

**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)**

  
**УТВЕРЖДАЮ**  
 Проректор по УМР  
  
 А.А.Панфилов  
 « 16 » 04 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ И ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ»**

Направление подготовки 04.03.01 «Химия»

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
7	8 (288)	36	-	72	144	Зачет/ Экзамен (36 час.)
Итого	8 (288)	36	-	72	144	зачет/ Экзамен (36 час.)

Владимир 2015

*me*

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины поверхностные явления и дисперсные системы 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 ОПОП ВО

Курс поверхностные явления и дисперсные системы изучается в вариативной части учебного плана.

Перечень учебных дисциплин, необходимых для изучения предмета поверхностные явления и дисперсные системы:

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

Дисциплина поверхностные явления и дисперсные системы является одной из теоретических основ необходимой для изучения последующих курсов «Химическая технология», «Высокомолекулярные соединения», а так же курсов специализации.

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

После завершения освоения дисциплины «Поверхностные явления и дисперсные системы» студенты должны:

### Знать:

- нормы техники безопасности и уметь реализовать их в лабораторных и технологических условиях (ОПК-6)

### Уметь:

- выполнять стандартные операции по предлагаемым методикам (ПК-1);
- применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов (ПК-4);
- получать и обрабатывать результаты научных экспериментов с помощью современных компьютерных технологий (ПК-5);

### Владеть:

- владеть базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований (ПК-2);
- владеть навыками представления полученных результатов в виде кратких отчетов и презентаций (ПК-6);
- владеть методами безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств (ПК-7).

## 3. Структура и содержание дисциплины, поверхностные явления и дисперсные системы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа

№	Раздел	○	≡	Виды учебной работы, включая	Объём	Формы
---	--------	---	---	------------------------------	-------	-------

п/п	(тема) дисциплины			самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						учебной работы, с применен ием интеракт ив-ных методов (в часах/%)	текущего контроля успеваемо стиформа промежудо чной аттестации
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП/КР		
1.	Введение. Содержание и задачи курса.	7	1	2		-		4		1/50%	
2.	Молекулярн о- кинетическ ие и оптические свойства дисперсных систем.	7	2- 4	6		8		16		7/50%	
3.	Термодина мика поверхност ных явлений.	7	5- 6	4		8		16		6/50%	Рейтинг контроль №1
4.	Адсорбция на поверхност и раздела фаз. Капиллярн ые явления.	7	7- 10	8		16		20		12/50%	
5.	Электрокин етические явления в дисперсных системах.	7	11- 13	6		16		20		11/50%	Рейтинг контроль №2
6.	Устойчивос ть дисперсных	7	14- 15	4		12		16		8/50%	

	систем.										
7.	Основы физико-химической механики дисперсных систем.	7	16-18	6		12		16		9/50%	Рейтинг контроль №3
ВСЕГО				36		72		148		54/50%	Зачет Экзамен (36 час.)

## Содержание курса

### ВВЕДЕНИЕ

Поверхностные явления и дисперсные системы - 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 не поглощающими 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. Методы определения поверхностного натяжения, основанные на условиях 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 гомогенных и гетерогенных реакциях. 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 не смачивание 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 не смачивания 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.

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

### ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Седиментационный анализ порошков методом накопления осадка.
2. Получение и нефелометрическое исследование зелей с не поглощающимися частицами дисперсной фазы.
3. Получение и фотометрическое исследование зелей с не поглощающимися частицами дисперсной фазы.
4. Исследование адсорбция на границе раздела жидкость-газ.
5. Исследование адсорбции растворенного вещества жидкой фазы на границе с твердым телом.
6. Получение зелей и их исследование методом электрофореза.
7. Изучение коагуляции в гидрозолях под действием электролитов.

## 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 мнений 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 СТУДЕНТОВ

### Вопросы рейтинг – контроля, СРС и экзамена

Для текущего контроля успеваемости студентов используются рейтинг-контроль, а так же проверочные работы (тесты) для контроля самостоятельной работы. Промежуточной аттестацией по итогам освоения дисциплины является экзамена.

Примеры заданий для проведения рейтинг-контроля:

#### Рейтинг-контроль №1

**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 монодисперсные — 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 растворами — его малое значение и непостоянство.
9. Малое осмотическое давление любой коллоидной системы объясняется тем, что благодаря большой массе частиц дисперсной фазы при одинаковой вёсовой 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 1.3.1.** *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. дым, 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 гидрозолей 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

### Рейтинг-контроль №2

**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:

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

2. По аналогии с уравнением Гиббса-Дюгема:

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

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

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.

**ВОПРОС 2.2.1.** Проанализируйте уравнения, характеризующие поверхностное натяжение и поверхностную энергию. Какое из них требуется дополнительно уточнить?

ОТВЕТЫ:

1.  $\Delta w = \sigma \Delta A$

2.  $\sigma = \left( \frac{dG}{dA} \right)_{T,P,n_i}$

3.  $U = \sigma - T \left( \frac{dG}{dT} \right)_V$

4.  $\frac{dG}{dT} = const$

5.  $\sigma = \left( \frac{dF}{dA} \right)_{V,T,n}$

**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.  $a = f(P)$

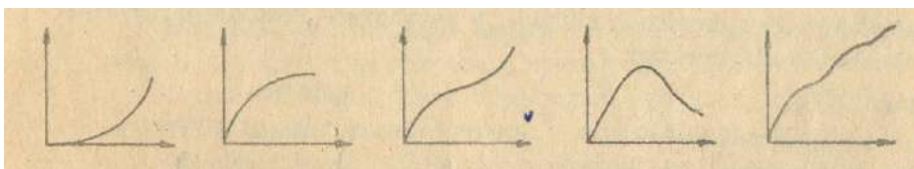
3.  $P = f(T)$

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

$P_s$  – давление насыщенного пара

5.  $a = K_H P$

$K_H$  – константа Генри



### Рейтинг-контроль №3

**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.

#### **Примеры тестовых заданий для контроля самостоятельной работы**

**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  $BaSO_4$  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  $q_A = Fz\Gamma$ ,

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 возникновении разности потенциалов при относительном перемещении фазы и среды.

**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 не самопроизвольно, а в результате уменьшения энергии поверхностного слоя.

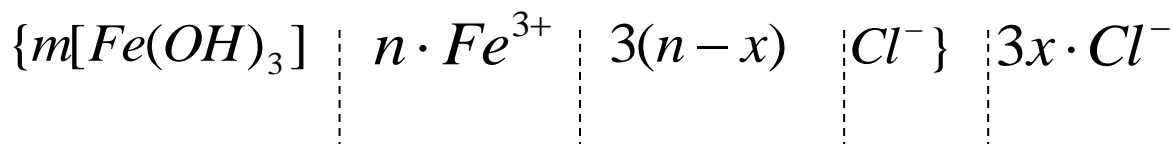
5. В результате процесса перехода ионов устанавливается равновесие, которому соответствует определенное значение скачка потенциалов.

**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?*

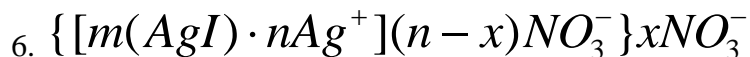
ОТВЕТЫ:



**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.  $\{ [m(ZnS) \cdot nZn^{2+}] (n-x)SO_4^{2-} \} xSO_4^{2-}$



**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 одно 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 не 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?

$$1. \sigma = \frac{\varepsilon}{4\pi\delta} \varphi$$



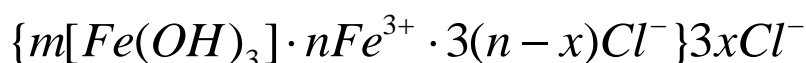
$$2. c_+ = c_0 \exp\left(-\frac{Fz\varphi}{RT}\right)$$

$$3. \xi = 4\pi\eta Q\zeta / \varepsilon I$$

$$4. c_- = c_0 \exp\left(-\frac{\Phi_- + zF\varphi}{RT}\right)$$

$$5. \xi = 4\pi\eta U / \varepsilon H$$

ВОПРОС 4.3.4. 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.

#### Вопросы к экзамену

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.
2. Практические работы по коллоидной химии. Шиляева Л.П., Судакова Н.Н., Белоусова В.Н., Минакова Т.С., Мамонтов Г.В. Учебное пособие. 2015. 244 стр.
3. Практикум по коллоидной химии. Кириченко О.А. Учебное пособие. 2012. 110 стр.

## 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. (Библиотека ВлГУ)
4. Практикум по коллоидной химии. Учебное пособие для вузов. Должникова В.Д., Задымова Н.М., Лопатина Л.И. 2012., 288 с. (Библиотека ВлГУ)
5. Практикум по коллоидной химии. Кириченко О.А. 2012., 110 с. (Библиотека ВлГУ)

б) дополнительная литература:

1. Курс коллоидной химии. Фридрихсберг Д.А. Учебник. 2010. 416 с. (Библиотека ВлГУ)
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. (Библиотека ВлГУ)
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

Оборудование для выполнения лабораторных работ в практикуме по коллоидной химии.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 04.03.01 - Химия

Рабочую программу составил  Кухтин Б.А.

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

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Химии  
протокол №7/от 14.04.2015.

Заведующий кафедрой  Кухтин Б.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 04.03.01 – Химия

Протокол №7/от 16.04.2015г.

Председатель комиссии  Кухтин Б.А.

**Лист переутверждения  
рабочей программы дисциплины**

Рабочая программа одобрена на 2015/2016 учебный год  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.15 года.  
Заведующий кафедрой Куркин

Рабочая программа одобрена на 2016/2017 учебный год  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
Протокол заседания кафедры № 1/1 от 5.09.16 года.  
Заведующий кафедрой Куркин

Рабочая программа одобрена на 2017/2018 учебный год  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.2017 года.  
Заведующий кафедрой Куркин