

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



В.Г. Прокошев

« 05 » 06 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ»**

Направление подготовки 04.06.01 - Химические науки

Направление (профиль) подготовки «Физическая химия»

Уровень высшего образования: Подготовка кадров высшей квалификации

Квалификация выпускника «Исследователь. Преподаватель исследователь»

Форма обучения очная

Год	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРА, час.	Форма промежуточного контроля (экс./зачет)
2	3(108)	36	-	-	72	Зачет
Итого	3(108)	36	-	-	72	Зачет

г. Владимир 2015 г.

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины коллоидная химия являются: углубление знаний в области специфических свойств дисперсных систем, которые являются основой многих технологических процессов и широко используются при получении различных материалов, основные свойства которых зависят от дисперсности, природы поверхности и связаны с закономерностями структурообразования; изучение явлений присущих дисперсным системам, что необходимо как для оптимизации химико-технологических процессов, так и при решении задач охраны окружающей среды (очистка сточных вод, улавливание промышленных выбросов).

## **2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО)**

Курс коллоидной химии изучается в вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)».

Перечень дисциплин, необходимых для изучения коллоидной химии:

- Неорганическая химия;
- Органическая химия;
- Физика;
- Математика;
- Физическая химия.

Дисциплина коллоидной химии является одной из теоретических основ необходимой для изучения последующего курса «Физическая химия», а также для проведения соответствующей научно-исследовательской работы.

## **3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

В процессе освоения данной дисциплины аспирант должен обладать следующими универсальными компетенциями:

- готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);

- способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личного развития (УК-5).

Выпускник должен обладать следующими общепрофессиональными компетенциями:

- способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

- готовностью организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук (ОПК-2);

- готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-3).

Выпускник должен обладать следующими профессиональными компетенциями:

- владеть теорией и навыками практической работы в избранной области химии (ПК-1);
- владеть базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований (ПК-2);
- способностью применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов (ПК-3).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

**1) знать:**

основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов (ПК-3);  
основные образовательные программы высшего образования (ОПК-3).

**2) уметь:**

участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);

планировать и решать задачи собственного профессионального и личного развития (УК-5);

организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук (ОПК-2);

**3) владеть:**

способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

владеть теорией и навыками практической работы в избранной области химии (ПК-1);

владеть базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований (ПК-2);

#### 4. Структура и содержание дисциплины (модуля) коллоидная химия

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов

п/п	Раздел дисциплины	Год обучения	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРА	
1.	Введение. Содержание и задачи курса.	2	2	-	-	4	Тестирование
2.	Молекулярно-кинетические и оптические свойства дисперсных систем.	2	6	-	-	12	Тестирование
3.	Термодинамика поверхностных явлений.	2	4	-	-	8	Тестирование
4.	Адсорбция на поверхности раздела фаз. Капиллярные явления.	2	8	-	-	16	Тестирование
5.	Электрокинетические явления в дисперсных системах.	2	6	-	-	12	Тестирование
6.	Устойчивость дисперсных систем.	2	4	-	-	8	Тестирование
7.	Основы физико-химической механики дисперсных систем.	2	6	-	-	12	Тестирование
	Итого:		36	-	-	72	Тестирование

## Содержание курса

### ВВЕДЕНИЕ

Коллоидная химия - наука о физико-химических свойствах дисперсных систем и поверхностных явлениях. Дисперсные системы как особый класс гетерогенных систем. Возрастание роли естественных границ раздела по мере увеличения степени раздробленности одной или нескольких фаз гетерогенной системы. Меры раздробленности дисперсной фазы.

Классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию фаз, по форме и размерам частиц дисперсной фазы, их концентрации и по другим признакам.

Сходство и различие корпускулярных высокодисперсных систем с растворами высокомолекулярных веществ.

Способы получения дисперсных систем.

### МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Понятие о броуновском движении частиц дисперсной фазы и кинетических свойствах дисперсных систем. Толкование корпускулярных высокодисперсных систем как растворов, где "растворителем" служит дисперсионная среда, а в качестве "растворенного вещества" выступает дисперсная фаза. Способы выражения концентрации частиц дисперсной фазы.

Диффузия частиц дисперсной фазы. Понятие о градиенте концентрации, диффузионном потоке, поверхностной плотности диффузионного потока частиц. Законы диффузии Фика. Термодинамическое описание диффузии. Уравнение для коэффициента диффузионной проводимости среды. Обоснование законов Фика. Уравнение для коэффициента диффузии частиц в вязкой среде.

Теория броуновского движения частиц дисперсной фазы. Уравнение для средней квадратичной проекции смещения частиц.

Седиментация частиц дисперсной фазы в поле земного тяготения и центробежном поле. Законы движения отдельной частицы в вязкой среде под действием внешнего силового поля. Понятие о седиментационном потоке и поверхностной плотности седиментационного потока частиц.

Седиментационно-диффузионное равновесие в корпускулярно - дисперсных системах. Понятие о кинетической устойчивости этих систем. Законы распределения концентрации частиц дисперсной фазы в пространстве при седиментационно-диффузионном равновесии в гравитационном поле Земли и центробежном поле. Определение массы и размеров частиц с помощью этих законов.

Седиментационный анализ корпускулярно-дисперсных систем. Расчет радиуса частицы по закону её движения в вязкой среде в поле земного тяготения и центробежном поле. Методы определения скорости движения частиц в случае монодисперсной системы, в том числе метод накопления осадка. Определение радиусов частиц полидисперсной системы и построение кривой распределения частиц по радиусам с помощью метода накопления осадка.

### ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Рассеяние света (излучения) корпускулярно-дисперсными системами, его причины. Ультрамикроскопический метод изучения высокодисперсных систем.

Количественные характеристики явления рассеяния излучения дисперсными системами: поток, поверхностная плотность потока (интенсивность) рассеянного излучения, коэффициент рассеяния среды и др. Закономерности светорассеяния системами с непоглощающими частицами дисперсной фазы. Случай очень мелких частиц сферической формы. Уравнения Рэлея для интенсивности и потока рассеянного излучения и коэффициента рассеяния. Системы с более крупными частицами. Особенности светорассеяния системами с поглощающими частицами дисперсной фазы.

Нефелометрический и фотометрический методы исследования корпускулярно-дисперсных систем. Определение концентрации, размера и формы частиц с помощью этих методов.

### ЭЛЕМЕНТЫ ТЕРМОДИНАМИКИ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Термодинамическое описание гетерогенных систем с учетом естественных границ раздела по методу Гиббса. Понятие о разделяющей поверхности, её макроскопических свойствах. Поверхностное натяжение и площадь разделяющей поверхности как сопряженные свойства, ответственные за механическое взаимодействие с окружающей средой. Фундаментальные уравнения Гиббса для разделяющей поверхности и прилегающих к ней фаз. Свободная энергия разделяющей поверхности (избыточная

свободная энергия или поверхностная свободная энергия), уравнение для полного её дифференциала.

Условия фазового равновесия при наличии искривленной и плоской границы раздела. Метода определения поверхностного натяжения, основанные на- условии механического равновесия фаз.

Понятие об адсорбции. Количественная мера адсорбции. Количественная мера адсорбции компонентов в методе Гиббса. Адсорбционное уравнение Гиббса для общего и частного положения разделяющей поверхности. Анализ уравнения с учетом природы сосуществующих фаз. Поверхностно-активные, поверхностно-инактивные и поверхностно-индифферентные вещества.

Представление о других методах описания явления адсорбции.

Влияние кривизны границы раздела на равновесные свойства сосуществующих фаз. Зависимость давления насыщенного пара над жидкостью или твердым телом от кривизны границы раздела. Капиллярная конденсация. Связь между растворимостью твердого или жидкого вещества в жидкости и кривизной соответствующей границе раздела. Явление рекристаллизации.

Образование новой фазы в однородных пересыщенных системах. Критические зародыши. Понятие о гомогенной и гетерогенной реакции. Кинетика возникновения ядер и их роста. Образование дисперсных систем в результате дробления одной из фаз за счет внешних воздействий.

Проблема учета раздробленности фаз при термодинамическом описании гетерогенных систем.

## АДСОРБЦИЯ И СТРУКТУРА ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ

Адсорбция на границе раздела жидкость - газ; её анализ с помощью адсорбционного уравнения Гиббса. Характер зависимости поверхностного натяжения от концентрации растворенного вещества в жидкой фазе для поверхностно-активных, поверхностно-инактивных и поверхностно-индифферентных веществ. Вид соответствующих изотерм адсорбции. Определение предельной величины поверхностной концентрации растворенного вещества. Строение поверхностного слоя. Расчет размеров молекул растворенного вещества по величине его предельной поверхностной концентрации.

Адсорбция на границе раздела твердое тело - газ; ее особенности. Различные количественные меры адсорбции компонента газовой фазы, связь между ними, их

экспериментальное определение. Изотермы адсорбции, их характер в зависимости от природы и числа компонентов газовой фазы и природы адсорбента. Динамика процесса адсорбции. Понятие о теплоте адсорбции, природе адсорбционных сил, физической и химической адсорбции. Теория мономолекулярной адсорбции Лэнгмюра, основное уравнение теории, Недостаточность лэнгмюровской модели адсорбции, её дальнейшее развитие. Понятие о полимолекулярной адсорбции. Теория адсорбции Брунауэра, Эммета и Теллера, основное уравнение теории.

Адсорбция на границе раздела твердое тело - жидкость, её особенности. Молекулярная адсорбция. Влияние природы растворителя и адсорбента на адсорбцию растворенного вещества. Правило выравнивания полярностей Ребиндера. Количественные закономерности молекулярной адсорбции. Ионная адсорбция. Избирательная адсорбция ионов. Обменная адсорбция. Закономерности ионной адсорбции. Образование двойного электрического слоя на границе раздела твердого тела с жидкостью в результате избирательной адсорбции ионов и его строение. Понятие о мицеллах.

#### ЯВЛЕНИЕ СМАЧИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫЕ ПЛЕНКИ

Растекание жидкости или собирание её в каплю на поверхности твердых и жидких тел. Смачивание и несмачивание твердого тела жидкостью. Термодинамический вывод условия самопроизвольного растекания жидкости или собирания её в каплю.

Влияние добавок поверхностно-активных веществ к жидкой фазе и предварительной обработки поверхности твердого тела на смачиваемость. Применение явления смачивания или несмачивания в технике.

Мономолекулярные пленки нерастворимых веществ на границе раздела жидкость-газ. Исследование этих пленок методом подвижного барьера. Изотермы сжатия пленок. Толкование поверхностных пленок как двумерных (поверхностных) растворов. Поверхностное давление как двумерный аналог осмотического давления. Термодинамический вывод зависимости поверхностного давления от поверхностной концентрации вещества, образующего пленку. Применение метода поверхностных пленок для изучения строения молекул вещества пленки.

Тонкие пленки смазывающих материалов на границе двух твердых тел. Механизм смазывающего действия пленок.



## ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМАХ

Общие представления об электрокинетических явлениях. Электрофорез, электроосмос, потенциал течения, потенциал седиментации, способы их наблюдения. Практическое использование этих явлений.

Теория электрокинетических явлений. Двойной электрический слой на границе раздела фаз, причины его возникновения. Строение двойного электрического слоя. Понятие о плоскости скольжения и электрокинетическом потенциале. Уравнение для скорости относительного движения фаз под действием постоянного электрического поля. Расчет по этому уравнению электрокинетического потенциала на основе опытных данных по электрофорезу или электроосмосу. Влияние природы и концентрации электролитов на скорость относительного движения фаз и электрокинетический потенциал.

## УСТОЙЧИВОСТЬ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Общие представления об устойчивости дисперсных систем. Агрегативная и седиментационная устойчивость. Коагуляция и рекристаллизация частиц дисперсной фазы как проявление агрегативной неустойчивости дисперсных систем. Термодинамическое обоснование агрегативной неустойчивости.

Стабилизированные (заторможенные) состояния дисперсных систем. Стабилизация по отношению к коагуляции. Анализ явления коагуляции с позиций эффективных двойных столкновений частиц дисперсной фазы.

Кривые потенциальной энергии взаимодействия двух частиц. Понятие о потенциальном барьере, быстрой и медленной коагуляции. Факторы, определяющие величину потенциального барьера.

Коагуляция частиц дисперсной фазы в гидрозолях под действием электролитов. Правила коагуляции электролитами. Особые явления, наблюдаемые при коагуляции электролитами: привыкание, неправильные ряды, синергизм, антагонизм, коллоидная защита, сенсбилизация. Современные представления о механизме коагулирующего действия электролитов. Коагуляция под действием перемешивания, ультразвука, нагревания, замораживания и других факторов.

Кинетика коагуляции. Скорость коагуляции, её выражение через число эффективных двойных столкновений частиц дисперсной фазы. Кинетика быстрой коагуляции монодисперсных систем по Смолуховскому и полидисперсных систем по Мюллеру. Основные кинетические уравнения, их анализ. Кинетика медленной коагуляции.

# ОСНОВЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

## СТРУКТУРИРОВАННЫЕ ДИСПЕРСИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Общие представления о структурированных системах. Дисперсионные системы со структурной сеткой, образованной элементами дисперсионной фазы (гели). Коагуляционные и конденсационно-кристаллизационные структуры по Ребиндеру. Концентрированные эмульсии и пены как обращенные структурированные системы, где структурная сетка образована дисперсной средой.

Упругопластические и реологические свойства структурированных систем, их связь с особенностями структур. Явление тиксотропии. Влияние добавок поверхностно-активных веществ на прочность структурированных систем.

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Изложение лекционного курса осуществляется в виде устных лекций с применением электронных средств обучения.

В качестве демонстрационного материала используются рисунки и таблицы по излагаемому материалу.

Для лучшего усвоения теоретических основ в процессе изучения дисциплины используются лабораторные работы, позволяющие наглядно представить многие физико-химические процессы.

Интерактивные методы обучения.

При прохождении лабораторного практикума студентам предлагается работать в малых группах: учебная группа разбивается на несколько небольших групп – по 2-3 человека. Каждая группа выполняет задание (лабораторные опыты) из лабораторного практикума. Процесс выполнения осуществляется на основе обмена мнениями и выбора оптимального пути решения, т.е. используется метод разбора конкретных ситуаций.

На основе полученных данных по всем опытам каждый студент заполняет свой лабораторный журнал, где записывает результаты опытов, наблюдения, составляет уравнения реакций химических процессов, производит соответствующие математические расчеты и результаты представляет в виде таблиц или графической зависимости.

На собеседовании с преподавателем студент представляет оформленный отчет по данной лабораторной работе и отвечает на вопросы преподавателя, связанные с методикой работы, результатами и выводами. По ряду работ предусматривается применение тестового метода «защиты».

Групповая работа в химической лаборатории стимулирует согласованное взаимодействие между студентами, отношения взаимной ответственности и сотрудничества. При формировании групп учитывается два признака: степень химической подготовленности студентов и характер межличностных отношений. В ряде случаев студентам самим предлагается разбиться на группы, состав которых впоследствии может корректироваться для повышения качества работы.

В лабораторном практикуме при выполнении отдельных опытов используется метод проблемного обучения: студент получает задание на химический процесс, методику которого он должен подобрать самостоятельно, исходя из имеющихся реактивов, обсудить ее с преподавателем и затем приступить к его выполнению.

Лабораторный практикум выполняется по учебно-методическим пособиям, разработанным применительно для студентов соответствующего направления. Полученные экспериментальные данные записываются студентами в рабочую тетрадь. По итогам каждой лабораторной работы студент оформляет письменный отчет. Наличие такого практикума позволяет студентам заранее подготовиться к собеседованию или тестированию при защите конкретной лабораторной работы.

#### 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ АСПИРАНТОВ

Для текущего контроля успеваемости аспирантов используются тестирование, а также проверочные работы для контроля самостоятельной работы. Промежуточной аттестацией по итогам освоения дисциплины является зачет.

Примеры заданий для проведения тестирования:

#### **Вопросы для проведения тестирования, СРА и зачета**

##### **Тесты**

**ВОПРОС 1.2.1.** *Какое из положений, характеризующих молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем, не соответствует экспериментальным данным?*

**ОТВЕТЫ:**

1. Степень дисперсности — это величина, обратная линейному размеру частиц дисперсной фазы.
2. По степени дисперсности все системы классифицируются на грубодисперсные, микрогетерогенные, истинно—коллоидные, молекулярные и ионодисперсные — истинные растворы.
3. К молекулярно—кинетическим свойствам дисперсных систем относятся броуновское движение, диффузия, осмос и седиментация.
4. Броуновское движение имеет молекулярно —кинетическую природу и является следствием теплового движения молекул.
5. Явление диффузии свойственно всем системам от молекулярных до грубодисперсных. Скорость процесса зависит от величины и формы частиц дисперсной фазы; процесс идет тем быстрее, чем выше температура и крупнее частицы.
6. Поскольку равномерное распределение вещества—фазы по всему объему раствора наиболее вероятно, процесс диффузии идет с увеличением энтропии и является самопроизвольным.

7. Под концентрацией дисперсной системы следует считать число кинетических единиц — коллоидных частиц в единице объема системы, т.е. численную концентрацию частиц дисперсной фазы.

8. Особенность осмотического давления коллоидных растворов по сравнению с истинными — его малое значение и непостоянство.

9. Малое осмотическое давление любой коллоидной системы объясняется тем, что благодаря большой массе частиц дисперсной фазы при одинаковой весовой концентрации численная концентрация коллоидного раствора всегда значительно меньше, чем истинного.

**ВОПРОС 1.2.2.** *Проанализируйте утверждения, характеризующие броуновское движение. Какое из них ошибочно?*

**ОТВЕТЫ:**

1. Хаотическое движение частицы дисперсной фазы охватывает определенный объем пространства, возрастающий во времени. В горизонтальной плоскости он соответствует возрастающей площади, пропорциональной квадрату среднего сдвига.

2. Для сферической частицы радиуса  $r$  значение квадрата среднего сдвига прямо пропорционально абсолютной температуре и времени наблюдения и обратно пропорционально сопротивлению среды.

3. Броуновское движение свойственно любым частицам как органического, так и неорганического происхождения. Оно проявляется тем интенсивнее, чем больше температура и меньше вязкость среды.

4. Когда коллоидная частица поднимается в броуновском движении, потенциальная энергия системы возрастает и теплота окружающей среды превращается в механическую работу в отсутствие начальной разности температур.

5. Броуновское движение — реальный опыт, показывающий, независимо от какой бы то ни было молекулярной теории, что вечный двигатель второго рода постоянно “действует”, хотя и не может быть практически использован.

**ВОПРОС 1.2.3.** *Рассчитайте отношение значений среднего сдвига частиц с радиусами  $r_1 = 2 \cdot 10^{-9}$  м и  $r_2 = 8 \cdot 10^{-7}$  м при их броуновском движении за равные отрезки времени.*

**ОТВЕТЫ:**

1.  $6,25 \cdot 10^{-6}$

2.  $2,5 \cdot 10^{-3}$

3.  $5,0 \cdot 10^{-2}$

4.  $2,0 \cdot 10$

5.  $4,0 \cdot 10^2$

**ВОПРОС 1.2.4.** *Какое из указанных явлений не характерно для истинно коллоидных систем?*

**ОТВЕТЫ:**

1. Коллоидные растворы способны рассеивать свет или опалесцировать, что указывает на их неоднородность.

2. Коллоидно—дисперсные системы способны к диализу, т.е. они могут быть очищены от различных примесей кристаллических веществ.

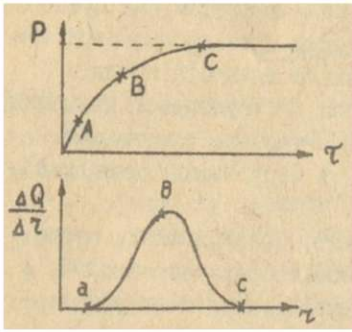
3. Частицы дисперсной фазы могут обладать электрическим зарядом, поэтому коллоидные растворы обнаруживают явление электролиза.

4. Для коллоидных систем характерна весьма медленная диффузия.

5. Величина осмотического давления для коллоидных растворов характеризуется малым значением и непостоянством.

6. Коллоидные системы отличаются агрегативной неустойчивостью и способны коагулировать под влиянием внешних воздействий.

**ВОПРОС 1.2.5.** *Какие из точек "а", "в", "с" на дифференциальной кривой распределения не соответствуют точкам "А", "В", "С" на кривой седиментации?*



ОТВЕТЫ:

1. только точка «а»
2. только точка «в»
3. только точка «с»
4. точки «а» и «в»
5. точки «а» и «с»
6. точки «в» и «с».

**ВОПРОС 1.3.1.** Изучите положения, характеризующие методы получения дисперсных систем. Какое из них недостаточно обоснованно?

ОТВЕТЫ:

1. Коллоидные системы, занимающие промежуточное положение между грубодисперсными и молекулярными, могут быть получены либо объединением молекул или ионов в агрегаты, либо в результате диспергирования больших частиц до требуемых размеров.
2. Диспергирование — это измельчение твердых или жидких тел в инертной, не взаимодействующей с измельчаемым веществом, среде.
3. В противоположность растворению диспергирование проходит, как правило, не самопроизвольно, а с затратой внешней работы.
4. В отдельных случаях твердое тело или жидкость могут самопроизвольно диспергироваться в жидкой среде с образованием коллоидной или микрогетерогенной лиофильной системы.
5. Пример физической конденсации— образование тумана: при понижении температуры воздуха давление водяного пара становится выше равновесного и в газовой фазе возникает новая жидкая фаза.
6. Метод химической конденсации заключается в образовании новой фазы в гомогенной среде в результате изменения состава среды.

**ВОПРОС 1.3.2.** Найти отношение скоростей оседания капелек водяного тумана, если их радиусы равны соответственно:  $r_1=10^{-4}$  м и  $r_2=10^{-6}$  м

ОТВЕТЫ:

1.  $10^{-6}$
2.  $10^{-4}$
3.  $10^{-2}$
4.  $10^2$
5.  $10^4$

**ВОПРОС 1.3.2.** В каком из приведенных примеров вещество дисперсной фазы — твердое тело, а вещество дисперсионной среды — жидкость?

ОТВЕТЫ:

1. дымы, пыли, смог
2. мыльные пены, эмульсии
3. гидрозоль, органозоль
4. уголь, силикагель
5. сплавы, ситаллы
6. нефть, молоко
7. минералы: опал, жемчуг.

**ВОПРОС 1.3.4.** Какое из уравнений не следует использовать для определения молекулярно-кинетических свойств коллоидно-дисперсных систем? ОТВЕТЫ:

1.  $p = cRT$
2.  $dm = -DA \frac{dc}{dx} d\tau$
3.  $\overline{\Delta x^2} = \frac{RT\tau}{3\pi\eta r N_A}$
4.  $\overline{\Delta x^2} = 2D\tau$
5.  $D = \frac{RT}{6\pi\eta r N_A}$

где  $c$  — молярная концентрация;  $p$  — осмотическое давление;  $D$  — коэффициент диффузии.

**ВОПРОС 1.3.5.** Найти отношение осмотических давлений для двух гидрозоль сернистого мышьяка одинаковой концентрации, но различной дисперсности с радиусами сферических моночастиц соответственно  $r_1 = 3 \cdot 10^{-8}$  м и  $r_2 = 6 \cdot 10^{-9}$  м.

ОТВЕТЫ:

1.  $3,8 \cdot 10^{-6}$
2.  $8 \cdot 10^{-3}$
3. 0,7
4. 5,0
5. 11,0

### КОНТРОЛИРУЮЩАЯ ПРОГРАММА 2.1.

**ВОПРОС 2.1.1.** Ознакомьтесь с положениями, характеризующими поверхностные явления. Какое из них — неудовлетворительно?

ОТВЕТЫ:

1. Поверхностными называется тонкий трехмерный слой, образующийся на поверхности контактирующих фаз и имеющий конечные размеры.
2. На границе раздела жидкость — газ равнодействующая сил межмолекулярного взаимодействия направлена нормально к поверхности в сторону жидкой фазы.

3. Работа, совершаемая в изотермических условиях в процессе перевода молекулы из объемной фазы в поверхностный слой, равна увеличению свободной поверхностной энергии.
4. Поверхностная энергия — это работа разрыва связей при дроблении твердых тел, связанная с увеличением поверхности раздела.
5. Внутреннее давление — это сила, с которой поверхностный слой воздействует на объем фазы.

**ВОПРОС 2.1.2.** Изучите определения, характеризующие природу поверхностного натяжения. Какое из них требует уточнения?

ОТВЕТЫ:

1. Работа образования единицы поверхности, совершаемая против сил внутреннего давления, называется поверхностным натяжением.
2. Величина  $\sigma$  — поверхностное натяжение — является коэффициентом пропорциональности между работой, затраченной на изменение площади поверхности и этим изменением площади.
3. Согласно экспериментальным данным поверхностное натяжение линейно уменьшается с ростом температуры вплоть до критической.
4. Величина  $\sigma$  характеризует межмолекулярное сцепление, полярность жидкости и связана с дипольным моментом, поляризуемостью вещества и диэлектрической проницаемостью.
5. Все утверждения справедливы.

**ВОПРОС 2.1.3.** В каком случае переход к следующему фрагменту вывода уравнение адсорбции Гиббса недостаточно обосновано?

ОТВЕТ:

1. Изменение свободной энергии поверхностного слоя:

$$dF = \sigma dA + Ad\sigma + \sum_i \mu_i dn_i + \sum n_i d\mu_i \quad (1)$$

2. По аналогии с уравнением Гиббса-Дюгема:

$$Ad\sigma + \sum n_i d\mu_i = 0 \quad (2)$$

3. Ограничиваясь только изотермическими процессами и разделив обе части уравнения (2) на  $A$ , получим,  $d\sigma = -\sum \Gamma_i d\mu_i$

4. Для бинарной система (индекс 1 — растворитель, 2 — растворенное вещество  $d\sigma = -\Gamma_1 d\mu_1 - \Gamma_2 d\mu_2$

5. Так как  $d\mu = RT d \ln a$ , допуская замену активности на концентрацию для разбавленных растворов, получим  $\Gamma = -\frac{c}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dc}$

**ВОПРОС 2.1.4.** Для каких из приведенных веществ в случае водных растворов величина  $d\sigma/dc$  больше нуля?

1. неорганические электролиты
2. органические кислоты
3. спирты
4. белки
5. сложные эфиры.



## КОНТРОЛИРУЮЩАЯ ПРОГРАММА 2.2.

**ВОПРОС 2.2.2.** Изучите положения, характеризующие природу адсорбционных сил. Какое из них не соответствует современным представлениям?

ОТВЕТЫ:

1. Адсорбционными называются силы межмолекулярного взаимодействия между молекулами или атомами, находящимися в разных фазах.
2. Как силы особого рода адсорбционные силы обладают ориентационным, индукционным и дисперсионным взаимодействием.
3. Для понимания природы адсорбционных сил необходимо учитывать, что в акте адсорбции молекула адсорбата взаимодействует не с одним, а со всеми ближайшими атомами адсорбента, т.е. с объемом.
4. Толщина адсорбционных слоев может достигать тысяч ангстрем, этот факт указывает на дальное действие адсорбционных сил.
5. Теория межмолекулярных сил показывает, что все три компоненты энергии притяжения: ориентационная, индукционная и дисперсионная составляющие обратно пропорциональны шестой степени расстояния.

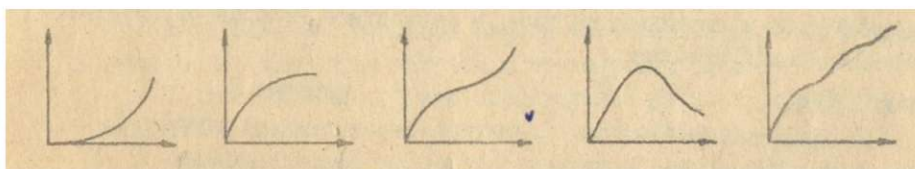
**ВОПРОС 2.2.3.** Какая из приведенных зависимостей называется изотермой адсорбции?

ОТВЕТЫ:

1.  $a = f(T)$
2.  $a = f(P)$
3.  $P = f(T)$
4.  $P = f(a)$
5.  $T = f(P)$

**ВОПРОС 2.2.4.** Изучите кривые, представляющие зависимость количества адсорбируемого вещества (ордината) от давления в газовой фазе (абсцисса) для межфазной поверхности раздела твердое тело — газ. Какая из кривых характерна для теории адсорбции БЭТ?

ОТВЕТЫ:



**ВОПРОС 2.2.5.** Проанализируйте уравнения, описывающие адсорбцию на твердой и жидкой поверхности раздела фаз. Какое из них является эмпирическим?

ОТВЕТЫ:

1.  $a(1 + kP) = a_{\max} kP$   $k$  – константа
2.  $\lg a = \lg b + \frac{1}{n} \lg P$   $b, n$  – константы
3.  $\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{kc}{1 + kc}$   $c$  – концентрация

$$4. a = \frac{a_{\max} kP / P_s}{\left(1 - \frac{P}{P_s}\right) \left[1 + (k-1) \frac{P}{P_s}\right]} \quad P_s - \text{давление насыщенного пара}$$

$$5. a = K_f P \quad K_f - \text{константа Генри}$$

### 3. Адсорбция

#### КОНТРОЛИРУЮЩАЯ ПРОГРАММА 3.1.

**ВОПРОС 3.1.1.** Изучите положения, характеризующие адсорбцию на межфазной поверхности твердое тело – газ. Какое из них не согласуется с исходными положениями теории адсорбции Ленгмюра?

ОТВЕТЫ:

1. Адсорбция молекул адсорбтива происходит на активных центрах, находящихся на поверхности твердого адсорбента.
2. Адсорбированные молекулы удерживаются активными центрами только в течение определенного времени, которое не зависит от температуры.
3. Поверхностная концентрация адсорбтива пропорциональна давлению газа и концентрации свободных активных центров.
4. Вследствие малого радиуса действия адсорбционных сил и их способности к насыщению поверхность адсорбента может быть заполнена только одним мономолекулярным слоем адсорбтива.
5. Адсорбированные на соседних активных центрах молекулы адсорбтива не взаимодействуют между собой.
6. Адсорбция представляется как квазихимическая реакция между молекулой газа и активным центром, в результате которой образуется адсорбированный комплекс.

**ВОПРОС 3.1.2.** Какую из приведенных величин определяет частная производная от термодинамического потенциала по площади?

$$\left(\frac{dG}{dA}\right)_{T,P,c}$$

ОТВЕТЫ:

1. химический потенциал
2. внутренняя энергия
3. поверхностное натяжение
4. поверхностная активность
5. свободная энергия.

**ВОПРОС 3.1.3.** Проанализируйте следующие исходные положения теории молекулярной адсорбции Поляни. Какое из них не соответствует современным теоретическим и экспериментальным данным?

ОТВЕТЫ:

1. Адсорбция обуславливается только физическими Ван-дер-ваальсовыми силами. На поверхности адсорбента нет активных центров.

2. Адсорбционные силы действуют на расстояния, превышающие размеры отдельных молекул адсорбтива. Образуется адсорбционный объем.
3. Каждая точка внутри адсорбционного объема характеризуется определенным значением адсорбционного потенциала.
4. Адсорбционный потенциал представляет собой изотермическую работу сжатия газа (пара) при переводе его из объемной фазы в область поверхностного слоя с давлением, отличным от равновесного.
5. Действие адсорбционных сил по мере удаления от межфазной поверхности уменьшается и на некотором расстоянии равно нулю.
6. Зависимость адсорбционного потенциала от адсорбционного объема носит название характеристической кривой.

**ВОПРОС 3.1.4.** *Какой из перечисленных экспериментальных методов не позволяет определять поверхностное натяжение?*

**ОТВЕТЫ:**

1. Метод максимального давления пузырька (метод Ребиндера)
2. Метод перемещения шарика в дисперсионной среде
3. Сталагмометрический метод отрыва капли жидкости
4. Тензиметрический метод отрыва кольца
5. Метод капиллярного поднятия жидкости.

**ВОПРОС 3.1.5.** *Изучите положения, характеризующие адсорбцию на межфазной поверхности твердое тело — газ (пар). Какое из них существенно отличается от основных положений теории полимолекулярной адсорбции паров Брунауэра — Эмметта — Теллера?*

**ОТВЕТЫ:**

1. На поверхности твердого адсорбента имеются неравноценны в энергетическом отношении активные центры.
2. Адсорбция многослойна. Каждая молекула первого слоя служит центром для адсорбции второго и последующих слоев.
3. Первый слой адсорбтива образуется в результате действия Ван-дер-ваальсовых сил, последующие — в результате компенсации.
4. Адсорбированная фаза представляется как совокупность адсорбированных комплексов — молекулярных цепочек, которые энергетически не взаимодействуют друг с другом.
5. Теплоты адсорбции единичного и двойного комплексов приблизительно одинаковы и равны теплоте объемной конденсации.
6. Адсорбцию молекул пара можно рассматривать как серию квазихимических реакций образования адсорбционных комплексов.
7. При значениях давления в газовой фазе, далеких от давления насыщенного пара, образуется мономолекулярный слой.
8. При увеличении давления в газовой фазе число свободных активных центров сокращается, а число кратных комплексов растет.
9. Объемная конденсация пара происходит при достижении давлений, равных давлению насыщенного пара при данной температуре

10. Предполагается, что площадь, приходящаяся на одну молекулу адсорбтива в поверхностном слое, - постоянная величина. Это дает возможность вычислять величину удельной поверхности адсорбента.

#### 4. Электрические явления на поверхности

##### КОНТРОЛИРУЮЩАЯ ПРОГРАММА 4.1.

**ВОПРОС 4.1.1.** *Проанализируйте нижеприведенные положения, характеризующие механизм образования двойного электрического слоя, Найдите положение, являющееся либо неверным, либо спорным!*

ОТВЕТЫ:

1. Электрические явления на межфазных поверхностях — следствие избыточной поверхностной энергии — результат взаимодействия соприкасающихся фаз между собой.
2. Специфическая адсорбция ионов — переход из жидкой фазы в поверхностный слой частиц дисперсной фазы – сопровождается перераспределением зарядов в области поверхностного слоя.
3. Если межфазная поверхность образована веществами, не способными обмениваться зарядами, то двойной электрический слой может образоваться в результате ориентирования полярных молекул.
4. Переход ионов или электронов из одной фазы в другую на границе раздела называется поверхностной диссоциацией.
5. Адсорбция ионогенного поверхностно—активного вещества может происходить на границе двух несмешивающихся жидкостей, например, воды и бензола. Полярная группа молекулы поверхностно—активного вещества, обращенная к воде, будет диссоциировать; в результате диссоциации межфазная поверхность приобретает заряд.
6. Если в систему металл — вода добавить хлористый натрий, то за счет избирательной адсорбции анионов хлора на металле появится избыточный отрицательный заряд, в близлежащем слое раствора будет избыточный положительный заряд из ионов натрия.
7. При контакте металла с газовой фазой происходит переход электронов от металла к газу. Межфазная поверхность заряжается.

**ВОПРОС 4.1.2.** *Изучите положения, характеризующие механизм образования двойного слоя ионов на примере образования золь сульфата бария. Какое из них требует уточнения?*

ОТВЕТЫ:

1. При сливании водных растворов хлорида бария и сульфата натрия образуется золь сульфата бария.
2. В зависимости от условий (концентрация компонентов, температуры и других) образуются микрокристаллики  $\text{BaSO}_4$  большей или меньшей дисперсности.

3. Если исходные компоненты взяты не в строго стехиометрических соотношениях, то ионы бария или сульфат-ионы могут оказаться в значительном избытке.
4. При избытке, например ионов бария, они начнут переходить из раствора в твердую фазу и занимать вакантные места, достраивая кристаллическую решетку.
5. При этом твердая фаза приобретает положительный заряд, жидкая — отрицательный. Избыточные сульфат-ионы вследствие кулоновского взаимодействия подтянутся из раствора к адсорбированным на поверхности ионам бария — образуется двойной слой ионов.
6. Ионы бария, вызывающие в данном случае возникновение межфазного потенциала, называются потенциалопределяющими.
7. Сульфат-ионы, концентрирующиеся в растворе около заряженной поверхности кристаллов сульфата бария называются противоионами.

**ВОПРОС 4.1.3.** Изучите положения, обосновывающие вывод термодинамического соотношения между электрическим потенциалом и поверхностным натяжением (уравнения Липпмана). Укажите неточное.

ОТВЕТЫ:

1. Изменение энергии Гиббса поверхностного слоя

$$dG = -SdT + VdP + \sigma dA + \varphi dq \quad (1)$$

где  $\varphi$  — электрический потенциал,  $q$  — заряд поверхности.

2. Изменение поверхностной энергии при  $T=\text{const}$  и  $P=\text{const}$

$$dG = \sigma dA + \varphi dq \quad (2)$$

- Полный дифференциал

$$dG = \sigma dA + Ad\sigma + \varphi dq + qd\varphi \quad (3)$$

4. Вычитая третье уравнение из второго, получаем  $\frac{d\sigma}{d\varphi} = -\frac{q}{A} = -q_A$

где  $q_A$  — заряд единицы поверхности.

5. Согласно уравнению Липпмана при любом механизме образования двойного слоя увеличение потенциала всегда приводит к увеличению поверхностного натяжения.

6. Из сопоставления уравнений Липпмана и Гиббса следует  $q_A = \Gamma z l'$ ,

где  $\Gamma$  — избыточная концентрация ионов в поверхностном слое.

ВОПРОС 4.1.4. Изучите схемы строения мицелл для какого случая формирование коллоидных частиц происходит путем поверхностной диссоциации? ОТВЕТЫ:

1.  $\{[m(\text{ZnS})n\text{Zn}^{2+}](n-x)\text{SO}_4^{2-}\}x\text{SO}_4^{2-}$
2.  $\{[m(\text{SiO}_2)n\text{SiO}_3^{2-}]2(n-x)\text{H}^+\}2x\text{H}^+$
3.  $\{[m(\text{BaSO}_4)n\text{SO}_4^{2-}]2(n-x)\text{Na}^+\}2x\text{Na}^+$
4.  $\{[m(\text{AgI})n\text{Ag}^+](n-x)\text{NO}_3^-\}x\text{NO}_3^-$
5.  $\{[m(\text{H}_2\text{SnO}_3)n\text{SnO}^{2+}]2(n-x)\text{Cl}^-\}2x\text{Cl}^-$
6.  $\{m[\text{Zn}(\text{OH})_2]n\text{Zn}^{2+} \cdot 2(n-x)\text{Cl}^-\}2x\text{Cl}^-$

ВОПРОС 4.1.5. Какое из определений, характеризующих электрокинетические явления, можно считать противоречивым?

ОТВЕТЫ:

1. Явление переноса жидкости под действием внешнего электрического поля, наблюдаемое в капиллярно—пористых телах, а также в одиночных капиллярах, называется электроосмосом.
2. Перемещение частиц дисперсной фазы в электрическом поле относительно дисперсионной среды называется электрофорезом.
3. Возникновение разности потенциалов между двумя сторонами пористой диафрагмы при пропускании через нее воды либо между концами одиночного капилляра при протекании через него воды называется потенциалом течения.
4. Появление разности потенциалов между двумя электродами, расположенными на разной высоте сосуда, в котором оседает (перемещается) суспензия мелкодисперсного кварца, называется потенциалом оседания или потенциалом седиментации.
5. Электрокинетические явления проявляются тем слабее, чем мельче частицы дисперсной фазы, и исчезают совсем при переводе дисперсной системы в молекулярный раствор.
6. Причина электрокинетических явлений заключается в существовании противоположных зарядов твердой и жидкой фаз системы.
7. Разноименность зарядов фаз приводит в случае неподвижного пористого тела в электрическом поле к перемещению подвижных противоионов вместе с жидкой фазой.
8. Сущность электрокинетических явлений заключается в передвижении частиц дисперсной фазы и дисперсионной среды при приложении к системе разности

потенциалов или, наоборот, в возникновению разности потенциалов при относительном перемещении фазы и среды.

## **КОНТРОЛИРУЮЩАЯ ПРОГРАММА 4.2.**

**ВОПРОС 4.2.1.** *Проанализируйте рассуждения о природе электрокинетического потенциала и укажите ошибочное?*

**ОТВЕТЫ:**

1. Электрокинетический потенциал — это электрический потенциал, отсчитываемый от границы скольжения до уровня в жидкой фазе, достаточно удаленного от межфазной границы раздела.
2. Граница скольжения устанавливается при относительном перемещении фаз, например при течении жидкости вдоль твердой поверхности.
3. Невозможно указать точное положение границы скольжения.
4. С достаточной уверенностью можно предположить, что первый слой ионов и первый слой молекул воды, смачивающих твердую фазу не перемещаются относительно твердой фазы при течении жидкости.
5. Электрокинетический потенциал возникает при относительном перемещении фаз под действием приложенного электрического поля.

**ВОПРОС 4.2.2.** *Рассмотрите положения, описывающие механизм образования двойного электрического слоя ионов. Какое из них противоречит экспериментальным данным?*

**ОТВЕТЫ:**

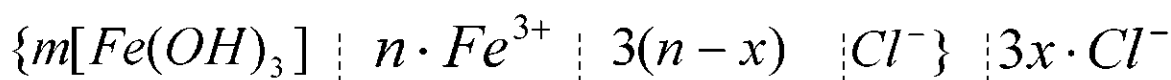
1. На границе вода — твердый йодид серебра в воду будут переходить преимущественно ионы серебра, так как они более гидратированы.
2. Поверхность йодида серебра будет иметь некоторый избыток ионов йода, который со стороны воды будет нейтрализован избытком ионов серебра в прилегающем слое.
3. Этот процесс приведет к возникновению межфазного скачка потенциалов, препятствующего дальнейшему переходу ионов.
4. Двойной слой ионов образуется самопроизвольно, а в результате уменьшения энергии поверхностного слоя.
5. В результате процесса перехода ионов устанавливается равновесие, которому соответствует определенное значение скачка потенциалов.

**ВОПРОС 4.2.3.** *Какое из явлений наблюдается, если жидкость под влиянием разности потенциалов перемещается через пористую неподвижную мембрану к одному из электродов?*

1. Электролиз
2. электрофорез
3. электроосмос
4. эффект Квинке
5. эффект Дорна
6. электродиализ.

**ВОПРОС 4.2.4.** Какая из указанных линий - более вероятная граница скольжения при перемещении мицеллы в электрическом поле?

ОТВЕТЫ:



**ВОПРОС 4.2.5.** Для какого случая формирование коллоидных частиц происходит путем поверхностной ионизации?

ОТВЕТЫ:

1.  $\{[m(Au) \cdot nAuO_2^{-}](n-x)K^{+}\}xK^{+}$
2.  $\{[m(HgS) \cdot nHS^{-}](n-x)H^{+}\}xH^{+}$
3.  $\{[m(SiO_2) \cdot nSiO_3^{2-}][2(n-x)H^{+}]\}2xH^{+}$
4.  $\{[m(ZnS) \cdot nZn^{2+}](n-x)SO_4^{2-}\}xSO_4^{2-}$
5.  $\{m[Fe(OH)_3] \cdot nFeO^{+} \cdot (n-x)Cl^{-}\}xCl^{-}$
6.  $\{[m(AgI) \cdot nAg^{+}](n-x)NO_3^{-}\}xNO_3^{-}$

#### КОНТРОЛИРУЮЩАЯ ПРОГРАММА 4.3.

**ВОПРОС 4.3.1.** Проанализируйте положения характеризующие строение двойного электрического слоя. Какое из них не согласуется с современными теоретическими и экспериментальными данными?



ОТВЕТЫ:

1. Двойной электрический слой состоит из ионов одного знака, относительно прочно связанных с дисперсной фазой, и эквивалентного количества противоположно заряженных ионов, находящихся в дисперсионной среде вблизи межфазной поверхности.
2. Заряд на поверхности твердой дисперсной фазы в первом приближении рассматривается как поверхностный заряд.
3. Двойной электрический слой образуется в результате избирательной адсорбции одного из ионов, присутствующих в дисперсионной среде.
4. Двойной электрический слой на межфазной границе твердое тело — жидкость представляется как плоский конденсатор, одна обкладка которого связана с поверхностью твердого тела, а другая, несущая противоположный заряд, находится в жидкости вблизи поверхности.
5. Вследствие теплового движения ионов противоионы рассеяны в жидкой фазе на некотором расстоянии.

**ВОПРОС 4.3.2.** При каких значениях электрокинетического потенциала в милливольтках дисперсная система может считаться устойчивой?

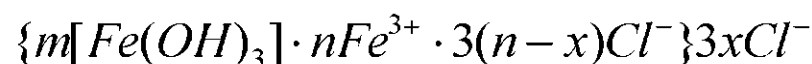
ОТВЕТЫ:

1. 0...30
2. 0...50
3. 0...100
4. 30...70
5. 50...100

**ВОПРОС 4.3.3.** Какое из уравнений соответствует теории строения двойного электрического слоя, предложенной Штерном?

1.  $\sigma = \frac{\varepsilon}{4\pi\delta} \varphi$
2.  $c_i = c_0 \exp\left(-\frac{Fz_i\varphi}{RT}\right)$
3.  $\xi = 4\pi\eta Q_s / \varepsilon l$
4.  $c = c_0 \exp\left(-\frac{\Phi + zF\varphi}{RT}\right)$
5.  $\xi = 4\pi\eta U / \varepsilon H$

ВОПРОС 4.3.5. Изучите определения, характеризующие структуру мицеллы



Какое из них неточно?

ОТВЕТЫ:

1. m — число нейтральных молекул, образующих агрегаты
2. n — число потенциалобразующих ионов
3. 3(n-x) — число противоионов, находящихся вблизи поверхности

4.  $x$  – число противоионов, рассеянных в жидкой фазе на некотором расстоянии от границы раздела

5.  $(n-x)+x$  – число ионов, находящихся в диффузионном слое.

## 5. Устойчивость и коагуляция дисперсных систем

### КОНТРОЛИРУЮЩАЯ ПРОГРАММА 5.1.

**ВОПРОС 5.1.1.** Среди утверждений, характеризующих устойчивость дисперсных систем, найдите неточное.

ОТВЕТЫ:

1. Устойчивость дисперсных систем характеризуется неизменностью во времени размеров частиц дисперсной фазы и сохранением их равномерного распределения в дисперсионной среде.

2. Все дисперсные системы термодинамически неустойчивы.

3. Кинетической называется устойчивость дисперсной системы по отношению к гравитационному или центробежному полям.

4. Коагуляция — процесс слипания частиц дисперсной фазы в более крупные агрегаты, приводящий к потере кинетической устойчивости, разделению фаз и, как следствие, к разрушению системы.

5. Агрегативной устойчивостью называется способность системы противостоять укрупнению частиц дисперсной фазы.

6. Коагуляты, образующиеся в результате агрегации частиц дисперсной фазы, представляют собой осадки различной структуры: рыхлые, плотные хлопьевидные, волокнистые, кристаллоподобные.

**ВОПРОС 5.1.2.** Изучите положения разъясняющие природу устойчивости коллоидных систем. Какое из них ошибочно?

ОТВЕТЫ:

1. На близком расстоянии между коллоидными частицами действуют межмолекулярные ван-дер-ваальсовы силы.

2. Наличие двойного электрического слоя на поверхности коллоидных частиц исключает взаимодействие между ними.

3. Устойчивость дисперсных систем обусловлена соотношением межмолекулярных сил притяжения и электрических сил отталкивания.

4. Возможность существования дисперсной системы обусловлена наличием некоторого энергетического (потенциального) барьера, который препятствует сближению коллоидных частиц и их слипанию.

5. Кинетическая устойчивость определяется размерами частиц.

**ВОПРОС 5.1.3.** *Какое из перечисленных воздействий не может вызвать коагуляцию гидрозоля?*

1. Изменение температуры
2. механические воздействия
3. добавление поверхностно-активных веществ
4. введение электролитов
5. электромагнитное излучение.

**ВОПРОС 5.1.4.** *Определить константу скорости коагуляции, если в одном кубическом метре золя исходное количество частиц равно  $5 \cdot 10^{14}$ , а время половинной коагуляции составляет 10 с?*

ОТВЕТЫ:

1.  $5 \cdot 10^{15}$
2.  $5 \cdot 10^{13}$
3.  $5 \cdot 10^{-14}$
4.  $5 \cdot 10^{-16}$
5. данных недостаточно.

## КОНТРОЛИРУЮЩАЯ ПРОГРАММА 5.2.

**ВОПРОС 5.2.1.** *Изучите положения, характеризующие сущность стабилизации дисперсных систем. Какое из них противоречиво?*

ОТВЕТЫ:

1. На межфазной поверхности раздела фаза — среда образуется поверхностный слой из молекул стабилизатора.
2. Полная фиксация дисперсной системы обуславливается тем, что высоковязкий стабилизирующий слой не выдавливается при столкновении частиц дисперсной фазы.
3. Стабилизирующими свойствами обладают адсорбционные слои ориентированных поверхностно—активных веществ: белки, мыла и другие.
4. Прочность адсорбционного слоя нарастает с увеличением рН среды и повышением концентрация поверхностно-активного вещества.
5. Предел повышения стабильности дисперсных систем — образование сплошных пространственных структур-гелей.

**ВОПРОС 5.2.2.** Изучите фрагменты вывода уравнения Смолуховского для быстрой коагуляции. В каком из них допущена ошибка?

ОТВЕТЫ:

1.  $v = v_1 + v_2 + \dots$

2.  $-\frac{dv}{d\tau} = kv^2$

3.  $k = 4\pi Dr$

4.  $k\tau = \frac{1}{v_0} - \frac{1}{v}$

5.  $v = \frac{v_0}{1 + kv_0\tau}$

**ВОПРОС 5.2.3.** Коагуляция коллоидных систем может происходить под влиянием ряда факторов. Какой из перечисленных факторов имеет наибольшее теоретическое и практическое значение?

1. Старение системы
2. изменение концентрации дисперсной фазы
3. механические воздействия
4. изменение температуры
5. добавление электролитов
6. действие света.

**ВОПРОС 5.2.4.** Проанализируйте уравнения, характеризующие природу межмолекулярного взаимодействия частиц дисперсной фазы. Какое из них описывает дисперсионное взаимодействие?

ОТВЕТЫ:

1.  $\frac{2\mu_1^2\mu_2^2}{3kTr^6}$

2.  $\frac{2\mu^2\alpha}{r^6}$

3.  $\frac{3h\nu_0\alpha^2}{4r^6}$

$$4. \frac{r^2 e^3 \mu^2}{3kTr^4}$$

$$5. -Cr^{-6} + Br^{-12}$$

### КОНТРОЛИРУЮЩАЯ ПРОГРАММА 5.3.

**ВОПРОС 5.3.1.** Проанализируйте положения, характеризующие действие электролитов на золь. Какое из них не относится к правилам коагуляции электролитами?

ОТВЕТЫ:

1. Коагулирующим действием обладают не все ионы электролита, а только те, которые имеют заряд противоположный по знаку заряду коллоидной частицы.
2. Для начала коагуляции необходимо превысить некоторую минимальную концентрацию электролита в золе.
3. Порог коагуляции — это величина, характеризующая устойчивость золя к электролитам.
4. Коагулирующая сила иона тем больше, чем больше его валентность, и возрастает с увеличением радиуса иона при одинаковой валентности.
5. Коагуляция золя происходит в результате изменения концентрации дисперсной фазы и приводит к образованию осадков — коагулятов

**ВОПРОС 5.3.2.** Изучите предпосылки, на основании которых развиваются представления о коагуляции коллоидов. Какая из них не учитывалась Смолуховским для построения теории быстрой коагуляции?

ОТВЕТЫ:

1. Между частицами дисперсной фазы действуют силы притяжения и силы электростатического отталкивания.
2. При сближения частиц дисперсной фазы в процессе броуновского движения на достаточно близкие расстояния частицы сливаются, образуя агрегат.
3. Скорость коагуляции определяется частичной концентрацией поля и температурой.
4. При столкновениях первичных частиц образуются сначала вторичные, а затем третичные и более сложные.
5. Скорость агрегатирования существенно зависит от природы сии, действующих между частицами дисперсной фазы.

**ВОПРОС 5.3.3.** Проанализируйте уравнения, описывающие коагуляцию зольей, согласно теории Смолуховского. Какое из них требует уточнения? ( $r$  — радиус сферы притяжения).

ОТВЕТЫ:

1.  $-\frac{dv}{v} = kd\tau$

2.  $v(1 + kv_0\tau) = v_0$

3.  $\tau_{1/2} = \frac{1}{4\pi D r v_0}$

4.  $v(\tau_{1/2} + \tau) = \tau_{1/2}v_0$

5.  $\tau_{1/2} \cdot kv_0 = 1$

**ВОПРОС 5.3.4.** *Какой из перечисленных факторов не приводят к существенному увеличению коагулирующего действия электролита на коллоидный раствор?*

ОТВЕТЫ:

1. увеличение валентности иона
2. увеличение радиуса вона
3. увеличение концентрации электролита
4. увеличение температуры
5. увеличение значения электрокинетического потенциала.

**ВОПРОС 5.3.5.** *Для коагуляции  $1 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$  золя AgI требуется  $4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$  раствора  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  концентрации  $0,05 \text{ кмоль/м}^3$ . Найти порог коагуляции золя.*

ОТВЕТЫ:

1.  $0,01 \text{ кмоль/м}^3$
2.  $0,02 \text{ кмоль/м}^3$
3.  $0,03 \text{ кмоль/м}^3$
4.  $0,04 \text{ кмоль/м}^3$
5.  $0,05 \text{ кмоль/м}^3$ .

## 6. Структурообразование и структурно-механические свойства дисперсных систем

### КОНТРОЛИРУЮЩАЯ ПРОГРАММА 6.1.

**ВОПРОС 6.1.1.** *Какое из указанных свойств не связано непосредственно со структурой дисперсной системы?*

ОТВЕТЫ:

1. эластичность
2. текучесть
3. вязкость
4. смачиваемость
5. пластичность
6. прочность.

**ВОПРОС 6.1.2.** *Какое из положений, характеризующих структуры дисперсных систем, является неверным?*

ОТВЕТЫ:

1. Структура — это пространственный каркас — сетка, образованный связями атомов, ионов, молекул, мицелл, кристаллических отростков и частиц коллоидных размеров.
2. В коллоидных и микрогетерогенных системах различают тиксотропно—обратимые, или коагуляционные структуры, и необратимо—разрушающиеся, или конденсационно-кристаллизационные структуры.
3. Коагуляционная структура образуется сцеплением первичных частиц дисперсной фазы ван-дер-ваальсовыми силами.
4. Конденсационная структура возникает в результате образования прочных химических связей между частицами дисперсной фазы.
5. Кристаллизационные структуры формируются в процессе выкристаллизовывания новой фазы вследствие сращивания кристалликов.
5. Прочность коагуляционных структур значительно превышает прочность конденсационных и кристаллизационных.
6. Гелеобразование — это возникновение пространственной сетки из частиц дисперсной фазы, в петлях которой находится среда.
7. Специфическое свойство коагуляционных структур — способность самопроизвольно восстанавливать связи между частицами, разрушенные при механическом воздействии на систему.
8. Синерезис — явление самопроизвольного уменьшения размеров геля при сохранении его структуры с одновременным выделением из него дисперсионной среды, содержащейся в петлях.

**ВОПРОС 6.1.3.** *Проанализируйте приведенные уравнения и обозначения и укажите неточное?*

ОТВЕТЫ:

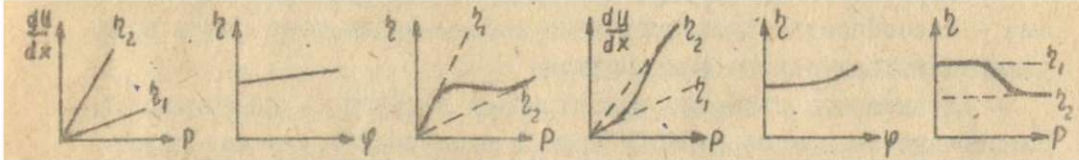
1.  $F = A \cdot \eta \cdot \frac{dU}{dx}$

- F – сила внутреннего трения (сила вязкостного сопротивления);
- A – площадь слоя (сдвига), к которому приложена сила;
- $\eta$  – коэффициент пропорциональности – вязкость системы;
- U – объемная скорость течения;
- $du/dx$  – деформация;
- x – координата, нормальная к потоку, - расстояние между слоями;

-  $P = \frac{F}{A}$  - напряжение сдвига;

-  $\frac{dU}{dx} = \frac{1}{\eta} P$ , где  $1/\eta$  – текучесть, характеризующая подвижность жидкости под влиянием внешних воздействий.

**ВОПРОС 6.1.4.** Изучите приведенные реологические зависимости и найдите график, где дана неверная информация ( $\eta_1 > \eta_2$ )? ( $\varphi$  — объемная доля дисперсной фазы в общем объеме системы).



**ВОПРОС 6.1.5.** Какое из уравнений было предложено Бингамом для дисперсных систем с пластическим течением? ( $K$  — константа;  $P_d$  - предельное напряжение сдвига;  $Q$  — расход жидкости в единицу времени).

1.  $\eta = \eta_0(1 + 2,5\varphi)$
2.  $\frac{dU}{dx} = \frac{1}{\eta} P$
3.  $\eta - \eta_0 = \eta_0 \cdot K \cdot \varphi$
4.  $P = \eta \frac{dU}{dx} + P_d$
5.  $Q = \frac{K}{\eta} P$
6.  $\eta = 1 + K \cdot \varphi$

## КОНТРОЛИРУЮЩАЯ ПРОГРАММА 6.2.

**ВОПРОС 6.2.1.** Среди положений, характеризующих структуры и свойства коллоидных систем найдите ошибочное?

ОТВЕТЫ:

1. Образование структур в коллоидных системах – результат сцепления, срастания частиц дисперсной фазы под влиянием действующих между ними физических или химических сил.
2. Процесс образования структуры и свойства структурированных систем зависят от свойств поверхности частиц дисперсной фазы, ее неоднородности, химического строения, формы и других.



3. Основные типы структур: коагуляционные, конденсационные и кристаллизационные; различие определяется природой сил сцепления, действующих между частицами дисперсной фазы.
4. Структура, образующаяся в результате срастания коллоидных частиц в сплошной пространственный каркас-сетку под действием ван-дер-ваальсовых сил называется конденсационной.
5. Коагуляционные структуры возникают в результате понижения агрегативной устойчивости дисперсной системы путем сцепления первичных частиц дисперсной фазы в пространственные каркасы.
6. Если объемный каркас—сетка формируется за счет химических связей атомов, молекул или кристаллических сростков, а дисперсионная среда заключена в ячейках каркаса, то структура системы называется конденсационно—кристаллизационной.
7. Специфическое свойство коагуляционных структур — тиксотропия — способность самопроизвольно восстанавливаться после прекращения механического воздействия.
8. Характерное свойство тиксотропных структур — эластичность. Пластичные тела необратимо изменяют размеры и форму под действием внешних сил; после прекращения воздействия изменения остаются.

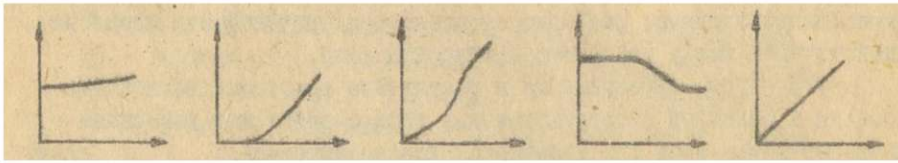
**ВОПРОС 6.2.2.** Проанализируйте определения, характеризующие свойства структур и найдите ошибочное?

**ОТВЕТЫ:**

1. Образование структуры, охватывающей весь объем дисперсной системы, возможно только при определенной концентрации частиц дисперсной фазы, достаточной для построения цельного каркаса.
2. Связь между вязкостью коллоидной системы и содержанием дисперсной фазы описывается уравнением  $\eta = \eta_0(1 + K \cdot \varphi)$ , где  $\eta$  и  $\eta_0$  – вязкость системы и среды;  $K$  – константа, определяемая формой частиц;  $\varphi$  – объемная доля дисперсной фазы в объеме системы.
3. Течение вязких тел описывается законом  $P = \eta \frac{dU}{dx}$ , где  $P$  – напряжение сдвига;  $U$  – линейная скорость течения;  $x$  – координата, нормальная к потоку;  $\eta$  – вязкость среды.
4. Вязкость дисперсных систем — непостоянная величина. Ее значение зависит от условий определения, от скорости течения.
5. Вязкость тела отличаются от пластичных тем, что текут при любых напряжениях. Наличие структуры изменяет характер течения.

**ВОПРОС 6.2.3.** На каком из графиков представлена характерная зависимость вязкости от напряжения сдвига для связно-дисперсной структурированной системы?

**ОТВЕТЫ:**



**ВОПРОС 6.2.4.** Проанализируйте положения, характеризующие экспериментальные методы определения вязкости. Каков из них является некорректным?

ОТВЕТЫ:

1. Метод Стокса заключается в определении ускорения падения шарика определенных объемов и массы в исследуемой жидкости.
2. Скорость свободного падения шарика в вязкой среде обратно пропорциональна вязкости жидкой среды.
2. Метод капиллярного вискозиметра основан на измерения времени, за которое вытекает определенный объем жидкости через капилляр, длина и диаметр которого известны.
3. Вязкость жидкости обратно пропорциональна объему жидкости, вытекающей за определенное время из капилляра.
4. Метод ротационного вискозиметра основан на измерении числа оборотов в единицу времени вращающегося цилиндра.
5. Для точного измерения вязкости необходимо устанавливать стационарный режим течения жидкости и постоянную температуру.

**ВОПРОС 6.2.5.** Какой из параметров не влияет на вязкость структурированной системы?

ОТВЕТЫ:

1. концентрация дисперсной фазы
2. напряжение сдвига
3. режим течения
4. форма частиц дисперсной фазы
5. температура
6. тиксотропия.

### Вопросы к зачету

1. Удельная поверхность и размеры частиц в дисперсных системах
2. Классификация дисперсных систем
3. Поверхностное натяжение
4. Адсорбционные явления
5. Уравнение адсорбции Генри
6. Уравнение адсорбции Фрейндлиха
7. Уравнение адсорбции Ленгмюра
8. Адсорбция на пористых адсорбентах
9. Строение мицеллы, расчет электрокинетического потенциала
10. Электрокинетические явления
11. Седиментационное равновесие
12. Коагуляция дисперсных систем электролитами

Поддержка самостоятельной работы студентов обеспечивается соответствующей учебно-методической литературой:

1. Ольшевский М.В., Дорофеева И.Б. Коллоидная химия. Поверхностные явления и дисперсные системы. Рейтинговая система организации и оценки самостоятельной работы студента/ Учеб. пособие. ВлГУ, Владимир. – 2003.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература:

1. Коллоидная химия поверхностно-активных веществ. Вережников В.Н., Гермашева И.И., Крысин М.Ю. Учебное пособие. 2015, 304 стр.
2. Коллоидная химия. Романенко Е.С., Францева Н.Н., Безгтна Е.В. Учебное пособие. 2013., 52 с.
3. Нуштаев А.В. Лабораторный практикум по физической и коллоидной химии. 2012, 80 с.
4. Практикум по коллоидной химии. Учебное пособие для вузов. Должникова В.Д., Задымова Н.М., Лопатина Л.И. 2012., 288 с.
5. Практикум по коллоидной химии. Кириченко О.А. 2012., 110 с.

б) дополнительная литература:

1. Курс коллоидной химии. Фридрихсберг Д.А. Учебник. 2010. 416 с.
2. Физическая и коллоидная химия. Маринкина Г.А., Полякова Н.П., Коваль Ю.И. Учебное пособие. 2009., 151 с.
3. Основы биофизической и коллоидной химии. Учебное пособие. Барковский Е.В. и др. 2009., 160 с.
4. Оствальд В. Краткое практическое руководство по коллоидной химии., 2010 г. 86 с.

в) периодические издания:

1. Вода: химия и экология.
2. Сорбционные и хроматографические процессы.
3. Environ Technol.
4. Восточно – Европейский журнал передовых технологий

г) интернет - ресурсы:

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
2. <http://www.chemport.ru/>
3. <http://www.xumuk.ru/>
4. <http://elibrary.ru/>
5. <http://sci-hub.org/>

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Демонстрационные приборы по различным разделам коллоидной химии

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению 04.06.01 – Химические науки и направленности «Физическая химия»

Рабочую программу составил Кухтин Б.А. Кухтин Б.А.

Рецензент: ООО «БМТ», к.х.н., науч. сотрудник Третьяков А.В. Третьяков А.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Химии  
протокол № 10 от 03.06 2015 года.

Заведующий кафедрой Кухтин Б.А. Кухтин Б.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 04.06.01 – Химические науки

Протокол № 11 от 03.06 2015 года

Председатель комиссии Кухтин Б.А. Кухтин Б.А.

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ

### РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_