

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**

по дисциплине **Б1.В.03.03 Коллоидная химия поверхностно-активных веществ**

для направления подготовки (специальности)

04.04.01 Химия

Профиль Физическая и коллоидная химия
Квалификация выпускника, уровень подготовки магистр

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 ,

24.06.2019 г. протокол № 12

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|---|
| 1. Общие организационно-методические указания..... | 3 |
| 2. Тематический план..... | 4 |
| 3. Список рекомендуемой литературы..... | 6 |
| 4. Содержание и методические указания к изучению тем дисциплины..... | 6 |

1. ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Методические указания разработаны в соответствии с ФГОС ВО для направления подготовки 04.04.01 Химия, утвержденным приказом № 655 от 13 июля 2017 г. и УП, утвержденным Ученым советом МГТУ (Протокол № 7 от 28.02.2019), а также рабочей программой по дисциплине «Коллоидная химия поверхностно-активных веществ», утвержденной на заседании кафедры химии МГТУ.

Минимум содержания дисциплины «Коллоидная химия поверхностно-активных веществ» для самостоятельной работы составляет 144 часа: «Классификация ПАВ, межфазная энергия и межфазное натяжение, понятие об адсорбции, строение адсорбционных слоёв ПАВ, гидрофильно-липофильный баланс ПАВ, мицеллообразование ПАВ, ассоциаты ПАВ с полимерами и белками».

В результате освоения программы дисциплины «Коллоидная химия поверхностно-активных веществ» магистр должен:

знать:

- коллоидно-химические основы протекания процессов в многокомпонентных системах, содержащих ПАВ;
- теоретические и практические основы коллоидно-химических методов исследования систем, содержащих ПАВ, для решения вопросов, связанных с практической деятельностью;
- современные методы исследования в коллоидной химии ПАВ;

уметь:

- использовать коллоидно-химические свойства многокомпонентных систем, содержащих ПАВ;
- применять полученные знания по основам коллоидной химии ПАВ в профессиональной деятельности;

владеть:

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

Процесс изучения дисциплины «Коллоидная химия поверхностно-активных веществ» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО для направления подготовки 04.04.01 Химия:

| № п/п | Код компетенции | Содержание компетенции |
|-------|-----------------|--|
| 1 | ПК-1-н | Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках |
| 2 | ПК-2-н | Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных наук |
| 3 | ПК-3-н | Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках |

Целью дисциплины «Коллоидная химия поверхностно-активных веществ» является подготовка обучающегося в соответствии с квалификационной характеристикой магистра и рабочим учебным планом направления 04.04.01 «Химия», что предполагает освоение обучающимися теоретических знаний в области коллоидной химии ПАВ.

Задачи дисциплины: дать необходимые теоретические знания, практические умения и навыки по основам коллоидной химии ПАВ, позволяющие успешно использовать их в профессиональной деятельности.

2. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

| № п/п | Наименование тем и содержание самостоятельной работы | Кол-во часов |
|-------|--|--------------|
| 1. | <p>Введение в коллоидную химию ПАВ Понятие о поверхностной активности и поверхностно-активных веществах (ПАВ). Адсорбция ПАВ на межфазных границах. Правило уравнивания полярностей Ребиндера. Агрегирование ПАВ в растворе. Дифильные (амфифильные) свойства молекул ПАВ. Димерные ПАВ (<i>gemini</i>). Роль ПАВ в биологических процессах. Применение ПАВ в различных областях человеческой деятельности.</p> | 2 |
| 2. | <p>Классификация ПАВ Классификация ПАВ по происхождению: природные и синтетические (олеохимические и нефтехимические). Классификация ПАВ по растворимости: растворимые в воде, в масле, и в воде и в масле. Классификация ПАВ по химической природе: ионогенные (анионные, катионные, амфотерные, цвиттер-ионные), неионогенные, ПАВ на основе кремния, фторсодержащие ПАВ. Классификация ПАВ по физико-химическому механизму воздействия на межфазную поверхность: смачиватели и пенообразователи, диспергаторы, стабилизаторы, коллоидные ПАВ.</p> | 10 |
| 3. | <p>Межфазная энергия и межфазное натяжение Межфазная (поверхностная) энергия, причина её возникновения на границе раздела фаз. Внутреннее давление. Обобщённое выражение 1-го и 2-го законов термодинамики для межфазной границы. Межфазное (поверхностное) натяжение: силовая, энергетическая, термодинамическая трактовки. Методы: избыточных величин Гиббса и «слоя конечной толщины». Связь межфазной энергии с теплотой образования межфазной границы – уравнение Гиббса–Гельмгольца. Зависимость межфазного натяжения от температуры. Методы определения межфазного натяжения: статические (капиллярного поднятия, вращающейся капли, уравнивания пластинки), полустатические (наибольшего давления, отрыва кольца, сталагмометрический), динамические (колеблющихся струй).</p> | 10 |
| 4. | <p>Понятие об адсорбции Адсорбция, десорбция, адсорбент, адсорбат, адсорбтив. Физическая адсорбция и химическая адсорбция (хемосорбция). Ван-дер-ваальсовы взаимодействия: дисперсионные, диполь-дипольные, индукционные. Уравнение Леннарда–Джонса. Водородные связи. Абсолютная и гиббсовская (избыточная) адсорбция. Твёрдые адсорбенты. Применение адсорбции в различных областях человеческой деятельности.</p> | 10 |
| 5. | <p>Адсорбция ПАВ на границе «вода – воздух» Поверхностно-активные и поверхностно-инактивные вещества на границе «вода – воздух». Термодинамическая трактовка поверхностной активности. Термодинамический вывод уравнения адсорбции Гиббса. Работа адсорбции. Правило Дюкло–Траубе. Построение изотермы адсорбции ПАВ по изотерме поверхностного натяжения.</p> | 10 |
| 6. | <p>Теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра Адсорбционные (активные) центры на поверхности адсорбента. Допущения теории Ленгмюра. Константа адсорбционного равновесия, предельная (максимальная) адсорбция. Вывод уравнения Ленгмюра. Графическое нахождение констант уравнения Ленгмюра. Расчёт удельной поверхности адсорбента. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации ПАВ: уравнения Генри и Шишковского. Двухмерное поверхностное давление. Расчёт параметров частотола Ленгмюра – толщины</p> | 12 |

| | | |
|-----|---|----|
| | адсорбционного слоя, площади поперечного сечения полярной группы одной молекулы ПАВ. | |
| 7. | Строение адсорбционных слоёв ПАВ Нанесение плёнок ПАВ на твёрдую поверхность по методу Ленгмюра–Блоджетт. Разреженный монослой ПАВ. Двухмерный аналог уравнения Менделеева–Клапейрона. Плотный монослой. Уравнение Фрумкина – двухмерный аналог уравнения Ван-дер-Ваальса. Предельно упакованный монослой – частокол Ленгмюра. Частокол Ленгмюра как самоорганизованная структура – предшественник организованной структуры жизни (по Доннану). | 12 |
| 8. | Адсорбция ПАВ на границах «жидкость – жидкость» и «твёрдое тело – жидкость» Адсорбция на границе раздела жидких фаз ПАВ, растворимых в воде, в масле, и в воде и в масле. Коэффициент распределения ПАВ между полярной и неполярной жидкостями. Адсорбция ПАВ из растворов на поверхности твёрдых тел. Эмпирическое уравнение Фрейндлиха–Бедеккера. Молекулярная и ионная адсорбция. Лиотропные ряды. Состояние адсорбированного ПАВ на гидрофобных и гидрофильных поверхностях. Химическое модифицирование твёрдых поверхностей – самособирающиеся монослои ПАВ. | 12 |
| 9. | Гидрофильно-липофильный баланс (ГЛБ) ПАВ ГЛБ, как характеристика сбалансированности полярной и неполярной частей молекулы ПАВ. Правило Банкрофта. Метод Гриффина для этоксилированных ПАВ и сложных эфиров жирных кислот и многоатомных спиртов. Метод Дэвиса – числа ГЛБ по Дэвису, области применения ПАВ в зависимости от значений числа ГЛБ. Термодинамический подход к оценке числа ГЛБ – связь числа ГЛБ с работой переноса молекулы ПАВ из полярной фазы в неполярную. | 12 |
| 10. | Мицеллообразование в растворах коллоидных ПАВ Лиофильные мицеллы ПАВ: прямые и обратные мицеллы. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ), методы её определения. Точка Крафта. Фазовая диаграмма системы «коллоидное ПАВ – вода». Критерии самопроизвольного мицеллообразования ПАВ: критическое межфазное натяжение, критерий Ребиндера–Шукина. Понятие о гидрофобных взаимодействиях, льдоподобная структура воды. Внутримолекулярные мицеллы белковых макромолекул. Модели мицеллообразования: модель фазового разделения и модель, основанная на законе действующих масс. Константа равновесия мицеллообразования. Термодинамические характеристики мицеллообразования – изменения энергии Гиббса, энтальпии, энтропии. | 14 |
| 11. | Самоорганизованные мицеллярные структуры ПАВ Дискретные структуры: сферические, эллипсоидальные, цилиндрические. Связанные структуры: гексагональные, ламеллярные, биконтинуальные, губчатые. Везикулы, липосомы. Мицеллы Гартли и Мак-Бена. Формирование гелей в мицеллярных растворах ПАВ. Образование кристаллов ПАВ. Геометрические принципы упаковки мицеллярных структур, критический параметр упаковки, критические формы упаковки. | 14 |
| 12. | Солюбилизация Солюбилизация в мицеллах ПАВ и глобулах макромолекул белков. Прямая и обратная солюбилизация, солюбилизат, солюбилизатор. Механизмы солюбилизации. Мольная солюбилизирующая способность, её расчёт. Термодинамические характеристики солюбилизации – изменения энергии Гиббса, энтальпии, энтропии. Применение солюбилизации. Моющее действие ПАВ. Мицеллярный катализ. Ферментативный катализ в обрат- | 12 |

| | | |
|-----|---|------------|
| | ных мицеллах ПАВ. | |
| 13. | Ассоциаты ПАВ с полимерами и белками Ассоциаты ПАВ с полимерами и белками как самоорганизованные структуры ПАВ. Синергетический эффект взаимодействия ПАВ с полимерами и белками. Влияние полимеров на поверхностную активность ПАВ. Изотерма поверхностного натяжения раствора ПАВ с добавкой полимера. Критическая концентрация ассоциации (ККА). Природа взаимодействий «полимер – ПАВ»: электростатические и гидрофобные взаимодействия. Модель «жемчужного ожерелья». Воздействие добавок ПАВ на нативную иерархическую структуру белка – денатурация белка. | 14 |
| | Всего | 144 |

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.
2. **Коновалова, И. Н.** Практикум по коллоидной химии / И. Н. Коновалова, Т. А. Дякина, К. В. Зотова. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2007. – 148 с.
3. **Ланге, К. Р.** Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, применение / К. Р. Ланге. – СПб. : Профессия, 2007. – 240 с.
4. **Назаров, В. В.** Практикум и задачник по коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы / В. В. Назаров [и др.], под ред. В. В. Назарова, А. С. Гродского. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2007. – 374 с.
5. **Фролов, Ю. Г.** Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы / Ю. Г. Фролов. – М. : Химия, 1988. – 464 с.
6. **Холмберг, К.** Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах / К. Холмберг [и др.]. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 528 с.
7. **Щукин, Е. Д.** Коллоидная химия / Е. Д. Щукин, А. В. Перцов, Е. А. Амелина. – 6-е изд. – М. : Юрайт, 2012. – 433 с.

Дополнительная литература:

1. **Поверхностно-активные вещества:** справочник / под ред. А. А. Абрамзона, Г. М. Галевого. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Химия, 1981. – 304 с.
2. **Воюцкий, С. С.** Курс коллоидной химии / С. С. Воюцкий. – М. : Химия, 1976. – 512 с.
3. **Зимон, А. Д.** Коллоидная химия : учебник для вузов / А. Д. Зимон, Н. Ф. Лещенко. – М. : Химия, 1995. – 336 с.
4. **Коновалова, И. Н.** Поверхностные явления и дисперсные системы в пищевой технологии / И. Н. Коновалова. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2006. – 170 с.
5. **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.
6. **Расчёты и задачи по коллоидной химии:** учебное пособие для химико-технологических специальностей вузов / под ред. В. И. Барановой. – М. : Высшая школа, 1989. – 288 с.

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 дифильных (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 солюбилизующей 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. |