

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана химического факультета,  
Чл.-корр. РАН, профессор



/С.Н. Калмыков/

«30» августа 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Поверхностно-активные вещества: свойства и применение  
(на английском языке)**

**Уровень высшего образования:**  
Магистратура

---

**Направление подготовки (специальность):**

04.04.01 Химия

**Направленность (профиль) ОПОП:**

Коллоидная химия

**Форма обучения:**

очная

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методической комиссией факультета  
(протокол №3 от 13.05.2019)

Москва 2019

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 04.04.01 «Химия» (программа магистратуры) в редакции приказа МГУ от 30 августа 2019 г., №1033.

Год (годы) приема на обучение 2019/2020, 2020/2021

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок В-ПД
2. Планируемые результаты обучения по практике, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников). Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП (в форме компетенция – индикатор достижения - ЗУВ) указано в Общей характеристике ОПОП.

Компетенция	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<b>СПК-1.М</b> Способен применять знания теоретических основ главных разделов коллоидной химии	<b>СПК-1.М.2</b> Интерпретирует экспериментальные и расчетные данные с использованием теоретических основ коллоидной химии	<b>Знать:</b> теоретические основы физикохимии поверхностно-активных веществ <b>Знать:</b> актуальные направления исследований в области физикохимии поверхностно-активных веществ. <b>Уметь:</b> использовать теоретические знания для анализа и объяснения полученных экспериментальных результатов в области физикохимии поверхностно-активных веществ <b>Владеть навыками:</b> применения теоретических основ физикохимии поверхностно-активных веществ при решении учебных и научных задач

3. Объем дисциплины (модуля) составляет 4 зачетных единицы, всего **144** часа, из которых **64** часов составляет контактная работа студента с преподавателем (**38** часов занятия лекционного типа, **19** часов – занятия семинарского типа, **3** часа – групповые консультации, **4** часа – промежуточный контроль успеваемости - экзамен), **80** часов составляет самостоятельная работа студента.

4. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Обучающийся должен

**Знать:** основы теории фундаментальных разделов химии (прежде всего неорганической, аналитической, органической, физической (термодинамика и кинетика), коллоидной химии в пределах общего курса), экспериментальные методы коллоидной химии.

**Уметь:** использовать основные законы естественных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

**Владеть:** навыками химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций, иностранным языком в устной и письменной форме для анализа научной литературы в профессиональной области, владеть терминологией специальности на иностранном языке.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам.

Наименование и краткое содержание	Всего	В том числе
-----------------------------------	-------	-------------

жание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	(часы)	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	Всего
Тема 1. Классификация ПАВ	13	2	2				4	9		9
Тема 2. Физико-химия водных растворов ПАВ	25	12	4			(*)	16	9		9
Тема 3. ПАВ на межфазных поверхностях	21	8	4				12	9		9
Тема 4. Роль ПАВ в дисперсных системах	24	10	5			(*)	15	9		9
Тема 5. Основные направления применения ПАВ	15	4	2				6	9		9
Тема 6. Химические реакции в микрогетерогенных системах	10	2	2				4	6		6
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>	36			3		4	7			29

<b>Итого</b>	<b>144</b>	<b>38</b>	<b>19</b>	<b>3</b>		<b>4</b>	<b>64</b>	<b>50</b>		<b>80</b>
--------------	------------	-----------	-----------	----------	--	----------	-----------	-----------	--	-----------

(\* ) текущий контроль успеваемости во время лекции и семинарского занятия

## 6. Образовательные технологии:

- применение компьютерных симуляторов, обработка данных на компьютерах, использование компьютерных программ, управляющих приборами;
- использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса;
- преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ.

## 7. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

Презентации лекций, конспекты лекций, основная и дополнительная учебная литература

Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение

Вопросы для подготовки к контрольным работам:

### 1. Классификация ПАВ:

- по строению полярной группы (анионные, катионные, неионогенные, цвитерионные);
- по строению неполярной группы (углеводородные, фторуглеродные, полиоксипропиленовые, полидиметилсилоксановые, одно- и двухцепочечные ПАВ);
- мономерные, димерные (джемини, болаформные), полимерные ПАВ;
- водо- и маслорастворимые ПАВ.

### 2. Классификация ПАВ по механизму действия (смачиватели, диспергаторы, эмульгаторы, стабилизаторы, моющие средства)

### 3. Методы определения критической концентрации мицеллообразования (ККМ).

### 4. Влияние строения ПАВ, температуры, добавок солей и органических веществ на ККМ.

### 5. Термодинамика мицеллообразования. Модели псевдофазового разделения и квазихимического равновесия.

### 6. Критический параметр упаковки (КРУ). Зависимость типа структур в системах вода-ПАВ от величины КПУ молекул ПАВ.

### 7. Фазовые переходы в концентрированных системах вода-ПАВ.

### 8. Мицеллообразование в растворах смесей ПАВ. Модель идеального поведения.

### 9. Модель Розена (регулярных растворов) для описания мицеллообразования в растворах смесей ПАВ.

### 10. Влияние строения ПАВ – компонентов смесей на ККМ, состав смешанных мицелл и параметры взаимодействия между молекулами ПАВ в смешанных мицеллах.

### 11. Водные растворы смесей полимер-ПАВ. Ассоциация полимеров с ПАВ. Изотермы связывания. Изотермы поверхностного натяжения.

### 12. Концентрированные системы полимер-ПАВ. Фазовое разделение по ассоциативному или сегрегативному типу.

### 13. Поведение смесей белок-ПАВ в водных растворах. Изотермы поверхностного натяжения.

14. Термодинамика адсорбции ПАВ. Уравнение Гиббса для ионогенных и неионогенных ПАВ.
15. Количественные характеристики способности ПАВ снижать поверхностное натяжение: поверхностная активность,  $\rho C_{20}$ , поверхностное натяжение и двумерное давление при ККМ, изменение стандартной свободной энергии Гиббса при адсорбции.
16. Влияние строения ПАВ, температуры, добавок электролитов на поверхностную активность.
17. Адсорбция ПАВ на границе вода/органическая жидкость.
18. Адсорбция ПАВ (индивидуальных и смесей) на низкоэнергетических твердых поверхностях. Изотермы адсорбции. Роль поверхностного агрегирования.
19. Адсорбция ПАВ (индивидуальных и смесей) на высокоэнергетических поверхностях. Механизмы адсорбции. Изотермы адсорбции.
20. Пены. Строение, получение, факторы стабилизации и механизмы разрушения.
21. Принципы подбора ПАВ для стабилизации пен. Пеногашение.
22. Пенные пленки. Изотермы расклинивающего давления. Серые, обычные черные пленки (common black films), ньютоновские пленки (Newtonian black films).
23. Эмульсии. Факторы стабилизации и механизмы разрушения. Принципы подбора ПАВ для получения и стабилизации прямых и обратных эмульсий.
24. Теоретические закономерности изотермической перегонки как механизма разрушения дисперсных систем.
25. Концепции гидрофильно-липофильного баланса (ГЛБ) и температуры инверсии фаз (ТИФ). Использование понятий ГЛБ и ТИФ для получения эмульсий.
26. Микроэмульсии. Классификация по Винзору. Фазовые диаграммы смесей вода-масло-ПАВ.
27. Строение микроэмульсий. Способы изучения микроэмульсий.
28. Влияние температуры на строение микроэмульсий, стабилизированных неионогенными ПАВ. Фазовые диаграммы вода-масло-ПАВ-температура.

#### **Примеры расчетных задач:**

1. Найдено, что в водном растворе додецилсульфата натрия коэффициент диффузии мицелл  $1,167 \cdot 10^{-10}$  м<sup>2</sup>/с. Определите радиус мицелл, число агрегирования, мицелярную массу ПАВ, если температура 20°C, плотность ПАВ 1,14 г/см<sup>3</sup> и вязкость среды 1 мПа·с.
2. Установлено, что ККМ раствора эквимольной смеси неионогенного и катионного ПАВ составляет  $3,4 \cdot 10^{-4}$  М. ККМ индивидуальных ПАВ  $2,0 \cdot 10^{-4}$  М и  $1,23 \cdot 10^{-2}$  М. Удовлетворяет ли смесь условию идеального смешения?
3. Установлено, что средний размер частиц наноалмаза (а) составляет 10 нм. Оцените удельную поверхность, предполагая, что частицы имеют а) сферическую форму (а - диаметр) б) форму кубиков (а - длина ребра). Плотность алмаза 3,5 г/см<sup>3</sup>.
4. Тритон X-100 имеет в спектре поглощения максимум при 275 нм. Получено, что коэффициент экстинкции равен 1012 л/моль. В раствор TX-100 объемом 6 мл и концентрацией  $10^{-4}$  М поместили 5 г гидрофобизованного песка с удельной поверхностью 0,03 м<sup>2</sup>/г. После адсорбции песок отфильтровали и установили, что оптическая плотность составила 0,06. Рассчитать адсорбцию.

5. Частицы из гидроксидированного стекла, полностью смачиваемого водой были модифицированы диметилдихлорсиланом так, что доля гидрофобных участков на поверхности составила 0,5. Рассчитать энергию отрыва таких частиц от поверхности вода/воздух, если поверхностное натяжение воды 72,5 мН/м, а краевой угол на полностью модифицированной поверхности 105 град.

8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

#### **Основная литература**

1. Холмберг К., Йёнссон Б., Кронберг Б., Линдман Б. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах. М.: Бином. 2007.
2. Rosen M.J. Surfactants and Interfacial Phenomena. Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc. 2004.
3. Практикум по коллоидной химии. Под ред. В.Г.Куличихина. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2012.
4. Презентации лекций по дисциплине.

#### **Дополнительная литература**

1. Адамсон А. Физическая химия поверхностей: Пер. с англ.-М.: Мир, 1979.
2. Русанов А.И. Мицеллообразование в растворах поверхностно-активных веществ. Санкт-Петербург. Химия. 1992.
3. Шенфельд Н. Поверхностно-активные вещества на основе оксида этилена. М.: Химия. 1982
4. Berg J.C. An Introduction to Interfaces & Colloids. World Scientific. 2010.
5. Encyclopedia of Surface and Colloid Science. Ed. P.Somasundaran. New York – London. Taylor & Francis. 2006.
6. Поверхностно-активные вещества. Под ред. А.А.Абрамзона и Г.М.Гаевого. Ленинград. Химия. 1979.
7. Holmberg K., Shah D.O., Schwuger M.J. Handbook of applied surface and colloid chemistry V.1. West Sussex, England, John Willey & Sons, 2002.

**Материально технические условия:** специальных нет, занятия проводятся в обычной аудитории с возможностью подключения техники для демонстрации презентаций

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели: к.х.н., доцент Соболева Оксана Анатольевна

#### **Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения**

Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - экзамена. На экзамене проверяется достижение промежуточных индикаторов компетенций, перечисленных в п.2.

**Перечень вопросов к экзамену:**

1. Мицеллообразование в растворах ПАВ. Влияние строения ПАВ, температуры, добавок электролитов и органических соединений на ККМ.
2. Термодинамика мицеллообразования в растворах ПАВ. Модели псевдофазового разделения и химической реакции.
3. Концентрированные системы на основе ПАВ. Понятие о критическом параметре упаковки. Зависимость типа структур от КПУ молекул ПАВ.
4. Мицеллообразование в растворах смесей ПАВ. Влияние строения ПАВ-компонентов смесей на ККМ, состав смешанных мицелл и на параметры взаимодействия.
5. Поведение смесей ПАВ и водорастворимых полимеров в разбавленных растворах. Изотермы поверхностного натяжения. Концентрированные системы полимер-ПАВ. Фазовое разделение.
6. Смесей ПАВ с гидрофобизованными полимерами. Водные растворы смесей белок- ПАВ.
7. Адсорбция ПАВ (индивидуальных и смесей) на границах раздела фаз водный раствор/воздух и раствор/неполярная жидкость. Уравнение Гиббса для ионогенных и неионогенных ПАВ. Влияние строения ПАВ, температуры, добавок электролитов на поверхностную активность.
8. Адсорбция ПАВ (индивидуальных и смесей) на низкоэнергетических твердых поверхностях. Изотермы адсорбции. Роль поверхностного агрегирования.
9. Адсорбция ПАВ (индивидуальных и смесей) на высокоэнергетических твердых поверхностях. Механизмы адсорбции.
10. Пены. Механизмы разрушения и факторы стабилизации. Принципы подбора ПАВ для стабилизации пен. Пеногашение.
11. Эмульсии. Механизмы разрушения и факторы стабилизации. Принципы подбора ПАВ для получения и стабилизации прямых и обратных эмульсий.
12. Конценции гидрофильно-липофильного баланса и температуры инверсии фаз. Использование понятий ГЛБ и ТИФ для получения эмульсий.
13. Микроэмульсии. Классификация Винзора. Фазовые диаграммы.
14. Влияние температуры на строение микроэмульсий, стабилизированных неионогенными ПАВ. Фазовые диаграммы.
15. Использование ПАВ во флотации.
16. Использование ПАВ в моющих композициях. Механизмы моющего действия.
17. Моющее действие. Использование микроэмульсий в моющих средствах.
18. Использование композиций на основе ПАВ в нефтедобыче.
19. Химические реакции в микрогетерогенных системах. Мицеллярный катализ, микроэмульсионная полимеризация, реакции органического синтеза.
20. Химические реакции в микрогетерогенных системах типа вода-в-масле. Получение наночастиц солей, металлов, оксидов.

**Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения**



Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в таблице ниже)

<b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>				
Оценка \ Результат	2	3	4	5
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении задач

<b>РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>	<b>ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ</b>
Знать: теоретические основы физикохимии поверхностно-активных веществ Знать: актуальные направления исследований в области физикохимии поверхностно-активных веществ.	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
Уметь: использовать теоретические знания для анализа и объяснения полученных экспериментальных результатов в области физикохимии поверхностно-активных веществ	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
Владеть навыками: применения теоретических основ физикохимии поверхностно-активных веществ при решении учебных и научных задач	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене