборудования, написание уравнений реакций и формул мицелл, составление отчета о работе. Студент представляет результаты лабораторной работы в виде таблиц, уравнений и графиков.

Повышению эффективности изучения данного курса способствуют представленные в программе вопросы к коллоквиуму, темы рефератов по актуальным вопросам коллоидной химии, а также варианты контрольной работы (по указанию преподавателя).

Изучение курса завершается зачетом, вопросы к которому предложены в данной рабочей программе.

Рабочая программа дисциплины «Коллоидная химия» ориентирована на оптимизацию методов изучения, совершенствование методик проведения практической и научно-исследовательской работы, поскольку именно эти виды учебной работы студентов в первую очередь готовят их к самостоятельному выполнению профессиональных задач.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

№	Наименование	Формы/виды самостоятельной работы	Количество ча-
---	--------------	-----------------------------------	----------------

	раздела (темы)		сов, в соответствии с учебно-тематическим планом
1.	Введение	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Конспектирование изученных источников	8
2.	Методы получения и очистки дисперсных систем	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы Подготовка отчета по лабораторной работе Решение расчетных задач	8
3.	Поверхностные явления и адсорбция	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы Подготовка отчета по лабораторной работе Решение расчетных задач	8
4.	Свойства дисперсных систем	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы Подготовка отчета по лабораторной работе Решение расчетных задач	16
5.	Разрушение и устойчивость дисперсных систем	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы Подготовка отчета по лабораторной работе	4
6.	Микрогетерогенные системы	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Конспектирование изученных источников Подготовка рефератов и презентаций Оформление лабораторной работы	4
7.	Высокомолекулярные вещества и их растворы	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы	6
	ИТОГО		54

5 ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

План лабораторных занятий

№	Тема занятия	Тема лабораторной работы	Всего часов
1.	Поверхностное натяжение	Поверхностное натяжение	4
2.	Получение и очистка дисперсных систем	Получение коллоидных растворов и определение знака заряда коллоидных частиц	4
3.	Оптические свойства дисперсных систем	Определение размеров частиц золя турбидиметрическим методом	4
4.	Электрокинетические свойства дисперсных систем	Электрофорез	4
5.	Реологические и молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем	Определение вязкости коллоидных растворов	4
6.	Разрушение и устойчивость дис-	Устойчивость и коагуляция дисперс-	4

	персных систем	ных систем	
7.	Растворы коллоидных поверхностно-активных веществ	Определение критической концентрации мицеллообразования (ККМ) кондуктометрическим методом	4
8.	Высокомолекулярные вещества и их растворы.	Определение молекулярной массы полимера вискозиметрическим методом. Исследование процесса набухания желатина в водных раствора	4
	ИТОГО		32

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 (4 часа)

ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ

Поверхностное натяжение (σ) возникает на границе раздела фаз. Молекулы, находящиеся в поверхностном слое, отличаются от молекул внутри фазы по своему энергетическому состоянию. Молекула внутри фазы окружена себе подобными, и силы межмолекулярного взаимодействия в этом случае скомпенсированы. Когда же молекула находится в поверхностном слое, она вступает в межмолекулярные взаимодействия с молекулами различных фаз, возникает результирующая сила P , направленная в сторону той фазы, в которой силы межмолекулярного взаимодействия больше. Величину P часто называют внутренним давлением. Чтобы переместить молекулу из объема фазы на поверхность, т.е. увеличить поверхность жидкости, надо совершить работу против внутреннего давления. Работа (в Дж), необходимая для увеличения поверхности жидкости на 1 м^2 , служит мерой поверхностной энергии и называется коэффициентом поверхностного натяжения или поверхностным натяжением.

Поверхностное натяжение можно рассматривать как работу образования единицы поверхности, а также как силу, которая действует на поверхность, и стремится сократить эту поверхность до минимума.

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

$$[\sigma] = \text{Дж/м}^2 = \text{Н/м}$$

Поверхностное натяжение пропорционально внутреннему давлению и, следовательно, чем сильнее межмолекулярные взаимодействия, тем выше поверхностное натяжение.

Под влиянием поверхностного натяжения жидкость при отсутствии внешних сил всегда стремится принять форму шара, так как поверхность шара – это наименьшая поверхность, ограничивающая объем, и, следовательно, поверхностная энергия системы при этом будет минимальной.

Поверхностное натяжение – основная термодинамическая характеристика поверхностного слоя жидкости на границе с газовой фазой или другой жидкостью. Поверхностное натяжение различных жидкостей на границе с собственным паром изменяется в широких пределах.

Поверхностное натяжение непосредственно можно измерить только в условиях обратимого изменения поверхности раздела фаз, т.е. при достаточной подвижности этой поверхности, например, на границах жидкость-пар или жидкость-жидкость при невысокой вязкости жидкостей.

Опыт 1. Измерение поверхностного натяжения по методу отрывающейся капли

Цель работы. Ознакомление с измерением поверхностного натяжения методом взвешивания отрывающейся капли.

Краткие теоретические положения. Принцип метода заключается в определении массы капли, вытекающей из капилляра, в момент ее отрыва.

В момент отрыва капли от нижнего конца капилляра вес капли (a) уравнивается силой (F), которая действует вдоль окружности шейки капли и препятствует ее отрыву.

ву, т.е. $a = F$.

$$a = F = 2\pi r\sigma = K\sigma, (1.1)$$

где $K = 2\pi r$ – величина постоянная для данного прибора.

Можно считать, что в момент отрыва капли вес ее уравнивается поверхностным натяжением. Тогда задача опыта сводится к определению веса капли. Если объем вытекающей жидкости равен V , число капель жидкости в объеме V равно n , плотность жидкости ρ , ускорение свободного падения g , то вес одной капли вычисляют по формуле:

$$a = \frac{V\rho g}{n}. (1.2)$$

$$\text{Тогда } K\sigma = \frac{V\rho g}{n}.$$

$$\text{Отсюда } \sigma = \frac{V\rho g}{nK}. (1.3)$$

Для воды, вытекающей из этого же капилляра и в таком же объеме,

$$\sigma_0 = \frac{V\rho_0 g}{n_0 K}, (1.4)$$

где σ_0 – поверхностное натяжение воды при данной температуре (см. Приложение), ρ_0 – плотность воды; n_0 – число капель.

Разделив уравнение (1.3) на уравнение (1.4), получим:

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{\rho n_0}{\rho_0 n}. (1.5)$$

Отсюда поверхностное натяжение исследуемой жидкости равно:

$$\sigma = \sigma_0 \cdot \frac{\rho n_0}{\rho_0 n}. (1.6)$$

Приближенное измерение поверхностного натяжения жидкости может быть проведено при помощи прибора, который называется сталагмометр (рис. 1.1).

Сталагмометр состоит из трубки, имеющей расширение 1; выше и ниже расширения находятся начальная и конечная метки А и Б. Через капиллярное отверстие 2 вытекает жидкость в виде капель.

Приборы и реактивы. Сталагмометр; штатив с лапкой; пять стаканов на 100 мл; 1 М растворы спиртов.

Порядок выполнения 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), затем дают жидкости вытекать из капилляра. Когда уровень жидкости точно совпадет с верхней меткой, начинают счет капель; прекращают счет капель тогда, когда уровень жидкости дойдет до нижней метки. Опыт повторяют несколько раз и берут среднюю величину из наблюдаемых отсчетов (расхождение между отдельными измерениями должно быть не более 1–2 капель).

Определяют указанным методом число капель воды, образующихся при истечении из объема V , а затем число капель n исследуемых растворов из этого же объема. Поверхностное натяжение вычисляют по формуле (1.6).

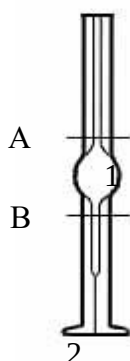


Рис. 1.1. Сталагмометр:

1 – расширение;
2 – отверстие капилляра;
А, В – метки.

Таблица 1.1

Исходные данные и результаты эксперимента

п/п	Спирт	Концентрация	Поверхностное натяжение, Дж/м ² или Н/м
1.	Этанол		
2.	Бутанол-1		
3.	Бутанол-2		
4.	Пентанол-2		

Для наблюдения изменения поверхностного натяжения в гомологическом ряду веществ с удлинением углеродной цепи определяют поверхностное натяжение различных растворов; данные вносят в таблицу 1.1.

Опыт 2. Определение зависимости величины поверхностного натяжения жидкости от температуры

Цель работы. Наблюдение влияния температуры на изменение поверхностного натяжения.

Краткие теоретические положения. Величина поверхностного натяжения зависит не только от природы жидкости, но также и от температуры. С повышением температуры поверхностное натяжение уменьшается. Наблюдать эту зависимость удобно при помощи прибора Ребиндера (рис. 1.2).

Прибор состоит из стеклянного сосуда, соединенного боковой трубкой с манометром и аспиратором. Стеклянный сосуд плотно закрывают пробкой, через которую проходит стеклянная трубка с капиллярным концом. Для нагревания жидкости в сосуде до желаемой температуры его погружают в большой стакан с водой (на рисунке не показано), в котором поддерживают требуемую температуру.

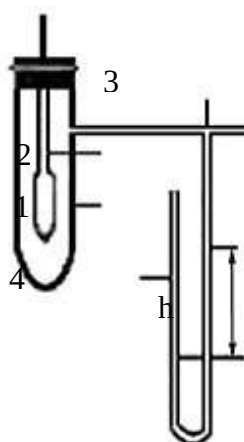


Рис. 1.2. Прибор для измерения поверхностного натяжения по методу Ребиндера:

1 – сосуд;
2 – трубка с капиллярным концом;
3 – боковая трубка;
4 – манометр;
5 – аспиратор;
6 – кран.

Измерение поверхностного натяжения по методу П. А. Ребиндера основано на том, что в исследуемую жидкость опускают трубку с капиллярным кончиком, через который продувают воздух.

Измеряют давление P , при котором из нижнего конца трубки отделяются пузырьки воздуха. Чем больше поверхностное натяжение испытуемой жидкости, тем большее дав-

ление требуется для отделения пузырька воздуха.

Таким образом,

$$\sigma = KP, \quad (1.7)$$

где σ – величина поверхностного натяжения; K – постоянная прибора. Давление в момент отрыва пузырька измеряют манометром.

Чтобы определить константу капилляра, в качестве испытуемой жидкости берут сначала жидкость, поверхностное натяжение которой известно, например дистиллированную воду. Если измерить при этом максимальное давление P_0 в момент отрыва пузырька, то константа прибора будет равна:

$$K = \frac{\sigma_0}{P_0}. \quad (1.8)$$

Вычислив константу, находят величину поверхностного натяжения испытуемой жидкости при различных температурах.

Приборы и реактивы. Аспиратор для создания вакуума; широкая пробирка с боковым отростком и пробкой; спиртовой манометр со шкалой; стакан на 800-1000 мл; стакан на 400-500 мл; термометр; штатив с широкой лапкой для подвешивания аспиратора.

Порядок выполнения работы. Аспиратор наполняют водой и под него подставляют стакан. В начале опыта жидкость в обоих коленах манометра должна находиться на одинаковом уровне. В сосуд 1 наливают дистиллированную воду, вставляют пробку 3 и устанавливают трубку 2 так, чтобы капиллярный конец ее оказался незначительно ниже поверхности воды в сосуде. После этого открывают кран 6 аспиратора настолько, чтобы через капилляр трубки 2 пузырьки воздуха вырывались один за другим со скоростью, допускающей их подсчет. Установив определенную частоту образования пузырьков, производят по манометру не менее трех отсчетов максимальной разности уровней. Выводят среднюю величину из этих отсчетов (P_0). Закрывают кран и проверяют температуру в стакане с нагреваемой водой. Находят в таблице 2 (Приложение) величину поверхностного натяжения воды, соответствующую температуре опыта. По формуле (1.8) вычисляют постоянную K капилляра трубки 2 для данного прибора.

Выливают воду из сосуда 1, высушивают его и трубку 2; наливают в сосуд вместо воды исследуемую жидкость, предварительно ополоснув ею сосуд 1 и трубку 2. Подставляют стакан с горячей водой так, чтобы сосуд 1 был погружен в него на половину своей высоты. Нагревают жидкость в сосуде до нужной температуры, размешивая в нем воду мешалкой. Приводят в действие аспиратор, измеряют разность уровней h в манометре, как и для дистиллированной воды, и, подставив значение K , вычисляют по формуле (1.7) величину поверхностного натяжения для исследуемой жидкости при данной температуре. Опыт повторяют при температурах 30, 40, 60 и 80°C.

На основании полученных результатов строят график, откладывая на оси абсцисс значения температуры и на оси ординат – величину поверхностного натяжения.

Форма отчета. Отчет должен содержать название, цель работы, описание хода работы, схемы приборов, расчеты, таблицу, график зависимости величины поверхностного натяжения жидкости от температуры, вывод.

Контрольные вопросы

1. Что такое поверхностное натяжение, в каких единицах оно измеряется?
2. Каковы причины возникновения поверхностного натяжения?
3. На чем основано определение поверхностного натяжения по методу взвешивания отрывающейся капли и сталагмометрическим методом?
4. Для чего необходима стандартная жидкость при определении поверхностного натяжения по методу взвешивания отрывающейся капли?
5. Какая имеется зависимость между поверхностным натяжением и длиной углеродной цепи?
6. Как и почему поверхностное натяжение зависит от температуры?

ПОЛУЧЕНИЕ И ОЧИСТКА ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Коллоидные растворы могут быть получены двумя методами: а) диспергированием (от лат. *dispergere* – рассеивать), или раздроблением крупных частиц на более мелкие; б) путем агрегации молекул или ионов (от лат. *aggregere* – присоединять) в более крупные частицы.

Методы получения коллоидов, основанные на раздроблении, получили название дисперсионных методов. Методы, связанные с агрегацией молекул или ионов в более крупные частицы, называются конденсационными.

Получение коллоидных растворов (золей) путем диспергирования осуществляется механическими методами измельчения твердого вещества (в шаровых и коллоидных мельницах), с помощью ультразвука, а также методами химического диспергирования (самопроизвольным диспергированием и пептизацией).

Конденсационные методы получения дисперсных систем:

1. Физическая конденсация – конденсация молекул одного вещества (будущей дисперсной фазы) в другой (будущей дисперсионной среде).

2. Химическая конденсация – получение коллоидных систем с помощью химических реакций.

3. Электрический метод.

Условия получения коллоидных растворов:

1. Дисперсная фаза должна обладать малой растворимостью в дисперсионной среде; между частицами и средой должно существовать взаимодействие, препятствующее связыванию частиц друг с другом.

2. Реакцию необходимо вести в разбавленном растворе, чтобы скорость роста кристаллических частиц была невелика, тогда частицы получаются мелкие (10^{-7} - 10^{-9} м) и система будет седиментационно устойчива.

3. Для получения устойчивой коллоидной системы необходимо присутствие веществ, которые, адсорбируясь на поверхности коллоидных частиц, обеспечивают интенсивное взаимодействие между поверхностью частиц и окружающей их средой. Вещества, обуславливающие устойчивость коллоидных растворов, называются стабилизаторами. Устойчивость коллоидных систем может быть достигнута, если одно из реагирующих веществ взято в избытке.

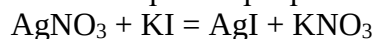
Опыт 1. Получение коллоидных растворов методами конденсации

Цель работы. Освоение методики получения золей методами конденсации. Построение мицеллярных формул полученных золей.

Краткие теоретические положения. Одним из примеров физической конденсации может быть метод замены растворителя: молекулярный раствор какого-либо вещества постепенно, при перемешивании прибавляют к жидкости, в которой это вещество нерастворимо. При этом происходит конденсация молекул и образование коллоидных частиц. Например, сера или канифоль растворяется в этиловом спирте, образуя истинный раствор. В воде сера и канифоль практически нерастворимы, поэтому при добавлении воды к их спиртовому раствору молекулы конденсируются в более крупные агрегаты.

Коллоидные растворы могут быть получены с помощью реакций различных типов: обмена, окисления, восстановления, гидролиза и других.

Например, реакция взаимодействия нитрата серебра и иодида калия:

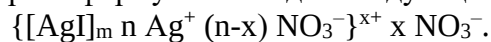


AgI практически не растворим в воде. В разбавленных растворах образуется золь иодида серебра.

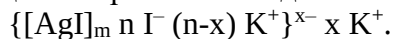
Заряд коллоида определяют тем ионом, который в начале образования коллоида имелся в избытке. Следовательно, используя избыток одного из реагентов, можно полу-

чить частицы золя AgI с различным знаком заряда. При избытке AgNO₃ образующаяся коллоидная частица AgI приобретает положительный заряд, так как в данном случае адсорбируется избирательно ион Ag⁺; подобным же образом можно получить и отрицательно заряженные частицы при избытке KI.

При избытке AgNO₃ ядро частицы, состоящее из большого числа молекул AgI, адсорбирует ионы Ag⁺. Мицеллярная формула выглядит следующим образом:



При избытке KI формула мицеллы принимает вид:



Знак заряда коллоидных частиц в окрашенных зольях можно определить методом капиллярного анализа. Метод основан на том, что целлюлозные стенки капилляров фильтровальной бумаги заряжаются отрицательно, а пропитывающая бумагу вода положительно. Если на листок бумаги нанести каплю исследуемого золя, то частицы, заряженные положительно, адсорбируются на стенках капилляров, поэтому золь с положительными частицами дает окрашенное в центре и бесцветное по краям пятно. Золь с отрицательно заряженными частицами, не адсорбирующимися на стенках капилляров, образует равномерно окрашенное пятно.

Приборы и реактивы. Электрическая плитка; пипетки на 2 мл; стаканы на 100 мл; мерный цилиндр на 100 мл; воронки для фильтрования; бумажный фильтр; водные растворы 0.5 М K₄[Fe(CN)₆], 0.1 М FeCl₃, насыщенный раствор FeCl₃, 2% раствор канифоли в этиловом спирте, насыщенный раствор серы в этиловом спирте.

Порядок выполнения работы. Все опыты проводят, используя только тщательно вымытую посуду. Полученные золи сохраняют до конца работы и выливают только с разрешения преподавателя.

1. Получение золя канифоли.

К 20 мл воды добавляют при взбалтывании 10-15 капель 2%-ного раствора канифоли в этаноле. Образуется золь канифоли в воде с отрицательно заряженными коллоидными частицами.

2. Получение золя серы.

К 20 мл воды добавляют при взбалтывании 1 мл насыщенного (без нагревания) раствора серы в этиловом спирте. Образуется голубовато-белый золь серы в воде с отрицательно заряженными коллоидными частицами.

3. Получение золя гидроксида железа(III).

К 50 мл кипящей воды прибавляют 2-3 капли насыщенного раствора FeCl₃. При этом энергично протекает гидролиз хлорида железа, и появляющиеся молекулы гидроксида железа конденсируются в коллоидные частицы. Получают коллоидный раствор гидроксида железа(III) интенсивного красно-коричневого цвета.

4. Получение золя берлинской лазури.

а) 0.5 мл 0.5 М раствора K₄[Fe(CN)₆] разбавляют водой до 100 мл. К разбавленному раствору добавляют 1 каплю 0.1 М FeCl₃. Образуется прозрачный синего цвета золь берлинской лазури. От двух капель раствора FeCl₃ золь еще больше синее.

б) 0.1 мл насыщенного раствора FeCl₃ разбавляют водой до 100 мл. В разбавленный раствор вводят при взбалтывании 1 каплю 0.5 М раствора K₄[Fe(CN)₆]. Образуется золь берлинской лазури синего цвета.

Для полученных зольей определить знак заряда коллоидных частиц капиллярным методом.

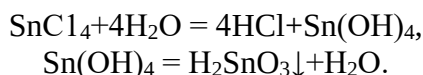
Опыт 2. Получение коллоидных растворов методом диспергирования

Цель работы. Освоение методики получения зольей диспергированием (методом пептизации). Построение мицеллярных формул полученных зольей.

Краткие теоретические положения. Пептизацией называется процесс получения золей из студней или рыхлых осадков при действии на них веществ, способных хорошо адсорбироваться на поверхности дисперсных частиц и сообщать им способность перехода в золь.

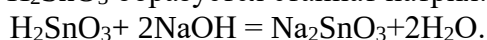
Пептизация делится на непосредственную и посредственную в зависимости от того, что адсорбируется на поверхности частиц перед их разделением: прибавленное вещество (пептизатор), или продукт его взаимодействия с веществом частиц.

Например, пептизация оловянной кислоты. В водных растворах хлорид олова гидролизуется:



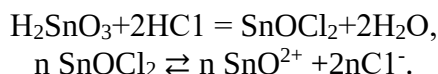
Осадок H_2SnO_3 под влиянием щелочей или кислот (пептизаторов) способен переходить в коллоидный раствор. Характерной особенностью пептизации является то, что количество пептизатора во много раз меньше (нередко в 1000 раз) количества пептизируемого вещества.

При добавлении NaOH к H_2SnO_3 образуется станнат натрия:



В растворе Na_2SnO_3 диссоциирует, образуя отрицательно заряженный ион SnO_3^{2-} , который, адсорбируясь, сообщает агрегату (H_2SnO_3) отрицательный заряд – возникают мицеллы, осадок переходит в золь.

Под действием кислот пептизация оловянной кислоты может протекать следующим образом:



Приборы и реактивы. Электрическая плитка; пипетки; стаканы 100 мл; воронки для фильтрования; бумажный фильтр; водные растворы 1 М SnCl_4 , 1 М NaOH , 0.1 М HCl , 0.1 М AgNO_3 .

Порядок выполнения работы.

Получение золя оловянной кислоты методом пептизации.

К 50 мл кипящей воды добавляют по каплям раствор 1 М SnCl_4 . Образуется осадок. Осадок промывают декантацией горячей дистиллированной водой до исчезновения реакции на ион Cl^- (проверяют реакцией с раствором AgNO_3). К промытому осадку добавляют несколько капель NaOH или HCl , сильно разбавляют водой и взбалтывают; образуется золь оловянной кислоты.

Форма отчета. Отчет должен содержать уравнения химических реакций, формулы мицелл получаемых золей, знак заряда коллоидных частиц, вывод.

Отчет о работе

Опыт 1. Получение коллоидных растворов методами конденсации.	
1. Получение золя канифоли.	
метод получения:	
окраска золя:	
устойчивость:	
знак заряда коллоидных частиц:	
2. Получение золя серы.	
метод получения:	
окраска золя:	
устойчивость:	
знак заряда коллоидных частиц:	

3. Получение золя гидроксида железа(III).	
метод получения:	
уравнение реакции:	
строение мицеллы:	
окраска золя	
знак заряда коллоидных частиц:	
4. Получение золя берлинской лазури.	
а) метод получения:	
уравнение реакции:	
строение мицеллы:	
окраска золя:	
знак заряда коллоидных частиц:	
б) метод получения:	
уравнение реакции:	
строение мицеллы:	
окраска золя:	
знак заряда коллоидных частиц:	
Опыт 2. Получение коллоидных растворов методом диспергирования	
Получение золя оловянной кислоты	
метод получения:	
уравнение реакции:	
строение мицеллы:	
пептизатор:	
окраска золя:	
знак заряда коллоидных частиц:	

Вывод:

Контрольные вопросы

1. Какие методы получения коллоидных растворов известны?

2. Какие золи в данной работе получены методами:

а) замены растворителя _____;

б) восстановления _____;

в) гидролиза _____;

г) пептизации _____?

?

4. Способы очистки дисперсных систем.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 (4 часа) ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Турбидиметрия – метод исследования, основанный на измерении интенсивности проходящего через дисперсную систему света. Турбидиметрический метод позволяет определять размеры частиц и их концентрацию по мутности коллоидных растворов с помощью фотоэлектроколориметра.

Для определения размеров частиц сферической формы, радиус которых не превышает $1/20$ длины волны падающего света, может быть использовано уравнение Рэлея:

$$I_p = I_o \frac{24\pi^3}{\lambda^4} \left(\frac{n_1^2 - n_0^2}{n_1^2 + 2n_0^2} \right)^2 C_{об} V, (3.1)$$

где λ – длина волны падающего света; n_1 – показатель преломления дисперсной фазы; n_0 – показатель преломления дисперсионной среды; $C_{об}$ – объемная доля дисперсной фазы; V – объем частицы.

С увеличением размеров частиц закон Рэлея перестает соблюдаться, и интенсивность рассеянного света становится обратно пропорциональной длине волны в степени меньшей, чем четвертая. Если размер (диаметр) частиц составляет от $1/10$ до $1/3$ длины световой волны и показатели преломления частиц и среды не сильно различаются, для описания светорассеяния можно воспользоваться уравнением Геллера:

$$D = k\lambda^{-n}, (3.2)$$

где D – оптическая плотность; k – константа, не зависящая от длины волны; λ – длина волны падающего света.

Необходимым условием использования уравнений (3.1) и (3.2) является отсутствие поглощения света, поэтому уравнения Рэлея и Геллера применимы только для «белых» золь, т.е. неокрашенных дисперсных систем.

Опыт 1. Определение размеров частиц дисперсных систем, не подчиняющихся уравнению Рэлея

Цель работы. Ознакомление с турбидиметрическим методом анализа; определение размера частиц золя с помощью уравнения Геллера.

Краткие теоретические положения. Зависимости $\lg D$ (или $\lg \tau$) от $\lg \lambda$ в соответствии с уравнением Геллера:

$$D = k\lambda^{-n}, (3.2)$$

представляют собой прямую линию, тангенс угла наклона которой равен показателю степени $-n$. Значение показателя n в уравнении (3.2) зависит от величины Z – соотношения между размером частицы и длиной волны падающего света:

$$Z = \frac{8\pi r}{\lambda}.$$

С увеличением Z значение n будет уменьшаться. При малых значениях Z соблюдается уравнение Рэлея и $n = 4$. Значения n для Z от 2 до 8 приведены в таблице (3.1).

Показатель степени n в уравнении (3.2) находят на основе турбидиметрических данных. Для этого экспериментально измеряют оптическую плотность системы при различных длинах волн (в достаточно узком интервале λ) и строят график в координатах $\lg D - \lg \lambda$. Показатель n определяют по тангенсу угла наклона полученной прямой. По значению n находят соответствующее значение параметра Z (по табл. 3.2), а затем рассчитывают средний радиус частиц исследуемой дисперсной системы:

$$r = \frac{Z\lambda}{8\pi}. (3.7)$$

Таблица 3.2

Показатель степени n в уравнении Геллера
в зависимости от параметра Z

n	Z	n	Z
3.812	2.0	2.807	5.5
3.686	2.5	2.657	6.0
3.573	3.0	2.533	6.5
3.436	3.5	2.457	7.0
3.284	4.0	2.379	7.5
3.121	4.5	2.329	8.0
3.060	5.0		

Приборы и реактивы. Фотоэлектроколориметр, высокодисперсный золь (полистирольный латекс, золь сульфата бария).

Порядок выполнения работы. Сначала измеряют оптическую плотность золя с помощью фотоэлектроколориметра, используя светофильтр № 3. Значение оптической плотности золя должно находиться в пределах 0.70–0.95. Если значение D образца меньше или больше указанных, следует соответственно увеличить или уменьшить концентрацию дисперсной фазы. Затем определяют оптическую плотность золя при различных длинах волн падающего света (светофильтры № 3–9). При каждой длине волны оптическую плотность измеряют три раза и определяют среднее значение D . Значение длин волн, соответствующих светофильтрам, составляют:

№ светофильтра 3 4 5 6 7 8 9

$\lambda_{\text{вак}}$, нм 400 440 483 540 582 620 625

Далее находят значения $\lg \lambda_{\text{вак}}$ и $\lg D_{\text{ср.}}$, строят график в координатах $\lg D_{\text{ср.}} - \lg \lambda_{\text{вак}}$ и определяют показатель степени n в уравнении (3.2). По данным таблицы (3.2) предварительно строят график в координатах $Z - n$ и находят значение параметра Z , соответствующее ранее определенному n . Полученные результаты записывают в таблицу (3.3).

По уравнению (3.7) рассчитывают радиус частиц золя. При расчете r в уравнение (3.7) нужно подставить среднее значение длин волн $\lambda_{\text{ср.}}$ в том интервале, в котором определялся показатель степени n . Величину $\lambda_{\text{ср.}}$ находят по соотношению:

$$\lambda_{\text{ср.}} = \frac{\lambda_{\text{вак. макс.}} + \lambda_{\text{вак. мин.}}}{2}. (3.8)$$

Найденное значение r соответствует среднему радиусу частиц золя.

Форма отчета. Отчет должен содержать название и описание цели работы, краткие теоретические положения, порядок выполнения эксперимента, заполненную таблицу, график в координатах $Z - n$ по данным таблицы (3.2), график в координатах $\lg D - \lg \lambda$, найденный из результатов опыта радиус частицы, вывод по результатам работы.

Таблица 3.3

Экспериментальные данные для расчета размеров
частиц дисперсных систем, не подчиняющихся
уравнению Рэлея

Номер светофильтра	$\lambda_{\text{вак.}}$, нм	$\lg \lambda$	D	$D_{\text{ср.}}$	$\lg D_{\text{ср.}}$	n	Z

Контрольные вопросы

1. Какие оптические явления наблюдаются при падении луча света на дисперсную систему?
2. Какие оптические методы используются для определения размеров частиц дисперсных систем?

3. В чем сущность турбидиметрического метода анализа?
4. Какие золи называют «белыми»? Какая связь между оптической плотностью и мутностью зольей?
5. Какие дисперсные системы можно исследовать, используя уравнения Рэлея и Геллера?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 (4 часа)

ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Цель работы. Ознакомление с явлением электрофореза. Определение скорости движения частиц в электрическом поле. Определение знака заряда и величины электрокинетического потенциала золя берлинской лазури.

Краткие теоретические положения. При движении твердой частицы двойной электрический слой (ДЭС) разрывается по плоскости (границе) скольжения с образованием заряженной коллоидной частицы и диффузных противоионов. Величина заряда коллоидной частицы характеризуется величиной электрокинетического потенциала. Все электрокинетические явления в лиофобных золях (электроосмос, электрофорез, потенциал течения, потенциал седиментации) определяются величиной и знаком ζ -потенциала. Эта величина во многом определяет устойчивость коллоидного раствора, которую определяют обычно на основе электрофоретических измерений.

Если в коллоидный раствор опустить электроды и на них создать постоянную разность потенциалов, то коллоидные частицы и диффузные противоионы будут двигаться к противоположно заряженным электродам.

Движение частиц дисперсной фазы относительно дисперсионной среды под действием внешнего электрического поля называется электрофорезом.

Электрофорез обнаруживается экспериментально по выделению на одном из электродов (или около него) дисперсной фазы, а также по смещению границы раздела «коллоидный раствор – дисперсионная среда» к одному из электродов.

Значение ζ -потенциала (в вольтах) рассчитывается из измеренной в ходе опыта скорости движения частиц по уравнению Гельмгольца-Смолуховского:

$$\zeta = \frac{4\pi\eta U}{\varepsilon H} 300^2, \quad (4.1)$$

где η и ε – вязкость и диэлектрическая проницаемость среды на границе скольжения; H – градиент потенциала внешнего электрического поля ($H = E/L$, где E – приложенная разность потенциалов на электродах, В, L – расстояние между электродами); U – скорость электрофореза; 300^2 – переводной множитель для вычисления ζ -потенциала в вольтах.

Значения η и ε , подставляемые в уравнение Гельм-гольца-Смолуховского, берутся обычно для дисперсионной среды. При этом допускается некоторая ошибка, так как, благодаря повышенной концентрации ионов, значения η и ε в двойном электрическом слое отличаются от соответствующих значений для дисперсионной среды. Для воды при комнатной температуре можно принять, что $\varepsilon = 80.1$, $\eta = 0.001$ Па·с. Эти значения используются при расчете ζ -потенциала в данной работе.

Скорость электрофореза определяют, используя метод передвигающейся границы. Он заключается в том, что окрашенный коллоидный раствор помещают в электрофоретическую ячейку, сверху наливают контактную (боковую) жидкость и наблюдают за скоростью перемещения границы раздела золь–боковая жидкость под действием приложенной к электродам разности потенциалов (E). В одном колене ячейки граница раздела поднимается, так как коллоидные частицы переходят в боковую жидкость, в другом – опускается, поскольку коллоидные частицы движутся вглубь коллоидного раствора.

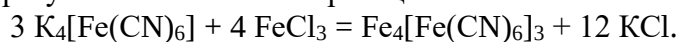
Контактная жидкость необходима для создания границы раздела, она должна быть близка по своему составу к дисперсионной среде золя, и иметь одинаковую с золем электропроводность.

Приборы и реактивы. Электрофоретическая ячейка; источник постоянного тока

(напряжения) до 300 В; колбы на 200 мл – 6 шт.; цилиндр на 150 мл; стаканы на 50 мл – 2 шт.; пипетки – 2 шт.; 0.5 М $K_4[Fe(CN)_6]$; насыщенный на холоде раствор $FeCl_3$; 0.1 М KCl ; дистиллированная вода.

Порядок выполнения работы. ВНИМАНИЕ! На ячейку подается высокое напряжение! Во избежание поражения током все подготовительные и регулировочные операции на ячейке проводят только при отключенном напряжении. То же касается разборки ячейки для мытья. Запрещается касаться оголенных частей электродов, соприкасаться их, а также укладывать электроды вне изолированных гнезд.

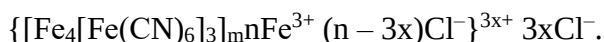
Приготовление золь берлинской лазури. Берлинскую лазурь (гексацианоферрат(II) железа(III)) получают в результате химической реакции:



1. Получение золь берлинской лазури с отрицательно заряженными коллоидными частицами. В колбу наливают 150 мл дистиллированной воды и добавляют 10 капель 0.5 М раствора $K_4[Fe(CN)_6]$. Затем при интенсивном перемешивании приливают по 1 капле насыщенного раствора $FeCl_3$. Получают золь берлинской лазури, стабилизированный $K_4[Fe(CN)_6]$, мицелла которого имеет вид:



2. Получение золь берлинской лазури с положительно заряженными коллоидными частицами. В колбу наливают 150 мл дистиллированной воды и в каждую добавляют по 3 капли раствора $FeCl_3$. Затем при интенсивном перемешивании добавляют 1-2 капли раствора $K_4[Fe(CN)_6]$. Получают золь берлинской лазури, стабилизированный $FeCl_3$, мицелла которого имеет вид:



Полученные золи оставляют на 5-10 мин и в течение этого времени проверяют знак заряда коллоидных частиц с помощью фильтровальной бумаги (см. работу № 2). Для дальнейшей работы используют один из золь по указанию преподавателя.

Подготовка прибора к работе. Опустив зажимы, снимают и промывают стеклянные части прибора дистиллированной водой.

Готовят контактную жидкость, для этого наливают в колбу 100 см³ дистиллированной воды, добавляют 10 капель 0.1 М раствора KCl , содержимое тщательно перемешивают. Заливают боковую жидкость до половины колен трехколенной ячейки 1 (рис. 4.1) и устанавливают ячейку вертикально на основании штатива. Вставляют электроды 4 в крайние колена ячейки 1.

Вспомогательный сосуд 2 и пипетку 3 заполняют исследуемым золь без пузырей и устанавливают его с закрытым зажимом 5 на штативе так, чтобы носик пипетки не доходил до дна сосуда 3-5 мм. Осторожно открывая зажим 5, вводят золь в ячейку так, чтобы подъем жидкости в коленах происходил без перемешивания. Когда электроды 4 окажутся погруженными в жидкость на 5-7 мм, зажим закрывают. В крайних коленах при этом должна быть четкая граница между золь и боковой жидкостью. После этого включают источник питания и подают на электроды 4 напряжение 250 В.

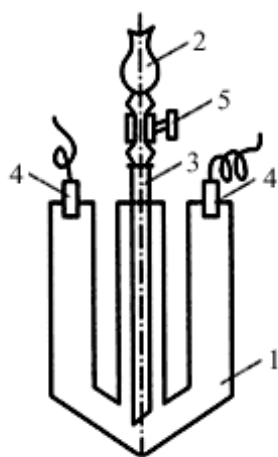


Рис. 4.1. Прибор для наблюдения электрофореза:

- 1 – электрофоретическая ячейка;
2 – вспомогательный сосуд;
3 – пипетка;
4 – электроды;
5 – зажим.

Поддерживая напряжение на электродах на постоянно заданном уровне, через каждые 5 мин в течение получаса записывают положение границы золя в каждом из крайних колен. Данные наблюдений заносят в таблицу 4.1.

Таблица 4.1

Экспериментальные данные электрофоретических измерений

№	t, мин	Положение границы в правом колене, см	Положение границы в левом колене, см
1	5		
2	10		
3	15		
4	20		
5	25		
6	30		

Наблюдают появление пузырьков водорода на одном из электродов. Закончив наблюдения, выключают источник питания и отключают от него электроды.

По данным таблицы строят график в координатах перемещения границы h – время для правого и левого колена. Для расчета величины ζ -потенциала используют линейный участок графика:

$$\zeta = \frac{\Delta h \eta L}{\varepsilon \varepsilon_0 E \tau}, \quad (4.2)$$

где $\eta = 0.001$ Па·с – вязкость воды; Δh – взятое с линейной части графика смещение границы золя за время t , см; $\varepsilon = 80.1$ – диэлектрическая проницаемость воды при 20°C , $\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ ф/м – электрическая постоянная; E – разность потенциалов на электродах, В; L – расстояние между электродами, измеренное вдоль колен и дуги ячейки, см.

После подстановки постоянных величин и переводных множителей уравнение упрощается:

$$\zeta = 2.35 \frac{\Delta h L}{E \tau}. \quad (4.3)$$

В окончательном уравнении Δh и L подставляются в сантиметрах, t – в минутах; $\Delta h/t$ – скорость перемещения границы золя, см/мин.

Рассчитывают ζ -потенциал по данным скорости движения плоскости скольжения в правом и левом колене. По результатам наблюдений и расчетов делают вывод о величине и знаке ζ -потенциала.

Форма отчета. Отчет должен содержать название работы, описание ее цели, краткий конспект теоретической части, краткую методику проведения опыта, схематический рисунок прибора для наблюдения скорости электрофореза, заполненную таблицу, графи-

ки, вычисление ζ -потенциала, выводы.

Контрольные вопросы

1. Перечислите электрокинетические явления и объясните, чем они обусловлены.
2. Что называют электрокинетическим потенциалом? Какие факторы влияют на ζ -потенциал?
3. Что называется электрофорезом?
4. Напишите строение мицелл берлинской лазури, стабилизированных FeCl_3 и $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.
5. Как рассчитать величину электрокинетического потенциала на основе электрофоретических измерений?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 (4 часа)

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ И МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Цель работы. Определение вязкости коллоидных растворов с помощью капиллярного вискозиметра. Изучение влияния на вязкость концентрации растворов, температуры и электролитов.

Краткие теоретические положения. Группу свойств дисперсных систем составляют реологические свойства. Реология – это наука о деформации и течении материалов. К свойствам относят вязкость и текучесть.

Вязкость - внутреннее трение между слоями данной жидкости, движущимися относительно друг друга.

Текучесть - свойство, противоположное вязкости. Величина, обратная величине вязкости, называется текучестью.

Вязкость является результатом межмолекулярного взаимодействия. Чем больше силы молекулярного притяжения, тем больше вязкость.

Для жидкостей характерны два основных типа течения: ламинарное и турбулентное. Ламинарным называют течение жидкости в виде параллельных слоев, не перемешивающихся между собой. Турбулентное течение – это бурное течение, сопровождающееся взаимным перемешиванием слоев жидкости. Рассматриваемые законы вязкости будут относиться только к ламинарному течению. Ламинарное течение слоев жидкости может быть вызвано бесконечно малой силой, но действующей достаточно длительное время.

Если внутри жидкости взять два слоя, то, согласно закону Ньютона, сила внутреннего трения F , равная по значению, но обратная по направлению силе, приложенной извне, пропорциональна площади слоя S , к которому приложена эта сила, и градиенту скорости движения dv/dx между слоями:

$$F = \eta S \frac{dv}{dx}, \quad (1)$$

где η – коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом вязкости (или вязкостью).

$$[\eta] = \text{Н} \cdot \text{с} / \text{м}^2 = \text{кг} / \text{м} \cdot \text{с} = \text{Па} \cdot \text{с}.$$

Приборы для измерения вязкости называются вискозиметрами. Чаще используются капиллярные вискозиметры (рис. 1). Капиллярный вискозиметр представляет собой две сообщающиеся стеклянные трубки 1 и 2, одна из которых имеет капилляр 3. На трубке 3 имеются метки А и В.

На основании экспериментальных данных по измерению скорости вытекания жидкостей из капилляров Пуазейль получил уравнение:

$$V = \frac{\pi r^4 P t}{8 l \eta}, \quad (2)$$

где V – объем жидкости, вытекающей из капилляра; r – радиус капилляра; P – давление, под действием которого жидкость продавливается через капилляр; l – длина капилляра; t – время наблюдения; η – вязкость жидкости.

Отсюда следует:

$$\eta = \frac{\pi r^4 P t}{8 l V}. \quad (3)$$

Для данного вискозиметра величины V , r , l постоянны, поэтому можно принять:

$$K = \frac{\pi r^4 P t}{8 l V}. \quad (4)$$

Отсюда формула (5.3) принимает вид:

$$\eta = K P t. \quad (5)$$

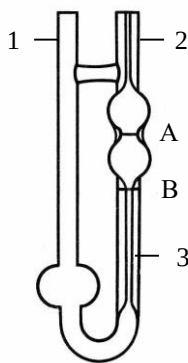


Рис. 1. Капиллярный вискозиметр:

1, 2 – сообщающиеся трубки;
3 – капиллярная трубка;
А, В – метки.

Отношение вязкости исследуемой жидкости к вязкости воды называется относительной вязкостью:

$$\eta_{\text{отн.}} = \frac{\eta}{\eta_0}. \quad (6)$$

Относительная вязкость с учетом уравнения (5) равна:

$$\eta_{\text{отн.}} = \frac{\eta}{\eta_0} = \frac{K P t}{K_0 P_0 t_0} = \frac{P t}{P_0 t_0}, \quad (7)$$

где η_0 , P_0 , t_0 относятся к воде, а η , P , t – к исследуемой жидкости.

При одинаковой высоте столбов жидкостей давление прямо пропорционально плотности этих жидкостей (ρ и ρ_0). Тогда отношение давлений можно заменить отношением плотностей:

$$\frac{\eta}{\eta_0} = \frac{\rho t}{\rho_0 t_0}.$$

Отсюда:

$$\eta = \eta_0 \frac{\rho t}{\rho_0 t_0}.$$

Вязкость воды принимают равной 1 с·Пуаз, тогда:

$$\eta = \frac{\rho t}{\rho_0 t_0}. \quad (8)$$

Определив время истечения для воды и исследуемой жидкости, находят вязкость исследуемой жидкости.

На вязкость растворов оказывают влияние концентрация, природа растворенного вещества и растворителя, заряд частиц, количество и природа добавляемых электролитов и др.

Приборы и реактивы. Вискозиметр; секундомер; 1% и 0.5% раствор желатина; золь гидроксида железа(III); 1 М KI; 1 М K₂SO₄.

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

Для определения вязкости вискозиметр устанавливают вертикально в штативе. В широкое колено трубки 1 наливают жидкость, которую затем засасывают с помощью резиновой груши в трубку 2 выше метки А. Затем жидкости дают свободно вытекать, отмечая по секундомеру время прохождения от метки А до метки В. Повторяют определение несколько раз. При этом сначала находят время истечения воды через капилляр (при определенной температуре), а затем время истечения исследуемой жидкости.

Опыт 1. Измерение вязкости золей гидроксида железа(III) и желатина

При постоянной температуре (18–20°C) определяют относительную вязкость лиофобных и лиофильных золей. Измерения проводят не меньше трех раз. Сравнивают полученные результаты.

Опыт 2. Влияние концентрации раствора на вязкость

Из горячего 1%-ного золя желатина готовятся растворы следующей концентрации:

Состав	№ раствора				
	1	2	3	4	5
1% раствор желатина, мл	1	2.5	5	7.5	10
Дистиллированная вода, мл	9	7.5	5	2.5	0
Концентрация раствора, %	0.1	0.25	0.5	0.75	1

Охлаждают приготовленные растворы до комнатной температуры. Измеряют вязкость полученных растворов. Строят график зависимости вязкости от концентрации.

Опыт 3. Влияние температуры на вязкость

0.5% раствор желатина наливают в вискозиметр, погружают в широкое колено вискозиметра термометр и помещают прибор в стакан со смесью воды и льда. Определяют время истечения раствора при 0°C. Затем помещают вискозиметр в стакан с водой соответствующей температуры, нагревают и проводят измерения при 20, 40 и 60°C. Перед каждым определением раствор просасывают через капилляр 2–3 раза. Строят график зависимости вязкости от температуры.

Опыт 4. Влияние солей на вязкость

В три пробирки наливают по 5 мл 1% раствора желатина. Затем в первую пробирку приливают 5 мл 1 М KI, во вторую – 5 мл 1 М K₂SO₄, в третью – 5 мл дистиллированной воды. Тщательно перемешивают и оставляют приблизительно на 1 час. Затем определяют вязкость. На основании полученных данных делают выводы о влиянии анионов на вязкость золя.

Форма отчета. Отчет должен содержать расчеты вязкости, график в координатах $\eta-\alpha(\%)$ (опыт 2), график в координатах $\eta-T$ (опыт 3), выводы по результатам работы.

Отчет о работе:

Опыт 1. Измерение вязкости золей гидроксида железа(III) и желатина. Полученные результаты занести в таблицу:

Раствор	t ₁ , с	t ₂ , с	t ₃ , с	t _{ср} , с	ρ , г/см ³	η , Па·с
Вода						
Золь гид- роксида						

железа						
Золь желатина						

Расчеты:

Вывод:

Опыт 2. Влияние концентрации раствора на вязкость.

Полученные результаты занести в таблицу:

Раствор	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$	$t_3, \text{с}$	$t_{\text{ср}}, \text{с}$	$\eta, \text{Па}\cdot\text{с}$
Вода					
1					
2					
3					
4					

Расчеты:

График зависимости вязкости от концентрации раствора.



Вывод:

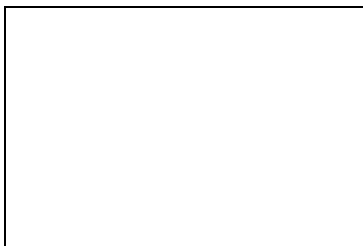
Опыт 3. Влияние температуры на вязкость.

Полученные результаты занести в таблицу:

Раствор	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$	$t_3, \text{с}$	$t_{\text{ср}}, \text{с}$	$\eta, \text{Па}\cdot\text{с}$
Вода					
Золь желатина (20°)					
Золь желатина (40°)					
Золь желатина (60°)					

Расчеты:

График зависимости вязкости от температуры.



Вывод:

Опыт 4. Влияние солей на вязкость.

Полученные результаты занести в таблицу:

Раствор	t_1, c	t_2, c	t_3, c	t_{cp}, c	η
Вода					
1% - ный раствор желатина					
1% - ный раствор желатина + KJ					
1% - ный ра створ же- латина + K ₂ SO ₄					

Расчеты:

Вывод:

Контрольные вопросы

1. Что такое вязкость? Что называют относительной вязкостью?
2. Объясните принцип действия капиллярного вискозиметра. Напишите уравнение Пуазейля для объемной скорости движения жидкости в капилляре.
3. Почему отдельные анионы оказывают влияние на вязкость?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 (4 часа)

РАЗРУШЕНИЕ И УСТОЙЧИВОСТЬ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Коллоидные растворы – термодинамически неустойчивые системы. Причина неустойчивости – большая межфазная поверхность. В результате этого коллоидные системы обладают избытком поверхностной энергии Гиббса. Поэтому в коллоидных растворах самопроизвольно протекают процессы агрегации (слипания), приводящие к уменьшению поверхности и, следовательно, поверхностной энергии Гиббса.

Устойчивость дисперсных систем – это их способность сохранять свое состояние и свойства с течением времени. Устойчивость системы зависит от размеров частиц дисперсной фазы, агрегатного состояния и вязкости дисперсионной среды, присутствия примесей.

Различают два вида устойчивости: кинетическую (седиментационную) и агрегативную устойчивость.

Кинетическая (седиментационная) устойчивость – характеризует способность частиц дисперсной фазы оставаться во взвешенном состоянии. При нарушении кинетической устойчивости происходит отделение дисперсной фазы от дисперсионной среды.

Агрегативная устойчивость – характеризует способность частиц дисперсной фазы

противостоять агрегации (т.е. способность сохранять степень дисперсности).

При нарушении этого вида устойчивости в системе самопроизвольно идут процессы укрупнения частиц путем их слипания или слияния.

Процесс укрупнения (слипания) коллоидных частиц в результате потери их агрегативной устойчивости называется коагуляцией.

Любое внешнее воздействие при достаточной интенсивности вызывает коагуляцию.

Опыт 1. Определение порога коагуляции золя гидроксида железа(III)

Цель работы. Определение порога коагуляции золя гидроксида железа(III); изучение зависимости величины порога коагуляции от заряда коагулирующего иона.

Краткие теоретические положения. Одним из наиболее важных способов изменения агрегативной устойчивости дисперсных систем, особенно золь, является введение электролитов.

Электролиты могут изменить структуру двойного электрического слоя, уменьшить или увеличить ζ -потенциал и следовательно, увеличить или уменьшить электростатическое отталкивание.

Лиофобные золи очень чувствительны к электролитам. Ничтожные добавки солей ведут к выпадению дисперсной фазы этих золь в осадок. Все электролиты, добавленные в определенных количествах, способны вызвать коагуляцию, в том числе и электролиты-стабилизаторы.

Минимальная концентрация электролита, при которой данный электролит вызывает коагуляцию, называют порогом коагуляции (C_K) (ммоль/л). Порог коагуляции вычисляют по формуле:

$$C_K = \frac{V_{эл.} \cdot C_{эл.} \cdot 1000}{V_{золя}}, \quad (9)$$

где $C_{эл.}$ – концентрация электролита, моль/л; $V_{эл.}$ – объем раствора электролита, мл; $V_{золя}$ – объем золя, мл.

Величина, обратная порогу коагуляции, называется коагулирующей способностью:

$$V_K = \frac{1}{C_K}.$$

Коагуляция золь электролитами подчиняется правилу Шульце-Гарди (или правило значности): коагулирующим действием обладает тот ион электролита, который имеет заряд, противоположный заряду гранулы; коагулирующее действие тем сильнее, чем выше заряд иона-коагулятора.

По коагулирующему действию ионы в зависимости от заряда располагаются в последовательности $4 > 3 > 2 > 1$.

Приборы и реактивы. Пробирки – 12 шт.; 5 М раствор KCl; 0.01 М раствор K_2SO_4 ; 0.001 М раствор $K_3[Fe(CN)_6]$; золь гидроксида железа(III) $Fe(OH)_3$.

Порядок выполнения работы. Коллоидные частицы золя гидроксида железа(III) $Fe(OH)_3$ заряжены положительно:



поэтому коагулирующим действием обладают анионы электролита-коагулятора.

Двенадцать чистых пробирок размещают в штативе в три ряда. Во все пробирки наливают по 5 мл золя гидроксида железа (III). Затем в первый ряд приливают указанные в таблице 1 объемы дистиллированной воды и 5 М раствора KCl (электролит добавляют в последнюю очередь). Повторяют аналогично для второго и третьего рядов с добавлением соответствующих электролитов: 0.01 М раствора K_2SO_4 и 0.001 М раствора $K_3[Fe(CN)_6]$. Содержимое пробирок хорошо перемешивают и через 1 ч отмечают в каких пробирках наблюдается явная коагуляция (помутнение, изменение цвета) и седиментация.

Порог коагуляции рассчитывают по пробирке, содержащей минимальное количество

электролита, где наблюдается коагуляция.

Таблица 1

Исходные данные эксперимента

	№ пробирки			
	1	2	3	4
Золь гидроксида железа(III), мл	5	5	5	5
Дистиллированная вода, мл	4.5	4	3	1
Раствор электролита, мл	0.5	1	2	4

В случае если во всех пробирках произойдет коагуляция, то повторяют опыт с менее концентрированными растворами электролитов (в 2-5 раз). Вычисляют порог коагуляции для каждого электролита.

Отметить, в каких пробирках наблюдается явная коагуляция (помутнение, изменение цвета) и седиментация. Данные занести в таблицу отчета.

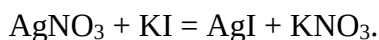
Опыт 2. Взаимная коагуляция зольей иодида серебра

Цель работы. Наблюдение взаимной коагуляции смеси двух зольей.

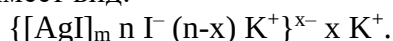
Краткие теоретические положения. Взаимная коагуляция зольей наблюдается при смешивании зольей с разноименно заряженными частицами. При перекрывании ДЭС коллоидных частиц, имеющих разные знаки, происходит электростатическое притяжение и быстрая агрегация частиц. Наиболее полно взаимная коагуляция двух зольей с противоположно заряженными частицами происходит в том случае, если суммарный заряд частиц одного золья нейтрализует суммарный заряд другого. При других соотношениях образуются новые мицеллы, частицы которых будут иметь тот заряд, который окажется в избытке.

Приборы и реактивы. Пробирки – 11 шт.; мерные пипетки на 5 мл – 3 шт.; золи иодида серебра; фильтровальная бумага.

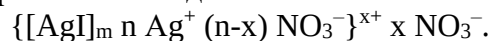
Порядок выполнения работы. Золь иодида серебра получают в результате химической реакции:



1. Получение золь иодида серебра с отрицательно заряженными коллоидными частицами. В стакан наливают 20 мл 0.05 М KI и затем медленно при интенсивном перемешивании приливают по 16 мл 0.05 М AgNO₃. Получают золь иодида серебра, стабилизированный KI, мицелла которого имеет вид:



2. Получение золь иодида серебра с положительно заряженными коллоидными частицами. В стакан наливают 20 мл 0.05 М AgNO₃ и затем медленно при интенсивном перемешивании приливают 16 мл 0.05 М KI. Получают золь иодида серебра, стабилизированный AgNO₃, мицелла которого имеет вид:



Приготавливают одиннадцать сухих пробирок и наливают в каждую из них отрицательно заряженный коллоидный раствор золь иодида серебра в соответствии с таблицей 2. Затем добавляют во все пробирки коллоидный раствор иодида серебра, частицы которого заряжены положительно, в таком количестве, чтобы общий объем жидкости в каждой пробирке равнялся 5 мл. После добавления противоположно заряженного золь содержимое пробирки необходимо встряхнуть.

Таблица 2

Взаимная коагуляция зольей

	№ пробирки										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Золь с отрицательно	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5

заряженными частицами, мл											
Золь с положительно заряженными частицами, мл	5	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0

Таким образом, первая и одиннадцатая пробирки представляют собой контрольные, а в остальных наблюдают процесс коагуляции.

Результаты наблюдений записывают в таблицу.

Форма отчета. Отчет должен содержать расчеты порога коагуляции, таблицы с результатами эксперимента, выводы.

Отчет о работе

Опыт 1. Определение порога коагуляции золя гидроксида железа(III).

Электролит	Коагулирующий ион	№ пробирки				Порог коагуляции, ммоль/л
		1	2	3	4	
KCl						
K ₂ SO ₄						
K ₃ [Fe(CN) ₆]						

Вывод:

Опыт 2. Взаимная коагуляция зольей иодида серебра.

	№ пробирки										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Заряд частиц после смешивания											

Вывод:

Контрольные вопросы

1. Что понимают под агрегативной и седиментационной устойчивостью?
2. Какое явление называется коагуляцией? Назовите причины коагуляции.
3. Какие стадии можно выделить при коагуляции?
3. Что называется порогом коагуляции?
4. Какие ионы – положительные или отрицательные обладают коагулирующим действием по отношению к золю: а) с отрицательно заряженными частицами; б) с положительно заряженными частицами?
5. Каковы причины взаимной коагуляции зольей?
6. В чем сущность защитного действия высокомолекулярных веществ при коагуляции лиофобных зольей?
7. Какое явление называется сенсibilизацией? В чем причина этого явления?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7 (4 часа)

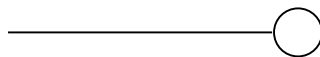
РАСТВОРЫ КОЛЛОИДНЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Цель работы. Изучение кондуктометрического метода определения критической концентрации мицеллообразования (ККМ). Определение критической концентрации мицеллообразования ионогенного коллоидного ПАВ.

Краткие теоретические положения. Вещества, способные снижать поверхностное натяжение растворов, называют поверхностно-активными веществами (ПАВ). По отно-

шению к водным растворам поверхностно-активными являются спирты, жирные кислоты и их соли, амины и другие вещества, имеющие дифильное строение, т. е. полярную часть (функциональную группу) и неполярную часть (углеводородный радикал). Полярная группа является гидрофильной (лиофильной), неполярная часть – гидрофобной (лиофобной).

Молекулы ПАВ изображают так:



неполярная часть полярная группа
(«хвост»)(«голова»).

Особый интерес представляют коллоидные ПАВ. Именно они в первую очередь понимаются под термином ПАВ.

Коллоидные ПАВ – это вещества, которые снижают поверхностное натяжение на границе раздела фаз, а также при определенных концентрациях способны к самопроизвольному мицеллообразованию, т. е. образованию новой фазы.

Мицеллы коллоидных ПАВ формируют дисперсную фазу, при этом образуется граница раздела фаз между мицеллами и дисперсионной средой.

Такие растворы характеризуются свойствами коллоидных растворов – дисперсностью и гетерогенностью – и называются лиофильными коллоидными растворами.

При малых концентрациях коллоидные ПАВ образуют истинный раствор, при этом часть молекул ПАВ адсорбируется на границе раздела фаз. При увеличении концентрации раствора в нем самопроизвольно происходит образование сферических мицелл – мицелл Гартли, при этом раствор становится гетерогенным. Мицелла Гартли – это ассоциат дифильных молекул, лиофильные группы которых обращены к растворителю, а лиофобные группы соединяются друг с другом, образуя ядро (рис. 7.1).

Концентрация ПАВ в растворе, при которой истинный раствор ПАВ переходит в коллоидный, называется критической концентрацией мицеллообразования (ККМ).

ККМ – важнейшая отличительная особенность коллоидных ПАВ. Величина ККМ лежит обычно в пределах 10^{-3} - 10^{-6} моль/л.

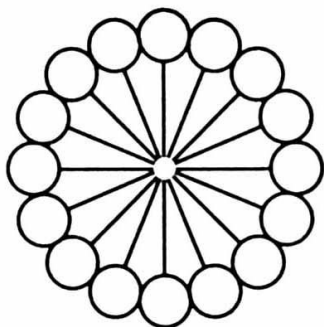


Рис. 7.1. Мицелла Гартли.

При концентрации выше ККМ в растворе увеличивается число мицелл и изменяется их форма. Сферические мицеллы стремятся принять пластинчатую, цилиндрическую, дискообразную и палочкообразную формы.

Факторы, влияющие на величину ККМ:

- строение и длина углеводородного радикала ПАВ;
- характер полярной группы ПАВ;
- наличие в растворе электролитов;
- температура.

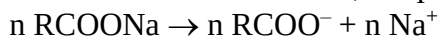
Методы определения критической концентрации мицеллообразования основаны на регистрации резкого изменения физико-химических свойств растворов ПАВ при переходе от истинного раствора к коллоидному.

Для определения ККМ используются следующие методы:

- 1) кондуктометрический метод;

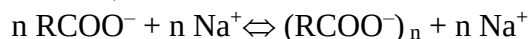
- 2) метод, основанный на измерении поверхностного натяжения растворов ПАВ;
- 3) спектрофотометрический метод;
- 4) метод фотонейтриметрии и др.

Кондуктометрическое определение ККМ основано на измерении концентрационной зависимости электрической проводимости растворов ионогенных коллоидных ПАВ. При концентрациях раствора ПАВ ниже ККМ зависимости удельной и молярной электрических проводимостей соответствуют аналогичным зависимостям для растворов средних по силе электролитов, так как происходит их диссоциация, например



(гидролизом соли пренебрегают).

Образование сферических мицелл



приводит к уменьшению их подвижностей по сравнению с подвижностями отдельных ионов. Кроме того, значительная часть противоионов находится в плотном слое коллоидной частицы мицеллы и, значит, не участвует в переносе электричества, что замедляет рост проводимости раствора.

Зависимость удельной электрической проводимости χ от концентрации коллоидного ПАВ представлена на рис. 7.2. Точка перегиба, при которой наблюдается замедление роста удельной проводимости, соответствует ККМ.

Так как молярная электрическая проводимость зависит от подвижностей ионов, находящихся в растворе, то по мере образования мицелл и увеличения их размеров молярная электрическая проводимость раствора уменьшается. Это падение продолжается до тех пор, пока не установится постоянная величина подвижностей ионов, т. е. пока раствор не перейдет в мицеллярное состояние.

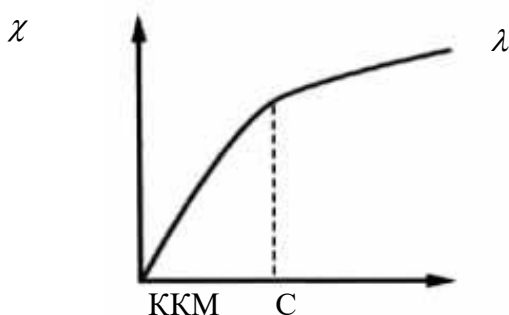


Рис. 7.2. Зависимость удельной электрической проводимости от концентрации коллоидного ПАВ.

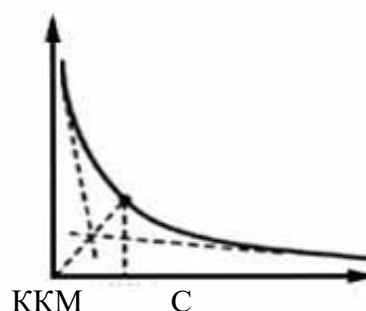


Рис. 7.3. Зависимость молярной электрической проводимости от концентрации коллоидного ПАВ.

Точка перегиба на кривой зависимости молярной электрической проводимости от концентрации раствора коллоидного ПАВ соответствует величине ККМ (рис. 7.3).

Приборы и реактивы. Кондуктометр; кондуктометрическая ячейка с платиновыми электродами; стакан на 50 мл; пипетки на 20 мл; раствор ионогенного коллоидного ПАВ (например, 0.02 моль/л раствор стеарата натрия); 0.02 моль/л KCl.

Порядок выполнения работы. Предварительно определяют константу кондуктометрической ячейки, используя раствор KCl концентрации 0.02 моль/л и 0.01 моль/л, полученный разбавлением исходного раствора. В ячейку наливают столько раствора, чтобы электроды были полностью погружены в него. Константу ячейки вычисляют по формуле:

$$K = \frac{\chi}{L}, (7.1)$$

где χ – значения удельной электрической проводимости раствора KCl, соответствующей концентрации при температуре эксперимента (см. Приложение), $\text{См} \cdot \text{см}^{-1}$; L – электрическая проводимость раствора KCl соответствующей концентрации, измеренная на кондуктометре, См .

После измерения проводимости раствора KCl ячейку тщательно промывают дистиллированной водой.

20 мл исходного раствора ионогенного коллоидного ПАВ выливают в кондуктометрическую ячейку и измеряют проводимость. Затем готовят следующий раствор путем разбавления вдвое предыдущего раствора. Для этого отбирают мерной пипеткой 10 мл исходного раствора коллоидного ПАВ и добавляют 10 мл дистиллированной водой. Приготовленный раствор тщательно перемешивают и измеряют проводимость. Таким же образом готовят остальные растворы (всего 8) и измеряют их электрические проводимости. Все растворы готовят непосредственно перед измерением для того, чтобы предотвратить процесс гидролиза коллоидного ПАВ.

Удельную электрическую проводимость вычисляют по формуле

$$\chi = K_{cp} \cdot L, (7.2)$$

где K_{cp} – среднее арифметическое значение констант, полученных для растворов KCl концентраций 0.01 и 0.02 моль/л; L – электрическая проводимость коллоидных ПАВ, измеренная на кондуктометре, См .

Молярную электрическую проводимость вычисляют по формуле:

$$\lambda = \frac{\chi \cdot 1000}{C}, (7.3)$$

где C – концентрация раствора коллоидного ПАВ, моль/л.

Результаты вычислений записывают в таблицу 7.1.

Затем строят графики зависимости удельной и молярной электрической проводимости от концентрации $\chi = f(C_{\text{ПАВ}})$ и $\lambda = f(C_{\text{ПАВ}})$. Из графиков определяют критическую концентрацию мицеллообразования исследуемого коллоидного ПАВ.

Таблица 7.1

Результаты кондуктометрических измерений
и вычислений

$C_{\text{ПАВ}}$, моль/л	L , См	χ , $\text{См} \cdot \text{см}^{-1}$	λ , $\text{См} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$

Форма отчета. Отчет должен содержать название и цель работы, краткие теоретические положения, описание хода работы, таблицу экспериментальных данных, графики на миллиметровой бумаге, вывод.

Контрольные вопросы

1. Что называется критической концентрацией мицеллообразования (ККМ)?
2. От каких факторов зависит величина ККМ?
3. В чем состоит сущность кондуктометрического метода определения ККМ?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8 (4 часа)

ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ВЕЩЕСТВА И ИХ РАСТВОРЫ.

Цель работы. Изучение зависимости вязкости раствора от концентрации полимера. Определение молекулярной массы полимера.

Краткие теоретические положения. Важной количественной характеристикой высокомолекулярных соединений (ВМС) является молекулярная масса полимера.

Все методы определения молекулярных масс полимеров могут быть разделены на четыре группы:

1. Химические методы (основаны на определении количества реакционных групп

макромолекул).

2. Термодинамические методы (осмометрия, криоскопия, эбулиоскопия).
3. Оптический метод (метод светорассеяния).
4. Молекулярно-кинетические методы (вискозиметрия, диффузионный метод, ультрацентрифугирование).

Наиболее простым, хотя и менее точным, является вискозиметрический метод, основанный на измерении зависимости вязкости от концентрации раствора.

Вязкость растворов, содержащих макромолекулы, обычно выше вязкости растворов низкомолекулярных веществ и коллоидных растворов тех же концентраций. Вязкость растворов высокомолекулярных веществ сравнивают с вязкостью растворителя. Для растворов ВМС различают относительную, удельную, приведенную и характеристическую вязкость.

Относительная вязкость ($\eta_{\text{отн.}}$) – это отношение вязкости раствора η к вязкости растворителя η_0 :

$$\eta_{\text{отн.}} = \frac{\eta}{\eta_0}. \quad (8.1)$$

Из уравнения Пуазейля следует:

$$\eta = \frac{\pi r^4 P t}{8 l V} = K P t, \text{ где } K = \frac{\pi r^4}{8 l V}.$$

Давление прямо пропорционально плотности жидкости, следовательно

$$\eta = K \rho t.$$

Так как плотность разбавленного раствора и плотность растворителя практически одинаковы, то

$$\eta = K t.$$

Тогда для относительной вязкости получают

$$\eta_{\text{отн.}} = \frac{\eta}{\eta_0} = \frac{t}{t_0}, \quad (8.2)$$

где t и t_0 – время истечения раствора и растворителя.

Удельная вязкость ($\eta_{\text{уд.}}$) – относительное изменение вязкости растворителя при введении в него полимера

$$\eta_{\text{уд.}} = \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} = \frac{\eta}{\eta_0} - 1 = \eta_{\text{отн.}} - 1. \quad (8.3)$$

Приведенная вязкость ($\eta_{\text{прив.}}$) – это отношение удельной вязкости к единице концентрации раствора

$$\eta_{\text{прив.}} = \frac{\eta_{\text{уд.}}}{C}. \quad (8.4)$$

Характеристическая вязкость $[\eta]$ – представляет собой приведенную вязкость при бесконечно большом разбавлении раствора

$$[\eta] = \lim_{C \rightarrow 0} \frac{\eta_{\text{уд.}}}{C}.$$

Для разбавленных растворов полимеров характеристическая вязкость может быть определена графическим методом (рис.8.1). По оси ординат откладывают значения приведенной вязкости, определенные экспериментально для разбавленных растворов полимера различной концентрации, а по оси абсцисс – соответствующие концентрации. Отрезок, отсекаемый полученной прямой на оси ординат, соответствует характеристической вязкости.

Характеристическая вязкость связана с молекулярной массой полимера уравнением Марка-Хаувинка

$$[\eta] = K M^{\alpha}, \quad (8.5)$$

где K и α – константы, зависящие от природы растворителя и полимера (значения констант для некоторых полимеров приведены в таблице 8.1).

Для расчета молекулярной массы уравнение (8.4) записывают в логарифмической форме:

$$\lg [\eta] = \lg K + \alpha \lg M.$$

Отсюда

$$\lg M = \frac{\lg [\eta] - \lg K}{\alpha}$$

или

$$\lg M = \frac{\lg ([\eta]/K)}{\alpha}. \quad (8.6)$$

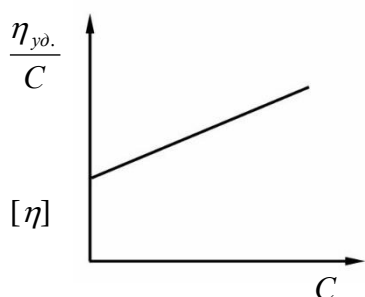


Рис. 8.1. График для определения характеристической вязкости.

Таблица 8.1

Константы K и α в уравнении Марка-Хаувинка

Полимер	Растворитель	Температура, °C	$K \cdot 10^{-4}$	α
крахмал	вода	25	1.32	0.68
полистирол	бензол	25	4.17	0.6
	толуол	25	1.18	0.72
поливиниловый спирт	вода	25	5.95	0.63
поливинилацетат	ацетон	25	1.88	0.69

Взяв антилогарифм, рассчитывают значение молекулярной массы полимера.

Приборы и реактивы. Вискозиметр; секундомер; химический стакан, мерная колба на 100 мл; электрическая плитка; 1% раствор крахмала; дистиллированная вода.

Порядок выполнения работы. Получают 1%-ный раствор крахмала. Для этого 1 г крахмала тщательно смешивают с 10 мл дистиллированной воды, прибавляют еще 90 мл дистиллированной воды и при постоянном перемешивании доводят до кипения. Полученный раствор крахмала охлаждают до комнатной температуры.

Затем из исходного раствора разбавлением готовят растворы различных концентраций (табл. 8.2).

Определение вязкости проводят с помощью капиллярного вискозиметра (см. лабораторную работу № 5, рис. 5.1).

При определении молекулярного веса полимера вискозиметрическим методом измеряют время истечения растворителя и растворов через вискозиметр, рассчитывают

Таблица 8.2

Исходные данные, результаты измерений и расчетов

№	Объем исходного раствора полимера, мл	Объем воды, мл	Концентрация раствора, %	Время, сек			$t_{\text{ср.}}, \text{сек}$	$\eta_{\text{отн.}}$	$\eta_{\text{уд.}}$	$\eta_{\text{уд.}}/C$
				1	2	3				
1	0	20	—							

2	5	15	0.25							
3	10	10	0.5							
4	15	5	0.75							
5	20	0	1.0							

$\eta_{отн.}$, $\eta_{уд.}$ и $\eta_{прив.}$ для растворов различной концентрации. Строят график зависимости $\eta_{прив.}$ от концентрации. Определяют по графику $[\eta]$ и, используя уравнение (8.6), рассчитывают молекулярную массу высокомолекулярного вещества (значения K и α находят в таблице 8.1).

Исходные данные и результаты вносят в таблицу 8.2.

Форма отчета. Отчет должен содержать название и цель работы, краткие теоретические положения, описание хода работы, таблицу экспериментальных данных, график $\eta_{прив.} = f(C)$, расчет молекулярной массы полимера, вывод.

Контрольные вопросы

1. Какие соединения называются высокомолекулярными?
2. В чем заключается метод вискозиметрии?
3. Что такое относительная, удельная, приведенная и характеристическая вязкость?
4. Какое уравнение связывает характеристическую вязкость и молекулярную массу полимеров?

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАБУХАНИЯ ЖЕЛАТИНА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Цель работы. Изучение влияния pH растворов и природы растворенных веществ на набухание желатина.

Краткие теоретические положения. Большинство коллоидных растворов ВМС (агар-агар, желатин), а также некоторые коллоидные растворы (золи гидроксида железа(III), кремниевой кислоты) способны при определенных условиях целиком переходить в особое твердое состояние без видимого разделения на фазы. При этом образуются гели (студни).

Гели (студни) – дисперсные системы с жидкой дисперсионной средой, в которых частицы дисперсной фазы образуют пространственную структурную сетку. Представляют собой твердообразные («студенистые») тела, способные сохранять форму, обладающие упругостью (эластичностью) и пластичностью.

Гели образуются из лиофобных коллоидных растворов. Студни получают из растворов ВМС или в результате ограниченного набухания ВМС.

Способы получения студней могут быть разделены на 2 группы:

1. Желатинирование растворов.
2. Набухание сухих веществ в жидких средах.

Желатинирование (застуденевание) – это процесс перехода золя или раствора полимера в студень. Желатинирование является своеобразной коагуляцией, при которой дисперсионная среда выпадает в осадок одновременно с дисперсной фазой.

Желатинирование происходит при сильном связывании частиц золя с дисперсионной средой. Отдельные удлиненные мицеллы, сталкиваясь между собой, соединяются лиофобными участками. В результате образуется рыхлая сетка (каркас), которая охватывает весь объем раствора, что приводит к утрате подвижности системы (рис. 9.1). Связи между частицами дисперсной фазы могут также образовываться за счет взаимодействия полярных и ионогенных групп макромолекул.

Соединение частиц дисперсной фазы в сетку может быть непрочным, поэтому при встряхивании происходит разрушение структуры студня и получается раствор, который при стоянии может опять застыть. Это явление называется тиксотропией.

Набухание – процесс одностороннего поглощения или адсорбции низкомолекулярных жидкостей (или их паров) полимером, сопровождающийся увеличением его массы, объема и изменением структуры.

Различают неограниченное и ограниченное набухание.

Неограниченное – набухание полимера, самопроизвольно переходящее в растворение (равномерное распределение молекул ВМС по всему объему растворителя).

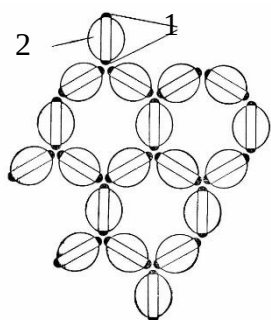


Рис. 9.1. Схема структуры студня:

1 – лиофобные участки;
2 – сольватная оболочка.

Растворение – самопроизвольный процесс образования термодинамически устойчивой и гомогенной (однофазной) системы.

Ограниченное – набухание, не сопровождающееся растворением. Наблюдается при невысоком термодинамическом сродстве полимера и растворителя, а также характерно для полимеров, макромолекулы которых соединены прочными поперечными связями в пространственную сетку.

Количественной мерой набухания является степень набухания α , которая характеризует увеличение массы или объема полимера в результате его набухания.

Массовое набухание:

$$\alpha = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100\%,$$

объемное набухание:

$$\alpha = \frac{V - V_0}{V_0} \cdot 100\%,$$

где m_0, V_0 – начальная масса и объем полимера; m, V – масса и объем набухшего полимера.

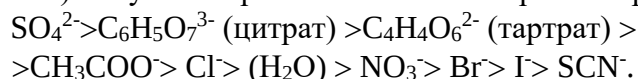
Анализ изменения степени набухания в различных условиях позволяет судить о структуре полимера и его свойствах.

Факторы, влияющие на степень набухания:

1. Природа полимера и растворителя – полярные полимеры набухают в полярных жидкостях (белок в воде), неполярные – в неполярных (каучук в бензоле).

2. Жесткость полимерных цепей. У жестких полимеров со сшитой структурой степень набухания мала. Например, эбонит (сильно вулканизированная резина) практически не набухает в бензоле ($\alpha \approx 0$), тогда как каучуки (сшитая структура) в бензоле набухают неограниченно.

3. Присутствие электролитов. По способности влиять на процесс набухания анионы (при одном и том же катионе) могут быть расположены в лиотропный ряд:



При этом ионы левее H_2O увеличивают степень набухания, а правее – замедляют или прекращают набухание (например, SCN^-).

4. pH среды. Минимальное набухание студни обнаруживают в изоэлектрической точке (например, для желатина при $\text{pH} = 4.7$). Изоэлектрическая точка – значение pH, при котором частицы находятся в нейтральном состоянии. В изоэлектрическом состоянии макромолекулы не заряжены, степень гидратации полярных групп минимальна и гибкая макромолекула сворачивается в клубок. При повышении pH или понижении pH степень набухания увеличивается (рис. 9.2).

5. Температура. При увеличении температуры набухание из ограниченного может переходить в неограниченное (например, желатин в холодной воде ограниченно набухает,

в горячей – происходит неограниченное набухание).

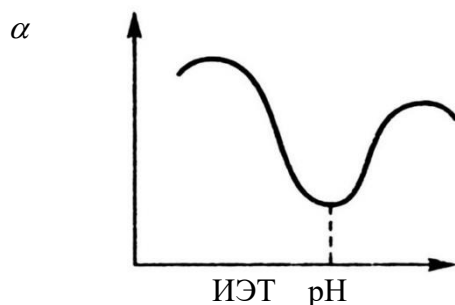


Рис. 9.2. Зависимость степени набухания от величины pH.

Опыт 1. Зависимость степени набухания желатина от pH раствора

Приборы и реактивы. Шесть мерных цилиндров на 10 мл; карандаш для стекла; пипетки на 10 мл; измельченный сухой желатин; 0.1 моль/л CH_3COOH ; 0.1 моль/л CH_3COONa ; дистиллированная вода.

Порядок выполнения работы. В сухие мерные цилиндры насыпают по 1 мл порошка желатина, нумеруют их и вливают компоненты ацетатной буферной смеси в соответствии с таблицей 9.1. Содержимое цилиндров перемешивают встряхиванием и оставляют, изредка перемешивая. Через 1 час измеряют объем набухшего желатина.

Вычисляют степень набухания по формуле (9.2) и строят график зависимости степени набухания от pH растворов. Результаты работы записывают в таблицу 9.1.

Влияние pH на набухание желатина

№	Состав буферной смеси		pH	Объем желатина		Степень набухания, α
	CH_3COOH	CH_3COONa		до набухания	после набухания	
1	9	1				
2	7	3				
3	5	5				
4	3	7				
5	1	9				
6	10 мл дистиллированной воды					

Влияние природы растворителя на степень набухания

Измеряемые величины	Электролиты					
	K_2SO_4	CH_3COOK	KCl	H_2O	KI	KSCN
Объем желатина до набухания						
Объем желатина после набухания						
Степень набухания, %						

Опыт 2. Влияние электролитов на степень набухания желатина

Приборы и реактивы. Шесть мерных цилиндров на 10 мл; карандаш для стекла; пипетки на 10 мл; измельченный сухой желатин; 1 моль/л растворы: K_2SO_4 ; CH_3COOK ; KCl, KI, KSCN; дистиллированная вода.

Порядок выполнения работы. В сухие мерные цилиндры насыпают по 1 мл порошка желатина и нумеруют их. В первую пробирку добавляют 10 мл дистиллированной воды, в остальные – по 10 мл растворов электролитов. Содержимое цилиндров тщательно перемешивают и оставляют, изредка перемешивая. Через 1 час измеряют объем набухше-

го желатина и рассчитывают степень набухания по формуле (9.2). Полученные данные записывают в таблицу 9.2.

Форма отчета. Отчет должен содержать название, цель работы, краткие теоретические положения, порядок выполнения эксперимента, расчеты степени набухания, график $\alpha = f(pH)$, выводы по результатам работы.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение гелям (студням). Какие способы получения гелей (студней) известны?
2. Что называется набуханием, и от каких факторов оно зависит?
3. Какое влияние оказывает pH среды на процесс набухания?
4. Каким образом электролиты влияют на степень набухания?

6 ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ (САМОКОНТРОЛЯ) УСВОЕННОГО МАТЕРИАЛА

6.1 Оценочные средства, показатели и критерии оценивания компетенций

Индекс компетенции	Оценочное средство	Показатели оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций
ПК-2	Отчет по лабораторной работе	Низкий – неудовлетворительно	ставится, если допущены существенные ошибки (в ходе эксперимента, в объяснении, в оформлении работы, по технике безопасности, в работе с веществами и приборами), которые не исправляются даже по указанию преподавателя.
		Пороговый – удовлетворительно	ставится, если допущены одна-две существенные ошибки (в ходе эксперимента, в объяснении, в оформлении работы, по технике безопасности, в работе с веществами и приборами), которые исправляются с помощью преподавателя.
		Базовый – хорошо	а) работа выполнена правильно, без существенных ошибок, сделаны выводы; б) допустимы: неполнота проведения или оформления эксперимента, одна-две незначительные ошибки в проведении или оформлении эксперимента, в правилах работы с веществами и приборами
		Высокий – отлично	а) работа выполнена полно, правильно, без существенных ошибок, сделаны выводы; б) эксперимент осуществлен по плану с учетом техники безопасности и правил работы с веществами и приборами; в) имеются организационные навыки (поддерживается чистота рабочего места и порядок на столе, экономно используются реактивы).
ПК-2	Коллоквиум	Низкий – неудовлетворительно	- незнание программного материала; - при ответе возникают ошибки; - затруднения при выполнении практи-

			ческих работ.
		Пороговый – удовлетворительно	- усвоение основного материала; - при ответе допускаются неточности; - при ответе недостаточно правильные формулировки; - нарушение последовательности в изложении программного материала; - затруднения в выполнении практических заданий.
		Базовый – хорошо	- знание программного материала; - грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос; - правильное применение теоретических знаний; - владение необходимыми навыками при выполнении и практических задач.
		Высокий – отлично	- глубокое и прочное усвоение программного материала; - полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении задания; - свободно справляющиеся с поставленными задачами, знания материала; - правильно обоснованные принятые решения; - владение разносторонними навыками и приемами выполнения практических работ.
	Контрольная работа	Низкий – неудовлетворительно	допустил число ошибок и недочетов превосходящее норму, при которой может быть выставлена оценка «3»
		Пороговый – удовлетворительно	если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил: не более двух грубых ошибок; или не более одной грубой и одной негрубой ошибки и одного недочета; или не более двух-трех негрубых ошибок; или одной негрубой ошибки и трех недочетов; или при отсутствии ошибок, но при наличии четырех-пяти недочетов.
		Базовый – хорошо	студент выполнил работу полностью, но допустил в ней: не более одной негрубой ошибки и одного недочета или не более двух недочетов
		Высокий – отлично	работа выполнена без ошибок, указаны все расчетные формулы, единицы измерения, без ошибок выполнены математические расчеты
	ПК-2	Тест	Низкий – до 60 баллов (неудовлетворительно)
			Пороговый – 61-
			за верно выполненное задание тестируемый получает максимальное количество баллов, предусмотренное для этого задания, за неверно выполненное – ноль

		75 баллов (удовлетвори- тельно)	баллов. После прохождения теста суммируются результаты выполнения всех заданий.
		Базовый – 76-84 баллов (хорошо)	Подсчитывается процент правильно выполненных заданий теста, после чего этот процент переводится в оценку, руководствуясь указанными критериями оценивания.
		Высокий – 85-100 баллов (отлично)	
	Реферат	Низкий – неудов- летворительно	тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы.
		Пороговый – удовлетворитель- но	имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод.
		Базовый – хорошо	основные требования к реферату и его защите выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите даны неполные ответы.
		Высокий – отлич- но	выполнены все требования к написанию и защите реферата: обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы.
	Учебные зада- чи	Низкий – неудовлетвори- тельно	допустил число ошибок и недочетов превосходящее норму, при которой может быть выставлена оценка «3»
		Пороговый – удовлетворитель- но	студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил: не более двух грубых ошибок; или не более одной грубой и одной негрубой ошибки и одного недочета; или не более двух-трех негрубых ошибок; или одной негрубой ошибки и трех недочетов; или при отсутствии ошибок, но при наличии четырех-пяти недочетов.
		Базовый – хорошо	студент выполнил работу полностью, но

			допустил в ней: не более одной негрубой ошибки и одного недочета или не более двух недочетов
		Высокий – отлично	работа выполнена без ошибок, указаны все расчетные формулы, единицы измерения, без ошибок выполнены математические расчеты

6.2 Промежуточная аттестация студентов по дисциплине

Промежуточная аттестация является проверкой всех знаний, навыков и умений студентов, приобретённых в процессе изучения дисциплины. Формой промежуточной аттестации по дисциплине является зачет.

Для оценивания результатов освоения дисциплины применяется следующие критерии оценивания.

Критерии оценивания устного ответа на зачете

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если:

- 1) вопросы раскрыты, изложены логично, без существенных ошибок;
- 2) показано умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами;
- 3) продемонстрировано усвоение ранее изученных вопросов, сформированность компетенций, устойчивость используемых умений и навыков.

Допускаются незначительные ошибки.

Оценка «не зачтено» выставляется, если:

- 1) не раскрыто основное содержание учебного материала;
- 2) обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала;
- 3) допущены ошибки в определении понятий, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов;
- 4) не сформированы компетенции, умения и навыки.

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины

КОМПЛЕКТ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

ВАРИАНТ № 1

1. Рассчитать время оседания в воде частиц песка размерами $r_1 = 10^{-6}$ м, $r_2 = 10^{-8}$ м с высоты 0.2 м, если вязкость дисперсионной среды $1 \cdot 10^{-3}$ Па·с, плотность песка $2 \cdot 10^3$ кг/м³, плотность дисперсионной среды $1 \cdot 10^3$ кг/м³. Оценить седиментационную устойчивость дисперсных систем.

2. Пороги коагуляции золя электролитами равны: $C_{NaNO_3} = 250$ ммоль/л; $C_{Mg(NO_3)_2} = 20$ ммоль/л; $C_{Fe(NO_3)_3} = 0.5$ ммоль/л. Какие ионы электролитов являются коагулирующими? Как заряжены частицы золя?

3. Золь иодида серебра получен при постепенном добавлении к 20 см³ 0.01 н. раствора KI 15 см³ 0.2 % раствора нитрата серебра. Написать формулу мицеллы образовавшегося золя и определить направление частиц его в электрическом поле. Плотность раствора принять равной 1.

ВАРИАНТ № 2

1. Какой объем 0,005 н AgNO₃ надо прибавить к 20 см³ 0.015 н KI, чтобы получить положительный золь иодида серебра. Написать формулу мицеллы.

2. Пороги коагуляции электролитов (ммоль/л) для золя AgI $C_{KCl} = 256.0$; $C_{Ba(NO_3)_2} = 6.0$; $C_{Al(NO_3)_3} = 0.067$; $C_{KNO_3} = 260.0$; $C_{Cr(NO_3)_2} = 7.0$. Определить знак заряда частиц золя и вычислить коагулирующую способность каждого электролита.

3. Сравнить интенсивность броуновского движения частицы радиусом $2.4 \cdot 10^{-8}$ м при температуре 280 К и частицы радиусом $1.4 \cdot 10^{-5}$ м при 288 К, за интервал времени в 2.5 с, учитывая, что

вязкость среды равна $1.1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$.

ВАРИАНТ № 3

1. Порог коагуляции 0.02 М раствора дихромата калия по отношению к золю оксида алюминия равен 1.26 моль/м^3 . Определите объем раствора электролита, необходимый для коагуляции этого золя объемом 10 мл .

2. Какой радиус должна иметь частица, если время ее оседания с высоты 0.35 м в среде с плотностью 1000 кг/м^3 и вязкостью $1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ составляет $2 \text{ часа } 10 \text{ мин}$. Плотность частицы равна 3.56 г/см^3 .

3. Написать формулу мицеллы золя золота, стабилизированного KAuO_2 . У какого из электролитов: NaCl , BaCl_2 , FeCl_3 порог коагуляции будет иметь наименьшую величину?

ВАРИАНТ № 4

1. Золь сульфата бария получен смешиванием равных объемов растворов нитрата бария и серной кислоты. Одинаковы ли были исходные концентрации электролитов, если в электрическом поле гранулы перемещались к аноду? Написать формулу мицеллы золя.

2. Чтобы вызвать коагуляцию золя гидроксида железа(III) объемом 10 мл , в каждом случае потребовалось прилить 2 М раствор NaCl объемом 7.6 мл , 0.01 н раствор Na_2SO_4 объемом 11 мл и 0.001 н раствор $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ объемом 0.5 мл . Определите знак заряда золя и вычислите порог коагуляции каждого электролита.

3. Имеются 2 системы, в одной из которых в среде с вязкостью $1.6 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ распределены частицы глины радиусом $2.6 \cdot 10^{-8} \text{ м}$ и поддерживается температура 290 К , а в другой – частицы радиусом $1.8 \cdot 10^{-8} \text{ м}$ распределены в среде с вязкостью $1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ и поддерживается температура 295 К . Рассчитайте, в какой из систем масса вещества, продиффундировавшего через единицу площади за 25 с будет больше, если градиент концентрации в первом случае равен 0.4 кг/м^3 а во втором – 0.5 кг/м^3 .

ВАРИАНТ № 5

1. Свежеосажденный осадок гидроксида алюминия обработали небольшим количеством соляной кислоты, недостаточной для полного растворения осадка. При этом образовался $\text{Al}(\text{OH})_3$. Написать формулу мицеллы золя гидроксида алюминия, учитывая, что в электрическом поле частицы золя перемещаются к катоду.

2. В три колбы налито по 50 см^3 золя $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Чтобы вызвать коагуляцию золя, потребовалось добавить в первую колбу 5.3 см^3 1 н KCl , в другую – 31.5 см^3 0.01 н Na_2SO_4 , в третью – 18.7 см^3 0.001 н Na_3PO_4 . Вычислить пороги коагуляции электролитов и определить знак заряда золя.

3. Определить радиус частиц золя иодида серебра, используя следующие данные: коэффициент диффузии равен $1.2 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$, вязкость среды – $1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$, температура – 298 К .

ВАРИАНТ № 6

1. Золь бромида серебра получен смешиванием 25 см^3 0.008 н KBr и 18 см^3 0.0096 н AgNO_3 . Определить знак заряда частиц и составить формулу мицеллы золя.

2. Рассчитайте число частиц гидрозоль золота при коагуляции электролитом к моменту времени $t = 150 \text{ с}$, если первоначальное число частиц в 1 м^3 составляет $1.93 \cdot 10^{14}$, а константа скорости быстрой коагуляции равна $0.2 \cdot 10^{-17} \text{ м}^3/\text{с}$.

3. Определить удельную поверхность частиц оксида алюминия в суспензии, содержащей сферические частицы двух типов: с радиусом 0.15 нм (массовая доля 25%) и радиусом 0.12 нм .

ВАРИАНТ № 7

1. Рассчитайте, во сколько раз увеличится коэффициент диффузии частиц золя радиуса $3.6 \cdot 10^{-8} \text{ м}$, если водную среду ($\eta = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$) заменить на среду с вязкостью $0.84 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$, а температуру увеличить с 268 до 295 К .

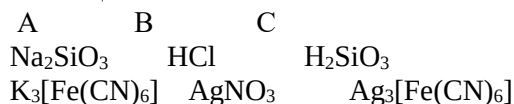
2. Определите удельную поверхность следующих частиц: а) кубических с длиной ребра 1 мкм ; б) сферических с диаметром 1 мкм ; в) цилиндрических с высотой и диаметром основания по 1 мкм .

3. Чтобы вызвать коагуляцию золя сульфида мышьяка(III) объемом 10 мл , потребовалось в каждом случае прилить 2 М раствор хлорида натрия объемом 0.25 мл , 0.01 н раствор хлорида

кальция объемом 1.3 мл и 0.001 н раствор хлорида алюминия объемом 2.76 мл. Какой заряд имеют частицы? Чему равен порог коагуляции каждого электролита?

ВАРИАНТ № 8

1. При добавлении раствора вещества В к избытку раствора вещества А возможно образование гидрозоля вещества С. Напишите формулу мицелл и укажите знак электрического заряда коллоидных частиц этого золя.



2. Рассчитайте коэффициент диффузии коллоидного золота при 20° С в воде, если радиус его частиц равен 10^{-9} м, вязкость равна 0.001 Па·с.

3. Какие объемы 0.029 % (масс. доли) раствора хлорида натрия и 0.001 н раствора AgNO_3 надо смешать, чтобы получить положительно заряженные частицы золя AgCl ? Плотность раствора NaCl принять равной 1.

ВАРИАНТ № 9

1. Золь гексацианоферрата меди(II) был получен при действии на соль меди(II) избытком раствора $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Составить формулу мицеллы золя.

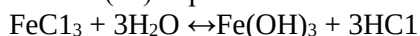
2. Определить удельную поверхность частиц оксида алюминия в суспензии, содержащей цилиндрические частицы двух типов: с радиусом основания $1.5 \cdot 10^{-8}$ м (массовая доля 30 %), с радиусом основания $5 \cdot 10^{-8}$ м (массовая доля 30 %), а также сферические частицы радиуса $1 \cdot 10^{-8}$ м.

3. Для коагуляции золя гидроксида железа(III) объемом 10 мл в каждом случае были добавлены 1 М раствор хлорида калия объемом 1.05 мл, 0.01 н раствор сульфата натрия объемом 6.25 мл, 0.001 н раствор фосфата натрия объемом 3.7 мл. Определите: а) пороги коагуляции, б) заряд частиц золя, в) отношение коагулирующей способности ионов.

ВАРИАНТ № 10

1. Золь хлорида серебра получен смешением равных объемов 0.0095 М KCl и 0.012 н AgNO_3 . Какой из электролитов $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ или MgSO_4 – будет обладать наименьшей коагулирующей способностью? Объяснить.

2. Золь гидроксида железа(III) получен при добавлении к 85 см³ кипящей дистиллированной воды 15 см³ 2% раствора хлорида железа(III). При этом соль частично подвергается гидролизу:



Написать возможные формулы мицелл золя $\text{Fe}(\text{OH})_3$, учитывая, что при образовании частиц гидроксида железа(III) в растворе присутствовали следующие ионы: Fe^{3+} , FeO^+ , H^+ , Cl^- .

3. Средний сдвиг частицы за 15 с при температуре 290 К составил $7 \cdot 10^{-5}$ м. Рассчитайте коэффициент диффузии и радиус данной частицы, если вязкость среды $1 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

ПРИМЕРЫ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ

ТЕСТ «ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ»

1. Расположите двухкомпонентные системы в порядке уменьшения размера частиц дисперсной фазы: а) коллоидный раствор, б) взвесь, в) истинный раствор:

- 1) а, в, б;
- 2) б, а, в;
- 3) в, б, а;
- 4) в, а, б.

2. Золь с жидкой дисперсионной средой представляет собой распределение мельчайших частиц:

- 1) жидкости в твердом веществе;
- 2) твердого вещества в газе;
- 3) твердого вещества в жидкости;
- 4) газа в жидкости.

3. Взвесьями называют:

- 1) грубодисперсные системы;
- 2) тонкодисперсные системы;
- 3) истинные растворы;
- 4) молекулярные растворы.

4. Как называется отношение $\left(\frac{d\sigma}{dC}\right)$?

- 1) поверхностное натяжение;
- 2) поверхностная активность;
- 3) поверхностная концентрация;
- 4) поверхностная энергия Гиббса.

5. Вещество, уменьшающее поверхностное натяжение, называется:

- 1) поверхностно-неактивным веществом;
- 2) поверхностно-инактивным веществом;
- 3) поверхностно-активным веществом;
- 4) высокомолекулярным веществом.

6. Коагуляцией называют:

- 1) рассеяние светового луча частицами коллоидного раствора;
- 2) выделение воды за счет расслаивания геля;
- 3) образование коллоидного раствора из грубодисперсной системы;
- 4) слипание частиц коллоидного раствора и выпадение их в осадок.

7. Уксусная кислота в воде образует раствор:

- 1) молекулярный;
- 2) ионно-молекулярный;
- 3) ионный;
- 4) коллоидный.

8. Примером системы, в которой дисперсионная среда и дисперсная фаза – жидкости, является...

- 1) туман;
- 2) майонез;
- 3) аэрозоль;
- 4) желе.

9. Для золя, полученного по реакции $2\text{H}_3\text{AsO}_3 + 3\text{H}_2\text{S} = \text{As}_2\text{S}_3 + 6\text{H}_2\text{O}$, наилучшим коагулирующим действием будет обладать ион...

- 1) Al^{3+} ;
- 2) Na^+ ;
- 3) Fe^{2+} ;
- 4) Ca^{2+} .

10. Эффектом Тиндаля называется:

- 1) рассеяние луча света частицами коллоидного раствора;
- 2) выделение воды за счет расслаивания геля;
- 3) образование коллоидного раствора из грубодисперсной системы;
- 4) слипание частиц коллоидного раствора и выпадение их в осадок.

11. Мармелад с точки зрения структуры представляет собой:

- 1) гель;
- 2) золь;
- 3) эмульсию;
- 4) пену.

12. Глюкоза в воде образует раствор:

- 1) молекулярный;
- 2) ионно-молекулярный;
- 3) ионный;
- 4) коллоидный.

13. Седиментацией называют:

- 1) рассеяние светового луча частицами коллоидного раствора;
- 2) выделение воды за счет расслаивания геля;
- 3) оседание частиц дисперсной фазы под действием силы тяжести;
- 4) дробление частиц взвеси с образованием коллоидного раствора.

14. Прочтите описание эксперимента.

К 1 г мелконарезанных апельсиновых корочек добавить 3 мл пропилового спирта и настоять смесь в течение 1 ч. Спиртовой раствор желтого цвета декантировать с осадка и добавить небольшими порциями дистиллированную воду до образования опалесцирующего раствора. Описан процесс получения:

- 1) истинного раствора эфирных масел в водно-спиртовой смеси;
- 2) ионно-молекулярного раствора эфирных масел в водно-спиртовой смеси;
- 3) золя эфирных масел в водно-спиртовой смеси;
- 4) коллоидного раствора эфирных масел в водно-спиртовой смеси.

15. Схема строения мицеллы сульфата бария, полученного при взаимодействии хлорида бария с избытком сульфата натрия, имеет вид:

- 1) $\{m[BaSO_4] \cdot n SO_4^{2-} \cdot 2(n-x) Na^+\}^{2x-} \cdot 2xNa^+$;
- 2) $\{m[BaSO_4] \cdot n SO_4^{2-} \cdot (n-x) Ba^{2+}\}^{2x-} \cdot 2xNa^+$;
- 3) $\{m[BaSO_4] \cdot n Cl^- \cdot (n-x) Na^+\}^{x-} \cdot xNa^+$;
- 4) $\{m[BaSO_4] \cdot n Ba^{2+} \cdot (n-x) Cl^-\}^{2x+} \cdot 2xCl^-$;

16. Причина устойчивости коллоидных растворов заключается:

- 1) в соударениях частиц дисперсионной среды с частицами дисперсной фазы, препятствующих осаждению;
- 2) в наличии на частицах дисперсной фазы одноименного электрического заряда, препятствующего их укрупнению (слипанию);
- 3) в чрезвычайно малом размере частиц дисперсной фазы, испытывающих минимальное действие силы тяжести;
- 4) все приведенные ответы верны.

17. Спиртовой раствор канифоли образует с водой:

- 1) коллоидный раствор;
- 2) ионный раствор;
- 3) молекулярный раствор;
- 4) ионно-молекулярный раствор.

18. Коагулирующее действие ионов возрастает с увеличением их заряда. Это положение называется правилом...

- 1) Эйнштейна-Смолуховского;
- 2) Шульце-Гарди;
- 3) Пескова-Фаянса;
- 4) Панета-Фаянса.

19. К дисперсным системам типа аэрозоли относится ...

- 1) дым и туман;
- 2) майонез и пена;
- 3) молоко и сметана;
- 4) гель и золь.

20. Коллоидная частица (гранула) согласно уравнению реакции $K_2SiO_3 + H_2SO_4(\text{изб.}) = H_2SiO_3 + K_2SO_4$, имеет _____ заряд.

- 1) частично отрицательный;
- 2) высокий отрицательный;
- 3) положительный;
- 4) нулевой.

ВОПРОСЫ К КОЛЛОКВИУМУ

I. Классификация дисперсных систем, строение мицелл

1. Основные понятия и характеристики дисперсных систем: дисперсная фаза, дисперсионная среда, степень дисперсности, удельная поверхность, гетерогенность и дисперсность.
2. Классификация дисперсных систем.
3. Строение мицелл. Мицеллярные формулы.
4. Условия получения коллоидных систем. Основы термодинамики дисперсных систем.
5. Термодинамика диспергирования.
6. Энергетика конденсационного образования дисперсных систем.
7. Дисперсионные методы получения дисперсных систем.
8. Конденсационные методы.
9. Методы получения растворов высокомолекулярных веществ.
10. Методы очистки.

УЧЕБНЫЕ ЗАДАЧИ

Тема: Поверхностная активность и поверхностное натяжение

1. Вычислите суммарную площадь поверхности 1 г золота, раздробленного на правильные кубики с длиной ребра $5 \cdot 10^{-7}$ см. Плотность золота 19.3 г/см^3 .
2. Допуская, что в коллоидном растворе серебра каждая частица представляет собой куб с длиной ребра $4 \cdot 10^{-6}$ см и плотностью 10.5 г/см^3 , рассчитать: а) сколько коллоидных частиц может получиться из 0.1 г серебра; б) чему равна общая площадь поверхности всех серебряных частиц.
3. Раствор коллоидной камфоры содержит в 1 см^3 200 млн. шариков камфоры диаметром около 10^{-4} см. Подсчитайте общую площадь поверхности частиц камфоры в 200 см^3 такого раствора.
4. Определите удельную поверхность следующих частиц: а) кубических с длиной ребра 1 мкм; б) сферических с диаметром 1 мкм; в) цилиндрических с высотой и диаметром основания по 1 мкм.
5. Определите дисперсность фазы, состоящей из сферических частиц и характеризующихся следующими данными:

Радиус частиц, мкм	1	2	3	4
Относительная масса частиц данного радиуса, %	10	25	35	30

Тема: Получение лиофобных дисперсных систем.

Мицеллярные формулы

1. При достаточно медленном введении вещества В в разбавленный раствор вещества А возможно образование гидрозоля вещества С. Напишите формулу мицелл и укажите знак электрического заряда коллоидных частиц этого золя.

А В С

- 1) $MgCl_2 NaOH Mg(OH)_2$
- 2) $CaCl_2 H_2SO_4 CaSO_4$
- 3) $FeCl_3 K_4[Fe(CN)_6] Fe_4[Fe(CN)_6]_3$
- 4) $K_2CrO_4 AgNO_3 Ag_2CrO_4$
- 5) $BeCl_2 NH_4OH Be(OH)_2$
- 6) $Zn(NO_3)_2 K_3[Fe(CN)_6] Zn_3[Fe(CN)_6]_2$

- 7) $\text{CoCl}_2(\text{NH}_4)_2\text{S CoS}$
- 8) $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \text{ HClH}_2\text{SiO}_3$
- 9) $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]\text{AgNO}_3 \text{ Ag}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
- 10) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]\text{AgNO}_3 \text{ Ag}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

2. Золь сульфата бария получен смешиванием равных объемов растворов нитрата бария и серной кислоты. Одинаковы ли были исходные концентрации электролитов, если в электрическом поле гранулы перемещались к аноду? Написать формулу мицеллы золя.

3. При длительном стоянии сероводородной воды в результате окисления H_2S кислородом воздуха образуется сера в коллоидном состоянии. Написать формулу мицеллы золя серы и определить знак заряда ее частиц.

4. Золь гексааниоферрата меди(II) был получен при действии на соль меди(II) избытком раствора $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Составить формулу мицеллы золя.

5. Золь диоксида олова образовался в результате действия большого количества соляной кислоты на станнат калия. Написать формулу мицеллы золя.

Тема: Оптические свойства дисперсных систем

1. Сравните интенсивности светорассеяния высокодисперсного полистирола, освещенного монохроматическим светом с длиной волны $\lambda_1 = 680$ нм, а затем с длиной волны $\lambda_2 = 420$ нм.

2. Сравните интенсивности светорассеяния эмульсий бензина в воде (показатель преломления $n_1 = 1.38$) и тетралина в воде ($n_2 = 1.54$) при 293 К. Показатель преломления воды $n_0 = 1.33$. Размер капель и концентрации эмульсий одинаковы.

3. В каком случае и во сколько раз интенсивность светорассеяния латекса полистирола больше: при освещении светом $\lambda_1 = 530$ или с $\lambda_2 = 680$ нм.

4. Определить диаметр частиц аэрозоля, используя результат исследования методом поточной ультрамикроскопии: в объеме 2.2 мм^3 , подсчитано 87 частиц аэрозоля (дыма мартеновских печей). Концентрация аэрозоля $1 \cdot 10^{-4} \text{ кг/м}^3$, плотность дисперсной фазы 2 г/см^3 , форма частиц сферическая.

5. Рассчитайте диаметр частиц золя, принимая их форму сферической, если с помощью поточной ультрамикроскопии в объеме $V = 2.0 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3$, подсчитано 100 частиц. Концентрация золя $C = 6.5 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^3$, плотность частиц дисперсной фазы $\rho = 4.1 \text{ г/см}^3$.

Тема: Электрокинетические свойства дисперсных систем

1. Рассчитайте электрокинетический потенциал поверхности кварца по данным, полученным при исследовании электроосмотического переноса жидкости через кварцевую мембрану: сила тока $2 \cdot 10^{-3} \text{ А}$, объемная скорость раствора KCl , переносимого через мембрану, 0.02 мл/с , удельная электропроводность раствора $1.2 \cdot 10^{-2} \text{ См} \cdot \text{м}^{-1}$, вязкость $1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$, относительная диэлектрическая проницаемость 80.1.

2. Рассчитайте потенциал течения, возникающий при продавливании этилового спирта через мембрану из карбоната бария под давлением $9.81 \cdot 10^3 \text{ Па}$, если ζ -потенциал равен $54 \cdot 10^{-3} \text{ В}$, удельная электропроводность среды $1.1 \cdot 10^{-2} \text{ См} \cdot \text{м}^{-1}$, вязкость $1.2 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$, относительная диэлектрическая проницаемость 25.

3. При продавливании через керамический фильтр водного раствора KCl потенциал течения равен $4 \cdot 10^{-3} \text{ В}$. Разность давлений равна $27 \cdot 10^3 \text{ Па}$. Свойства жидкости: вязкость $1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$, удельная электропроводность среды $1.3 \cdot 10^{-2} \text{ См} \cdot \text{м}^{-1}$, относительная диэлектрическая проницаемость 81. Определите с какой скоростью должны перемещаться частицы суспензии, получаемой при измельчении фильтра, если их распределить в этой же жидкости и обеспечить напряженность электрического поля $2 \cdot 10^2 \text{ В/м}$. Принять, что частицы имеют сферическую форму.

4. Рассчитайте электрокинетический потенциал на границе раздела фаз кварц-водный раствор KCl по следующим данным электроосмоса: сила тока $2 \cdot 10^{-3} \text{ А}$, время переноса 0.1 мл раствора 110 с , удельная электропроводность раствора $6.2 \cdot 10^{-2} \text{ См} \cdot \text{м}^{-1}$, вязкость $1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$, относительная диэлектрическая проницаемость 80.1.

Тема: Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем

1. Среднее смещение частицы гидрозоля SiO_2 за 3 с составляет 8 мкм. Определите радиус частицы, если вязкость дисперсионной среды равна $1 \cdot 10^{-3}$ Па·с при 293 К.
2. Средний сдвиг частицы за 15 с при температуре 290 К составил $7 \cdot 10^{-5}$ м. Рассчитайте коэффициент диффузии и радиус данной частицы, если вязкость среды $1 \cdot 10^{-3}$ Па·с.
3. Сравнить интенсивность броуновского движения частицы радиусом $2.4 \cdot 10^{-8}$ м при температуре 280 К и частицы радиусом $1.4 \cdot 10^{-5}$ м при 288 К, за интервал времени в 2.5 с, учитывая, что вязкость среды равна $1.1 \cdot 10^{-3}$ Па·с.
4. Результаты экспериментов Сведберга по определению среднего сдвига частиц золя платины в разных средах при 293 К следующие:

	$\eta \cdot 10^{-4}$ Па·с	t, с	$\Delta \bar{x}$, мкм
Ацетон	3.2	1.60	6.2
Вода	10.0	0.65	2.1
Пропиловый спирт	22.6	0.45	1.3

На основании этих данных определите дисперсность частиц золя, а также коэффициенты диффузии частиц в указанных средах.

5. По данным Сведберга, коэффициент диффузии коллоидных частиц золота в воде при 298 К равен $2.7 \cdot 10^{-6}$ м²/сут. Определите дисперсность частиц гидрозоля золота. Вязкость воды при 298 К равна $8.94 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

Тема: Реологические свойства дисперсных систем. Вязкость растворов высокомолекулярных веществ

1. Рассчитайте массовую долю ω гидрозоля диоксида кремния, если известно, что его вязкость на 10 % больше вязкости дисперсионной среды. Частицы SiO_2 имеют сферическую форму, плотность их равна 2.7 г/см³, плотность дисперсионной среды 1 г/см³.

2. При измерении вязкости растворов полистирола в толуоле с помощью капиллярного вискозиметра получены следующие данные:

C, г/л	0	1.7	2.12	2.52	2.95	3.4
Время истечения раствора, сек	97.6	115.1	120.2	124.5	129.9	134.9

Рассчитайте значения относительной, удельной и приведенной вязкости растворов полимеров. Постройте график зависимости $\eta_{\text{уд}}/C = f(C)$ и определите характеристическую вязкость.

3. При измерении вязкости растворов 1,4-цис-полиизопрена в толуоле с помощью капиллярного вискозиметра получены следующие данные:

C, г/л	0	1.41	1.94	2.59	3.24	3.89
Время истечения раствора, сек	171.5	216.1	234.0	257.3	282.6	308.1

Рассчитайте значения относительной, удельной и приведенной вязкости растворов полимеров. Постройте график зависимости $\eta_{\text{уд}}/C = f(C)$ и определите характеристическую вязкость.

4. При измерении вязкости растворов поливинилового спирта в воде получены следующие данные:

C, кг/м ³	0	1.95	2.13	2.30	2.46	2.63	2.80
Время истечения раствора, сек	98.1	118.1	120	122	124	126	128

Рассчитайте молекулярную массу поливинилового спирта в воде, если константы уравнения Марка-Хаувинка при 30°C имеют следующие значения: $K = 4.25 \cdot 10^{-4}$, $\alpha = 0.64$.

5. Рассчитайте молекулярную массу натурального каучука, если характеристическая вязкость его раствора в бензоле 0.126 м³/кг, константа $K = 5 \cdot 10^{-5}$, параметр $\alpha = 0.67$.

Тема: Разрушение и устойчивость дисперсных систем. Коагуляция

1. Чтобы вызвать коагуляцию золя сульфида мышьяка(III), объемом 10 мл, потребо-

валось в каждом случае прилить раствор хлорида натрия объемом 0.25 мл молярной концентрации 2 моль/л, раствор хлорида кальция объемом 1.3 мл молярной концентрации эквивалента 0.01 моль/л и раствора хлорида алюминия объемом 2.76 мл молярной концентрации эквивалента 0.001 моль/л. Какой заряд имеют частицы? Чему равен порог коагуляции каждого электролита?

2. Для коагуляции золя гидроксида железа(III) объемом 10 мл в каждом случае были добавлены раствор хлорида калия объемом 1,05 мл молярной концентрации 1 моль/л, раствор сульфата натрия объемом 6,25 мл молярной концентрации эквивалента 0,01 моль/л, раствор фосфата натрия объемом 3,7 мл молярной концентрации эквивалента 0,001 моль/л. Определите: а) пороги коагуляции, б) заряд частиц золя, в) отношение коагулирующей способности ионов.

3. Порог коагуляции раствора дихромата калия молярной концентрации эквивалента 0,02 моль/л по отношению к золю оксида алюминия равен 1,26 моль/м³. Определите объем раствора электролита, необходимый для коагуляции этого золя объемом 10 мл.

4. Написать формулу мицеллы золя золота, стабилизированного KAuO_2 . У какого из электролитов: NaCl , BaCl_2 , FeCl_3 порог коагуляции будет иметь наименьшую величину?

5. Золь хлорида серебра получен смешением равных объемов 0,0095 М KCl и 0,012 н AgNO_3 . Какой из электролитов $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ или MgSO_4 – будет обладать наименьшей коагулирующей способностью? Объяснить. Написать формулу мицеллы.

ТРЕБОВАНИЯ К ФОРМЕ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Форма отчета. Отчет должен содержать название, цель работы, описание хода работы, схемы приборов, расчеты, таблицы, графики зависимости, вывод.

ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

1. Основные этапы становления коллоидной химии.
2. Особенности получения золь благородных металлов.
3. Оптические методы анализа дисперсности.
4. Электрокинетические явления в биологических системах.
5. Роль коллоидной химии в охране окружающей среды.
6. Применение поверхностно-активных веществ.
7. Химико-экологические аспекты использования дисперсных систем.

ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Признаки объектов коллоидной химии.
2. Классификация дисперсных систем.
3. Строение мицеллы. Мицеллярные формулы.
4. Дисперсионные методы получения дисперсных систем.
5. Конденсационные методы получения дисперсных систем.
6. Броуновское движение и диффузия коллоидных частиц.
7. Рассеяние света в дисперсных системах.
8. Электрокинетические свойства дисперсных систем.
9. Вязкость коллоидных систем. Измерение вязкости.
10. Виды устойчивости дисперсных систем.
11. Коагуляция дисперсных систем. Определение порога коагуляции.
12. Взаимная коагуляция золь.

7 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ

Информационные технологии – обучение в электронной образовательной среде с целью расширения доступа к образовательным ресурсам, увеличения контактного взаимодействия с преподавателем, построения индивидуальных траекторий подготовки, объективного контроля и мониторинга знаний студентов.

В образовательном процессе по дисциплине используются следующие информационные технологии, являющиеся компонентами Электронной информационно-

образовательной среды БГПУ:

- Официальный сайт БГПУ;
- Система электронного обучения ФГБОУ ВО «БГПУ»;
- Система тестирования на основе единого портала «Интернет-тестирования в сфере образования www.i-exam.ru»;
- Система «Антиплагиат.ВУЗ»;
- Электронные библиотечные системы;
- Мультимедийное сопровождение лекций и практических занятий.

8 ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ИНВАЛИДАМИ И ЛИЦАМИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья применяются адаптивные образовательные технологии в соответствии с условиями, изложенными в разделе «Особенности реализации образовательной программы для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья» основной образовательной программы (использование специальных учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь и т. п.) с учётом индивидуальных особенностей обучающихся.

9 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ

9.1 Литература

Основная литература

1. Практикум по коллоидной химии: учеб. пособие для студ. (бакалавров, преподавателей) технических спец. вузов / под ред. Гельфмана М.И. – СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2005. – 256 с. : ил. (20 экз.)
2. Новикова, Е. В. Коллоидная химия: учебное пособие / Е. В. Новикова, Н. А. Родионова. – Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2008. – 92 с.
3. Щукин, Е. Д. Коллоидная химия : учебник для студ. вузов / Е. Д. Щукин, А. В. Перцов, Е. А. Амелина ; МГУ им. М. В. Ломоносова. - 4-е изд., испр. - М. : Высш. шк., 2006. - 443, [1] с. : ил. - (Классический университетский учебник). (10 экз.)

Дополнительная литература

1. Бalezин, С.А. Основы физической и коллоидной химии / С.А. Бalezин. – М. : Просвещение, 1975. – 398 с. (13 экз.)
2. Бalezин, С.А. Практикум по физической и коллоидной химии / С.А. Бalezин. – М. : Просвещение, 1980. – 272 с. (21 экз.)
3. Мягченков, В.А. Поверхностные явления и дисперсные системы : учеб. пособие для студ. вузов / В.А. Мягченков. - 2-е изд., перераб. – М. : КолосС, 2010. – 184, [3] с. : ил. (5 экз.)
4. Практикум и задачник по коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы : учеб. пособие для студ. вузов / В.В. Назарова [и др.] ; под ред. В.Н. Назарова, А.С. Гродского. – М. : Академкнига, 2007. – 372 с. : ил. (5 экз.)
5. Фридрихсберг, Д.А. Курс коллоидной химии. — СПб. : «Лань», 2010. – 416 с. (5 экз.)
6. Щукин, Е.Д. Коллоидная химия : учеб. для бакалавров / Е. Д. Щукин, А. В. Перцов, Е. А. Амелина. - 7-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2014. - 443 с. : ил. - (Бакалавр. Базовый курс). (5 экз.)

9.2 Базы данных и информационно-справочные системы

1. Сайт о химии <http://www.xumuk.ru/>
2. Каталог образовательных интернет-ресурсов <http://www.edu.ru>
3. Популярная библиотека химических элементов
<https://web.archive.org/web/20161021151915/http://n-t.ru/ri/ps/>

4. Электронная библиотека по химии МГУ <http://www.chem.msu.su/rus/elibrary/>

9.3 Электронно-библиотечные ресурсы

1. Polpred.com Обзор СМИ/Справочник <http://polpred.com/news>.
2. ЭБС «Юрайт» <https://urait.ru/>.

10 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА

Для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются аудитории, оснащённые учебной мебелью, аудиторной доской, компьютером(рами) с установленным лицензионным специализированным программным обеспечением, коммутатором для выхода в электронно-библиотечную систему и электронную информационно-образовательную среду БГПУ, мультимедийными проекторами, экспозиционными экранами, учебно-наглядными пособиями (таблицы, мультимедийные презентации). Для проведения практических занятий также используется:

Ауд. 445 «А». Лаборатория физической химии

- Стол лабораторный 2-мест. (10 шт.)
- Стул (20 шт.)
- Стол преподавателя (1 шт.)
- Стул преподавателя (1 шт.)
- Пюпитр (1 шт.)
- Аудиторная доска (1 шт.)
- Компьютер с установленным лицензионным специализированным программным обеспечением (3 шт.)
- Мультимедийный проектор (1 шт.)
- Принтер лазерный (2 шт.)
- Экспозиционный экран (навесной) (1 шт.)
- ЯМР-спектрометр низкого разрешения «Спин Трэк» (1 шт.)
- Аквадистиллятор ДЭ-10 (1 шт.)
- Весы GF-300 (1 шт.)
- Весы торсионные ВТ-100 (1 шт.)
- Вискозиметр (4 шт.)
- Иономер (3 шт.)
- Кондуктометр анион-4120 (3 шт.)
- КФК-2 (1 шт.)
- Люксмер (1 шт.)
- Мешалка магнитная П-Э-6100 (2 шт.)
- Модуль «Термический анализ» (3 шт.)
- Модуль «Термостат» (3 шт.)
- Модуль «Универсальный контроллер» (3 шт.)
- Модуль «Электрохимия» (3 шт.)
- Модуль универсальный (6 шт.)
- Набор сит КП-131 (1 шт.)
- Поляриметр (1 шт.)
- Потенциометр (1 шт.)
- Центрифуга лабораторная ОПН-8 (с ротором) (1 шт.)
- Штатив для электродов (2 шт.)
- Эксикатор с краном (1 шт.)
- Модуль «Общелабораторный» (1 шт.)
- Спектрофотометр (1 шт.)
- Спектрофотометр КФК-3КМ (1 шт.)

- Комплект ариометров (1 шт.)
- Метроном (1 шт.)
- Мост реохордный с сосудом
- Термостат ТС-1/80 СПУ (1 шт.)
- Учебно-наглядные пособия - слайды, таблицы, мультимедийные презентации по дисциплине «Коллоидная химия»
- Штативы для пробирок, нагревательные приборы, лабораторная посуда
- Химические реактивы по тематике лабораторных работ

Самостоятельная работа студентов организуется в аудиториях оснащенных компьютерной техникой с выходом в электронную информационно-образовательную среду вуза, в специализированных лабораториях по дисциплине, а также в залах доступа в локальную сеть БГПУ, в лаборатории психолого-педагогических исследований и др.

Лицензионное программное обеспечение: операционные системы семейства Windows, Linux; офисные программы Microsoft office, Libreoffice, OpenOffice; Adobe Photoshop, Matlab, DrWeb antivirus и т.д.

Разработчик: Родионова Н.А., кандидат химических наук, доцент кафедры химии.

11 ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ

Утверждение изменений в РПД для реализации в 2020/2021 уч. г.

РПД обсуждена и одобрена для реализации в 2020/2021 уч. г. на заседании кафедры химии (протокол № 9 от 11.06.2020 г.). В РПД внесены следующие изменения и дополнения:

№ изменения: 1	
№ страницы с изменением: титульный лист	
Исключить:	Включить:
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Утверждение изменений в РПД для реализации в 2021/2022 уч. г.

РПД обсуждена и одобрена для реализации в 2021/2022 уч. г. на заседании кафедры химии (протокол № 7 от 14.04.2021 г.).

Утверждение изменений и дополнений в РПД для реализации в 2022/2023 уч. г.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022/2023 учебном году на заседании кафедры (протокол № 8 от 26 мая 2022 г.). В РПД внесены следующие изменения и дополнения:

№ изменения: 2	
№ страницы с изменением: 51	
В Раздел 9 внесены изменения в список литературы, в базы данных и информационно-справочные системы, в электронно-библиотечные ресурсы. Указаны ссылки, обеспечивающие доступ обучающимся к электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам с сайта ФГБОУ ВО «БГПУ».	