

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «МГТУ»)

Кафедра химии

**Методические указания  
к самостоятельной работе студентов (СРС)**

по дисциплине **Б1.В.03.01 Устойчивость дисперсных систем**

для направления подготовки (специальности)

04.03.01 Химия

Направленность (профиль)

**Неорганическая химия и химия координационных соединений**

Квалификация выпускника, уровень подготовки бакалавр

Форма обучения: очная

Мурманск  
2019

Составитель –Воронько Н.Г. доцент кафедры химии, к.т.н.

МУ к СР рассмотрены и одобрены на заседании кафедры химии ,

\_\_\_\_\_ протокол № \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой химии,  
доктор химических наук, профессор

Деркач С.Р.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |   |
|--|---|
| 1. Общие организационно-методические указания.....                   | 3 |
| 2. Тематический план.....  | 4 |
| 3. Список рекомендуемой литературы.....                              | 7 |
| 4. Содержание и методические указания к изучению тем дисциплины..... | 8 |

## 1. ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Методические указания к СРС составлены на основе ФГОС ВОпо направлению 04.03.01 «Химия», утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ № 671 от 17.07.2017 г.

В соответствии с ФГОС ВОпо направлению 04.03.01 «Химия» обязательный минимум содержания дисциплины **«Устойчивость дисперсных систем»** для самостоятельной работы составляет 43 часа: «Основные понятия физико-химии дисперсных систем и поверхностных явлений; коллоидные свойства поверхностно-активных веществ (ПАВ); электроповерхностные явления в дисперсных системах; коагуляция зелей электролитами; структурообразование в дисперсных системах; реологические и структурно-механические свойства дисперсных систем; седиментационная и агрегативная устойчивость дисперсных систем; устойчивость эмульсий и пен».

В результате освоения программы дисциплины **«Устойчивость дисперсных систем»** бакалавр должен:

***знать:***

- коллоидно-химические основы химии дисперсных систем и поверхностных явлений в них;
- теоретические и практические основы коллоидно-химических методов исследования дисперсных систем для решения вопросов, связанных с практической деятельностью;

***уметь:***

- применять в практической профессиональной деятельности знания теоретических закономерностей и современных методов науки о дисперсных системах;

***владеть:***

- навыками проведения экспериментальных определений коллоидно-химических величин;
- навыками постановки эксперимента и обработки экспериментальных результатов.

Целью дисциплины **«Устойчивость дисперсных систем»** является подготовка бакалавров в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра и рабочим учебным планом направления 04.03.01 «Химия».

Задачи дисциплины: дать необходимые теоретические знания, практические умения и навыки по основам устойчивости дисперсных систем, позволяющие успешно использовать их в профессиональной деятельности.

Процесс изучения дисциплины **«Устойчивость дисперсных систем»** направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВОпо направлению подготовки 04.03.01 «Химия», представленных в таблице 1.

**Таблица 1 – Компетенции, формируемые дисциплиной  
«Устойчивость дисперсных систем»**

| № п/п | Код компетенции | Содержание компетенции   |
|-------|-----------------|--|
| 1     | ПК-2-н          | Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы |

## 2. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

| № п/п | Наименование тем и содержание самостоятельной работы   | Кол-во часов |
|-------|--|--------------|
| 1     | 2  | 3            |
| 1.    | <p><b>Введение: основные понятия физико-химии дисперсных систем и поверхностных явлений</b></p> <p>Основные понятия коллоидной химии, изучающей свойства вещества в дисперсном состоянии и поверхностные явления в дисперсных системах. Коллоидные частицы и коллоидные системы; коллоидное (дисперсное) состояние вещества. Количественное определение дисперсности: дисперсность и удельная поверхность, кривизна поверхности частиц дисперсной фазы. Роль поверхностных явлений в процессах, протекающих в дисперсных системах.</p> <p>Различные типы классификации дисперсных систем: по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды, по размерам частиц, по концентрации и т.д. Лиофильные и лиофобные дисперсные системы. Растворы биополимеров – белков – как пример лиофильных коллоидных систем.</p> <p>Свойства поверхностей раздела фаз. Удельная свободная поверхностная или межфазная энергия. Межфазное натяжение, термодинамическая, силовая и энергетическая трактовки. Метод избыточных термодинамических функций поверхностного слоя (Гиббс). Понятие о поверхности разрыва и разделяющей поверхности. Обобщенное уравнение первого и второго законов термодинамики для поверхности раздела фаз.</p>       | 1            |
| 2.    | <p><b>Коллоидные свойства поверхностно-активных веществ(ПАВ)</b></p> <p>Адсорбция, как самопроизвольное концентрирование на поверхности раздела фаз веществ, снижающих межфазное натяжение. Избыточные массы компонентов в поверхностных слоях по Гиббсу.</p> <p>Органические ПАВ. Классификация ПАВ по молекулярному строению (анионные, катионные, неионные, амфолитные); области применения ПАВ. Высокомолекулярные ПАВ (примеры, отличия от низкомолекулярных ПАВ). Белки, ферменты, липиды, гликолипиды, липополипептиды – природные ПАВ (био-ПАВ). Классификация ПАВ по механизму их действия (смачиватели, диспергаторы, стабилизаторы, моющие вещества). Понятие о гидрофильно-липофильном балансе (ГЛБ) молекул ПАВ.</p> <p>Мицеллообразование в растворах ПАВ. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ), основные методы определения ККМ. Строение прямых и обратных мицелл при различных концентрациях ПАВ. Растворы белков и высокомолекулярных веществ как лиофильные дисперсные системы. Общность физико-химической природы мицеллообразования в мылах и перехода клубок-глобула в белках. Внутримолекулярные мицеллы в дифильных полиэлектролитах. Обращенные мицеллы в неводных растворителях. Числа агрегации.</p> | 7            |

| 1  | 2  | 3 |
|----|--|---|
| 3. | <p><b>Электроповерхностные явления в дисперсных системах</b><br/> Двойной электрический слой (ДЭС) на границе раздела фаз, его роль в электрокинетических явлениях в дисперсных системах. Причины образования ДЭС. Термодинамическое равновесие поверхности раздела фаз с учетом электрической энергии.</p> <p>Модели строения ДЭС. Изменение потенциала в зависимости от расстояния от поверхности для сильно и слабо заряженных поверхностей; влияние концентрации и заряда ионов электролита.</p> <p>Электрокинетические явления: электрофорез, электроосмос, потенциалы седиментации и протекания; теория Гельмгольца – Смолуховского. Электрокинетический потенциал; плоскость скольжения. Методы определения электрокинетического потенциала.</p> <p>Строение мицеллы гидрофобного золя. Влияние концентрации и природы электролита на величину и знак заряда коллоидных частиц.</p> <p>Основы ионного обмена. Закономерности ионного обмена между двойным слоем и раствором при введении индифферентных электролитов. Роль специфической адсорбции. Лиотропные ряды.</p> <p>Ионный обмен при введении неиндифферентных электролитов. Зависимость термодинамического и электрокинетического потенциала от концентрации ионов. Перезарядка поверхности.</p>   | 7 |
| 4. | <p><b>Коагуляция зольей электролитами</b><br/> Коагуляция гидрофобных зольей электролитами. Порог коагуляции; зависимость критической концентрации электролита от размера и заряда коагулирующего иона (правила Шульце – Гарди). Антагонизм и синергизм в действии электролитов на процесс коагуляции.</p> <p>Коагуляция сильно и слабо заряженных зольей (концентрационная и нейтрализационная коагуляция). Флокуляция, гетерокоагуляция, адагуляция (определения, примеры).</p> <p>Кинетика коагуляции. Теория быстрой коагуляции (Смолуховский); основные положения теории медленной коагуляции (Фукс). Обратимость процесса коагуляции. Пептизация. Взаимная коагуляция зольей. Высаливание белков при добавлении электролитов. Явление коацервации, его роль в биологических процессах, в процессах фазоразделения. Микрокапсулирование.</p>  | 7 |
| 5. | <p><b>Структурообразование в дисперсных системах.</b><br/> <b>Реологические и структурно-механические свойства дисперсных систем</b><br/> Развитие пространственных структур в дисперсных системах. Кристаллизационно-конденсационные и коагуляционные структуры. Природа контактов между элементами структуры. Образование кристаллизационно-конденсационных дисперсных структур при выделении и срастании частиц новой фазы.</p> <p>Фазовое разделение био-ПАВ на границах раздела фаз. Формирование прочных двумерных структур. Белок-липидные структуры – модели биомембран.</p> <p>Основы реологии. Реологические свойства дисперсных систем. Уравнение Ньютона; уравнение Эйнштейна; причины аномалии вязкости дисперсных систем. Уравнение Бингама. Прочность дисперсных систем. Предельное напряжение сдвига. Природа упругости дисперсных систем. Понятие о релаксации напряжения и упругом последствии. Реологические кривые течения.</p> <p>Тиксотропия как обратимое восстановление коагуляционных структур после механического разрушения в процессе течения.</p> <p>Реологические методы исследования межфазных адсорбционных слоев био-ПАВ, типы реологических кривых.</p> <p>Физико-химические методы регулирования структурно-механических свойств дисперсных систем на различных стадиях их формирования как основная задача физико-химической механики.</p> | 7 |

| 1  | 2  | 3  |
|----|--|----|
| 6. | <p><b>Седиментационная и агрегативная устойчивость дисперсных систем</b></p> <p>Лиофильные коллоидные системы как термодинамически устойчивые самопроизвольно образующиеся микрогетерогенные системы. Седиментационная устойчивость дисперсных систем. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем. Роль броуновского движения частиц дисперсной фазы в устойчивости дисперсных систем. Диффузия в коллоидных системах. Закон Эйнштейна. Седиментационный анализ полидисперсных систем. Константа седиментации. Дифференциальная кривая распределения частиц по размерам; интегральная кривая; построение их из данных по кинетике накопления осадка. Седиментационно-диффузионное равновесие. Метод Перрена определения числа Авогадро. Применение ультрацентрифуг для измерения массы ультрадисперсных частиц и макромолекул (Думанский, Сведберг). Агрегативная устойчивость дисперсных систем. Факторы агрегативной устойчивости лиофобных дисперсных систем. Эффект Марангони-Гиббса как фактор стабилизации пленок, пен и эмульсий. Молекулярные взаимодействия. Дисперсионные взаимодействия. Константа Гамакера (простая и сложная). Теория устойчивости гидрофобных золь (теория ДЛФО). Термодинамика тонких пленок. Расклинивающее давление по Дерягину. Молекулярная составляющая расклинивающего давления. Учет молекулярной природы контактирующих фаз, для тонких пленок и сферических частиц. Электростатическая составляющая расклинивающего давления. Зависимость энергии взаимодействия частиц дисперсной фазы от расстояния между ними. Структурно-механический барьер по Ребиндеру как фактор устойчивости дисперсных систем. Формирование самоассоциирующихся коагуляционных и конденсационно-кристаллизационных структур высокомолекулярных ПАВ на границах раздела фаз. Реологические свойства межфазных адсорбционных слоев ПАВ. Упругоэластичные области межфазных адсорбционных слоев (до предела текучести) – основа термодинамической устойчивости структурно-механического барьера. Изотерма расклинивающего давления: суммирование молекулярной составляющей и отталкивания упругой природы. Вязко-пластичные области слоев (после предела текучести) – основа кинетической устойчивости структурно-механического барьера. Вязкое сопротивление межфазных адсорбционных слоев утоньшению до разрыва.</p> | 7  |
| 7. | <p><b>Устойчивость эмульсий и пен</b></p> <p>Природа устойчивости тонких пленок, стабилизированных низко- и высокомолекулярными ПАВ. Пленки как элементы пен и эмульсий. Черные пленки белков и липидов – модели мембран. Первичные (обычные) и вторичные (ньютоновские) черные пленки. Изотермы расклинивающего давления различных типов пленок; влияние концентрации ПАВ и электролитов на устойчивость пленок. Роль капиллярного давления в канале Гиббса-Плато. Кинетический фактор стабилизации тонких пленок. Эффект Марангони-Гиббса. Эмульсии. Устойчивость концентрированных эмульсий (к коагуляции и коалесценции). Эмульгаторы, принципы выбора ПАВ для стабилизации прямых и обратных эмульсий. Роль гидрофильно-липофильного баланса молекулы ПАВ в стабилизации эмульсий. Обращение фаз в эмульсиях. Методы разрушения эмульсий. Практическое применение эмульсий. Пены. Строение пен и их классификация. Кратность пен. Пенообразователи, эффективность их влияния и связь с гидрофильно-липофильным балансом используемых ПАВ. Влияние электролитов на пенообразующую способность ПАВ. Методы определения устойчивости. Практическое применение пен.</p>   | 7  |
|    | <b>Всего</b>   | 43 |

### 3. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

#### Основная литература:

1. **Воронько, Н. Г.** Сборник расчётно-графических заданий и задач по коллоидной химии / Н. Г. Воронько. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2009. – 142 с. (66 экз.)
2. **Коновалова, И. Н.** Практикум по коллоидной химии / И. Н. Коновалова, Т. А. Дякина, К. В. Зотова. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2007. – 148 с. (131 экз.)
3. **Фролов, Ю. Г.** Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы / Ю. Г. Фролов. – М. : Химия, 1988. – 464 с. (90 экз.)
4. **Щукин, Е. Д.** Коллоидная химия / Е. Д. Щукин, А. В. Перцов, Е. А. Амелина. – 6-е изд. – М. : Юрайт, 2012. – 433 с. : ил. (30 экз.)

#### Дополнительная литература:

5. **Воюцкий, С. С.** Курс коллоидной химии / С. С. Воюцкий. – М. : Химия, 1976. – 512 с. (47 экз.)
6. **Зимон, А. Д.** Коллоидная химия : учебник для вузов / А. Д. Зимон, Н. Ф. Лещенко. – М. : Химия, 1995. – 336 с. (12 экз.)
7. **Коновалова, И. Н.** Поверхностные явления и дисперсные системы в пищевой технологии / И. Н. Коновалова. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2006. – 170 с. (49 экз.)
8. **Краткий справочник физико-химических величин** / под ред. А. А. Равделя, А. М. Пономарёвой. – 10-е изд., испр. и доп. – СПб. : «Иван Фёдоров», 2002. – 240 с. (29 экз.)
9. **Расчёты и задачи по коллоидной химии:** учебное пособие для химико-технологических специальностей вузов / под ред. В. И. Барановой. – М. : Высшая школа, 1989. – 288 с. (88 экз.)

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Необходимо обратить внимание на следующие темы:

| №   | Темы  |
|-----|---|
| 1.  | Свободная межфазная (поверхностная) энергия и межфазное (поверхностное) натяжение. Метод избыточных величин Гиббса и метод слоя конечной толщины.                       |
| 2.  | Основные методы определения межфазного натяжения: статические, полустатические, динамические.   |
| 3.  | Полная межфазная энергия. Теплота образования межфазной границы. Уравнение Гиббса–Гельмгольца для межфазной границы.  |
| 4.  | Общее представление о амфифильных (амфифильных) свойствах и строении ПАВ. Роль ПАВ в биологических процессах. Применение ПАВ.   |
| 5.  | Классификация ПАВ по происхождению. Природные и синтетические ПАВ. Классификация ПАВ по растворимости. Классификация ПАВ по механизму воздействия на межфазную границу. |
| 6.  | Классификация ПАВ по химической природе. Неионные, анионные, катионные, амфотерные ПАВ. ПАВ на основе кремния, фторсодержащие ПАВ.                                      |
| 7.  | Понятие об адсорбции. Физическая и химическая адсорбция. Природа адсорбционных сил. Адсорбенты. Области применения адсорбции.   |
| 8.  | Адсорбция на поверхности «вода–воздух». Поверхностная активность. Фундаментальное адсорбционное уравнение Гиббса. Работа адсорбции. Правило Дюкло–Траубе.               |
| 9.  | Теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра. Изотерма адсорбции Ленгмюра. Закон Генри. Уравнение Шишковского. Предельно насыщенный мономолекулярный слой.                |
| 10. | Весы Ленгмюра. Метод Ленгмюра–Блоджетт. Строение адсорбционных слоёв ПАВ. Разреженный монослой, плотный монослой, предельно упакованный монослой.                       |
| 11. | Адсорбция ПАВ на границе раздела жидких фаз. Адсорбция ПАВ из растворов на поверхности твёрдых тел. Химическое модифицирование твёрдых поверхностей.                    |
| 12. | Гидрофильно-липофильный баланс. Правило Банкрофта. Метод Гриффина. Метод аддитивности (Дэвис). Физический смысл чисел ГЛБ.  |
| 13. | Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ). Точка Крафта. Фазовая диаграмма «коллоидное ПАВ–вода».   |
| 14. | Строение и форма мицелл. Развитие мицеллярной структуры. Геометрические принципы упаковки мицеллярных структур.   |
| 15. | Критическое межфазное натяжение. Критерий Ребиндера–Щукина. Понятие о гидрофобных взаимодействиях. Гидрофобные взаимодействия в мицеллах и глобулах белков.             |
| 16. | Критическое межфазное натяжение. Критерий Ребиндера–Щукина. Понятие о гидрофобных взаимодействиях. Гидрофобные взаимодействия в мицеллах и глобулах белков.             |
| 17. | Солюбилизация. Механизмы солюбилизации. Солюбилизационная ёмкость. Связь мольной солюбилизирующей способности и межфазного натяжения. Закон Лапласа.                    |
| 18. | Солюбилизация, солюбилизатор, солюбилизат. Термодинамические параметры солюбилизации. Применение солюбилизации. Моющее действие ПАВ.                                    |
| 19. | Понятие о мицеллярном катализе, его примеры. Обратные мицеллы, как среды для ферментативных реакций.  |