

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**О.В. Волкова, Н.И. Никишова**

**КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ**  
**Учебно-методическое пособие**

 **УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**Санкт-Петербург**

**2015**

УДК 541.1(075.8)

**Волкова О.В., Никишова Н.И.** Коллоидная химия: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2015. – 39 с.

Приведены темы дисциплины, варианты контрольных работ, методические указания. В конце пособия дан список литературы.

Предназначено для самостоятельной работы студентов направлений 19.03.01, 19.03.02, 19.03.03 заочной формы обучения.

**Рецензент: доктор техн. наук, проф. С.В. Мурашов**

**Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом  
Института холода и биотехнологий**



**Университет ИТМО** – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 – 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики, 2015

© Волкова О.В., Никишова Н.И., 2015

## ВВЕДЕНИЕ

Коллоидная химия служит теоретической основой технологии и техники производств, связанных с хранением и переработкой сырья и пищевых продуктов.

Данная дисциплина изучает процессы, протекающие в коллоидных растворах, поверхностных слоях и дисперсных системах.

Коллоидная химия базируется на фундаментальных предметах естественно-научного цикла – математике, физике, неорганической, органической, физической и аналитической химии – и является основой для подготовки студентов по дисциплинам, связанным с технологией хранения, переработки пищевого сырья и производства продовольственных продуктов, а также по процессам и аппаратам пищевых производств.

## ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель курса «Коллоидная химия» – научить студентов применять основные законы данной дисциплины для решения задач технологии пищевых продуктов.

В результате изучения курса студент должен:

**знать:**

- основные задачи, предмет и методы коллоидной химии как науки;
- особенности строения и свойства коллоидных растворов;
- строение и свойства микрогетерогенных систем;
- основные свойства растворов высокомолекулярных соединений;
- методы исследования дисперсных систем и поверхностных явлений, протекающих в процессах переработки пищевого сырья;

**уметь:**

- рассчитывать концентрацию растворов и определять размеры частиц гетерогенных систем;
- получать данные, характеризующие устойчивость коллоидных растворов;
- определять коллоидно-химические свойства дисперсных систем и растворов ВМС (высокомолекулярных соединений);
- использовать навыки применения законов коллоидной химии для решения задач пищевой технологии.

# **СОДЕРЖАНИЕ КУРСА**

## **Тема 1. Понятие о дисперсных системах**

Коллоидная химия как наука о свойствах гетерогенных высокодисперсных систем и протекающих в них процессах. Дисперсные системы и коллоидные растворы.

Особенности дисперсного состояния. Дисперсная фаза и дисперсионная среда. Дисперсность, удельная поверхность, размер частиц и концентрация дисперсной фазы. Классификация систем по дисперсности, размеру частиц, агрегатному состоянию фаз, интенсивности взаимодействия дисперсной фазы и дисперсионной среды.

Особенности растворов высокомолекулярных соединений, их сходство с коллоидными системами.

Понятие о поверхностной энергии, коагуляции, седиментации, стабилизации дисперсных систем. Роль дисперсных систем в пищевых технологиях.

## **Тема 2. Получение и очистка дисперсных систем**

Условия получения устойчивых дисперсных систем (нерастворимость фаз, степень дисперсности, концентрация, наличие стабилизатора).

Способы получения вещества определенной степени дисперсности.

Диспергирование. Работа диспергирования.

Механическое диспергирование. Принцип работы шаровых мельниц, степень измельчения. Коллоидные мельницы. Роль поверхностно-активных веществ в процессе механического дробления.

Электрические методы диспергирования, измельчение в дуговом и высокочастотном разрядах.

Ультразвуковое диспергирование. Механизм процесса ультразвукового диспергирования.

Конденсационные методы получения коллоидных растворов. Физические способы конденсации: метод замены растворителя, конденсация паров по методу Рогинского С.З. и Шальникова Л.И. Применение в пищевой промышленности.

Химическая конденсация. Реакции двойного обмена, восстановления, окисления, гидролиза. Строение коллоидной частицы – мицеллы. Двойной электрический слой. Правило Фаянса.

Получение золь методом пептизации. Пептизация промыванием осадка, пептизация осадка электролитом, химическая пептизация. Практическое значение методов пептизации.

Очистка коллоидных растворов. Обоснование необходимости очистки золь от избытка электролита. Понятие об ультрафильтрации, диализе и электродиализе, принцип работы диализаторов. Применение электродиализа в молочной промышленности при производстве лактозы, продуктов детского питания, обессоливания сливочного масла и др.

### **Тема 3. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем**

Тепловое движение молекул и броуновское движение. Опыт Броуна. Движение коллоидных частиц. Среднее квадратичное смещение, формула для расчета среднего квадратичного смещения. Универсальность броуновского движения.

Диффузия в истинных растворах и дисперсных системах. Закон Фика. Скорость диффузии. Физический смысл коэффициента диффузии. Уравнение Эйнштейна. Определение размера частиц. Уравнение Эйнштейна-Смолуховского, его практическое значение.

Осмотическое давление дисперсных систем. Обратный осмос.

Явление седиментации в дисперсных системах. Классификация дисперсных систем по агрегативной и седиментационной устойчивости. Уравнение Стокса, его практическое значение. Постоянная Стокса. Седиментационный анализ. Принудительная седиментация, принцип работы ультрацентрифуг. Седиментационный анализ в пищевой промышленности.

### **Тема 4. Оптические свойства дисперсных систем**

Общая характеристика оптических явлений. Рассеяние света в дисперсных системах. Конус Тиндаля. Уравнение Рэлея для интенсивности рассеянного света. Опалесценция и флуоресценция, особенности явлений.

Поглощение света коллоидными растворами. Уравнение Бугера-Ламберта-Бэра для интенсивности прошедшего света, его особенности.

Окраска дисперсных систем. Зависимость окраски от природы вещества и степени дисперсности.

Оптические методы исследования дисперсных систем. Нефелометрия, ультрамикроскопия и электронная микроскопия. Особенности методов, их практическое применение в пищевой промышленности.

## **Тема 5. Термодинамические основы поверхностных явлений**

Поверхностная энергия и поверхностное натяжение. Способы выражения, обозначение и размерность. Возникновение поверхностной энергии на границе раздела фаз. Изменение поверхностной энергии при диспергировании вещества и поверхностных явлениях.

## **Тема 6. Адсорбционные процессы на границе раздела фаз**

Адсорбция как поверхностное явление. Адсорбент и адсорбтив. Физическая и химическая адсорбция. Количественное выражение адсорбции. Влияние концентрации, давления и температуры на адсорбционные процессы. Изотерма адсорбции. Теплота адсорбции.

Адсорбция на границе твердое тело – газ. Теории моно- и полимолекулярной адсорбции. Теория и уравнение Ленгмюра. Теория БЭТ. Капиллярная конденсация, явление гистерезиса.

Адсорбция из раствора на границе жидкость – газ. Особенности строения поверхности жидкостей. Поверхностное натяжение. Методы измерения поверхностного натяжения. Поверхностно-активные вещества, понятие об их дифильности. Ориентация ПАВ на границе раздела фаз. Современные моющие средства в пищевой промышленности. Уравнение Гиббса, его практическое значение. Уравнение Шишковского. Правило Дюкло-Траубе.

Адсорбция на границе твердое тело – жидкость. Молекулярная адсорбция из растворов, ее особенности. Уравнение Фрейндлиха.

Адсорбция из растворов электролитов. Факторы, влияющие на адсорбцию ионов. Обменная адсорбция, ее практическое значение.

Значение и место адсорбционных явлений в пищевой промышленности.

## **Тема 7. Адгезия и смачивание**

Смачивание и краевой угол смачивания. Условия самопроизвольного растекания капли. Силы когезии и адгезии. Работа адгезии. Капиллярные явления при смачивании. Роль адгезии и смачивания в пищевой промышленности.

## **Тема 8. Электрические свойства дисперсных систем**

Современные представления о двойном электрическом слое (ДЭС). Теория Штерна. Понятие о электрическом и электрокинетическом потенциале. Влияние различных факторов на величину потенциалов. Изoeлектрическое состояние.

Перезарядка твердой поверхности неиндифферентным и индифферентным электролитами.

Электрокинетические явления. Электрофорез. Электрофоретическое торможение. Электроосмос как капиллярное явление. Потенциалы оседания и течения. Определение электрокинетического потенциала методом электроосмоса и электрофореза. Практическое значение электрокинетических явлений.

## **Тема 9. Стабилизация и коагуляция дисперсных систем**

Виды устойчивости. Термодинамический и кинетический факторы агрегативной устойчивости. Причины термодинамической неустойчивости дисперсных систем. Лиофобные и лиофильные дисперсные системы.

Коагуляция скрытая и явная. Коалесценция. Физическая и химическая коагуляция. Взаимная коагуляция. Коагуляция электролитами, правило Шульце-Гарди. Порог коагуляции. Кинетика процесса коагуляции, основы теории Смолуховского. Основные положения

теории ДЛФО и расклинивающее давление. Нейтрализационная и концентрационная коагуляция.

Механизмы стабилизации. Ионные и молекулярные стабилизаторы. Понятие о структурно-механическом барьере. Стабилизация дисперсных систем в пищевых технологиях.

## **Тема 10. Структурно-механические свойства дисперсных систем**

Возникновение и особенности структурообразования в дисперсных системах. Строение структурированных систем. Гели. Влияние различных факторов на гелеобразование. Явление тиксотропии.

Реологические свойства дисперсных систем. Вязкость коллоидных растворов. Применение уравнений Ньютона и Пуазейля к дисперсным системам. Особенности вязкости золь. Зависимость вязкости коллоидных растворов от концентрации дисперсной фазы, уравнение Эйнштейна, особенности его применения. Структурная вязкость, уравнение Бингама.

Механические свойства структурированных систем. Явление релаксации. Предел упругости. Метод Ребиндера-Вейлера для определения предельного напряжения сдвига.

## **Тема 11. Виды дисперсных систем**

Золи, суспензии, пасты. Их получение и свойства. Использование в пищевой промышленности.

Особенности аэрозолей, их практическое значение в технике и быту. Порошки в пищевой промышленности. Получение и разрушение аэрозолей.

Классификация эмульсий. Определение типа эмульсий. Эмульгаторы. Лиофильные, лиофобные и твердые эмульгаторы. Способы получения эмульсий. Эмульгирующее действие ВМС. Обращение фаз эмульсий. Способы разрушения эмульсий. Пищевые эмульсии.

Пены. Способы их получения и их свойства. Пенообразующие вещества. Твердые пены. Значение пен в пищевой промышленности.



Коллоидные ПАВ. Их особенности и классификация. Состояние ПАВ в растворе. Критическая концентрация мицеллообразования. Солюбилизация в растворах ПАВ.

## **Тема 12. Растворы высокомолекулярных соединений**

Общая характеристика ВМС. Природные и синтетические ВМС. Стеклообразное, высокоэластичное, вязкотекучее состояние. Температура стеклования и текучести. Студни и застудневание. Ограниченное и неограниченное набухание ВМС. Осмотическое давление растворов ВМС.

Особенности вязкости растворов ВМС. Уравнение Штаудингера. Определение молекулярной массы ВМС. Свойства растворов полиэлектролитов. Амфотерные соединения, влияние электролитов на белки. Получение золь высокомолекулярных соединений.

### **ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ ФОРМУЛЫ МИЦЕЛЛЫ**

Методы получения дисперсных систем разнообразны. Их подразделяют на две основные группы: методы диспергирования и методы конденсации. Рассмотрим методы химической конденсации, в основе которых лежат химические реакции с образованием нерастворимых веществ.

В жидкой среде продукты некоторых реакций, например, двойного обмена, окисления, восстановления, гидролиза формируют пересыщенные растворы с одновременным выделением твердой дисперсной фазы. Согласно теории Веймарна, возникшие в результате конденсации из раствора коллоидные частицы имеют кристаллическое строение. В пересыщенном растворе, образовавшемся в результате какой-либо химической реакции, образуются мельчайшие кристаллики. Если эти кристаллики вырастают до размеров крупных кристаллов, то получается вещество в обычном кристаллическом состоянии. Если на определенной стадии воспрепятствовать росту этих кристалликов, то получится золь. По этой причине коллоидные системы при проведении химических реакций, способных давать

золи, образуются не всегда, а при определенных концентрациях исходных веществ, порядке их смешения и т. д.

Для получения высокодисперсных золь необходимо, чтобы скорость образования твердых частиц во много раз превышала скорость их роста. Для выполнения этого условия часто используют такой способ: концентрированный раствор вещества  $B$  вливают в небольшом количестве в сильно разбавленный раствор вещества  $A$  при интенсивном перемешивании и получают золь вещества  $C$  в условиях избытка вещества  $A$ . Избыточный электролит  $A$  выполнит роль стабилизатора частиц золя, образовав на них двойной электрический слой, препятствующий слипанию частиц. Цель стабилизации заключается прежде всего в сохранении размеров дисперсных частиц и предотвращении непосредственных контактов между ними. Необходимость стабилизации дисперсных систем возникает из-за их термодинамической неустойчивости, которая в свою очередь обусловлена большой суммарной поверхностью дисперсных частиц.

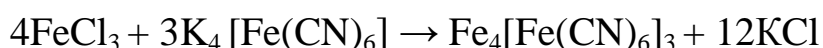
Рассмотрим механизм формирования двойного электрического слоя (ДЭС) на твердых поверхностях, окруженных раствором электролита, а также образование мицелл. В формировании ДЭС может участвовать то из реагирующих веществ, которое оказалось в избытке. Двойной электрический слой следует рассматривать как своеобразный конденсатор, внутренняя обкладка которого формируется из потенциалообразующих ионов, а внешняя – из противоионов. В избытке электролита на поверхности частиц происходит адсорция ионов, из которых формируется потенциалообразующий слой. Согласно правилу Фаянса-Панета, адсорбируются те ионы, которые способны достраивать кристаллическую решетку твердого тела, находятся в избытке и дают труднорастворимые соединения. В результате на поверхности частиц золя возникает электрический заряд и потенциал  $\phi$ , совпадающие по знаку с зарядом потенциалообразующих ионов. К твердой заряженной поверхности притягиваются ионы противоположного знака, их называют противоионами. Противоионы находятся в двух положениях: одна их часть образует адсорбционный слой, другая – диффузный. В адсорбционном слое положение противоионов фиксировано. Ядро, вместе с прочносвязанными с ним противоионами адсорбционного слоя, образуют частицу золя, или глобулу. Знак заряда частиц золя определяется знаком заряда потенциалообразующих ионов. В отличие от адсорбционного слоя противоионы

диффузного слоя не закреплены. В результате теплового движения молекул среды и взаимного отталкивания, ионы диффузного слоя способны перемещаться в пределах диффузного слоя в глубь жидкости.

Электрически нейтральная коллоидная частица, которая формируется в результате образования двойного электрического слоя, называется мицеллой.

Последовательность действий при записи формулы мицеллы такова:

1. Запишем реакцию получения гидрозоля берлинской лазури:



2. В качестве агрегата мицеллы берем нерастворимый продукт реакции  $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ .

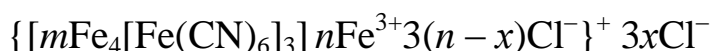
3. Принимаем, что в избытке взят электролит  $\text{FeCl}_3$ .

4. Запишем диссоциацию избыточного электролита:



и выберем по правилу Фаянса-Панета в качестве потенциалобразующих ионы ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Противоионами будут оставшиеся ионы  $\text{Cl}^-$ . В адсорбционном слое окажется  $3(n - x)\text{Cl}^-$  противоионов, в диффузном слое –  $3x\text{Cl}^-$ .

5. Формула мицеллы имеет вид:



Знак заряда частиц золя (+).

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

По курсу «Коллоидная химия» студенты заочного факультета выполняют одну контрольную работу, которая включает контрольные задания.

Для выполнения контрольной работы студент может выбрать любой учебник из списка основной и дополнительной литературы. Из дополнительной литературы предпочтителен «Курс коллоидной химии» С.С. Воюцкого.

При подготовке контрольной работы студент может также пользоваться другими учебниками и учебными пособиями по данным курсам.

Номер варианта контрольных работ определяется по последней цифре шифра. Например, если последняя цифра шифра 0, то студент отвечает на вопросы: 0, 10, 20, 30, 40 и т. д. контрольных заданий, если последняя цифра шифра 4, то следует ответить на вопросы: 4, 14, 24, 34, 44 и т. д.

Контрольная работа высылается в институт.

Ответы на вопросы контрольных заданий не должны быть дословно переписаны из соответствующего раздела учебника или учебного пособия. Ответ следует излагать своими словами, акцентируя внимание на главных моментах темы. При выполнении тестовых заданий нужно указать правильный ответ.

Рисунки и графики должны быть выполнены аккуратно карандашом с информацией, необходимой для понимания ответа на вопрос.

Контрольные работы, дословно соответствующие тексту учебника, будут возвращаться на исправление.

# КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

## Контрольные задания

0. Коллоидные системы. Их основные понятия.
1. Мера дисперсности как характеристика измельченности одной из фаз гетерогенных систем. Способы выражения концентрации дисперсных систем.
2. Основные направления классификации коллоидных и микрогетерогенных систем.
3. Оптические свойства дисперсных систем. Рассеяние света коллоидными системами.
4. Оптические свойства дисперсных систем. Абсорбция света золями.
5. Оптические методы исследования коллоидных систем. Ультрамикроскопия – один из методов исследования зольей.
6. Нефелометрия как оптический метод исследования коллоидных систем.
7. Броуновское движение – форма движения частиц в золях.
8. Диффузия в коллоидных растворах.
9. Осмотическое давление – свойство коллоидных растворов.
10. Седиментационный анализ как метод определения фракционного состава полидисперсных систем.
11. Ультрацентрифугирование как метод исследования зольей.
12. В чем сущность теории мономолекулярной адсорбции Ленгмюра?
13. Адсорбция на твердом адсорбенте. Теория полимолекулярной адсорбции Поляни и теория БЭТ.
14. Особенности явления капиллярной конденсации.
15. Что Вы знаете о хемосорбции?
16. Интегральная и дифференциальная теплота адсорбции.
17. Объясните существование поверхностного натяжения на любом виде поверхности раздела фаз.
18. Поверхностно-активные и поверхностно-инактивные вещества.
19. Адсорбция на границе раствор–газ. Уравнение Гиббса.
20. Уравнения Шишковского для вычисления поверхностного натяжения жирных кислот.

21. Влияние различных факторов на молекулярную адсорбцию из растворов.

22. Особенности адсорбции ионов.

23. Что такое обменная адсорбция?

24. Что Вы знаете об обменной адсорбции на угле?

25. Объясните явление смачивания.

26. Как определяется краевой угол при смачивании?

27. Практическое значение явления смачивания.

28. Какие электрокинетические явления Вам известны?

29. Строение двойного электрического слоя. Теория Штерна.

30. Влияние индифферентных электролитов на электрокинетический потенциал.

31. Влияние неиндифферентного электролита на электрокинетический потенциал.

32. Влияние pH среды на электрокинетический потенциал.

33. Влияние концентрации коллоидной системы на электрокинетический потенциал.

34. В чем сущность явления электрофореза и электроосмоса?

35. Как вычисляется электрокинетический потенциал методом подвижной границы?

36. Микроскопический и ультрамикроскопический методы определения электрокинетического потенциала.

37. Определение электрокинетического потенциала электроосмотическим методом с помощью прибора Перрена.

38. Электропроводность водных коллоидных систем.

39. Конденсационный метод получения коллоидных систем.

40. Диспергационный метод получения золей.

41. Получение золей методом пептизации.

42. Строение коллоидных мицелл.

43. Практическое значение электрокинетических явлений.

44. Получение лиозолей методом конденсации.

45. Получение золей методом диспергирования.

46. Методы очистки коллоидных систем.

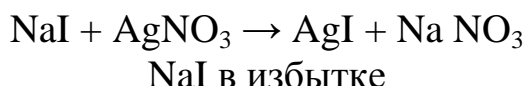
47. Изменение энергии взаимодействия между мицеллами при их сближении.

48. Правила коагуляции электролитами.

49. Теории коагуляции электролитами.

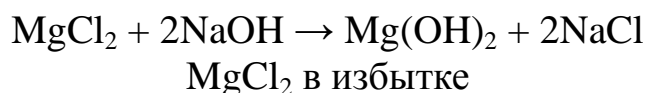
50. Какие особые явления наблюдаются при коагуляции зольей электролитами?
51. Коагуляция зольей под действием физических факторов.
52. Как образуются коагуляционные структуры в коллоидных и микрогетерогенных системах?
53. Что Вы знаете о вязкости истинных и коллоидных растворов?
54. Какие методы определения вязкости жидкостей Вам известны?
55. Структурная вязкость.
56. Определение механических свойств коллоидных систем.
57. От чего зависит вязкость коллоидных систем?
58. Общая характеристика аэрозолей, их классификация. Размер и форма частиц. Оптические свойства.
59. Общая характеристика аэрозолей, молекулярно-кинетические и электрические свойства.
60. Агрегативная устойчивость аэрозолей.
61. Методы получения аэрозолей.
62. Какими способами можно разрушить аэрозоли?
63. Какие системы называются эмульсиями? Как классифицируются эмульсии?
64. Виды эмульгаторов для стабилизации эмульсий.
65. Опишите основные методы получения и разрушения эмульсий.
66. Какие системы называются пенами? От чего зависит устойчивость пен?
67. Что Вам известно о коллоидных ПАВ? Анионные и катионные ПАВ.
68. Состояние ПАВ в растворе.
69. Определение критической концентрации мицеллообразования.
70. Солюбилизация в растворах ПАВ.
71. Приведите общие сведения о высокомолекулярных соединениях.
72. Методы определения молекулярного веса ВМС.
73. Что Вы знаете о строении макромолекул и структуре ВМС?
74. Термодинамика растворения высокомолекулярных соединений.

75. Понятие о набухании ВМС.  
 76. Осмотическое давление растворов ВМС.  
 77. Вязкость высокомолекулярных соединений.  
 78. Приведите основные свойства растворов полиэлектролитов.  
 79. Какие системы называются студнями? Как происходит застудневание?  
 80. Приведите основные свойства студней.  
 81. Гидрозоль AgI получают по реакции



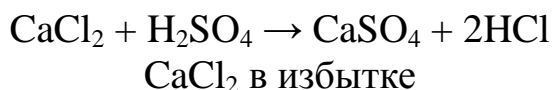
1. Напишите формулу мицеллы.
2. Укажите знак электрического заряда частиц этого гидрозоля.

82. Гидрозоль  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  получают по реакции



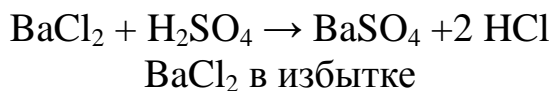
1. Напишите формулу мицеллы.
2. Укажите знак электрического заряда частиц этого гидрозоля.

83. Гидрозоль  $\text{CaSO}_4$  получают по реакции



1. Напишите формулу мицеллы.
2. Укажите знак электрического заряда частиц этого гидрозоля.

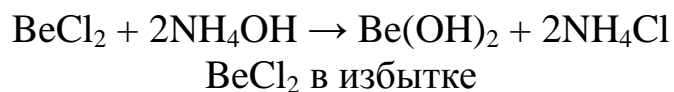
84. Гидрозоль  $\text{BaSO}_4$  получают по реакции



1. Напишите формулу мицеллы.
2. Укажите знак электрического заряда частиц этого гидрозоля.

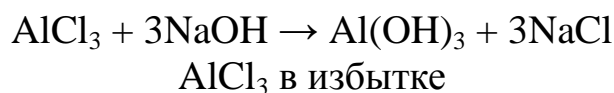


85. Гидрозоль  $\text{Be}(\text{OH})_2$  получают по реакции



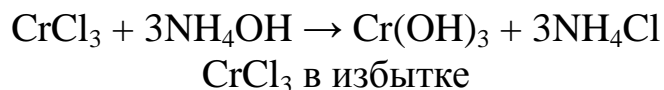
1. Напишите формулу мицеллы.
2. Укажите знак электрического заряда частиц этого гидрозоля.

86. Гидрозоль  $\text{Al}(\text{OH})_3$  получают по реакции



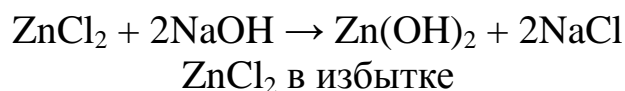
1. Напишите формулу мицеллы.
2. Укажите знак электрического заряда частиц этого гидрозоля.

87. Гидрозоль  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  получают по реакции



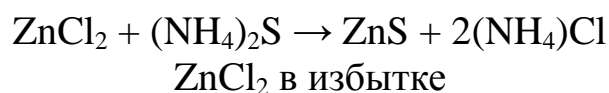
1. Напишите формулу мицеллы.
2. Укажите знак электрического заряда частиц этого гидрозоля.

88. Гидрозоль  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  получают по реакции



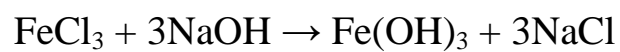
1. Напишите формулу мицеллы.
2. Укажите знак электрического заряда частиц этого гидрозоля.

89. Гидрозоль  $\text{ZnS}$  получают по реакции



1. Напишите формулу мицеллы.
2. Укажите знак электрического заряда частиц этого гидрозоля.

90. Гидрозоль  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  получают по реакции



$\text{FeCl}_3$  в избытке

1. Напишите формулу мицеллы.
2. Укажите знак электрического заряда частиц этого гидрозоля.

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

**0.** Укажите состояние дисперсной фазы в эмульсиях:

1. твердое;
2. жидкое;
3. газообразное;
4. 1) и 3) вместе.

**1.** Укажите агрегатное состояние дисперсной фазы в аэрозолях:

1. жидкое;
2. твердое;
3. газообразное;
4. 1) и 2) вместе.

**2.** Мерой раздробленности в дисперсной системе служит:

1. концентрация дисперсной фазы;
2. дисперсность;
3. удельная поверхность дисперсной фазы;
4. 2) и 3) вместе.

**3.** Укажите состояние дисперсной фазы в суспензиях:

1. твердое;
2. газообразное;
3. жидкое;
4. 2) и 3) вместе.

**4.** К системам с жидкой дисперсионной средой относятся:

1. золи;
2. аэрозоли;
3. порошки;
4. туманы.

**5.** К системам с газообразной дисперсионной средой относятся:

1. аэрозоли;
2. золи;
3. суспензии;
4. пасты.

**6.** Коллоидными растворами называют:

1. суспензии;
2. золи;
3. эмульсии;
4. пасты.

**7.** Укажите агрегатное состояние дисперсной фазы в золях:

1. газ;
2. жидкость;
3. твердое;
4. 1) и 2) вместе.

**8.** Если капли одной жидкости распределены в среде другой жидкости, то такую систему называют:

1. коллоидным раствором;
2. эмульсией;
3. суспензией;
4. аэрозолем.

**9.** Если твердые частицы взвешены в воздухе, то такую дисперсную систему называют:

1. золь;
2. аэрозоль;
3. суспензия;
4. эмульсия.

**10.** Выберите систему, дисперсная фаза и дисперсионная среда которой состоят из взаимно нерастворимых или слабо растворимых жидкостей:

1. золь
2. коллоидный раствор;
3. эмульсия;
4. суспензия.

**11.** Выберите прямую эмульсию из перечисленных:

1. вода в бензоле;
2. вода в масле;
3. масло в воде;
4. вода в толуоле.

**12.** Выберите обратную эмульсию из перечисленных:

1. вода в масле;
2. масло в воде;
3. бензол в воде;
4. толуол в воде.

**13.** Концентрация дисперсной фазы, выраженная через число частиц дисперсной фазы в единице объема дисперсной системы, – это:

1. частичная концентрация;
2. объемная концентрация;
3. массовая концентрация;
4. молярная концентрация.

**14.** Масса дисперсной фазы в единице объема дисперсной системы характеризует концентрацию дисперсной фазы:

1. массовую;
2. объемную;
3. частичную;
4. молярную.

**15.** Получение частиц дисперсной фазы из сплошного или более крупного по размерам тела используют в методах:

1. замены растворителя;
2. диспергирования;
3. конденсации;
4. кристаллизации.

**16.** Получение дисперсных систем, связанное с укрупнением частиц молекулярного размера до размеров частиц дисперсной фазы и появлением границы раздела, осуществляют методом:

1. диспергирования;
2. распыления;
3. конденсации;
4. барботажа.

**17.** Метод получения коллоидных систем, включающий переход части осадка во взвешенное состояние, – это метод:

1. замены растворителя;
2. конденсации;
3. измельчения;
4. пептизации.

**18.** Самопроизвольный процесс перехода дисперсионной среды через мембрану из менее концентрированного коллоидного раствора в более концентрированный – это:

1. осмос;
2. диализ;
3. обратный осмос;
4. диффузия.

**19.** Самопроизвольный процесс перехода частиц дисперсных систем из области большей концентрации в область меньшей концентрации – это:

1. осмос;
2. диффузия;
3. диализ;
4. ультрафильтрация.

**20.** Закон Фика отражает зависимость между градиентом концентрации и площадью диффузии. Дополните:

1. количеством продиффундировавшего вещества;
2. скоростью диффузии;
3. концентрацией продиффундировавшего вещества;
4. объемом продиффундировавшего вещества.

**21.** Диффузия максимально проявляется у ..... (дополните):

1. грубодисперсных систем;
2. высокодисперсных систем;
3. среднедисперсных систем;
4. взвесей.

**22.** Седиментация в дисперсных системах – это ..... частиц дисперсной фазы в жидкой или газообразной дисперсионной среде под действием силы тяжести (дополните):

1. оседание;

2. укрупнение;
3. измельчение;
4. слипание.

**23.** Выберите седиментационно-неустойчивые средне- и грубо-дисперсные системы с твердой дисперсной фазой и жидкой дисперсионной средой:

1. золи;
2. суспензии;
3. эмульсии;
4. коллоидные растворы.

**24.** Выберите седиментационно-устойчивые высокодисперсные системы с твердой дисперсной фазой и жидкой дисперсионной средой:

1. золи;
2. суспензии;
3. коллоидные растворы;
4. 1) и 3) вместе.

**25.** Под седиментационной устойчивостью понимают способность дисперсных систем:

1. сохранять постоянную межфазовую поверхность;
2. противодействовать осаждению частиц;
3. противодействовать слипанию частиц;
4. сохранять постоянный размер частиц.

**26.** Исследование седиментации в дисперсных системах позволяет определить:

1. средний размер частиц дисперсной фазы;
2. распределение по размерам частиц дисперсной фазы;
3. концентрацию дисперсной фазы;
4. 1) и 2) вместе.

**27.** К оптическим явлениям в дисперсных системах, вызванным рассеянием света на частицах дисперсной фазы, можно отнести:

1. опалесценцию;
2. конус Тиндаля;
3. светопропускание;
4. 1) и 2) вместе.

**28.** Интенсивность света, прошедшего через дисперсную систему, определяется по закону:

1. Рэлея;
2. Бугера-Ламберта-Бэра;
3. Фика;
4. Генри.

**29.** Метод определения размеров частиц, основанный на их способности рассеивать свет, – это:

1. нефелометрия;
2. электронная микроскопия;
3. рефрактометрия;
4. спектроскопия.

**30.** Непосредственно видеть частицы в коллоидных системах позволяет:

1. электронная микроскопия;
2. ультрамикроскопия;
3. нефелометрия;
4. рефрактометрия.

**31.** Возникновение свободной поверхностной энергии обусловлено:

1. особым положением молекул на границе раздела фаз;
2. некомпенсированностью межмолекулярного взаимодействия;
3. межмолекулярным взаимодействием внутри фаз;
4. 1) и 2) вместе.

**32.** Сила, действующая на единицу длины линии, которая ограничивает поверхность жидкости, и направленная тангенциально к поверхности раздела фаз, – это:

1. поверхностное натяжение;
2. капиллярное давление;
3. расклинивающее давление;
4. давление пара.



**33.** В термодинамике поверхностных явлений свободную поверхностную энергию на разделяющей поверхности можно представить в виде энергии Гиббса. Для самопроизвольных процессов изменение энергии Гиббса:

1. меньше 0;
2. больше 0;
3. равно 0;
4. больше и равно 0.

**34.** Концентрирование (сгущение) вещества на поверхности раздела фаз – это:

1. адсорбция;
2. абсорбция;
3. адгезия;
4. смачивание.

**35.** Вещество, на которое адсорбируется другое вещество, – это:

1. адсорбтив;
2. адсорбент;
3. адсорбат;
4. 1) и 3) вместе.

**36.** Обратима и малоспецифична адсорбция:

1. физическая;
2. химическая;
3. хемосорбция;
4. 2) и 3) вместе.

**37.** Необратима и специфична адсорбция:

1. химическая;
2. физическая;
3. Ван-дер-Ваальсова;
4. 2) и 3) вместе.

**38.** С ростом температуры увеличивается адсорбция:

1. физическая;
2. химическая;
3. Ван-дер-Ваальсова;
4. 1) и 3) вместе.

**39.** С ростом температуры уменьшается адсорбция:

1. физическая;
2. химическая;
3. хемосорбция;
4. 2) и 3) вместе.

**40.** Молекулы адсорбированного вещества образуют с адсорбентом поверхностные соединения при адсорбции:

1. физической;
2. химической;
3. хемосорбции;
4. 2) и 3) вместе.

**41.** Теорию мономолекулярной адсорбции разработана:

1. Ленгмюром;
2. БЭТ;
3. Поляни;
4. Смолуховским.

**42.** Избыток адсорбтива в поверхностном слое по сравнению с его количеством в объеме, отнесенный к единице поверхности раздела, характеризует адсорбцию:

1. абсолютную;
2. гиббсовую;
3. избыточную;
4. 2) и 3) вместе.

**43.** Количество адсорбтива, находящееся в объеме адсорбционного слоя, отвечающего единице массы адсорбента, характеризует адсорбцию:

1. абсолютную;
2. гиббсовую;
3. избыточную;
4. 2) и 3) вместе.

**44.** Уравнение Гиббса устанавливает связь между избытком адсорбированного вещества в поверхностном слое, концентрацией поверхностно-активного вещества в растворе и ..... (дополните):

1. поверхностным натяжением на границе жидкость–газ;

2. температурой;
3. давлением;
4. скоростью адсорбции.

**45.** Выберите поверхностно-активные вещества:

1. спирты;
2. неорганические соли;
3. неорганические кислоты;
4. щелочи.

**46.** Выберите поверхностно-инактивные вещества:

1. хлорид натрия;
2. олеат натрия;
3. уксусная кислота;
4. этиловый спирт.

**47.** Согласно представлениям о механизме образования и строения двойного электрического слоя двойной электрический слой следует рассматривать как конденсатор, внутренняя обкладка которого формируется из ....., а внешняя – из противоионов (дополните):

1. потенциалобразующих ионов;
2. ионов адсорбционного слоя;
3. ионов диффузного слоя;
4. многовалентных ионов.

**48.** Знак заряда частиц золя определяется знаком зарядов ионов..... (дополните):

1. адсорбционного слоя;
2. потенциалобразующего слоя;
3. диффузного слоя;
4. адсорбционного и диффузного слоя.

**49.** Противоионы двойного электрического слоя образуют:

1. адсорбционный слой;
2. диффузный слой;
3. потенциалобразующий слой;
4. 1) и 2) вместе.

**50.** Коллоидная частица, которая формируется в результате образования двойного электрического слоя, называется:

1. мицелла;
2. агрегат;
3. глобула;
4. ядро.

**51.** Мицелла, образованная в результате формирования двойного электрического слоя:

1. электронейтральна;
2. имеет положительный заряд;
3. имеет отрицательный заряд;
4. 2) и 3) вместе.

**52.** Изoeлектрическое состояние двойного электрического слоя возникает, когда электрокинетический потенциал:

1. равен 0;
2. больше 0;
3. меньше 0;
4. равен электрическому потенциалу.

**53.** Знак электрокинетического потенциала мицеллы определяется знаком заряда..... (дополните):

1. противоионов;
2. потенциалобразующих ионов;
3. ионов адсорбционного слоя;
4. ионов диффузного слоя.

**54.** По границе скольжения происходит взаимное перемещение дисперсной фазы и дисперсионной среды. Потенциал на границе скольжения называют:

1. электрокинетическим;
2. дзета-потенциалом;
3. термодинамическим (электрическим) ;
4. 1) и 2) вместе.

**55.** Интенсивность электрокинетических явлений определяется величиной:

1. электрокинетического потенциала;
2. потенциала седиментации;

3. потенциала оседания;
4. потенциала течения.

**56.** Если краевой угол смачивания поверхности твердого тела водой меньше 90 градусов, то такие поверхности называют:

1. гидрофильными;
2. гидрофобными;
3. олеофобными;
4. олеофильными.

**57.** При капиллярной конденсации конденсация паров смачивающей жидкости в пористых телах происходит при давлениях, ..... давления насыщенного пара над гладкой поверхностью (дополните):

1. меньших;
2. больших;
3. равных;
4. равных и больших.

**58.** Устойчивость дисперсных систем подразделяют на агрегативную и седиментационную. Агрегативная устойчивость определяется способностью дисперсных систем противодействовать:

1. слипанию;
2. оседанию части;
3. разрушению частиц;
4. дроблению частиц.

**59.** Для обеспечения агрегативной устойчивости лиофильных золей..... (дополните):

1. не требуется стабилизация;
2. требуется стабилизация ПАВ;
3. требуется стабилизация ВМС;
4. требуется стабилизация электролитами.

**60.** Для обеспечения агрегативной устойчивости лиофобных золей:

1. не требуется стабилизация;
2. требуется стабилизация электролитами;

3. требуется стабилизация ВМС
4. 2) и 3) вместе.

**61.** Теория устойчивости и коагуляции, основанная на сопоставлении сил притяжения и отталкивания между частицами дисперсной фазы и дисперсионной среды и позволяющая регулировать коагулирующее действие электролитов, – это теория:

1. Штерна;
2. ДЛФО;
3. Смолуховского;
4. Гельмгольца.

**62.** Агрегация и слипание твердых частиц – это:

1. коагуляция;
2. коалесценция;
3. адгезия;
4. смачивание.

**63.** Слияние капель в эмульсиях с образованием частиц большего размера по сравнению с исходным – это:

1. коалесценция;
2. коагуляция;
3. смачивание;
4. адгезия.

**64.** Согласно правилу Шульце-Гарди, чем выше ..... коагулирующего иона, тем меньше его нужно для коагуляции (дополните):

1. заряд;
2. размер;
3. гидратация;
4. сольватация.

**65.** Самопроизвольный процесс слияния капель жидкости в эмульсиях – это:

1. коалесценция;
2. коагуляция;
3. смачивание;
4. когезия.

**66.** Коагуляционные структуры обычно образуются вследствие потери агрегативной устойчивости свободнодисперсной системы (золя) и последующей ..... (дополните):

1. седиментации;
2. коагуляции;
3. коалесценции;
4. пептизации.

**67.** Образованию коагуляционных структур способствует:

1. увеличение концентрации дисперсной фазы;
2. вытянутая форма частиц;
3. механическое воздействие;
4. 1) и 2) вместе.

**68.** Превращение свободнодисперсной системы в связнодисперсную может быть результатом ..... (дополните):

1. коагуляции;
2. коалесценции;
3. адсорбции;
4. адгезии.

**69.** Согласно уравнению Эйнштейна, вязкость свободнодисперсных систем с ростом концентрации (до 5 %) дисперсной фазы..... (дополните):

1. уменьшается;
2. увеличивается;
3. не изменяется;
4. не изменяется и уменьшается.

**70.** Согласно Бингаму, течение систем с мало прочной структурой начинается тогда, когда напряжение сдвига превысит предел текучести. Тогда вязкость системы..... (дополните):

1. принимает постоянное значение;
2. увеличивается;
3. уменьшается;
4. увеличивается и уменьшается.

**71.** Коллоидные системы, ламинарное течение которых происходит с постоянной вязкостью, называются ..... жидкостями (дополните):

1. нормальными (ньютоновскими);
2. аномальными;
3. бингамовскими;
4. неньютоновскими.

**72.** Растворы ВМС являются ..... (дополните):

1. термодинамически устойчивыми и не требуют стабилизации;
2. термодинамически неустойчивыми и требуют стабилизации

ПАВ;

3. термодинамически неустойчивыми и требуют стабилизации электролитами;

4. термодинамически неустойчивыми и требуют стабилизации электролитами и ПАВ.

**73.** При ограниченном набухании макромолекулы ВМС:

1. поглощают жидкость, но в ней не растворяются;
2. не поглощают жидкость;
3. поглощают жидкость и в ней растворяются;
4. 2) и 3) вместе.

**74.** При неограниченном набухании макромолекулы ВМС:

1. поглощают жидкость, но в ней не растворяются;
2. поглощают жидкость и в ней растворяются;
3. не поглощают жидкость;
4. 1) и 3) вместе.

**75.** Ограниченное набухание макромолекул ВМС приводит к образованию:

- 1) студней;
- 2) глобул;
- 3) мицелл;
4. коагуляционных структур.



**76.** Структурированные высокодисперсные системы с жидкой дисперсионной средой, состоящие из заполненного жидкостью каркаса, который образует структуру из твердых частиц дисперсной фазы, – это:

1. гели;
2. суспензии;
3. золи;
4. взвеси.

**77.** Образованию гелей способствуют:

1. увеличение концентрации дисперсной фазы;
2. вытянутая форма частиц;
3. перемешивание;
4. 1) и 2) вместе.

**78.** Самопроизвольное уменьшение размеров геля, характерное для коагуляционных структур, называют:

1. синерезис;
2. гистерезис;
3. тиксотропия;
4. пептизация.

**79.** Коагуляционные структуры после их разрушения и устранения вызвавшей их нагрузки способны восстанавливаться. Этот эффект называют:

1. тиксотропия;
2. синерезис;
3. гистерезис;
4. пептизация.

**80.** Мицеллообразование в растворах ПАВ ведет к образованию ..... (дополните):

1. клубков;
2. студней;
3. глобул;
4. мицелл коллоидных ПАВ.

**81.** При достижении критической концентрации мицеллообразования (ККМ) в растворах мицеллообразующих ПАВ формируются микрогетерогенные двухфазные системы и происходит образование ..... (дополните):

1. мицелл коллоидных ПАВ;
2. гелей;
3. студней;
4. глобул.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основной

1. Гельфман М.И., Ковалевич О.В., Юстратов В.П. Коллоидная химия. – СПб.: Лань, 2010. – 336 с.
2. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. – СПб.: Лань, 2010. – 416 с.
3. Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. – М.: Высш. шк., 2006. – 444 с.

### Дополнительный

1. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. – М.: Химия, 1976. – 512 с.
2. Зимон А.Д., Лещенко Н.Ф. Коллоидная химия. – М.: Химия, 1995. – 336 с.
3. Зимон А.Д. Коллоидная химия. – М.: Агар, 2003. – 318 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ .....	3
СОДЕРЖАНИЕ КУРСА.....	4
Тема 1. Понятие о дисперсных системах.....	4
Тема 2. Получение и очистка дисперсных систем.....	4
Тема 3. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем.....	5
Тема 4. Оптические свойства дисперсных систем.....	5
Тема 5. Термодинамические основы поверхностных явлений .....	6
Тема 6. Адсорбционные процессы на границе раздела фаз .....	6
Тема 7. Адгезия и смачивание .....	7
Тема 8. Электрические свойства дисперсных систем .....	7
Тема 9. Стабилизация и коагуляция дисперсных систем .....	7
Тема 10. Структурно-механические свойства дисперсных систем .....	8
Тема 11. Виды дисперсных систем .....	8
Тема 12. Растворы высокомолекулярных соединений.....	9
ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ ФОРМУЛЫ МИЦЕЛЛЫ.....	9
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ .....	12
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА.....	13
Контрольные задания.....	13
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ .....	19
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	35

Волкова Ольга Владимировна  
Никишова Наталья Ивановна

# **КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ**

## **Учебно-методическое пособие**

*Ответственный редактор*  
Т.Г. Смирнова

*Титульный редактор*  
Е.О. Трусова

*Компьютерная верстка*  
Н.В. Гуральник

*Дизайн обложки*  
Н.А. Потехина

*Печатается  
в авторской редакции*

---

Подписано в печать 6.03.2015. Формат 60×84 1/16  
Усл. печ. л. 2,33. Печ. л. 2,5. Уч.-изд. л. 2,25  
Тираж 100 экз. Заказ № С 16

---

Университет ИТМО. 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

Издательско-информационный комплекс  
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

