

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»
(Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева)

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП



___ А.Г. Тырков
«24» января 2025 г.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
фундаментальной и прикладной
химии



___ Л.А. Джигола

«24» января 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА»

Составитель

Джигола Л.А., доцент, к.х.н., завкафедрой
фундаментальной и прикладной химии
Фидурова С.Н., к.х.н., доцент кафедры
фундаментальной и прикладной химии

Направление подготовки

04.03.01 ХИМИЯ

Направленность (профиль) ОПОП

Квалификация (степень)

бакалавр

Форма обучения

очная

Год приема

2023

Курс

4

Семестр

7

Астрахань – 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целями освоения дисциплины «Поверхностно-активные вещества» являются:

- знакомство студентов с возможностями и ограничениями аналитической и физической химии в анализе реальных объектов
- формирование современных представлений о фундаментальных достижениях в изучении физико-химических свойств поверхностно-активных веществ, их влиянии на экологические системы.

1.2. Задачи освоения дисциплины: развитие теории химических и физико-химических методов анализа реальных объектов; приобретение навыков решения конкретных физико-химических задач: качественное и количественное определение поверхностно-активных веществ, исследование процессов мицеллообразования; овладение студентами навыками и умениями работы с различными измерительными приборами и научным оборудованием, с современной вычислительной техникой; постановкой и проведением химического эксперимента, математической обработкой результатов наблюдений и теоретической трактовкой опытных данных.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

2.1. Учебная дисциплина «ПАВ» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, и осваивается в 7 семестре.

Дисциплина встраивается в структуру ОПОП ВО (фундаментальные дисциплины химии: неорганическая химия, аналитическая химия, органическая химия, высокомолекулярные соединения, химическая технология, физические и физико-химические методы исследования в химии, квантовая механика и квантовая химия, коллоидная химия, учебная практика, НИР, производственная (технологическая) практика) как с точки зрения преемственности содержания, так и с точки зрения непрерывности процесса формирования компетенций выпускника.

«Входные» знания к дисциплине: основные понятия и законы неорганической и органической химии, качественные и количественные методы определения веществ, физико-химические теории и законы; умения и опыт деятельности обучающегося: правила работы в химической лаборатории (правила техники безопасности, обращение с химическими веществами, правила взвешивания и т.п.), подготовка химической посуды и реактивов, умения проводить физические, химические и физико-химические исследования на оборудовании (работать на иономере, рефрактометрах, спектрофотометрах, поляриметре, проводить титриметрические измерения); проводить аналитическую обработку эмпирических данных.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы следующие знания, умения, навыки, формируемые предшествующими учебными дисциплинами:

- «Аналитическая химия»

Знания: современные методы качественного и количественного определения химических веществ в воздухе, водных объектах и почве;

Умения: применять полученные знания в практической работе, направленной на решение конкретной задачи при контроле содержания вредных веществ в объектах окружающей среды (воздух, вода, почва);

Навыки: владеть методами анализа веществ, загрязняющих воздух, воду, почву; математической обработкой эмпирических данных по изучению сорбционных процессов (изотермы сорбции, интегральные кинетические кривые).

- «Квантовая механика и квантовая химия »

Знания: электронное и пространственное строение атомов и молекул и взаимосвязи строения молекул с физическими, физико-химическими свойствами, а также с биологической активностью молекул;

Умения: выбирать метод расчета для конкретной химической задачи;

Навыки: владеть навыками вычисления электронного строения и энергии молекулы;

- «Неорганическая химия»

Знания: общие закономерности протекания химических реакций в растворах и твердой фазе, основы химической термодинамики и кинетики;

Умения: применять теоретические знания о строении, изменении состава и реакционной способности реагирующих веществ;

Навыки: владеть навыками химического эксперимента с учетом правил техники безопасности при использовании химических реактивов, анализа результатов опытов и формулирования обоснованных выводов.

2.3. Последующие учебные дисциплины (модули) и (или) практики, для которых необходимы знания, умения, навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

- коллоидная химия;

- биоорганическая химия;

-современные методы химического анализа (спецпрактикум);

-ионообменные равновесия;

- производственная (преддипломная) практика.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки:

в) ПК-5. Способен проводить критический анализ полученных результатов и оценивать перспективы продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках.

Таблица 1 - Декомпозиция результатов обучения

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
	Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
ПК-5. Способен проводить критический анализ полученных результатов и оценивать перспективы продолжения работ в	ИПК-5.1.1 Методы получения ПАВ. Критически анализировать отдельные стадии исследования ПАВ. ИПК-5.1.2 Современные методы определения ПАВ в воздухе, водных объектах и почве; ИПК-5.1.3 Место поверхностно-активных веществ в ряду других естественных дисциплин, ее значение в	ИПК-5.2.1 Готовить элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР; ИПК-5.2.2 Выбирать технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР; ИПК-5.2.3. Готовить объекты исследования. ИПК-5.2.4. Анализировать конкретные физико-химические задачи: качественное и количественное	ИПК-5.3.1 Методами количественного и качественного анализа ПАВ загрязняющих воздух, воду, почву; ИПК-5.3.2 Методами регистрации и обработки результатов анализа с использованием современного программного обеспечения.

выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией наук.	жизни современного общества. Современные представления о фундаментальных достижениях в изучении строения и состояния поверхностно-активных веществ, физико-химических свойств, методов определения и синтеза поверхностно-активных веществ, областях применения.	определение поверхностно-активных веществ, исследование процессов мицеллообразования; определение класса поверхностно-активных вещества, критической концентрации мицеллообразования различными методами, поверхностного натяжения растворов поверхностно-активных веществ.	
---	--	---	--

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Объём дисциплины «ПАВ» составляет 2 зачётные единицы, в том числе 28 часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (из них 14 часов – лекции, 14 часов – практические занятия), и 44 часа – на самостоятельную работу обучающихся.

Таблица 2 - Структура и содержание дисциплины

Радел, тема дисциплины	Семестр	Контактная работа (в часах)			Самост. работа		Форма текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
		Л	ПЗ	ЛР	КР	СР	
Раздел 1. Общие сведения о ПАВ. Классификация ПАВ. Области применения ПАВ.	7						Устный опрос, Отчёт по лабораторной работе №1 Решение аналитических задач
<i>Тема 1.1. Катионные ПАВ</i>		0,5	0,5			2	
<i>Тема 1.2. Неионогенные ПАВ (нПАВ)</i>		0,5	0,5			2	
<i>Тема 1.3. Амфотерные ПАВ (АмПАВ)</i>		0,5	0,5			2	
<i>Тема 1.4. Анионоактивные ПАВ (АПАВ)</i>		0,5	0,5			2	
Раздел 2. Синтез ПАВ.	7						Устный опрос, Отчёт по лабораторной работе №2
<i>Тема 2.1. Анионные ПАВ</i>		0,5	0,5			2	
<i>Тема 2.2. Неионогенные ПАВ</i>		0,5	0,5			2	

Тема 2.3. Катионные ПАВ		0,5	0,5			2	
Тема 2.4. Амфотерные ПАВ		0,5	0,5			2	
Раздел 3. Поверхностно-активные вещества и проблемы аналитической химии. Методы определения ПАВ							Устный опрос, Отчёт по лабораторной работе №3 Тест №1
Тема 3.1. Ионные ассоциаты ПАВ	7	0,5	0,5			2	
Тема 3.2. Трехкомпонентные соединения ПАВ		0,5	0,5			2	
Тема 3.3. Современные методы определения синтетических ПАВ		1	1			2	
Раздел 4. Гигиенические характеристики поверхностно-активных веществ							Устный опрос, Отчёт по лабораторной работе №4 Решение аналитических задач
Тема 4.1. Токсичность ПАВ	7	1	1			2	
Тема 4.2. Влияние ПАВ на организм человека и на объекты окружающей среды		1	1			2	
Раздел 5. Строение мицелл ПАВ.							Устный опрос, Отчёт по лабораторной работе №5 Решение аналитических задач
Тема 5.1. Дифильное строение молекул ПАВ	7	1	1			2	
Тема 5.2. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ)		1	1			4	
Раздел 6. Поверхностные явления.							Устный опрос Отчёт по лабораторной работе №6 Рейтинговая К.Р. №1
Тема 6.1. Поверхностные явления и причины их возникновения	7	1	1			4	
Тема 6.2. Поверхностное натяжение		1	1			4	
Тема 6.3. Методы измерения поверхностного натяжения		2	2			4	
ИТОГО	72	14	14			44	ЗАЧЕТ

Примечание: Л – лекция; ПЗ – практическое занятие, семинар; ЛР – лабораторная работа; КР – курсовая работа; СР – самостоятельная работа.

Таблица 3 - Матрица соотношения тем/разделов учебной дисциплины и формируемых компетенций

Радел, тема дисциплины	Кол-во часов	Код компетенции	общее количество компетенций
		ПК-5	
Раздел 1. Общие сведения о ПАВ. Классификация ПАВ. Области применения ПАВ.			
<i>Тема 1.1. Катионные ПАВ</i>	3	+	1
<i>Тема 1.2. Неионогенные ПАВ (нПАВ)</i>	3	+	1
<i>Тема 1.3. Амфотерные ПАВ (АмПАВ)</i>	3	+	1
<i>Тема 1.4. Анионоактивные ПАВ (АПАВ)</i>	3	+	1
Раздел 2. Синтез ПАВ.			
<i>Тема 2.1. Анионные ПАВ</i>	3	+	1
<i>Тема 2.2. Неионогенные ПАВ</i>	3	+	1
<i>Тема 2.3. Катионные ПАВ</i>	3	+	1
<i>Тема 2.4. Амфотерные ПАВ</i>	3	+	1
Раздел 3. Поверхностно-активные вещества и проблемы аналитической химии. Методы определения ПАВ			
<i>Тема 3.1. Ионные ассоциаты ПАВ</i>	3	+	1
<i>Тема 3.2. Трехкомпонентные соединения ПАВ</i>	3	+	1
<i>Тема 3.3. Современные методы определения синтетических ПАВ</i>	4	+	1
Раздел 4. Гигиенические характеристики поверхностно-активных веществ			
<i>Тема 4.1. Токсичность ПАВ</i>	4	+	1

<i>Тема 4.2. Влияние ПАВ на организм человека и на объекты окружающей среды</i>	4	+	1
Раздел 5. Строение мицелл ПАВ.			
<i>Тема 5.1. Дифильное строение молекул ПАВ</i>	4	+	1
<i>Тема 5.2. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ)</i>	6	+	1
Раздел 6. Поверхностные явления.			
<i>Тема 6.1. Поверхностные явления и причины их возникновения</i>	6	+	1
<i>Тема 6.2. Поверхностное натяжение</i>	6	+	1
<i>Тема 6.3. Методы измерения поверхностного натяжения</i>	8	+	1
Итого	72		1

Краткое содержание учебной дисциплины

Раздел I. Общие сведения о ПАВ. Классификация ПАВ. Применение ПАВ

Дифильное строение ПАВ. Понятие о гидрофильно-липофильном балансе. Поверхностная активность, поверхностное натяжение. Истинно растворимые (молекулярно-диспергированные) и коллоидные ПАВ. Моющее действие ПАВ.

Тема 1.1. Катионные ПАВ

Азотсодержащие КПАВ: соли аминов, моно- и бисчетвертичные аммониевые основания с алкильными цепями алифатической и ароматической структур, четвертичные аммониевые основания с различными функциональными группами в гидрофобной цепи. Моно и бисчетвертичные аммониевые основания с атомом азота в гетероциклическом кольце. Полимерные КПАВ.

Тема 1.2. Неионогенные ПАВ (нПАВ)

Спирты – предельные и непредельные, первичные, вторичные, циклические. Карбоновые кислоты. Алкилфенолы и алкилнафтолы. Амины, амиды, имидазолины. Меркаптаны и сульфамиды. Полимеры: этилен- и пропиленгликоли, алкилацетилгликоли. Эфиры фосфорной кислоты, эфиры пентаэритрита. Продукты конденсации глюкозидов с жирными спиртами, карбоновыми кислотами и оксидом этилена. Кремнийорганические ПАВ.

Тема 1.3. Амфотерные ПАВ (АмПАВ)

Алкиламинокарбоновые кислоты. Алкилбетаины. Производные алкиламидазолинов. Алкиламиноалкансульфоны, алкиламиноалкансульфаты. Способы получения АмПАВ.

Тема 1.4. Анионоактивные ПАВ (АПАВ)

Производные карбоновых кислот – мыла. Первичные и вторичные алкилсульфаты, алкилфенилэтилсульфаты, алкилциклогексилсульфаты. Алкил и алкиларилсульфонаты сложных эфиров моно- и дикарбоновых кислот, олефинсульфонаты. Сульфоэтоксилаты спиртов, карбоксиэтоксилаты карбоновых кислот, соли сульфатов непредельных кислот. Азотсодержащие АПАВ: амидосульфаты, амиды сульфокарбоновых кислот, амидосульфаты, амидокарбоксилаты. Соли перфторированных карбоновых кислот, перфториро-

ванных сульфоацетатов, моно- и диалкилфосфатов и фосфонатов. Характеристики, определяющие применение ПАВ: поверхностная активность, структура адсорбционных слоев и объемные свойства растворов.

Раздел II. Синтез ПАВ

Тема 2.1. Анионные ПАВ

Получение солей высших жирных кислот. Омыление жиров. Основные стадии метода получения мыла: последовательное проведение омыления, высаливание, шлифование мыла и доведение его до товарной формы. Синтез карбоновых кислот. Получение натриевых мыл из синтетических жирных кислот (СЖК). Соли сульфоэфиров первичных спиртов (первичные алкилсульфаты). Соли сульфоэфиров вторичных спиртов (вторичные алкилсульфаты). Алкиларилсульфонаты. Алкилсульфонаты. Азотсодержащие анионные ПАВ.

Тема 2.2. Неионогенные ПАВ Оксиэтилированные спирты. Оксиэтилирование спиртов. Оксиэтилированные алкилфенолы. Алкиламины.

Тема 2.3. Катионные ПАВ

Синтез КПАВ из первичных, вторичных и третичных аминов. Основной процесс синтеза четвертичных солей аммониевых оснований – кватернизация.

Тема 2.4. Амфотерные ПАВ

Алкиламинокарбоновые кислоты. Анионно ориентированные амфолитные ПАВ. Синтез N-(сульфоалкил)аминоацетатов $\text{ROOCCH}_2\text{NHCH}_2\text{CH}_2\text{SO}_3\text{Na}$. Получение натриевой соли диалкил-N-(2-сульфоэтил)аминодиацетатов $(\text{ROOCCH}_2)_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{SO}_3\text{Na}$. Получение соли алкиламино-N-полиэтиленгликолевых эфиров N-этансульфо кислоты. Получение натриевой соли диэфиров N-сульфоацетилэтилендиаминдиуксусной кислоты.

Раздел III. Поверхностно-активные вещества и проблемы аналитической химии. Методы определения ПАВ

Тема 3.1. Ионные ассоциаты ПАВ

Ионные ассоциаты, образуемые ПАВ с различными органическими соединениями. Ионные ассоциаты, образуемые анионными красителями или анионными ПАВ с органическими соединениями, содержащими катионы (аминогликозидные антибиотики, азотсодержащий гетероциклы, тетрациклины, антрациклины и др.). Ионные ассоциаты, образуемые КПАВ с органическими сульфокислотами, солями карбоновых кислот, с анионными ПАВ. Спектральные характеристики анионных красителей и их ионных ассоциатов с КПАВ.

Тема 3.2. Трехкомпонентные соединения ПАВ

Трехкомпонентные соединения КПАВ, анионных органических аналитических реагентов и ионов металлов. Трехкомпонентные соединения ксиленолового оранжевого, хромазуrola-S, пирокатехинового фиолетового, метилтимолового синего и др. с солями четвертичных аммониевых оснований или солями цетилпиридиния и ионами редкоземельных элементов, циркония, бериллия, урана, кобальта, никеля, молибдена, ванадия, титана. Определение металлов фотометрическим, экстракционно-фотометрическим или сорбционно- фотометрическим методами.

Тема 3.3. Современные методы определения синтетических ПАВ

Современные методы определения синтетических ПАВ (СПАВ) в объектах окружающей среды. Определение катионных ПАВ в виде ионных ассоциатов с анионными красителями экстракционно-фотометрическим методом. Определение НПАВ в виде их соединений с роданидом кобальта. Определение АПАВ в виде их ионных ассоциатов с катионными красителями.

Раздел IV. Гигиенические характеристики поверхностно-активных веществ

Тема 4.1. Токсичность ПАВ

Острая токсичность детергентов. Нормы и дозы при различном поступлении в организм катионных, анионных, неионогенных поверхностно-активных веществ. Биологическое действие ПАВ при длительном поступлении в организм животных. Зависимость кожно-раздражающего действия детергентов от химического строения и технологии их производства. Пороговой концентрацией раздражающего действия различных ПАВ. Действие ПАВ на органы и системы органов.

Тема 4.2. Влияние ПАВ на организм человека и на объекты окружающей среды

Аллергенное действие ПАВ при различных путях поступления в организм. Аллергический эффект у катионных и у неионогенных ПАВ. Промежуточное положение анионных детергентов. Отдаленные последствия воздействия ПАВ на организм животных. Влияние ПАВ на организм человека. Влияние синтетических ПАВ на сурфактантную систему легких.

Возможное нарушение поверхностно-активными веществами эколого-гигиенического равновесия в условиях комплексного антропогенного загрязнения окружающей среды. Гигиеническое значение поверхностно-активных веществ в условиях загрязнения почвы химическими соединениями.

Раздел V. Строение мицелл ПАВ

Тема 5.1. Дифильное строение молекул ПАВ

Дифильное строение молекул поверхностно-активных веществ. Их способность образовывать ассоциаты коллоидных растворов и обратный процесс, при котором такие коллоиды переходят в дисперсное состояние, образуя молекулярные растворы. Факторы, влияющие на данные процессы: изменение концентрации веществ в молекулярной или коллоидной форме, температуры и ионной силы раствора. Типы мицелл, их строение, форма. Способность сольubilизировать.

Тема 5.2. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ)

Влияние концентрации ПАВ на свойства растворов. Способы определения критической концентрации мицеллообразования. Влияние длины углеводородной цепи молекул ПАВ на термодинамические параметры адсорбции и мицеллообразования в водных растворах.

Зависимость свойств растворов ПАВ, например, их адсорбционная способность, а также способность образовывать мицеллы, от числа метиленовых групп в углеводородной цепи этих ПАВ, заряда и объема полярных групп, а также от наличия и концентрации различных электролитов в растворах.

Раздел VI. Поверхностные явления

Тема 6.1. Поверхностные явления и причины их возникновения

Классификация поверхностных явлений через объединенное уравнение I и II начал термодинамики. Приращение поверхностной энергии в другие виды энергии. Геометрические параметры поверхности. Поверхностный слой жидкости и твердого тела. Поверхностная энергия Гиббса.

Тема 6.2. Поверхностное натяжение

Термодинамическое определение поверхностного натяжения. Физический смысл и силовое определение. Термодинамика поверхностных явлений. Методы описания термодинамики поверхностных явлений, их достоинства и недостатки. Полная удельная поверхностная энергия. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Температурный коэффициент поверхностного натяжения. Температурная зависимость поверхностного натяжения (σ). За-

висимость энергетических параметров поверхности от полярности жидкостей. Правило П.А. Ребиндера для различных жидкостей. Влияние природы граничащих фаз на поверхностное натяжение. Правило Г.Н. Антонова. Зависимость поверхностного натяжения раствора от природы и концентрации растворенных веществ. Изотермы поверхностного натяжения (3 типа). Уравнение Б.А. Шишковского (ПАВ).

Тема 6.3. Методы измерения поверхностного натяжения

Статические методы: метод Вильгельми, метод капиллярного поднятия, метод лежащей капли. Полустатические методы: метод отрыва пластинки, метод отрыва кольца, метод взвешивания или счета капель. Динамические методы. Сравнения трех типов методов. Самопроизвольные процессы в поверхностном слое.

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРЕПОДАВАНИЮ И ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Указания для преподавателей по организации и проведению учебных занятий по дисциплине «ПАВ»

Преподаватель должен активно непосредственно участвовать в учебном процессе и проводить подготовку к нему. Необходимость постоянной подготовки к занятиям обусловлена потребностью отражать современные подходы, взгляды, данные по темам и разделам. Проводя подготовку к учебному процессу необходимо изучать современные методические рекомендации, результаты научных исследований, новые технологии и т.д. При реализации различных видов учебной работы преподаватель должен использовать образовательные технологии: создание интерактивных презентаций, обучающие компьютерные программы, технологии развития мышления (эффективная лекция, таблицы, работа в группах и т.д.)

В ходе подготовки лекции преподаватель должен разрабатывать план лекции, в котором должен определить те основные материалы, которые слушатели должны понять и записать. Содержание лекции должно быть организованным и четким, что делает усвоение материала доступным. Содержание лекции должно отвечать следующим требованиям: изложение материала от простого к сложному; от известного к неизвестному; логичность, четкость и ясность в изложении материала; возможность проблемного изложения; дискуссии и диалога в конце лекции с целью активизации деятельности слушателей; опора смысловой части лекции на подлинные факты, события, явления, статистические данные; тесная связь теоретических положений и выводов с практикой и профессиональной деятельностью. В ходе лекционного занятия преподаватель должен четко озвучить тему, представить план, кратко изложить цель, учебные вопросы. Раскрывая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Следует также раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. При изложении лекционного материала следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам, приводя примеры, раскрывать положительный отечественный и зарубежный опыт. По ходу изложения, возможно, задавать риторические вопросы и самому давать на них ответ. Преподаватель в целом не должен отвлекаться от излагаемого материала лекции. Преподаватель должен руководить работой слушателей по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы. Используемый во время лекции наглядный материал – слайды, таблицы, схемы, иллюстрации помогает вести конспекты и улучшает темп предложения материала лекций. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Для закрепления материала, подготовки к семинарским и практическим занятиям и выполнения самостоятельной работы необходимо

рекомендовать литературу, основную и дополнительную, в том числе учебно-методические материалы, а также электронные источники (интернет-ресурсы).

Практические занятия способствуют закреплению знаний, полученных студентами в ходе теоретического обучения и самостоятельной работы, формированию компетенций, навыков в получении информации, приобретению умений провести ее обработку и анализ, овладению навыками планирования, анализа и управления. Общее требование при разработке тематики практических занятий таково - этот вид аудиторных занятий должен научить студента правильно оценить и предвидеть развитие ситуации, управлять ее формированием, владению методами анализа. На занятиях проводится отработка практических умений под контролем преподавателя. В конце каждого практического занятия преподаватель планирует 6- 7 минут для подведения итогов. Он обращает внимание на то, как освоен учебный материал по теме в целом, анализирует типичные ошибки и недоработки студентов, акцентирует их внимание на значимость темы.

5.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины

Приступая к изучению новой учебной дисциплины «ПАВ», студенты должны ознакомиться с учебной программой, учебной, научной и методической литературой, получить в библиотеке рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, завести новую тетрадь для работы с первоисточниками.

Готовясь к устному опросу, обращаться за методической помощью к преподавателю. Составить план-конспект своего выступления. В ходе занятия внимательно слушать выступления своих однокурсников. При необходимости задавать им уточняющие вопросы. Принимать активное участие в обсуждении учебных вопросов: выступать с докладами, рефератами, обзорами научных статей, отдельных публикаций периодической печати, касающихся содержания темы семинарского занятия. В ходе своего выступления использовать технические средства обучения, доску и мел. С целью более глубокого усвоения изучаемого материала задавать вопросы преподавателю. После подведения итогов устранить недостатки, отмеченные преподавателем.

При подготовке к зачету (в конце 7 семестра) повторять пройденный материал в строгом соответствии с учебной программой, примерным перечнем учебных вопросов, выносящихся на зачет и содержащихся в данной программе. Использовать литературу, рекомендованную преподавателем. Обратит особое внимание на темы учебных занятий, пропущенных студентом по разным причинам. При необходимости обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю.

При подготовке к практическим занятиям студентам отводится время на самостоятельную работу, которая включает изучение теоретического курса по теме «ПАВ», ознакомление с материалом, изложенным в учебниках и иных источниках информации, включая поисковую работу в интернете. Полезно использовать Web-ресурс "Электронное образование" Астраханского государственного университета им. В.Н. Татищева (<https://moodle.asu-edu.ru>), в которой периодически обновляется информация о текущих заданиях и присутствует необходимый материал по курсу учебной дисциплины.

Таблица 4 - Содержание самостоятельной работы обучающихся

Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов	Формы работы
<p>Раздел 1. Общие сведения о ПАВ. Классификация ПАВ. Области применения ПАВ. Темы 1.1.,1.2., 1.3.,1.4. Моно и бисчетвертичные аммониевые основания с атомом азота в гетероциклическом кольце. Полимерные КПАВ. Полимеры: этилен- и пропиленгликоли, алкилацетилгликоли. Эфиры фосфорной кислоты, эфиры пентаэритрита. Продукты конденсации глюкозидов с жирными спиртами, карбоновыми кислотами и оксидом этилена. Кремнийорганические ПАВ. Алкиламиноалкансульфоны, алкиламиноалкансульфаты. Способы получения АмПАВ.</p>	8	Оформление отчета по лабораторным работам. Конспектирование ответов на семинарские вопросы при подготовке к опросу. Решение аналитических задач.
<p>Раздел 2. Синтез ПАВ. Темы 2.1.,2.2., 2.3.,2.4. Синтез ПАВ: Соли перфторированных карбоновых кислот, перфторированных сульфоацетатов, моно- и диалкилфосфатов и фосфонатов. Характеристики, определяющие применение ПАВ: поверхностная активность, структура адсорбционных слоев и объемные свойства растворов. Соли сульфозэфиров вторичных спиртов (вторичные алкилсульфаты). Алкиларилсульфонаты. Алкилсульфонаты. Азотсодержащие анионные ПАВ. Оксипропилированные алкилфенолы. Алкиламины. Получение натриевой соли диэфиров N-сульфоацетилэтилендиаминдиуксусной кислоты.</p>	8	Оформление отчета по лабораторным работам. Конспектирование ответов на семинарские вопросы при подготовке к опросу.
<p>Раздел 3. Поверхностно-активные вещества и проблемы аналитической химии. Методы определения ПАВ Темы 3.1.,1.2., 3.3. Трехкомпонентные соединения КПАВ, анионных органических аналитических реагентов и ионов металлов. Трехкомпонентные соединения ксиленолового оранжевого, хромазуrola-S, пирокатехинового фиолетового, метилтимолового синего и др. с солями четвертичных аммониевых оснований или солями цетилпиридиния и ионами редкоземельных элементов, циркония, бериллия, урана, кобальта, никеля, молибдена, ванадия, титана. Определение металлов фотометрическим, экстракционно-фотометрическим или сорбционно- фотометрическим методами.</p>	6	Оформление отчета по лабораторным работам. Конспектирование ответов на семинарские вопросы при подготовке к опросу. Решение аналитических задач. Подготовка к тестированию
<p>Раздел 4. Гигиенические характеристики поверхностно-активных веществ Темы 4.1.,4.2. Токсикология ПАВ. Детергенты и их токсичность. Нормы и дозы при различном поступлении в организм катионных, ани-</p>	4	Оформление отчета по лабораторным работам. Конспектиро-

<p>онных, неионогенных поверхностно-активных веществ. Биологическое действие ПАВ при длительном поступлении в организм животных. Кожно-раздражающее и аллергическое действие детергентов. Аллергенное действие ПАВ при различных путях поступления в организм. Аллергический эффект у катионных и у неионогенных ПАВ. Промежуточное положение анионных детергентов. Отдаленные последствия воздействия ПАВ на организм животных. Влияние ПАВ на организм человека. Влияние синтетических ПАВ на сурфактантную систему легких.</p> <p>Возможное нарушение поверхностно-активными веществами эколого-гигиенического равновесия в условиях комплексного антропогенного загрязнения окружающей среды. Гигиеническое значение поверхностно-активных веществ в условиях загрязнения почвы химическими соединениями.</p>		<p>вание ответов на семинарские вопросы при подготовке к опросу. Решение аналитических задач.</p>
<p>Раздел 5. Строение мицелл ПАВ. Темы 5.1.,5.2.</p> <p>Способы определения критической концентрации мицеллообразования. Влияние длины углеводородной цепи молекул ПАВ на термодинамические параметры адсорбции и мицеллообразования в водных растворах.</p> <p>Зависимость свойств растворов ПАВ, например, их адсорбционная способность, а также способность образовывать мицеллы, от числа метиленовых групп в углеводородной цепи этих ПАВ, заряда и объема полярных групп, а также от наличия и концентрации различных электролитов в растворах. Моющее действие ПАВ.</p>	6	<p>Оформление отчета по лабораторным работам.</p> <p>Конспектирование ответов на семинарские вопросы при подготовке к опросу.</p> <p>Решение аналитических задач.</p>
<p>Раздел 6. Поверхностные явления. Темы 6.1.,6.2., 6.3.</p> <p>Поверхностные явления и причины их возникновения. Классификация поверхностных явлений через объединенное уравнение I и II начал термодинамики. Приращение поверхностной энергии в другие виды энергии. Геометрические параметры поверхности. Поверхностный слой жидкости и твердого тела. Поверхностная энергия Гиббса.</p> <p>Поверхностное натяжение. Термодинамическое определение. Физический смысл и силовое определение. Термодинамика поверхностных явлений. Методы описания термодинамики поверхностных явлений, их достоинства и недостатки. Полная удельная поверхностная энергия. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Температурный коэффициент поверхностного натяжения. Температурная зависимость поверхностного натяжения (σ). Зависимость энергетических параметров поверхности от полярности жидкостей. Правило П.А. Ребиндера для различных жидкостей. Влияние природы граничащих фаз на поверхностное натяжение. Правило Г.Н. Антонова. Зависимость поверхностного натяжения раствора от природы и концентрации растворенных веществ. Изотермы поверхностного натяжения (3 типа). Уравнение Б.А. Шишковского (ПАВ). Методы измерения поверхностного натяжения. Статические методы: метод Вильгельми, метод капиллярного</p>	12	<p>Оформление отчета по лабораторным работам.</p> <p>Конспектирование ответов на семинарские вопросы при подготовке к опросу.</p> <p>Решение аналитических задач.</p> <p>Подготовка к рейтинговой К.Р. №1</p>

поднятия, метод лежачей капли. Полустатические методы: метод отрыва пластинки, метод отрыва кольца, метод взвешивания или счета капель. Динамические методы. Сравнения трех типов методов. Самопроизвольные процессы в поверхностном слое.		
--	--	--

5.3. Виды и формы письменных работ, предусмотренных при освоении дисциплины, выполняемые обучающимися самостоятельно.

В качестве письменных работ предлагается подготовка к собеседованию по вопросам, отчет по лабораторным работам и самостоятельное решение задач.

Перечень вопросов к устному опросу и зачету

Строение и свойства ПАВ

1. Какие классы веществ относят к поверхностно-активным веществам и почему? Какие вещества называются поверхностно-активными (ПАВ)? Приведите примеры.
2. Какое строение имеют ПАВ?
3. Как подразделяются ПАВ в зависимости от состояния?
4. Понятие гидрофильно-липофильного баланса. Как определяется, для чего это понятие введено?
5. Определение поверхностной активности для разных групп ПАВ.
6. В чем заключается моющее действие ПАВ?
7. Классификация ПАВ. Приведите примеры.
8. Чем определяются области применения ПАВ? Перечислите основные области применения ПАВ.

Синтез поверхностно-активных веществ

9. Синтез АПАВ. Соли высших жирных кислот.
10. Синтез АПАВ. Соли сульфозэфиров первичных и вторичных спиртов.
11. Синтез АПАВ. Алкиларилсульфонаты. Алкилсульфонаты.
12. Синтез АПАВ. Азотсодержащие анионные ПАВ.
13. Синтез неионогенных ПАВ. Оксипропилированные спирты. Оксипропилированные алкилфенолы
14. Синтез НПАВ. Алкиламины.
15. Синтез катионных поверхностно-активных веществ.
16. Синтез анионных поверхностно-активных веществ. Анионно ориентированные амфолитные ПАВ. Алкиламинокарбоновые кислоты. Приведите примеры.

Ассоциация ПАВ с красителями

17. Дайте определение понятию ионный ассоциат. Приведите примеры.
18. Какие ионные ассоциаты способны образовывать анионные ПАВ? Приведите примеры.
19. Какие ионные ассоциаты способны образовывать катионные ПАВ? Приведите примеры.
20. Назовите современные методы определения синтетических ПАВ (СПАВ) в объектах окружающей среды.
21. Расскажите об определении катионных ПАВ в виде ионных ассоциатов с анионными красителями экстракционно-фотометрическим методом.
22. Расскажите об определении НПАВ в виде их соединений с роданидом кобальта.
23. Расскажите об определении АПАВ в виде их ионных ассоциатов с катионными красителями.

Токсикология ПАВ. Моющее действие ПАВ

24. Какие вещества относят к детергентам? Чем обусловлена их токсичность?
25. Какие существуют нормы и дозы при различном поступлении в организм катионных, анионных, неионогенных поверхностно-активных веществ?
26. В чем заключается биологическое действие ПАВ при длительном поступлении в организм животных? Приведите примеры.
27. Имеется ли зависимость кожно-раздражающего и аллергического действия детергентов от химического строения и технологии их производства? В чем она проявляется?
28. В чем проявляется гигиеническое значение поверхностно-активных веществ в условиях заражения объектов окружающей среды?

Мицеллы ПАВ

29. Какие ПАВ образуют мицеллярные системы? От чего это зависит? Приведите примеры.
30. Какие типы мицелл могут образовать ПАВ? Каково их строение и форма?
31. Чем обусловлены свойства мицелл? Как это применяют на практике? Приведите примеры.
32. Объясните понятие критической концентрации мицеллообразования (ККМ).
33. От каких факторов зависит достижение ККМ? Приведите зависимости и примеры.
34. Какими физико-химическими методами можно определять ККМ? Приведите зависимости и примеры.
35. Как влияет длина углеводородной цепи молекул ПАВ на термодинамические параметры адсорбции и мицеллообразования в водных растворах?

Поверхностные явления

36. Какие явления относят к поверхностным?
37. Каковы причины возникновения поверхностных явлений?
38. Классификация поверхностных явлений через объединенное уравнение I и II начал термодинамики. Приращение поверхностной энергии в другие виды энергии.
39. Геометрические параметры поверхности. Поверхностный слой жидкости и твердого тела.
40. Поверхностная энергия Гиббса.
41. Поверхностное натяжение. Термодинамическое определение. Физический смысл и силовое определение.
42. Термодинамика поверхностных явлений. Методы описания термодинамики поверхностных явлений, их достоинства и недостатки.
43. Полная удельная поверхностная энергия. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Температурный коэффициент поверхностного натяжения.
44. Температурная зависимость поверхностного натяжения (σ).
45. Зависимость энергетических параметров поверхности от полярности жидкостей. Правило П.А. Ребиндера для различных жидкостей.
46. Влияние природы граничащих фаз на поверхностное натяжение. Правило Г.Н. Антонова.
47. Зависимость поверхностного натяжения раствора от природы и концентрации растворенных веществ. Изотермы поверхностного натяжения (3 типа). Уравнение Б.А. Шишковского (ПАВ).
48. Методы измерения поверхностного натяжения. Статические методы: метод Вильгельми, метод капиллярного поднятия, метод лежащей капли.
49. Полуэстатические методы: метод отрыва пластинки, метод отрыва кольца, метод взвешивания или счета капель.
50. Динамические методы. Сравнения трех типов методов.

51. Самопроизвольные процессы в поверхностном слое. Какие факторы определяют уменьшение поверхностной энергии (ΔG). В результате чего формируется структура поверхностного слоя?

Общие требования к выполнению, оформлению и отчету по лабораторным работам

1. Цель и задачи исследования.
 2. Краткое описание эксперимента: способы, методы, методики исследования и теоретические положения.
 3. Законы, положения, математический аппарат, уравнения реакций. Результаты исследования и расчеты (уравнения должны быть приведены в общем виде и с подставленными данными). Результаты исследования и расчетов должны быть сведены в соответствующие таблицы. Статистическая обработка данных.
 4. Графическая обработка экспериментальных данных: графики и схемы должны выполняться только на миллиметровой бумаге. На ось ординат наносится функция, на ось абсцисс – аргумент с указанием единиц измерения. На осях наносится шкала согласно выбранному масштабу. Единицы масштаба должны быть выбраны в соответствии точности отсчета при эксперименте. Координаты экспериментальной точки наносятся только на плоскости и отмечаются точкой. По экспериментальным точкам проводится усредняющая кривая. Выпавшие точки не используются, но показываются. На листе, где выполнен график, должны быть указаны наименование графика (под графиком), условия, сноски. Экспериментальные данные для построения градуировочного графика обрабатываются по методу наименьших квадратов.
 5. Анализ экспериментально полученных зависимостей.
 6. Выводы.
- Работа считается выполненной, если приведены все необходимые расчеты, построены изучаемые зависимости, приведены все структурные формулы изучаемых веществ и образуемых соединений, сделаны соответствующие выводы.

Примерный перечень тем лабораторных работ

Лабораторная работа № 1: «Изучение образования двухкомпонентных соединений – ионных ассоциатов между индикатором метиловым оранжевым и КПАВ».

Лабораторная работа № 2: «Изучение образования комплексных соединений между неионогенными поверхностно-активными веществами (НПАВ) с роданидом кобальта-аммония».

Лабораторная работа № 3: «Изучение образования комплексных соединений между анионными поверхностно-активными веществами (АПАВ) с метиленовым синим»

Лабораторная работа № 4: «Изучение поверхностного натяжения растворов методом отрыва кольца».

Лабораторная работа № 5: «Измерение поверхностного натяжения по методу отрывающейся капли».

Лабораторная работа № 6: «Изучение критической концентрации мицеллообразования анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ) с катионными красителями»

Тема рейтинговой контрольной работы

К.Р. «Физико-химические свойства поверхностно-активных веществ»

Примерные варианты тестовых заданий для самостоятельной подготовки:

1. Поверхностно-активные вещества – это:
 - а) вещества способные увеличивать поверхностное натяжение на границе раздела фаз;

- б) вещества, адсорбирующиеся положительно и вызывающие снижение поверхностного натяжения растворителя;
- в) вещества, не изменяющие концентрацию раствора.

2. Мерой способности снижать поверхностное натяжение воды является:

- а) поверхностное натяжение;
- б) поверхностная активность;
- в) граница раздела фаз.

3. Молекулы ПАВ имеют строение:

- а) монофильное;
- б) гетерофильное;
- в) дифильное.

4. Какие вещества можно отнести к анионным ПАВ?

- а) $\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_n\text{COOM}$;
- б) $\text{RC}_6\text{H}_4(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_n\text{SO}_3\text{M}$;
- в) $[\text{RR}'_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{NR}'_2\text{R}]_2+2\text{X}^-$;
- г) $\text{RO}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_n\text{H}$;
- д) $\text{RNH}(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$.

5. Какое минимальное количество атомов углерода должен содержать углеродный скелет, чтобы вещество проявляло поверхностную активность?

- а) 3;
- б) 5;
- в) 7;
- г) 8.

6. Для каких ПАВ характерно образование мицеллярных систем?

- а) неионогенных;
- б) амфолитных;
- в) ионогенных.

7. Характеристикой коллоидных поверхностно-активных веществ является:

- а) температура;
- б) концентрация ПАВ;
- в) критическая концентрация мицеллообразования.

8. Во сколько раз увеличивается поверхностная активность ПАВ с увеличением длины углеводородной цепи на одну метиленовую группу?

- а) в 1,5;
- б) в 2;
- в) в 3,2.

9. Расположите ПАВ в порядке уменьшения их раздражающей способности:

- а) анионные;
- б) катионные;
- в) неионные;
- г) амфолитные.

10. Поверхностные явления наблюдаются:

- а) в объеме фаз;
- б) в газовой фазе;
- в) на поверхности раздела фаз.

11. Поверхностный слой обладает:

- а) внутренней границей;
- б) избытком энергии Гиббса;
- в) постоянной толщиной.

12. Поверхностное натяжение это частная производная от.....по изменению площади поверхности:

- а) энергии Гиббса;
- б) энергии Гельмгольца;
- в) затраченной работы;
- г) любого термодинамического потенциала.

13. Для описания термодинамики поверхностных явлений применяют методы:

- а) градуировочного графика;
- б) «слоя конечной толщины»;
- в) наименьших квадратов;
- г) избыточных величин Гиббса.

14. Найдите соответствие:

- а) к статическим методам измерения поверхностного натяжения относят;
- б) к полустатическим методам измерения поверхностного натяжения относят;
- в) к динамическим методам измерения поверхностного натяжения относят;
- г) метод отрыва кольца; д) метод капиллярных волн; е) метод Вильгельми;
- ж) метод взвешивания или счета капель; з) метод колеблющихся струй;
- и) метод максимального давления пузырька; к) метод лежащей капли; л) метод отрыва пластинки;
- м) метод капиллярного поднятия.

15. Фотометрическое определение АПАВ основано на:

- а) экстракции хлороформом;
- б) осаждении ионного ассоциата;
- в) адсорбции;
- г) проточно-инжекционный метод анализа с флуориметрией.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению подготовки реализация компетентностного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий. (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбор конкретных ситуаций, психологические и иные тренинги, диспуты, дебаты, портфолио круглые столы и пр.) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития требуемых компетенций обучающихся.

6.1. Образовательные технологии

Знакомство с теоретическим материала осуществляется с помощью электронных средств обучения, подготовки к практическим занятиям по вопросам к темам разделов

(написание конспектов, подготовка докладов или сообщений по ситуационным задачам) с использованием интерактивных досок, методического материала (схемы, таблицы и т.п.).

При освоении практикума студентам предлагается индивидуальная работа и (или) работа в малых группах, где каждый получает своё задание.

Практические работы выполняются студентами согласно методическим указаниям к лабораторным работам, составленным по единому плану: перечень вопросов для подготовки к лабораторным работам, сущность методики, методика проведения определения, список литературы.

Теоретические вопросы, касающиеся той или иной практической работы, готовятся студентами самостоятельно. Дополнительно для самостоятельного выполнения дается несколько задач для решения из учебника или практикума.

В лаборатории перед каждой работой преподавателем проводится допуск к практической работе в виде устного опроса студентов и проверки домашнего задания (7-10 мин). Результаты практической-лабораторной работы обрабатываются методом математической статистики. Оформляется отчет по работе. Результаты анализа и допуска к работе оцениваются преподавателем по БАРС.

Таблица 5 – Образовательные технологии, используемые при реализации учебных занятий

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Форма учебного занятия		
	Лекция	Практическое занятие, семинар	Лабораторная работа
<i>Раздел 1. Общие сведения о ПАВ. Классификация ПАВ. Области применения ПАВ.</i>			
<i>Тема 1.1. Катионные ПАВ</i>	Обзорная лекция	Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии	Не предусмотрено
<i>Тема 1.2. Неионогенные ПАВ (нПАВ)</i>	Обзорная лекция	Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии	Не предусмотрено
<i>Тема 1.3. Амфотерные ПАВ (АмПАВ)</i>	Обзорная лекция	Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии	Не предусмотрено
<i>Тема 1.4. Анионоактивные ПАВ (АПАВ)</i>	Обзорная лекция	Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии	Не предусмотрено
<i>Раздел 2. Синтез ПАВ</i>			
<i>Тема 2.1. Анионные ПАВ</i>	Проблемная лекция	Фронтальный опрос, выпол-	Не предусмотрено

		нение практических заданий, тематические дискуссии	
<i>Тема 2.2. Неионогенные ПАВ</i>	Проблемная лекция	Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии	Не предусмотрено
<i>Тема 2.3. Катионные ПАВ</i>	Проблемная лекция	Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии	Не предусмотрено
<i>Тема 2.4. Амфотерные ПАВ</i>	Проблемная лекция	Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии	Не предусмотрено
<i>Раздел 3. Поверхностно-активные вещества и проблемы аналитической химии. Методы определения ПАВ</i>			
<i>Тема 3.1. Ионные ассоциаты ПАВ</i>	Проблемная лекция	Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии	Не предусмотрено
<i>Тема 3.2. Трехкомпонентные соединения ПАВ</i>	Проблемная лекция	Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии	Не предусмотрено
<i>Тема 3.3. Современные методы определения синтетических ПАВ</i>	Проблемная лекция	Тематические дискуссии, анализ конкретных ситуаций	Не предусмотрено
<i>Раздел 4. Гигиенические характеристики поверхностно-активных веществ</i>			
<i>Тема 4.1. Токсичность ПАВ</i>	Обзорная лекция	Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии	Не предусмотрено
<i>Тема 4.2. Влияние ПАВ на организм человека и на объекты окружающей</i>	Обзорная лекция	Тематические дискуссии, анализ конкретных ситу-	Не предусмотрено

<i>среды</i>		<i>аций</i>	
Раздел 5. Строение мицелл ПАВ.			
<i>Тема 5.1. Дифильное строение молекул ПАВ</i>	Обзорная лекция	Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии	Не предусмотрено
<i>Тема 5.2. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ)</i>	Обзорная лекция	Тематические дискуссии, анализ конкретных ситуаций	Не предусмотрено
Раздел 6. Поверхностные явления.			
<i>Тема 6.1. Поверхностные явления и причины их возникновения</i>	Проблемная лекция	Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии	Не предусмотрено
<i>Тема 6.2. Поверхностное натяжение</i>	Проблемная лекция	Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии	Не предусмотрено
<i>Тема 6.3. Методы измерения поверхностного натяжения</i>	Проблемная лекция	Тематические дискуссии, анализ конкретных ситуаций	Не предусмотрено

Учебные занятия по дисциплине могут также проводиться с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) интерактивном взаимодействии обучающихся и преподавателя в режимах on-line и/или off-line в формах: видео-лекций, видеоконференции, собеседования в режиме чата, форума, чата в различных мессенджерах, выполнения виртуальных практических работ и др.

6.2. Информационные технологии

При реализации различных видов учебной и внеучебной работы используются:

- возможности Интернета в учебном процессе (рассылка заданий, предоставление выполненных работ, ответы на вопросы, ознакомление учащихся с оценками и т.д.);
- использование электронных учебников и различных сайтов (например, электронные библиотеки, журналы и т.д.) как источников информации;
- использование возможностей электронной почты преподавателя;
- использование средств представления учебной информации (электронных учебных пособий и практикумов, применение новых технологий для проведения очных (традиционных) лекций и семинаров с использованием презентаций и т.д.);
- использование виртуальной обучающей среды Web-ресурса "Электронное образование" АГУ им.В.Н.Татищева.

6.3. Программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

6.3.1. Программное обеспечение

Наименование программного обеспечения	Назначение
Adobe Reader	Программа для просмотра электронных документов
Платформа дистанционного обучения LMS Moodle	Виртуальная обучающая среда
Mozilla FireFox	Браузер
Microsoft Office 2013, Microsoft Office Project 2013, Microsoft Office Visio 2013	Пакет офисных программ
7-zip	Архиватор
Microsoft Windows 7 Professional	Операционная система
Kaspersky Endpoint Security	Средство антивирусной защиты
Google Chrome	Браузер
OpenOffice	Пакет офисных программ
Opera	Браузер
Paint .NET	Растровый графический редактор
VLC Player	Медиапроигрыватель
WinDjView	Программа для просмотра файлов в формате DJV и DjVu

6.3.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем».

<https://library.asu-edu.ru>

2. Электронный каталог «Научные журналы АГУ»

<https://journal.asu-edu.ru>

3. Электронная библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента». Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой, предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Каталог в настоящее время содержит около 15000 наименований.

www.studentlibrary.ru

Регистрация с компьютеров АГУ

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине «ПАВ» проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе осво-

ения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины - последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных между собой разделов и тем.

Таблица 6 - Соответствие изучаемых разделов, тем дисциплины, результатов обучения по дисциплине и оценочных средств

Контролируемый раздел, тема дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
Раздел 1. Общие сведения о ПАВ. Классификация ПАВ. Области применения ПАВ.	ПК-5	Собеседование по вопросам к лабораторным работам. Вопросы для собеседования Задачи
Раздел 2. Синтез ПАВ.	ПК-5	Собеседование по вопросам к лабораторным работам. Вопросы для собеседования
Раздел 3. Поверхностно-активные вещества и проблемы аналитической химии. Методы определения ПАВ	ПК-5	Собеседование по вопросам к лабораторным работам. Вопросы для собеседования
Раздел 4. Гигиенические характеристики поверхностно-активных веществ. Токсикология ПАВ.	ПК-5	Собеседование по вопросам к лабораторным работам. Вопросы для собеседования Тест1
Раздел 5. Строение мицелл ПАВ. Поверхностные явления. Причины возникновения. Термодинамика поверхностных явлений. Поверхностное натяжение. Изотермы. Методы определения. Моющее действие ПАВ	ПК-5	Вопросы для собеседования Собеседование по вопросам к лабораторным работам. Задачи
Раздел 6. Поверхностно-активные вещества и проблемы аналитической химии. Методы определения ПАВ	ПК-5	Вопросы для собеседования Собеседование по вопросам к лабораторным работам. Рейтинговая К.Р. №1

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Таблица 7 - Критерии оценивания результатов обучения в виде знаний

5 «отлично»	Демонстрирует глубокие знания теоретического материала, умение обоснованно излагать свои мысли по обсуждаемым вопросам, способность полно, правильно и аргументированно отвечать на вопросы, приводить
----------------	--

	примеры.
4 «хорошо»	Демонстрирует знание теоретического материала, его последовательное изложение, способность приводить примеры, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя.
3 «удовлетворительно»	Демонстрирует неполное, фрагментарное знание теоретического материала, требующие наводящих вопросов преподавателя, допускает существование ошибки в его изложении, затрудняется в приведении примеров и формулировке выводов.
2 «неудовлетворительно»	Демонстрирует существенные пробелы в знании теоретического материала, не способен его изложить и ответить на наводящие вопросы преподавателя, не может привести примеры.

Таблица 8 - Показатели оценивания результатов обучения в виде умений и владений

5 «отлично»	Демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы.
4 «хорошо»	Демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя.
3 «удовлетворительно»	Демонстрирует отдельные, несистематизированные навыки, не способен применить знание теоретического материала при выполнении заданий, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении заданий, выполняет задание при подсказке преподавателя, затрудняется в формулировке выводов.
2 «неудовлетворительно»	Не способен правильно выполнить задание.

Критерии оценки тестовых заданий:

1. оценка «отлично» выставляется студенту, если дано не менее 90% правильных ответов (интервал от 90 до 100%);
2. оценка «хорошо» если дано не менее 70% правильных ответов (интервал от 70 до 89%);
3. оценка «удовлетворительно» если дано не менее 50% правильных ответов (интервал от 50 до 69%);
4. оценка «неудовлетворительно», если дано менее 50% правильных ответов.

Критерии оценки для практических работ

1. оценка «отлично» (90-100 баллов) выставляется студенту, если полностью выполнены общие требования к выполнению, оформлению и отчету по лабораторным работам, а именно:
 - отчет по работе представлен не позднее двух недель после выполнения и/или вовремя прикреплен на проверку в электронно-образовательном ресурсе moodle.asu-edu.ru (по указанию преподавателя!);

- аккуратно (читаемо) оформлена работа (цель, оборудование, реактивы, ход работы, таблицы с результатами, графики, расчеты, уравнения реакций или схемы, статистическая обработка данных, выводы)
- обязательно продемонстрировать в работе используемый математический аппарат по теме выполняемой работы (обозначения, формулы, уравнения реакций, схемы и т.п.).
- на миллиметровой бумаге изображены графически зависимости, полученные в ходе выполнения эксперимента (все выполняется только простым карандашом!). График для каждой системы оформляется на отдельном листе, масштаба А4 (или ½ листа масштаба А4, более мелкие рисунки не допускаются!) с подробной подрисуночной подписью (Рис.1). Если для системы приводятся данные при нескольких температурах, они наносятся все на один график. В подрисуночной подписи указываются условия получения данных (длина волны, размер кювет, какой температуре соответствуют нанесенные линии, концентрация анализируемых растворов и т.п.). Компьютерный вариант представления графиков не допускается! При работе с графиком для определения каких-либо величин, допускается построение на графике дополнительных линий, однако расчеты, связанные с этими графиками, следует помещать в тексте работы, а не на координатной плоскости графика или рисунка. В подписи под рисунком должен стоять номер рисунка, название графика и расшифровка по номерам линий на графике. Желательно, чтобы на одном листе располагался один рисунок;
- ошибки и недочеты в расчетах отсутствуют, приведены размерности всех величин в системе единиц СИ;
- студентом правильно проведен анализ и оценка полученных результатов, представлена статистическая обработка полученных результатов, дано аргументированное обоснование найденному проценту ошибки в работе;
- студент правильно и аргументировано ответил письменно на все вопросы после лабораторной работы, а также безошибочно выполнен комплект задач по теме лабораторной работы (при наличии).

2. оценка «хорошо» (70-89 баллов) выставляется студенту, если полностью выполнены общие требования к выполнению, оформлению и отчету по лабораторным работам, см. пункт 1. Но в работе имеются не существенные замечания:

- не полное оформление, представлен не полностью математический аппарат, пропущены размерности величин;
- есть не критические замечания к оформлению и трактовке графиков;
- студент правильно и аргументировано ответил письменно на более 80-% всех вопросов после лабораторной работы, а также не менее 80-% правильно решенных задач по теме лабораторной работы (при наличии).

3. оценка «удовлетворительно» (60-69 баллов) выставляется студенту, если не полностью выполнены общие требования к выполнению, оформлению и отчету по лабораторным работам, см. пункт 1, а именно:

- отчет по работе представлен не вовремя (позднее двух недель после выполнения) и/ или не вовремя прикреплен на проверку в электронно-образовательном ресурсе moodle.asu-edu.ru (по указанию преподавателя!);
- небрежное оформление, в работе частично представлен математический аппарат, пропущены размерности величин;
- есть критические замечания к оформлению и трактовке графиков;
- студентом или не дан, либо ошибочно проведен анализ и оценка полученных результатов, не проведена статистическая обработка полученных

данных, нет разъяснений по рассчитанному проценту ошибки по полученным экспериментальным данным.

- Студент правильно и аргументировано ответил письменно на более 70-% всех вопросов после лабораторной работы, а также не менее 70-% правильно решенных задач по теме лабораторной работы (при наличии).
- 4. оценка «неудовлетворительно» (50-59 баллов) выставляется студенту если:**
- отчет по работе представлен не вовремя (позднее двух недель после выполнения) и/ или не вовремя или вообще не прикреплен на проверку в электронно-образовательном ресурсе **moodle.asu-edu.ru (по указанию преподавателя!)** без уважительной причины;
 - небрежное оформление, в работе не представлен математический аппарат, пропущены размерности величин;
 - имеются грубые ошибки в оформлении и трактовке графиков, в расчетах и (или) уравнениях реакций;
 - студентом не представлен анализ и оценка полученных результатов, не проведена статистическая обработка полученных данных, нет разъяснений по рассчитанному проценту ошибки по полученным экспериментальным данным.
 - студент не ответил правильно письменно на менее 50-% всех вопросов после лабораторной работы, а также не выполнил правильно хотя бы 1 задачу из комплекса задач после лабораторной работы (при наличии).
- 5. оценка «неудовлетворительно»,** если студент не может правильно ответить на поставленные вопросы, не способен провести анализ и дать оценку полученным результатам.

7.3. Контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Раздел 1. «Общие сведения о ПАВ. Классификация ПАВ» Области применения ПАВ»

1. Вопросы для собеседования.

1. Какие классы веществ относят к поверхностно-активным веществам и почему? Какие вещества называются поверхностно-активными (ПАВ)? Приведите примеры.
2. Какое строение имеют ПАВ?
3. Как подразделяются ПАВ в зависимости от состояния?
4. Понятие гидрофильно-липофильного баланса. Как определяется, для чего это понятие введено?
5. Определение поверхностной активности для разных групп ПАВ.
6. В чем заключается моющее действие ПАВ?
7. Классификация ПАВ. Приведите примеры.
8. Чем определяются области применения ПАВ?
9. Перечислите основные области применения ПАВ.

2. Лабораторная работа № 1 «Изучение образования двухкомпонентных соединений – ионных ассоциатов между индикатором метиловым оранжевым и КПАВ».

Принцип метода. Изучается образование ионного ассоциата между индикатором метиловым оранжевым и КПАВ, экстрагирующегося хлороформом из водных растворов. Измеряемые концентрации находятся в пределах от 0,01 до 0,25 мг/м³. Без каких-либо изменений методика пригодна для определения любых КПАВ в воздухе, воде и вытяжках из почв.

Цель работы: найти коэффициенты уравнения, описывающего распределение КПАВ при 25 °С в системе «вода – хлороформ». Рассчитать количество вещества g , оставшееся в исходном растворе после n экстракций.

Аппаратура и реактивы. Фотоэлектроколориметр любой системы с поглощением света от 440 до 490 нм и кюветой с толщиной слоя 1–2 см. Посуда стеклянная мерная, ГОСТ 1770-20292-74. Метиловый оранжевый, индикатор, 10^{-3} М водный раствор. Хлороформ, фармакопейный. Цитрат натрия, 0,1 М раствор. (Растворяют в воде 21,04 г лимонной кислоты и 200 см^3 1 М раствора гидроксида натрия в мерной колбе емкостью 1 дм^3).

Буферный раствор. Смешивают 48 см^3 0,1 М раствора цитрата натрия и $51,6 \text{ см}^3$ 0,1 М раствора хлороводородной кислоты.

Исходный стандартный раствор КПАВ, содержащий 10^{-3} М основного вещества в воде, готовят весовым способом.

Рабочий стандартный раствор КПАВ, содержащий 10^{-4} М, готовят разбавлением стандартного раствора.

Выполнение эксперимента

Градуировочный график. Для приготовления шкалы стандартов в 8 пробирок емкостью 10 см^3 вносят 0, 0,05, 0,1, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1,0 см^3 рабочего стандартного раствора КПАВ, 2,0, 1,95, 1,9, 1,8, 1,6, 1,4, 1,2, и $1,0 \text{ см}^3$ дистиллированной воды, по 1 см^3 10^{-3} М раствора метилового оранжевого и буферный раствор по 2 см^3 . Измеряют оптические плотности водных растворов ($A^0_1, A^0_2 \dots A^0_8$). Из всех пробирок экстрагируют хлороформом один раз порциями по 4 см^3 ионный ассоциат КПАВ с метиловым оранжевым. Растворам дают отстояться. Экстракты отделяют и измеряют оптические плотности экстрактов ($A^1_1, A^1_2 \dots A^1_8$) и водных систем при 440 (490) нм в кювете толщиной 1 или 2 см относительно нулевого раствора или воды ($A_1, A_2 \dots A_8$). Для обработки результатов повторяют работу.

Обработка результатов

Закон распределения: если в систему из двух не смешивающихся жидкостей ввести какое-либо вещество, способное растворяться как в одном, так и в другом растворителе, то после взбалтывания оно распределится определенным образом между слоями данных жидкостей. Соотношение равновесных концентраций распределяемого вещества в двух жидкостях при постоянной температуре является постоянной величиной и не зависит от абсолютных и относительных количеств каждого из растворителей и распределяемого вещества.

$$C_1^n / C_2 = K_D - \text{закон распределения в общем виде,} \quad (1)$$

где C_1 – равновесная концентрация распределяющегося вещества в первой фазе, C_2 – равновесная концентрация распределяющегося вещества во второй фазе, $n = M_2 / M_1$; M_1 – средний молекулярный вес распределяющегося вещества в первой фазе, M_2 – средний молекулярный вес распределяющегося вещества во второй фазе, n вводится, т. к. в некоторых системах распределяющееся вещество вследствие диссоциации или ассоциации его молекул обладает неодинаковой средней величиной частиц в разных растворителях.

Прологарифмировав выражение 1, получим:

$$n \lg C_1 - \lg C_2 = \lg K_D \quad \text{или} \quad \lg C_2 = n \lg C_1 - \lg K_D \quad (2)$$

Уравнение 2 – это уравнение прямой, где тангенс угла наклона прямой к оси абсцисс равен n , а отрезок, отсекаемый прямой по оси ординат равен $\lg K_D$.

Закон распределения используется для количественной характеристики процесса экстрагирования веществ из растворов. Зная коэффициенты уравнения, описывающего распределение (n и K_D), можно рассчитать количество вещества g , оставшееся в исходном растворе после n экстракций:

$$g = g_0 (KV_1 / KV_1 + V_2)^n, \quad (3)$$

где g_0 – первоначальное содержание экстрагируемого вещества в V_1 см³ раствора, г; V_2 – объем растворителя, которым производилось экстрагирование, см³.

Для нахождения коэффициентов уравнения, описывающего распределение (n и K_d), необходимо построить зависимость $\lg A_1 - \lg \Delta A_1$ (рис. 1), используя вместо концентраций значения оптических плотностей растворов, т.к. изменение оптической плотности прямо пропорционально изменению концентрации.

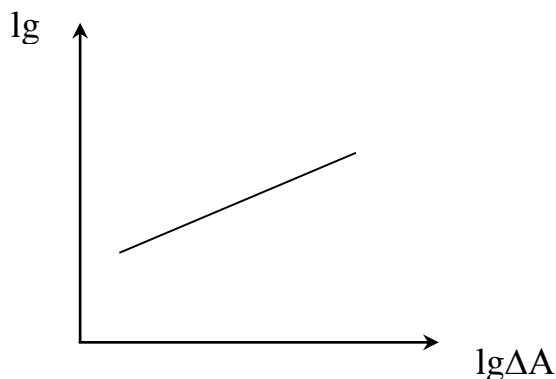


Рис. 1. График для нахождения коэффициентов уравнения, описывающего распределение (n и K_d)

Для построения необходимо рассчитать: $\Delta A_1 \dots \Delta A_8 = A_0^1 - A_1$. Физический смысл величины ΔA – относительная плотность, соответствующая количеству КПАВ в экстракте; рассчитать $\lg A_1 \dots \lg A_8$, а также $\lg \Delta A_1 \dots \lg \Delta A_8$.

Определив графически коэффициенты уравнения, описывающего распределение (n и K_d), необходимо рассчитать количество вещества g , оставшееся в исходном растворе после n экстракций (3).

Для построения градуировочного графика для определения ПАВ строят зависимость оптических плотностей экстрактов ($A'_1, A'_2 \dots A'_8$) от концентрации ПАВ (рис. 2)

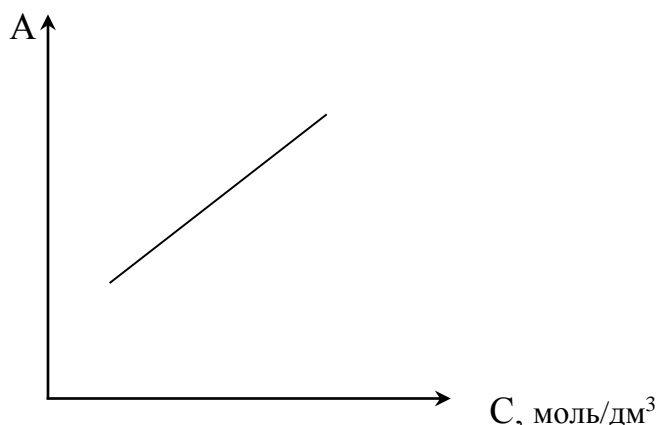


Рис. 2. Зависимость оптических плотностей экстрактов от концентрации ПАВ

Отчет по работе включает в себя название работы, основную идею этой работы, материалы, оборудование и методику выполнения. Полученные результаты представляют в виде таблиц и графиков. В конце отчета делается заключение.

3. Комплект задач (заданий) для практических занятий по дисциплине «Поверхностно-активные вещества»

Методические рекомендации к решению типовых задач

Примеры решения типовых задач

1. Зависимость поверхностного натяжения водных растворов амилового спирта ($C_5H_{11}OH$) от концентрации при $25^{\circ}C$ выражается следующим образом:

Концентрация, кмоль/м ³	Поверхностное натяжение, мН/м
0	72,0
0,0019	70,4
0,0038	69,2
0,0075	66,7
0,0150	61,7
0,030	55,3
0,060	46,6
0,120	38,0

Определить графически поверхностный избыток амилового спирта из раствора с концентрацией $0,030$ кмоль/м³.

Решение. Построим график, отражающий зависимость σ от c (рис. 1). Проведем касательную к кривой в точке, имеющей ординату $0,030$ кмоль/м³. Тангенс угла наклона касательной к оси абсцисс равен $\frac{d\sigma}{dc}$. Из графика находим:

$$\frac{d\sigma}{dc} = -\frac{37 \cdot 10^{-3}}{0,095} = -0,39 \text{ Н}\cdot\text{м}^2/\text{кмоль}.$$

(Множитель 10^{-3} в числителе вводится в связи с тем, что поверхностное натяжение в таблице и на рис. 1 выражено в мН/м). По уравнению изотермы адсорбции Гиббса находим поверхностный избыток:

$$\Gamma = -\frac{0,030}{8,31 \cdot 10^3 \cdot 298} (-0,39) = 4,72 \cdot 10^{-9} \text{ кмоль/м}^2.$$

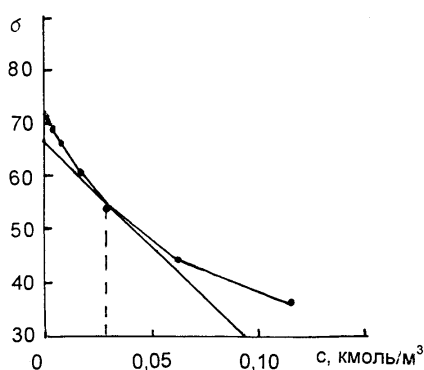


Рис. 1. Графический расчет $\frac{d\sigma}{dc}$ для поверхностного избытка амилового спирта.

2. Определить поверхностный избыток (кмоль/м²) при $10^{\circ}C$ для раствора, содержащего 50 мг/дм^3 пеларгоновой кислоты $C_8H_{17}COOH$, поверхностное натяжение исследуемого раствора $57,0 \cdot 10^{-3}$ н/м.

Решение. По приложению находим поверхностное натяжение воды $\sigma(H_2O)$ при $10^{\circ}C$: $\sigma(H_2O) = 74,22 \cdot 10^{-3}$ н/м.

Определяем концентрацию кислоты в растворе
 $C_2 = 0,05/158 = 3,2 \cdot 10^{-4}$ кмоль/м³;

$$C_1 = 0.$$

Уравнение изотермы адсорбции Гиббса для достаточно разбавленных растворов имеет вид: $\Gamma = -\frac{C}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dc}$;

для приближенных расчетов $\frac{d\sigma}{dc}$ можно заменить на: $\frac{\Delta\sigma}{\Delta c} = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{c_2 - c_1}$,

$$\text{тогда } \Gamma = -\frac{c_2}{RT} \cdot \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{c_2 - c_1},$$

где Γ – величина адсорбции;

c – концентрация вещества, кмоль/м³;

R – газовая постоянная, Дж/кмоль·К;

T – температура, К;

$\frac{d\sigma}{dc}$ – изменение поверхностного натяжения раствора с концентрацией растворенного вещества при неизменной поверхности, Н/м.

σ_2 – поверхностное натяжение раствора, Н/м;

σ_1 – поверхностное натяжение чистого растворителя, Н/м.

Из полученного уравнения следует, что если $\frac{d\sigma}{dc} > 0$, то $\Gamma < 0$ (отрицательная адсорбция), а при $\frac{d\sigma}{dc} < 0$, $\Gamma > 0$ (положительная адсорбция).

При положительной адсорбции концентрация растворенного вещества больше в поверхностном слое, чем в глубине фазы, а $\sigma_2 < \sigma_1$.

Находим поверхностный избыток:

$$\Gamma = -\frac{3,2 \cdot 10^{-4}}{8,314 \cdot 10^3 \cdot 283} \cdot \frac{57,0 \cdot 10^{-3} - 74,22 \cdot 10^{-3}}{3,2 \cdot 10^{-4}} = 7,318 \cdot 10^{-9} \text{ кмоль/м}^2,$$

так как $\Gamma > 0$, то адсорбция положительна.

3. Найдите поверхностную активность валериановой кислоты на границе ее водного раствора с воздухом при $C = 0,01$ моль/дм³. Значения констант уравнения Шишковского: $a = 17,7$; $b = 19,72$.

Решение. Уравнение Шишковского имеет следующий вид:

$$\Delta\sigma = \sigma_0 - \sigma = In(1 + bc)$$

После дифференцирования получим уравнение:

$$-(d\sigma/dC) = a \cdot b / (1 + b \cdot c);$$

Используя полученное уравнение, рассчитаем поверхностную активность валериановой кислоты:

$$-(d\sigma/dC) = G = 17,7 \cdot 19,72 / (1 + 19,72 \cdot 0,01) = 294 \text{ эрг·см/моль.}$$

4. Вычислите поверхностное натяжение толуола при 50°C, если при медленном выпуске его из сталагмометра масса 38 капель составила 1,486 г. При выпуске из того же сталагмометра воды при той же температуре масса 25 капель ее оказалась равной 2,657 г. Поверхностное натяжение воды при 50 °C равно $76,91 \cdot 10^{-3}$ Н/м.

Решение. Для определения поверхностного натяжения толуола сталагмометрическим методом воспользуемся формулой:

$$\sigma(\text{толуола}) = \sigma(\text{воды}) \frac{m(\text{толуола}) \cdot n(\text{воды})}{m(\text{воды}) \cdot n(\text{толуола})},$$

где σ (толуола) и $\sigma(H_2O)$ – поверхностное натяжение толуола и воды, Н/м; m (толуола) и $m(H_2O)$ — массы капель толуола и воды, г или кг; n (толуола) и $n(H_2O)$ — число капель толуола и воды.

Подставив числовые значения, получим:

$$\sigma(\text{толуола}) = 76,91 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1,486 \cdot 25}{2,657 \cdot 38} = 28,30 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$$

Задачи

1. Проверьте, выполняется ли правило Дюкло – Траубе для разбавленных растворов насыщенных органических кислот, поверхностное натяжение которых приводится в следующей таблице:

Поверхностно-активное вещество	Капроновая кислота $CH_3(CH_2)_4COOH$	Энантовая кислота $CH_3(CH_2)_5COOH$	Каприловая кислота $CH_3(CH_2)_6COOH$	Каприновая кислота $CH_3(CH_2)_8COOH$
Концентрация, моль/м ³	1	1	0,073	0,0087
Поверхностное натяжение раствора, мН/м ²	71,20 (20 °С)	67,00 (20 °С)	70,4 (25 °С)	70,5 (25 °С)

Поверхностное натяжение чистой воды (мН/м²): 72,75 при 20 °С и 71,96 при 25 °С.

2. Вычислите поверхностный избыток масляной кислоты на поверхности раздела водный раствор-воздух при 293 К и концентрации 0,104 кмоль/м³, используя следующие данные:

c , кмоль/м ³	0,00	0,021	0,05	0,104	0,216	0,489
$\sigma \cdot 10^3$, Н/м	74,01	69,51	64,3	59,85	51,09	44,00

3. При какой концентрации поверхностное натяжение раствора валериановой кислоты будет равно 52,1 мДж/м², если при температуре 273 К коэффициенты уравнения Шишковского $A_\infty = 4 \cdot 10^{-6}$ моль/м², $K = 56,9$ дм³/моль? Поверхностное натяжение воды $\sigma_0 = 75,59$ мДж/м².

4*. Раствор пальмитиновой кислоты $C_{16}H_{32}O_2$ в бензоле содержит 4,24 г/дм³ кислоты. После нанесения раствора на поверхность воды бензол испаряется, и пальмитиновая кислота образует мономолекулярную пленку. Какой объем раствора кислоты требуется, чтобы покрыть мономолекулярным слоем поверхность $S = 500$ см². Площадь молекулы пальмитиновой кислоты в монослое $S_{\text{мол}} = 21$ Å.

5. Определите поверхностный избыток при 10 °С для раствора пеларгоновой кислоты молярной концентрации 0,000316 моль/дм³, если поверхностное натяжение раствора равно $57 \cdot 10^3$ Н/м, а поверхностное натяжение воды при этой температуре равно $74,22 \cdot 10^{-3}$ Н/м.

6. Поверхностное натяжение водного раствора изовалериановой кислоты молярной концентрации 0,0312 моль/дм³ при 15 °С равно $57,5 \cdot 10^{-3}$ Н/м. Определите поверхностный

избыток кислоты на поверхности раствора, если поверхностное натяжение воды равно $73,49 \cdot 10^{-3}$ Н/м.

7. Поверхностное натяжение водного раствора гидроксида натрия массовой долей 20 % при 20 °С равно $85,8 \cdot 10^{-3}$ н/м. Определите поверхностный избыток на поверхности раствора и сделайте вывод о поверхностной активности гидроксида натрия. Поверхностное натяжение воды при 20 °С равно $72,75 \cdot 10^{-3}$ Н/м, а плотность раствора NaOH равна $1,219$ г/см³.

8. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации валериановой кислоты при 80 °С описывается уравнением:

$$\sigma = 62,6 \cdot 10^{-3} - 17,7 \cdot 10^{-3} \ln(1 + 19,72C).$$

Определите поверхностный избыток валериановой кислоты на границе с воздухом из раствора, концентрация которого равна $0,05$ кмоль/м³.

9. Вычислите поверхностный избыток масляной кислоты при 273 К из водного раствора при концентрации $0,1$ кмоль/м³ на границе с воздухом, если зависимость поверхностного натяжения и концентрации описывается уравнением:

$$\sigma = 75,62 \cdot 10^{-3} - 16,7 \cdot 10^{-3} \ln(1 + 21,5C).$$

В каких пределах должна находиться адсорбция капроновой кислоты C₅H₁₁COOH при тех же условиях, если выполняется правило Дюкло – Траубе?

10. Определите численное значение (кмоль/м²) и знак поверхностного избытка при 15 °С для водного раствора, содержащего 29 г/л ацетона, если поверхностное натяжение раствора $54,9 \cdot 10^{-3}$ Н/м, а воды при данной температуре $73,49 \cdot 10^{-3}$ Н/м.

11. Поверхностное натяжение водного раствора серной кислоты с массовой долей 20 % при 18 °С равно $75,2 \cdot 10^{-3}$ Н/м. Определите поверхностный избыток на поверхности раствора. Поверхностное натяжение воды при 18 °С равно $73,05 \cdot 10^{-3}$ н/м, а плотность раствора серной кислоты равна $1,143$ г/см³.

12. Поверхностное натяжение водного раствора с концентрацией пентанола $0,03$ моль/дм³ равно $55,3 \cdot 10^{-3}$ Н/м при 298 К. Оцените величину поверхностного избытка из раствора с концентрацией бутанола $0,015$ моль/дм³ при 298 К.

13. Поверхностное натяжение водного раствора, содержащего поверхностно-активное вещество (ПАВ) в концентрации $0,056$ моль/дм³ при 293 К равно $4,33 \cdot 10^{-2}$ Н/м. Вычислите величину поверхностного избытка ПАВ из раствора с концентрацией $0,028$ моль/дм³ при 293 К.

14. Определите поверхностный избыток (моль/м²) при 15°С для водного раствора ацетона, содержащего 29 г/дм³ ацетона, если поверхностное натяжение раствора $59,4 \cdot 10^{-3}$ Н/м, поверхностное натяжение воды — $73,49 \cdot 10^{-3}$.

Раздел 2. Синтез ПАВ.

1. Вопросы для собеседования.

1. Синтез АПАВ. Соли высших жирных кислот.
2. Синтез АПАВ. Соли сульфозэфиров первичных и вторичных спиртов.
3. Синтез АПАВ. Алкиларилсульфонаты. Алкилсульфонаты.
4. Синтез АПАВ. Азотсодержащие анионные ПАВ.

5. Синтез неионогенных ПАВ. Оксиэтилированные спирты. Оксиэтилированные алкил-фенолы
6. Синтез НПАВ. Алкиламины.
7. Синтез катионных поверхностно-активных веществ.
8. Синтез анионных поверхностно-активных веществ. Анионно ориентированные амфолитные ПАВ. Алкиламинокарбоновые кислоты. Приведите примеры.

2. Лабораторная работа № 2 «Изучение образования комплексных соединений между неионогенными поверхностно-активными веществами (НПАВ) с роданидом кобальта-аммония».

Принцип метода. Определение основано на образовании соединения, окрашенного в голубой цвет, при взаимодействии НПАВ с роданидом кобальта-аммония. Нижний предел обнаружения – 1 мг/дм^3 , измеряемые концентрации – от $1,0$ до 20 мг/дм^3 . Определению мешают все анионактивные ПАВ.

Аппаратура и реактивы. Фотоэлектроколориметр любой системы с поглощением света от 400 до 800 нм и кюветой с толщиной слоя $0,1\text{--}5 \text{ см}$. Посуда стеклянная мерная, ГОСТ 1770-20292-74. Роданид аммония, х.ч. нитрат кобальта $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, ч.д.а. Роданид кобальта-аммония (помещают 15 г нитрата кобальта и 100 г роданида аммония в мерную колбу емкостью 500 см^3 , растворяют в дистиллированной воде, доводя объем раствора водой до метки).

Исходный стандартный водный раствор, содержащий 1 г/дм^3 НПАВ.

Рабочий стандартный раствор готовят разбавлением исходного стандартного раствора дистиллированной водой.

Выполнение работы

Градуировочный график. Для приготовления шкалы стандартов в 9 пробирок емкостью 10 см^3 вносят $0; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 10,0 \text{ см}^3$ стандартного раствора НПАВ. Объем доводят до 10 см^3 водой, к растворам прибавляют по 2 см^3 раствора роданида кобальта-аммония, встряхивают 1 мин и через 5 мин измеряют оптические плотности. Измеряют оптические плотности растворов ($A_1, A_2 \dots A_9$). Для обработки результатов необходимо повторить работу.

Обработка результатов

Градуировочный график для определения ПАВ – зависимость в координатах «оптическая плотность растворов – концентрации ПАВ» приведен на рис. 3.

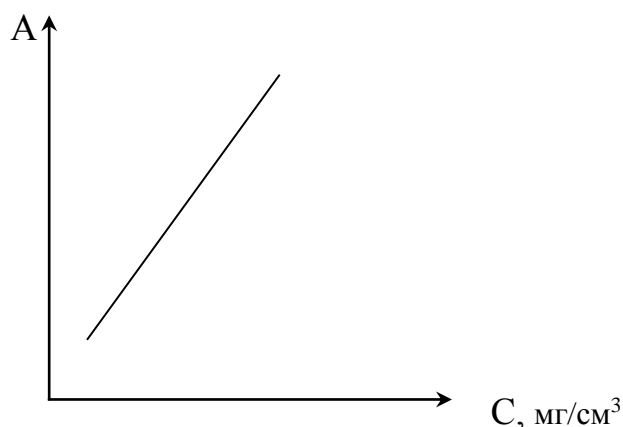


Рис. 3. Градуировочный график

Отчет по работе

Тема 4. Поверхностно-активные вещества и проблемы аналитической химии.

Методы определения ПАВ

1. Вопросы для собеседования.

1. Дайте определение понятию ионный ассоциат. Приведите примеры.
2. Какие ионные ассоциаты способны образовывать анионные ПАВ? Приведите примеры.
3. Какие ионные ассоциаты способны образовывать катионные ПАВ? Приведите примеры.
4. Назовите современные методы определения синтетических ПАВ (СПАВ) в объектах окружающей среды.
5. Расскажите об определении катионных ПАВ в виде ионных ассоциатов с анионными красителями экстракционно-фотометрическим методом.
6. Расскажите об определении НПАВ в виде их соединений с роданидом кобальта.
7. Расскажите об определении АПАВ в виде их ионных ассоциатов с катионными красителями.
8. Описать физико-химические методы определения ПАВ в различных объектах.
9. Сорбционное концентрирование как подготовительный этап аналитического определения ПАВ.

2. Лабораторная работа № 3 «Изучение образования комплексных соединений между анионными поверхностно-активными веществами (АПАВ) с метиленовым синим».

Принцип метода. Определение основано на образовании ионного ассоциата, при взаимодействии АПАВ с метиленовым синим (или кристаллическим фиолетовым).

Аппаратура и реактивы. Фотоэлектроколориметр любой системы с поглощением света от 400 до 800 нм и кюветой с толщиной слоя 0,1–5 см. Посуда стеклянная мерная, ГОСТ 1770-20292-74. Раствор метиленового синего, ч.д.а. с концентрацией 0,03 %, очищенный хлороформом. Для очистки 10 см³ метиленового синего помещают в делительную воронку, приливают 5 см³ хлороформа, интенсивно встряхивают, после расслаивания жидкостей хлороформный слой отделяют, а водный слой используют для анализа. Фосфат калия однозамещенный, ч.д.а.; фосфатный буферный раствор, рН 10. Растворяют 4,083 г фосфата калия в воде и доводят объем до 300 см³. Затем к раствору приливают 157,5 см³ 0,8%-ного раствора гидроксида натрия.

Исходный стандартный раствор (10 мг/см³) АПАВ.

Рабочий стандартный раствор, содержащий 1,0 мг/см³ АПАВ, готовят из исходного стандартного раствора разбавлением.

Выполнение работы

Градуировочный график. Для приготовления шкалы стандартов в 10 пробирок емкостью 10 см³ вносят 0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0 см³ рабочего стандартного раствора АПАВ. Объем доводят до 10 см³ водой, добавляют 2 см³ фосфатного буферного раствора с рН 10 и перемешивают. Далее прибавляют 1 см³ раствора метиленового синего, перемешивают 1 мин и через 5 мин измеряют оптические плотности растворов (А₁, А₂ ... А₁₀). Для обработки результатов следует повторить работу.

Обработка результатов

Градуировочный график для определения ПАВ – зависимость в координатах «оптическая плотность растворов – концентрации ПАВ» приведен на рис. 3.

Отчет по работе

3. Комплект тестовых заданий для промежуточного контроля знаний по дисциплине «Поверхностно-активные вещества»

1. Поверхностно-активные вещества – это:

- а) вещества способные увеличивать поверхностное натяжение на границе раздела фаз;
- б) вещества, адсорбирующиеся положительно и вызывающие снижение поверхностного натяжения растворителя;
- в) вещества, не изменяющие концентрацию раствора.

2. Для каких классов органических соединений характерно снижать поверхностное натяжение воды?

- а) спирты;
- б) альдегиды;
- в) кетоны;
- г) углеводороды и различные их производные;
- д) белки;
- е) соли щелочных металлов и аммония высших жирных кислот.

3. Мерой способности снижать поверхностное натяжение воды является:

- а) поверхностное натяжение;
- б) поверхностная активность;
- в) граница раздела фаз.

4. Молекулы ПАВ имеют строение:

- а) монофильное;
- б) гетерофильное;
- в) дифильное.

5. К природным ПАВ относятся:

- а) желчные кислоты;
- б) низкомолекулярные полисахариды;
- в) белки;
- г) полипептиды;
- д) полиэтиленгликоли.

6. В зависимости от состояния ПАВ в растворе условно различают:

- а) истинно растворимые (молекулярно-диспергированные);
- б) катионные;
- в) анионные;
- г) неионные;
- д) коллоидные;
- е) амфолитные.

7. Какие вещества можно отнести к анионным ПАВ?

- а) $\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_n\text{COOM}$;
- б) $\text{RC}_6\text{H}_4(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_n\text{SO}_3\text{M}$;
- в) $[\text{RR}'_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{NR}'_2\text{R}]^{2+}2\text{X}^-$;
- г) $\text{RO}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_n\text{H}$;
- д) $\text{RNH}(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$.

8. Какие вещества можно отнести к катионным ПАВ?

- а) $\text{RNHC}_6\text{H}_4\text{COOH}$;
- б) $(\text{CH}_3)_3\text{Si}[\text{OSi}(\text{CH}_3)_2]_n-(\text{CH}_2)_3\text{O}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_m\text{H}$;
- в) $\text{RR}'\text{R}''\text{N}^+\text{O}^-$;
- г) $[\text{R}_3\text{PR}']^+\text{X}^-$;
- д) $\text{SOOCCH}_2\text{SO}_3\text{M}$.

9. Чем обусловлено применение ПАВ?

- а) поверхностной активностью;
- б) структурой адсорбционных слоев;
- в) способом производства;
- г) объемными свойствами растворов.

10. Какие вещества можно отнести к неионным ПАВ?

- А) соли высших жирных кислот;
- б) оксиэтилированные алкилфенолы;
- в) соли сульфозэфиров первичных спиртов;
- г) оксиэтилированные спирты;
- д) алкиламинокарбоновые кислоты;
- е) алкиламины.

11. К анионно-ориентированным амфолитным ПАВ относятся:

- а) соединения с аминной группой и остатком минеральной кислоты;
- б) третичные амины;
- в) оксиэтилированные изооктилфенолы.

12. Количественной мерой избытка энергии, отнесенной к единице площади поверхности, является:

- а) площадь, занимаемая одной молекулой S^0 ;
- б) поверхностное натяжение σ ;
- в) адсорбция Γ_∞ .

13. Какое минимальное количество атомов углерода должен содержать углеродный скелет, чтобы вещество проявляло поверхностную активность?

- а) 3;
- б) 5;
- в) 7;
- г) 8.

14. Заряд поверхности твердых тел зависит от:

- а) фонового электролита;
- б) температуры;
- в) давления;
- г) количество поверхностных гидроксильных групп.

15. Поверхностно-активные вещества способны образовывать ассоциаты коллоидных растворов?

- а) нет;
- б) да;
- в) в редких случаях.

16. Для каких ПАВ характерно образование мицеллярных систем?

- а) неионогенных;

- б) амфолитных;
- в) ионогенных.

17. Мицеллы формируются:

- а) на границе раздела фаз;
- б) на дне сосуда;
- в) в объемной фазе дисперсионной среды.

18. Какие типы мицелл существуют?

- а) амфолитный;
- б) обычный;
- в) обращенный;
- г) необычный.

19. Склонность ПАВ к формированию мицелл зависит от:

- а) их строения;
- б) от соотношения размеров полярной и неполярной частей молекулы;
- в) внешнего давления;
- г) наличия небольшой углеводородной цепи.

20. Какие формы могут иметь мицеллы?

- а) цилиндрическую;
- б) плоского прямоугольника;
- в) дискообразную;
- г) сферическую;
- д) эллипсоидную.

21. Важнейшим свойством липидных мицелл является их способность:

- а) адсорбироваться;
- б) растворяться;
- в) сольблизировать.

22. Характеристикой коллоидных поверхностно-активных веществ является:

- а) температура;
- б) концентрация ПАВ;
- в) критическая концентрация мицеллообразования.

23. Свойства растворов ПАВ для достаточно высоких и низких концентраций:

- а) не отличаются;
- б) иногда отличаются;
- в) отличаются.

24. Изменение каких характеристик растворов позволяют определить ККМ?

- а) мутность;
- б) светопоглощение;
- в) электропроводность;
- г) показатель преломления;
- д) поверхностное натяжение.

25. В водных растворах ПАВ при очень низких концентрациях, соответствующих ККМ, какой формы образуются мицеллы?

- а) сферические;

- б) цилиндрические;
- в) дискообразные;

26. Свойства растворов ПАВ зависят от:

- а) адсорбционной способности;
- б) мицеллообразования;
- в) числа метиленовых групп в углеводородной цепи.

27. Во сколько раз увеличивается поверхностная активность ПАВ с увеличением длины углеводородной цепи на одну метиленовую группу?

- а) в 1,5;
- б) в 2;
- в) в 3,2.

28. При концентрации ПАВ ниже ККМ энергия Гиббса:

- а) не изменяется;
- б) уменьшается;
- в) увеличивается.

29. Фотометрическое определение АПАВ основано на:

- а) экстракции хлороформом;
- б) осаждении ионного ассоциата;
- в) адсорбции;
- г) проточно-инжекционный метод анализа с флуориметрией.

30. Детергенты не должны:

- а) быть определяемыми;
- б) оказывать токсическое воздействие;
- в) обладать способностью накапливаться в организме.

31. Расположите ПАВ в порядке уменьшения их раздражающей способности:

- а) анионные;
 - б) катионные;
 - в) неионные;
 - г) амфолитные.
- а) к статическим методам измерения поверхностного натяжения относят;
 - б) к полустатическим методам измерения поверхностного натяжения относят;

32. Поверхностные явления наблюдаются:

- а) в объеме фаз;
- б) в газовой фазе;
- в) на поверхности раздела фаз.

33. Состав поверхностного слоя:

- а) совпадает с составом объемной фазы;
- б) не совпадает с составом объемной фазы;
- в) это понятие не относится к поверхностному слою.

34. Межфазные поверхности могут существовать при наличии:

- а) жидкой и газообразной фазы;
- б) двух газообразных фаз;
- в) двух твердых фаз.

35. Поверхностный слой жидкости обновляется за счет процессов:

- а) замерзания;
- б) испарения;
- в) конденсации.

36. Поверхность жидкости:

- а) экспоненциальная;
- б) эквипотенциальная;
- в) эквимольная.

37. Поверхностный слой обладает:

- а) внутренней границей;
- б) избытком энергии Гиббса;
- в) постоянной толщиной.

38. Поверхностная энергия Гиббса обусловлена:

- а) компенсированностью межмолекулярных сил притяжения поверхностного слоя;
- б) возникновением внутреннего давления жидкости;
- в) не компенсированностью межмолекулярных сил притяжения поверхностного слоя.

39. Шарообразная форма мелких капель жидкости объясняется:

- а) втягиванием молекул жидкости с поверхности в глубь фазы;
- б) равновесным состоянием молекул жидкости и поверхностного слоя;
- в) выталкиванием молекул жидкости из глубины фазы на поверхность.

40. Фактором интенсивности поверхностной энергии является:

- а) форма поверхности;
- б) поверхностная активность;
- в) поверхностное натяжение.

41. Поверхностное натяжение это частная производная от.....по изменению площади поверхности:

- а) энергии Гиббса;
- б) энергии Гельмгольца;
- в) затраченной работы;
- г) любого термодинамического потенциала.

42. Погрешностью между энергией Гиббса и Гельмгольца при определении поверхностного натяжения можно пренебречь, если:

- а) фазы гомогенные;
- б) фазы газообразные;
- в) фазы конденсированные.

43. Поверхностное натяжение имеет:

- а) исторический смысл;
- б) физическое выражение;
- в) силовое определение.

44. Для твердых тел применимо понятие:

- а) поверхностное натяжение;
- б) удельная поверхностная энергия;

в) поверхностное напряжение.

45. Для описания термодинамики поверхностных явлений применяют методы:

- а) градуировочного графика;
- б) «слоя конечной толщины»;
- в) наименьших квадратов;
- г) избыточных величин Гиббса.

46. Полной поверхностной энергией называют:

- а) энергию Гиббса;
- б) энергию Гельмгольца;
- в) затраченную работу;
- г) внутреннюю энергию.

47. Большой вклад в полную поверхностную энергию вносит:

- а) поверхностное натяжение;
- б) энтропийный фактор;
- в) теплота образования единицы поверхности.

48. Полная поверхностная энергия:

- а) зависит от температуры;
- б) не зависит от температуры;
- в) не зависит от температуры для неполярных жидкостей.

49. Теплота образования единицы поверхности зависит от температуры:

- а) прямо пропорционально;
- б) обратно пропорционально;
- в) экспоненциально.

50. Поверхностное натяжение зависит от температуры:

- а) прямо пропорционально;
- б) обратно пропорционально;
- в) экспоненциально.

51. Поверхностное натяжение зависит от разности полярности граничащих фаз:

- а) прямо пропорционально;
- б) обратно пропорционально;
- в) экспоненциально.

52. К ПИВ относят:

- а) растворы полярных органических жидкостей;
- б) растворы сильных неорганических электролитов;
- в) мицеллярные растворы.

53. Найдите соответствие:

- а) к статическим методам измерения поверхностного натяжения относят;
- б) к полустатическим методам измерения поверхностного натяжения относят;
- в) к динамическим методам измерения поверхностного натяжения относят;
- г) метод отрыва кольца;
- д) метод капиллярных волн;
- е) метод Вильгельми;

- ж) метод взвешивания или счета капель;
- з) метод колеблющихся струй;
- и) метод максимального давления пузырька;
- к) метод лежащей капли;
- л) метод отрыва пластинки;
- м) метод капиллярного поднятия.**

Раздел 4. Гигиенические характеристики поверхностно-активных веществ

1. Вопросы для обсуждения.

1. Гигиенические характеристики поверхностно-активных веществ. Обсуждается проблема, связанная с тем, что необходима адекватная оценка пользы и вреда наносимого СПАВ. Рассматриваются химическая активность различных групп ПАВ, условия их синтеза, взаимодействие с организмами и экосистемами. В результате анализа физико-химических свойств СПАВ, условий их получения и токсикологического действия, формулируется токсикологическая шкала СПАВ. Какие вещества относят к детергентам? Чем обусловлена их токсичность?
2. Какие существуют нормы и дозы при различном поступлении в организм катионных, анионных, неионогенных поверхностно-активных веществ?
3. В чем заключается биологическое действие ПАВ при длительном поступлении в организм животных? Приведите примеры.
4. Имеется ли зависимость кожно-раздражающего и аллергического действия детергентов от химического строения и технологии их производства? В чем она проявляется?
5. В чем проявляется гигиеническое значение поверхностно-активных веществ в условиях заражения объектов окружающей среды?

2. Лабораторная работа № 4 «Изучение поверхностного натяжения растворов методом отрыва кольца».

Принцип метода. Метод отрыва кольца при изучении поверхностного натяжения растворов является одним из наиболее распространенных полустатических методов, основанных на достижении системой неустойчивого равновесного состояния. Определение основано на изучении условий, при которых нарушается состояние равновесия системы.

Аппаратура и реактивы. Растворы этилового, пропилового, изопропилового, бутилового и др. спиртов. Дистиллированная вода. Градуированные конические пробирки, пипетки, мерные колбы и химические стаканы ёмкостью 50 см³, чашки Петри, проволока толщиной 0,2–0,5мм, ножницы. Схема установки для изучения поверхностного натяжения жидкости (рис.14). Собираем установку для изучения поверхностного натяжения. Прибор состоит из стандартных торсионных весов, столика, с регулируемой высотой подъёма, чашки Петри и опускаемого в раствор проволочного колечка.

Выполнение работы

Собирать установку для изучения поверхностного натяжения. Прибор состоит из стандартных торсионных весов, столика с регулируемой высотой подъёма, чашки Петри и опускаемого в раствор проволочного колечка (рис. 4).

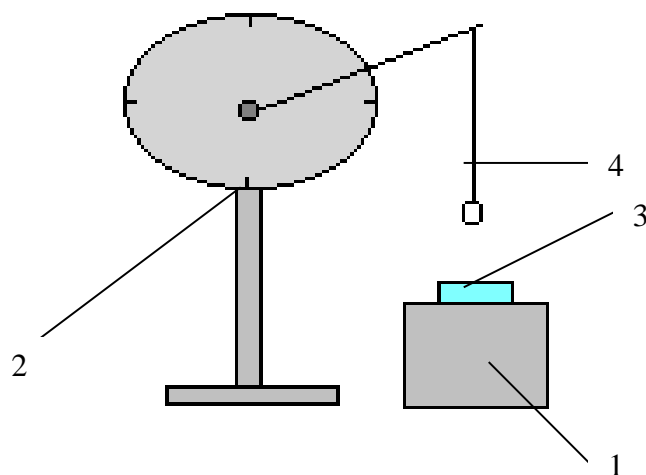


Рис. 4 . Схема установки для изучения поверхностного натяжения жидкости:
 1 – столик с регулируемой высотой; 2 – торсионные весы; 3 – чашка Петри;
 4 – подвеска с металлическим колечком (диаметр кольца около 15 мм,
 толщина проволоочки 0,2–0,5 мм)

Вариант №1: для наблюдения изменения поверхностного натяжения при изменении концентрации растворов необходимо приготовить растворы, какого-то одного спирта (спирт выбрать по заданию преподавателя) последовательным разбавлением дистиллированной водой исходного раствора в два раза: например, 0, 0,2, 0,4, 0,8, 1,5, 3 моль/дм³.

Вариант №2: для наблюдения изменения поверхностного натяжения в гомологическом ряду веществ с удлинением углеродной цепи определяют поверхностное натяжение растворов разных спиртов с одинаковой концентрацией.

В чашку Петри налить вначале воду, опустить на её поверхность колечко и медленно, с помощью микрометрического винта опустить столик таким образом, чтобы можно было бы показания торсионных весов установить на ноль. Медленно приподнимая рычаг весов вверх оторвать колечко от воды и зафиксировать усилие отрыва кольца (P , мГ). Эту операцию и для растворителя (дист. вода) и для растворов в каждом случае проделать не менее 6 раз, после чего данные внести в таблицу 1 и рассчитать среднюю величину усилия P отрыва кольца, провести статистическую обработку данных.

Таблица 1

Величины усилия отрыва кольца от растворов ($n = 6$)

Вариант №1:							
C (спирта), моль/дм ³	0						
P_1 , мГ							
P_2 , мГ							
P_3 , мГ							
P_4 , мГ							
P_5 , мГ							
P_6 , мГ							
$P = P_{\text{сред}} \pm \frac{t_p \cdot S}{\sqrt{n}}$, мГ							
Вариант №2							
Наименование спирта	C (спиртов), моль/дм ³						
	P_1 , мГ	P_2 , мГ	P_3 , мГ	P_4 , мГ	P_5 , мГ	P_6 , мГ	$P = P_{\text{сред}} \pm \frac{t_p \cdot S}{\sqrt{n}}$, мГ
этиловый							

пропиловый							
изопропиловый							
бутиловый							
изобутиловый							
амиловый							

Обработка результатов

Величина поверхностного натяжения σ_x рассчитывается по формуле: $\sigma_x = \sigma_0 \frac{P_x}{P_0}$,

где σ_0 - поверхностное натяжение растворителя (табл.2), P_x – средняя величина усилия отрыва кольца от раствора, P_0 – средняя величина усилия отрыва кольца от растворителя.

Таблица 2

Поверхностное натяжение воды

Температура, °С	Поверхностное натяжение, Н/м	Температура, °С	Поверхностное натяжение, Н/м
0	0,07549	35	0,07029
5	0,07475	40	0,06954
10	0,07401	45	0,0686
15	0,04326	50	0,0678
20	0,07253	60	0,0660
25	0,07178	70	0,0642
30	0,07103	80	0,0623

Сделать расчеты по приведённой выше формуле для значений поверхностного натяжения исследованных растворов; данные внести в таблицу 3 (вариант №1) или таблицу 4 (вариант №2).

Таблица 3

Изменение поверхностного натяжения раствора с разной концентрацией

<i>Спирт</i>	Концентрация раствора, моль/дм ³	Поверхностное натяжение, 10 ⁻³ Дж/м ²
		0

Таблица 4

Изменения поверхностного натяжения в гомологическом ряду веществ

<i>Спирт</i>	Концентрация раствора, моль/дм ³	Поверхностное натяжение, 10 ⁻³ Дж/м ²
этиловый		
пропиловый		
изопропиловый		
бутиловый		
амиловый		

Отчет по работе

По данным таблиц 3 или 4 построить графические зависимости. Работа считается выполненной, если приведены все необходимые расчеты, построены изучаемые зависимо-

сти, приведены все структурные формулы изучаемых веществ, сделаны выводы соответствующие поставленной цели

Сравните результаты, полученные методом отрыва кольца и методом счета капель. Объясните наблюдаемые зависимости.

3. Комплект задач (заданий) для практических занятий по дисциплине «Поверхностно-активные вещества»

Методические рекомендации к решению усложненных задач

Примеры решения типовых задач

1. Сравните поверхностную активность пропионовой и масляной кислот в водных растворах в данном интервале концентраций, если известно:

Кислота	C, моль/дм ³	σ, мН/м
пропионовая	0,0312	69,5
	0,0625	67,7
масляная	0,0312	65,8
	0,0625	60,4

Выполняется ли правило Траубе—Дюкло?

Решение. Мерой поверхностной активности является $g = -\frac{d\sigma}{dc}$, или в узких интер-

валах, приблизительно: $g = g = -\frac{\Delta\sigma}{\Delta c} = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{c_2 - c_1}$.

$$g(C_2H_5COOH) = -\frac{\Delta\sigma}{\Delta c} = \frac{69,5 - 67,7}{0,0312 - 0,0625} \text{ Н}\cdot\text{м}^2/\text{моль}.$$

$$g(C_3H_7COOH) = -\frac{\Delta\sigma}{\Delta c} = \frac{65,8 - 60,4}{0,0312 - 0,0625} \text{ Н}\cdot\text{м}^2/\text{моль}.$$

По правилу Траубе — Дюкло поверхностная активность веществ одного и того же гомологического ряда возрастает приблизительно в 3 раза при увеличении углеводородной цепи на группу $-CH_2-$:



Правило Траубе—Дюкло выполняется в заданном интервале концентраций.

6. По данным кондуктометрического метода графически определите критическую концентрацию мицеллообразования (ККМ) водного раствора лаурата натрия:

Концентрация мыла C, кг/м ³	2	3	5	10	20	30
Удельная электропроводность, $\kappa \cdot 10^5$, Ом ⁻¹ ·м ⁻¹	0,5	0,77	1,27	1,67	2,43	3,2

Решение. По табличным данным строим график в координатах $\kappa = f(C)$ и находим точку излома, соответствующую ККМ.

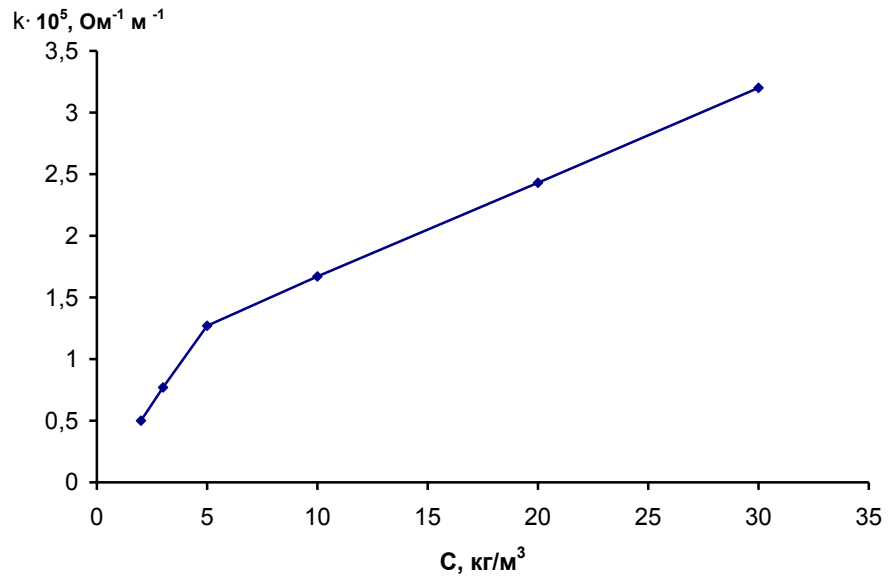


Рис. 9. Графическое определение ККМ раствора лаурата натрия
Как следует из рисунка, ККМ равна 5 кг/м³.

7*. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) додецилсульфата натрия при 20, 40 и 60⁰С составляет соответственно $1,51 \cdot 10^{-3}$; $1,62 \cdot 10^{-3}$ и $1,87 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³. Рассчитайте стандартную теплоту, энергию Гиббса и энтропию мицеллообразования при 20⁰С.

Решение. Теплоту мицеллообразования q определяем по температурной зависимости ККМ:

$$\ln \text{ККМ} = \frac{q}{RT} + \frac{S}{R}$$

Рассчитываем значения $\ln \text{ККМ}$ и $1/T$:

$\ln \text{ККМ}$	-6,50	-6,42	-6,28
$1/T \cdot 10^3, \text{K}^{-1}$	3,41	3,19	3,00

Строим график зависимости $\ln \text{ККМ}$ от $1/T$.

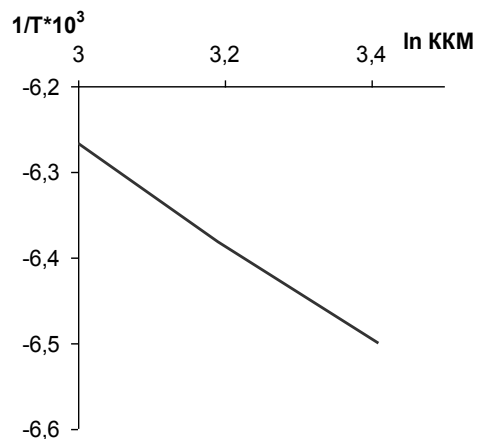


Рис.10. Графическое определение теплоты мицеллообразования додецилсульфата натрия

Теплоту мицеллообразования определяем по тангенсу угла наклона прямой ($\text{tg}\alpha$):

$$\text{tg}\alpha = \frac{q}{R} = -53, \text{ отсюда: } q = 8,31 \cdot 537 = 4,46 \text{ кДж/моль.}$$

Энергию Гиббса рассчитываем по уравнению:

$$\Delta G = -RT \ln \text{ККМ} = -8,31 \cdot 293 \cdot (-6,50) = 15,9 \text{ кДж/моль.}$$

Энтропию мицеллообразования находим, пользуясь термодинамическим уравнением: $\Delta G_m^0 = \Delta H_m^0 - T\Delta S_m^0$

$$\frac{293 \cdot 41053}{293} = \frac{293 \cdot 41053}{293} \text{ кДж/моль}\cdot\text{К}$$

Задачи

1. Для водного раствора пропилового спирта при 295 К найдены следующие значения констант уравнения Шишковского: $b = 0,189$, $a = 0,151$. Вычислите поверхностное натяжение раствора при концентрации спирта, равной $0,5 \text{ кмоль/м}^3$.

2. Через сталагмометр при 24°C пропустили сначала воду, затем этанол. При этом число капель составило 29 и 76 соответственно. Уменьшится или увеличится поверхностное натяжение этанола и во сколько раз, если температуру повысить до 60°C ($\sigma^{60}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 18,43 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$; $\rho = 0,79 \text{ г/см}^3$)?

3. Вычислите поверхностное натяжение воды при 20°C по следующим данным сталагмометрического исследования: число капель воды — 31, число капель ацетона — 95. Поверхностное натяжение ацетона при 20°C равно $23,70 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$.

4. Вычислите по данным сталагмометрического исследования поверхностное натяжение этилового спирта при 25°C , если число капель воды — 32, а спирта — 64. Массы капель спирта и воды равны 4,713 и 4,724 г соответственно. Поверхностное натяжение воды при 25°C равно $71,97 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$.

5. Сравните поверхностную активность метилпропанола и метилбутанола в водных растворах в данном интервале концентраций:

Спирт	C , моль/дм ³	σ , мН/м
Метилпропанол	0,125	52,8
	0,250	44,1
Метилбутанол	0,125	47,6
	0,250	23,7

Выполняется ли правило Траубе—Дюкло?

6. Поверхностное натяжение водного раствора, содержащего поверхностно-активное вещество (ПАВ) в концентрации $0,056 \text{ моль/дм}^3$ при 293 К равно $4,33 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м}$. Вычислите величину поверхностного избытка ПАВ из раствора с концентрацией $0,028 \text{ моль/дм}^3$ при 293 К.

7. Определите величину поверхностной активности лаурата натрия, если логарифм ККМ его водного раствора составляет 168 (концентрация в моль/дм³); $\sigma_{\text{ККМ}} = 40 \text{ эрг/см}^{-2}$; $\sigma_0 = 71,18 \text{ эрг/см}^{-2}$.

8. Для водных растворов додецилсульфата натрия определены логарифмы ККМ при двух значениях температуры. Определите, как влияет повышение температуры на поверхностную активность додецилсульфата натрия. $\lg_{\text{ККМ}} = -2,04$ (при 20°C) и $\lg_{\text{ККМ}} = -$

2,01 (при 60°C); $\sigma_{\text{ККМ}} = 44$ эрг/см² (при 20°C), $\sigma_{\text{ККМ}} = 41$ эрг/см² (при 60°C); $\sigma_0 = 72,75$ эрг/см² (при 20°C); $\sigma_0 = 66,18$ эрг/см² (при 60°C); концентрация в моль/дм³.

9. Логарифм ККМ водного раствора олеата натрия при 70°C составляет – 30 при выражении концентрации в моль/дм³, $\sigma_{\text{ККМ}} = 26$ эрг/см², $\sigma_0 = 74,64$ эрг/см². Определите величину поверхностной активности олеата натрия.

10. Для водных растворов лаурата натрия определены логарифмы ККМ при нескольких значениях температуры (концентрация в моль/дм³). Постройте температурную зависимость поверхностной активности:

$T, ^\circ\text{C}$	$\lg_{\text{ККМ}}$	$\sigma_{\text{ККМ}}, \text{эрг/см}^2$	$\sigma_0, \text{эрг/см}^2$
30	-1,68	40	71,18
50	-1,68	38	67,91
90	-1,68	31	60,75

11. Определите ККМ додецилсульфата натрия по следующим данным:

$\lg C$	-2,4	-2,18	-2,08	-2,03	-2,01	-1,99	-1,95	-1,82
$\sigma, \text{дин/см}$	54	47	43	42	41	41	41	41

Концентрация выражена в моль/дм³.

12. При измерении разности показателей преломления водных растворов додецилсульфата натрия и воды получены следующие данные:

$C \cdot 10^3, \text{ моль/дм}^3$	9,1	9,38	9,54	9,78	10,02	10,26	10,50
Δn	–	–	16,6	17,1	17,7	18,0	18,3

Определите ККМ.

13. Определите величину поверхностной активности мирилата натрия зная, что логарифм ККМ его водного раствора равен –2,3 при выражении концентрации в моль/дм³ ($\sigma_{\text{ККМ}} = 27$ дин/см; $\sigma_0 = 69,56$ дин/см).

Раздел 5. Строение мицелл ПАВ.

1. Вопросы для собеседования.

1. Какие ПАВ образуют мицеллярные системы? От чего это зависит? Приведите примеры.
2. Какие типы мицелл могут образовать ПАВ? Каково их строение и форма?
3. Чем обусловлены свойства мицелл? Как это применяют на практике? Приведите примеры.
4. Объясните понятие критической концентрации мицеллообразования (ККМ).
5. От каких факторов зависит достижение ККМ? Приведите зависимости и примеры.
6. Какими физико-химическими методами можно определять ККМ? Приведите зависимости и примеры.
7. Как влияет длина углеводородной цепи молекул ПАВ на термодинамические параметры адсорбции и мицеллообразования в водных растворах?

2. Лабораторная работа № 5 «Измерение поверхностного натяжения по методу отрывающейся капли»

Принцип метода. Падающая капля жидкости имеет форму, при которой ее поверхность бывает наименьшей (шар). На поверхности жидкости имеется что-то вроде пленки, которая стремится ее сжать. Появление такого слоя (пленки) на поверхности жидкости объясняется следующим образом. Пусть внутри жидкости содержится молекула А (рис. 5). Опишем вокруг нее сферу радиусом, равным расстоянию, на котором заметны силы

взаимного притяжения этой молекулы с окружающими ее молекулами жидкости. Вследствие того, что эти равные силы действуют по всем направлениям симметрично, равнодействующая им сила равна нулю.

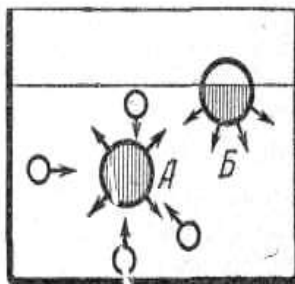


Рис. 5. Схема межмолекулярных притяжений

В другом положении находится молекула Б. Силы притяжения, действующие со стороны молекул жидкости, не уравниваются силами, действующими на частицу вне жидкости, в результате чего равнодействующая притяжения этой молекулы направлена в сторону жидкости, вниз, — молекула стремится втянуться внутрь жидкости. В таком положении находятся все молекулы, образующие поверхностный слой жидкости, вследствие чего возникает внутреннее давление в жидкости, направленное нормально к ее поверхностному слою.

Наличие на поверхности жидкости молекул, не уравновешенных межмолекулярными силами, создает в поверхностном слое свободную поверхностную энергию, стремящуюся уменьшиться. На поверхности жидкости образуется что-то похожее на пленку, обладающую поверхностным натяжением. Чтобы увеличить поверхность жидкости, т. е. чтобы преодолеть, ее поверхностное натяжение, необходимо затратить некоторое количество работы. Работа необходимая для увеличения поверхности жидкости на 1 см^2 , служит мерой поверхностной энергии и называется коэффициентом поверхностного натяжения или просто поверхностным натяжением.

Можно рассматривать поверхностное натяжение не только как работу на единицу поверхности, но и как силу, которая действует на единицу длины (1 м) линии, ограничивающей поверхность, и стремится сократить последнюю. В зависимости от того или иного определения поверхностное натяжение измеряется или в джоулях на 1 м^2 , или в ньютонах на 1 м . Оба измерения численно совпадают. Вследствие наличия поверхностного натяжения жидкость, вытекающая из капиллярного отверстия, принимает форму капли.

Отрыв капли наступает тогда, когда ее масса преодолевает действие поверхностного натяжения. Поверхностным натяжением обуславливается также поднятие жидкости в капилляре, если она смачивает его стенки. Это поднятие объясняется тем, что жидкость, смачивая стенки (как бы растекаясь по ним), увеличивает поверхностное натяжение, которое стремится уменьшить поверхность. Уменьшение поверхности достигается тем, что жидкость поднимается в капилляре вслед за смачивающим слоем. Высота поднятия жидкости определяется массой столба жидкости, уравновешивающей поверхностное натяжение. По высоте, диаметру столба и плотности жидкости можно рассчитать величину поверхностного натяжения.

Растворенные вещества изменяют поверхностное натяжение жидкости. Одни из них значительно понижают поверхностное натяжение (они называются поверхностно-активными или капиллярно-активными), другие (поверхностно-неактивные) несколько увеличивают поверхностное натяжение. Концентрация в поверхностном слое и внутри раствора поверхностно-активных и поверхностно-неактивных веществ различна. Концентрация первых веществ в поверхностном слое больше, чем внутри раствора, а вторых — наоборот. Это явление изменения концентрации вещества в поверхностном слое по сравнению с концентрацией его внутри раствора называется *адсорбцией*. В зависимости от то-

го, уменьшается или увеличивается концентрация вещества в поверхностном слое раствора по сравнению с внутренними слоями, адсорбция называется положительной или отрицательной.

К поверхностно-активным веществам, значительно понижающим поверхностное натяжение воды, относятся многие органические соединения, например, спирты, альдегиды, кетоны, кислоты. В гомологическом ряду жирных кислот поверхностная активность быстро возрастает с удлинением углеродной цепи, а именно в среднем в 3,2 раза на каждую прибавляющуюся группу CH_2 . Следовательно, в таком же отношении с ростом поверхностной активности будет уменьшаться значение поверхностного натяжения раствора.

Приближенное измерение поверхностного натяжения жидкости может быть проведено при помощи прибора, называемого сталагмометром.

Принцип метода заключается в определении массы капли, вытекающей из капилляра, в момент ее отрыва. Отрыв капли наступает тогда, когда масса ее будет на ничтожно малую величину превышать силу поверхностного натяжения. Практически можно считать, что в момент отрыва капли масса ее уравнивается поверхностным натяжением. Тогда задача опыта сводится к определению массы капли. Если объем вытекающей жидкости равен V , число капель жидкости в объеме V равно n , плотность жидкости d и ускорение силы тяжести g , то массу одной капли вычисляют по формуле:

$$\alpha = \frac{V \cdot d \cdot g}{n} \quad (1)$$

Поверхностное натяжение равно $2\pi r\sigma$, где r – радиус капилляра, σ – поверхностное натяжение. Следовательно,

$$\frac{V \cdot d \cdot g}{n} = 2\pi r \sigma, \quad (2)$$

где $2\pi r\sigma$ для данного прибора – величина постоянная; обозначим ее через K , тогда

$$\frac{V \cdot d \cdot g}{n} = K \sigma, \quad (3)$$

откуда

$$\sigma = \frac{V \cdot d \cdot g}{n \cdot K} \quad (4)$$

Для воды, вытекающей из этого же капилляра и в таком же объеме,

$$\sigma_0 = \frac{V \cdot d_0 \cdot g}{n_0 \cdot K}, \quad (5)$$

где d_0 – плотность воды; n_0 – число капель.

Разделив уравнение 4 на уравнение 5, получим:

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{d \cdot n_0}{d_0 \cdot n}, \quad (6)$$

откуда поверхностное натяжение исследуемой жидкости равно

$$\sigma = \sigma_0 \cdot \frac{d \cdot n_0}{d_0 \cdot n} \quad (7)$$

Цель работы: Ознакомление с измерением поверхностного натяжения методом взвешивания отрывающейся капли. Наблюдение влияния температуры на изменение поверхностного натяжения.

Аппаратура и реактивы. Сталагмометр; штатив с лапкой; четыре стакана на 100 мл; 1,0 М растворы метилового (CH_3OH), этилового ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) и амилового ($\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$) спиртов.

Описание прибора. Сталагмометр (рис. 6) состоит из трубки, имеющей расширение I ; выше и ниже него находятся начальная и конечная метки A и B . Через капиллярное от-

верстие 2 в широкой горизонтальной отшлифованной поверхности жидкость вытекает из капель.

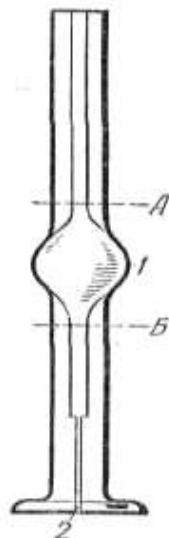


Рис. 6. Сталагмометр:

1 – расширение; 2 – отверстие капилляра; А, В – метки

Выполнение работы

Вариант №1: для наблюдения изменения поверхностного натяжения при изменении концентрации растворов необходимо приготовить растворы, какого-то одного спирта (спирт выбрать по заданию преподавателя) последовательным разбавлением дистиллированной водой исходного раствора в два раза: например, 0, 0,2, 0,4, 0,8, 1,5, 3 моль/дм³.

Вариант №2: для наблюдения изменения поверхностного натяжения в гомологическом ряду веществ с удлинением углеродной цепи определяют поверхностное натяжение растворов разных спиртов с одинаковой концентрацией.

Сталагмометр (бюретку) укрепляют в штативе в вертикальном положении и заливают жидкость так, чтобы она стояла выше верхней метки (при этом в трубке не должно быть пузырьков воздуха), затем дают жидкости вытекать из капилляра. Когда уровень жидкости точно совпадает с верхней меткой, начинают счет капель; прекращают счет капель тогда, когда уровень жидкости дойдет до нижней метки (или когда в бюретке уровень жидкости уменьшится на 2 см³). Опыт повторяют несколько раз и берут среднюю величину из наблюдаемых отсчетов (расхождение между отдельными измерениями должно быть не более 1–2 капель). Результаты свести в таблицу 1.

Таблица 1

Число капель растворов в определённом объёме жидкости ($n = 6$)

Вариант №1:						
С (спирта), моль/дм ³	0					
n_1						
n_2						
n_3						
n_4						
n_5						
n_6						
$n = n_{\text{сред}} \pm \frac{t_p \cdot S}{\sqrt{n}}$						
Вариант №2						
Наименование	С (спиртов), моль/дм ³					

спирта	n_1	n_2	n_3 , МГ	n_4	n_5	n_6	$n = n_{\text{сред}} \pm \frac{t_p \cdot S}{\sqrt{n}}$, МГ
этиловый							
пропиловый							
изопропиловый							
бутиловый							
изобутиловый							
амиловый							

Обработка результатов

Указанным методом определяют среднее число капель воды, образующихся при истечении из бюретки объема V , а затем число капель исследуемых растворов из этого же объема. Поверхностное натяжение вычисляют по выведенной выше формуле:

$$\sigma = \frac{\sigma_0 \cdot d_0 \cdot n_0}{d \cdot n}$$

где σ_0 - поверхностное натяжение растворителя (табл.2), d_0 – плотность воды, n_0 – число капель воды, n – число капель жидкости в объеме V , d – плотность жидкости.

Таблица 2

Поверхностное натяжение воды

Температура, °С	Поверхностное натяжение, Н/м	Температура, °С	Поверхностное натяжение, Н/м
0	0,07549	35	0,07029
5	0,07475	40	0,06954
10	0,07401	45	0,0686
15	0,07326	50	0,0678
20	0,07253	60	0,0660
25	0,07178	70	0,0642
30	0,07103	80	0,0623

Сделать расчеты по приведённой выше формуле для значений поверхностного натяжения исследованных растворов; данные внести в таблицу 3 (вариант №1) или таблицу 4 (вариант №2).

Таблица 3

Изменение поверхностного натяжения раствора с разной концентрацией

<i>Спирт</i>	Концентрация раствора, моль/дм ³	Поверхностное натяжение, 10 ⁻³ Дж/м ²
		0

Таблица 4

Изменения поверхностного натяжения в гомологическом ряду веществ

<i>Спирт</i>	Концентрация раствора, моль/дм ³	Поверхностное натяжение, 10 ⁻³ Дж/м ²
этиловый		
пропиловый		
изопропиловый		
бутиловый		
амиловый		

Отчет по работе

По данным таблиц 3 или 4 построить графические зависимости. Работа считается выполненной, если приведены все необходимые расчеты, построены изучаемые зависимости, приведены все структурные формулы изучаемых веществ, сделаны выводы соответствующие поставленной цели.

Сравните результаты, полученные методом отрыва кольца и методом счета капель. Объясните наблюдаемые зависимости.

Раздел 6. Поверхностные явления. Причины возникновения. Термодинамика поверхностных явлений. Поверхностное натяжение. Изотермы. Методы определения.

1. Вопросы для собеседования.

1. Какие явления относят к поверхностным?
2. Каковы причины возникновения поверхностных явлений?
3. Классификация поверхностных явлений через объединенное уравнение I и II начал термодинамики. Приращение поверхностной энергии в другие виды энергии.
4. Геометрические параметры поверхности. Поверхностный слой жидкости и твердого тела.
5. Поверхностная энергия Гиббса.
6. Поверхностное натяжение. Термодинамическое определение. Физический смысл и силовое определение.
7. Термодинамика поверхностных явлений. Методы описания термодинамики поверхностных явлений, их достоинства и недостатки.
8. Полная удельная поверхностная энергия. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Температурный коэффициент поверхностного натяжения.
9. Температурная зависимость поверхностного натяжения (σ).
10. Зависимость энергетических параметров поверхности от полярности жидкостей. Правило П.А. Ребиндера для различных жидкостей.
11. Влияние природы граничащих фаз на поверхностное натяжение. Правило Г.Н. Антонова.
12. Зависимость поверхностного натяжения раствора от природы и концентрации растворенных веществ. Изотермы поверхностного натяжения (3 типа). Уравнение Б.А. Шишковского (ПАВ).
13. Методы измерения поверхностного натяжения. Статические методы: метод Вильгельми, метод капиллярного поднятия, метод лежащей капли.
14. Полустатические методы: метод отрыва пластинки, метод отрыва кольца, метод взвешивания или счета капель.
15. Динамические методы. Сравнения трех типов методов. Самопроизвольные процессы в поверхностном слое. Какие факторы определяют уменьшение поверхностной энергии (ΔG). В результате чего формируется структура поверхностного слоя?

2. Лабораторная работа № 6 «Изучение критической концентрации мицеллообразования анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ) с катионными красителями»

Принцип метода. АПАВ с катионными красителями образуют ионные пары (ионные ассоциаты), т.к. заряд красителя и АПАВ теряется, ионная пара электронейтральна, поэтому ионные пары в виде скоагулирующих частиц выпадают в осадок. Используя данные явления, можно изучить критическую концентрацию мицеллообразования (ККМ).

Аппаратура и реактивы. Фотоэлектроколориметр любой системы с поглощением света от 400 до 800 нм и кюветой с толщиной слоя 0,1–5 см. Посуда стеклянная мерная,

ГОСТ 1770-20292-74. Метиленовый фиолетовый, ч.д.а. раствор с концентрацией 10^{-3} моль/дм³. Аммонийный буферный раствор, рН 10.

Исходный стандартный раствор 10^{-2} моль/дм³ АПАВ.

Рабочий стандартный раствор, 10^{-3} моль/дм³ АПАВ, готовят из исходного стандартного раствора разбавлением.

Выполнение работы

Для приготовления шкалы стандартов в 10 пробирок емкостью 10 см³ вносят 0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0 см³ рабочего стандартного раствора АПАВ. Объем доводят до 10 см³ водой, добавляют 2 см³ буферного раствора с рН 10 и перемешивают. Далее прибавляют 1 см³ раствора метиленового фиолетового, перемешивают 1 мин и через 30 мин измеряют оптические плотности растворов ($A_1, A_2 \dots A_{10}$). Для обработки результатов повторить работу.

Обработка результатов

По результатам измерения оптических плотностей строят зависимость «оптическая плотность растворов – концентрация ПАВ» (рис. 15). В точке ККМ наблюдается излом прямой. Для нахождения ККМ к излому прямой провести касательные, из точки пересечения касательных опустить перпендикуляр на ось абсцисс и определить точку критической концентрации мицеллообразования.

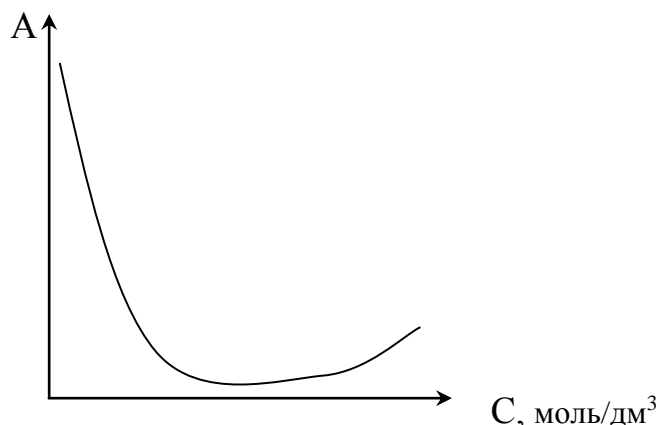


Рис. 19. Графический способ нахождения ККМ

Отчет по работе.

3. Комплект заданий для контрольной работы

Контрольная работа №1 по теме:

«Физико-химические свойства поверхностно-активных веществ»

Вариант 1

1. Задание 1. По данным кондуктометрического метода графически определите ККМ водного раствора лаурата натрия.

Концентрация мыла	C , кг/м ³	2	3	5	10	20	30
Удельная электропроводность, $\kappa \cdot 10^5$, Ом ⁻¹ ·м ⁻¹		0,5		0,77	1,27	1,67	2,43
		3,2					

2. Задание 2. Поверхностное натяжение на границе ртуть-воздух равно $72,75 \cdot 10^{-3}$ Дж/м². Чему равна избыточная поверхностная энергия капли ртути диаметром 1,2 мм.

3. Задание 3. Поверхностное натяжение на границе ртуть-воздух равно $72,75 \cdot 10^{-3}$ Дж/м². Чему равна избыточная поверхностная энергия капли ртути диаметром 1,2 мм.

Вариант 2

- Задание 1.** Вычислите по данным сталагмометрического исследования поверхностное натяжение этилового спирта при 25°C, если число капель воды — 32, а спирта — 64. Массы капель спирта и воды равны 4,713 и 4,724 г соответственно. Поверхностное натяжение воды при 25°C равно $71,97 \cdot 10^{-3}$ Н/м.
- Задание 2.** Для водных растворов лаурата натрия определены логарифмы ККМ при нескольких значениях температуры (концентрация в моль/дм³). Постройте температурную зависимость поверхностной активности:

T, °C	lg _{ККМ}	$\sigma_{\text{ККМ}}$	σ_0
30	-1,68	40	71,18
50	-1,68	38	67,91
90	-1,68	31	60,75

- Задание 3.** Сравните поверхностную активность пропионовой и масляной кислот в водных растворах в данном интервале концентраций, если известно:

Кислота	C, моль/дм ³	σ , мН/м
пропионовая	0,0312	69,5
	0,0625	67,7
масляная	0,0312	65,8
	0,0625	60,4

Выполняется ли правило Траубе—Дюкло?

Перечень вопросов и заданий, выносимых зачёт

Таблица 9 – Примеры оценочных средств с ключами правильных ответов

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
ПК-5 Способен проводить критический анализ полученных результатов и оценивать перспективы продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках.				
1.	Задание закрытого типа	Выберите один правильный ответ. Поверхностные явления наблюдаются: <i>а) в объеме фаз;</i> <i>б) в газовой фазе;</i> <i>в) на поверхности раздела фаз.</i>	в	1
2.		Выберите один правильный ответ. Состав поверхностного слоя: <i>а) совпадает с составом объемной фазы;</i> <i>б) не совпадает с составом объемной фазы;</i> <i>в) это понятие не</i>	б	1

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		<i>относится к поверхностному слою.</i>		
3.		Выберите один правильный ответ. Межфазные поверхности могут существовать при наличии: <i>а) жидкой и газообразной фазы;</i> <i>б) двух газообразных фаз;</i> <i>в) двух твердых фаз.</i>	а	1
4.		Выберите все правильные ответы. Поверхностный слой жидкости обновляется за счет процессов: <i>а) замерзания;</i> <i>б) испарения;</i> <i>в) конденсации.</i>	б, в	1
5.		Выберите один правильный ответ. Поверхность жидкости: <i>а) экспоненциальная;</i> <i>б) эквипотенциальная;</i> <i>в) эквимольная.</i>	а	1
6.	Задание открытого типа	Ситуационная задача. Какие вещества называют поверхностно-активными веществами? Приведите примеры.	ПАВ объединяет их основное свойство – способность снижать поверхностное натяжение воды или водных растворов различных соединений. Способность снижать поверхностное натяжение воды характерно для многих классов органических соединений, например, для спиртов, альдегидов, кетонов, углеводов и различных их производных. Мерой способности снижать поверхностное натяжение воды является поверхност-	2

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			ная активность. Ею в огромной степени обладают соли щелочных металлов и аммония высших жирных кислот, различные полимеры на основе этиленгликоля (полиэтиленгликоли), азотсодержащие органические соединения, особенно те, в которых азот связан четырьмя ковалентными связями и несет положительный заряд.	
7.		Ситуационная задача. Чем обусловлены особые свойства ПАВ?	ПАВ обычно дифильны – они содержат в своей структуре полярную часть (гидрофильная часть) и неполярный участок, обычно углеводородную цепь (гидрофобная часть), и эти две части придают рассматриваемым веществам особые свойства. Это способность образовывать мицеллы-агрегаты различной конфигурации, которые могут увлекать из растворов органические и неорганические вещества или переводить труднорастворимые в воде вещества в коллоидно-диспергированное состояние.	2
8.		Ситуационная задача. В чем заключается условность в классификации ПАВ по состоянию?	В зависимости от состояния ПАВ в растворе условно различают истинно растворимые (молекулярно-диспергированные) и коллоидные ПАВ.	2

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			Условность такого разделения состоит в том, что одно и то же ПАВ может относиться к обеим группам в зависимости от условий и химической природы (полярности) растворителя. Обе группы ПАВ адсорбируются на фазовых границах, то есть проявляют в растворах поверхностную активность, в то время как объемные свойства, связанные с возникновением коллоидной (мицеллярной) фазы, проявляют лишь коллоидные ПАВ.	
9.		Ситуационная задача. Раскройте понятие гидрофильно-липофильного баланса. Как и для чего определяют ГЛБ?	Группы ПАВ отличаются значением безразмерной величины, которая называется <i>гидрофильно-липофильном балансом</i> (ГЛБ) и определяется отношением: $\lambda = (b + \Psi v) / a ,$ где $(b + \Psi v)$ – сродство (свободная энергия взаимодействия) неполярной части молекулы ПАВ к углеводородной жидкости (b – безразмерный параметр, зависящий от природы ПАВ, Ψ – свободная энергия взаимодействия в расчете на одну группу CH_2 , v – число групп CH_2 в углеводородном радикале), a – сродство полярной группы к воде. Минимальное число углеродных атомов в радикале для	3-5

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			<p>разных видов коллоидных ПАВ лежит в пределах 8-12, то есть коллоидные ПАВ имеют достаточно большой углеводородный радикал. Вместе с тем коллоидные ПАВ должны обладать и истинной растворимостью в воде, то есть полярность гидрофильной группы также должна быть достаточно высокой.</p> <p>В начале 60-х гг. XX в. Д. Девидсом была разработана шкала ГЛБ со значениями от 0 до 40. ПАВ с липофильными свойствами имеют низкие значения ГЛБ, с гидрофильными – высокие. Каждой группе атомов, входящей в молекулу ПАВ, приписывается групповое число. При сложении этих чисел получают ГЛБ по формуле:</p> $\text{ГЛБ} = \sum \text{гидрофильных групповых чисел} + \sum \text{гидрофобных групповых чисел} + 7.$	
10.		<p>Ситуационная задача. В чем заключается моющее действие ПАВ?</p>	<p>Моющее действие ПАВ заключается в удалении с очищаемой поверхности прилипших к ней мельчайших частиц грязи и тончайших масляных пленок. Согласно разработанной теории П.А. Ребиндера, моющее действие</p>	3-5

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время вы- полнения (в минутах)
			<p>представляет собой сложный комплекс взаимосвязанных процессов: смачивания, пептизации, эмульгирования и стабилизации частиц, загрязняющих поверхность очищаемого вещества. Все эти процессы обусловлены возникновением на поверхности раздела коллоидно-адсорбционных слоев. Поэтому моющие ПАВ должны быть хорошими эмульгаторами, обладать высокой поверхностной активностью и ярко выраженными коллоидными свойствами в водных растворах. За счет адсорбции молекул моющих средств на поверхности очищаемого вещества и на поверхности частичек грязи происходит их отрыв от очищаемой поверхности, т.е. пептизация и стабилизация. Частички грязи образуют стойкую водную эмульсию или суспензию, которая удаляется с загрязненной поверхности. Важную роль играет пенообразование, т.к. обильная и стойкая</p>	

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			пена способствует механическому удалению загрязнений.	
11.	Задание комбинированного типа	<p>Прочитайте текст, найдите соответствие и напишите аргументы, обосновывающие выбор ответа. Каким значениям ГЛБ соответствуют следующие эмульсии:</p> <p>1) вода-масло; 2) масло-вода; 3) смачиватели; 4) моющие средства.</p> <p>а) 13-15; б) 3-6; в) 8-16; г) 7-9.</p>	<p>1 – б; 2- в; 3- г; 4- а.</p> <p>Понятие о ГЛБ является достаточно формальным, но оно позволяет определять области применения ПАВ. Так, для образования эмульсий вода-масло ГЛБ лежит в пределах 3-6, эмульсий масло-вода – 8-16, для смачивателей – 7-9, для моющих средств –13-15.</p>	5-7

Полный комплект оценочных материалов по дисциплине (модулю) (фонд оценочных средств) хранится в электронном виде на кафедре, утверждающей рабочую программу дисциплины (модуля), и в Центре мониторинга и аудита качества обучения.

7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Текущий и внутрисеместровый контроль, промежуточная аттестация учебных достижений студентов проводится путем балльно-рейтинговой системы. Общая оценка учебных достижений студента в семестре по учебному курсу определяется как сумма баллов, полученных студентом по различным формам текущего и промежуточного контроля в течение данного семестра. Успешность изучения дисциплины в течение семестра оценивается, исходя из 100 максимально возможных баллов (90 баллов на текущие формы контроля и до 10 баллов отводится на бонусы), которые накапливаются студентом в течение всего семестра изучения дисциплины. Итоговой формой отчетности является зачет в 7 семестре, поэтому балльная оценка является суммой баллов, полученных на различных формах текущего контроля и 10 баллов, включающих различного рода бонусы (отсутствие пропусков занятий, активная работа в течение семестра).

Таблица 10 - Технологическая карта рейтинговых баллов по дисциплине

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий/баллы	Максимальное количество баллов	Срок предоставления
Основной блок (90 баллов)				
1	Опрос	6/5	30	По расписанию
2.	Отчет по лабораторным работам	6/5	30	По расписанию
3	Решение аналитических задач	2/5	10	По расписанию
4	Тест1	1/10	10	По расписанию
5	К.Р. №1	1/10	10	По расписанию
Всего			90	
Блок бонусов (10 баллов)				
6	Дополнение к ответам на практическо-семинарских занятиях	7/ 0,71	5	По расписанию
7	Своевременное выполнение всех заданий	7/ 0,43	3	По расписанию
8	Отсутствие пропусков	14/ 0,215	3	По расписанию
Всего			10	
ИТОГО			100	

Таблица 11 – Система штрафов (для одного занятия)

Показатель	Балл
Опоздание (два и более)	Минус 2 балла
Не готов к практическо-семинарским и лабораторным занятиям	Минус 3 балла
Пропуск занятий без уважительной причины (за одно занятие)	Минус 2 балла
Нарушение учебной дисциплины	Минус 2 балла
Нарушение правил техники безопасности	Минус 1 балл

Таблица 12 – Шкала перевода рейтинговых баллов в итоговую оценку за семестр по дисциплине (модулю)

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале	
90–100	5 (отлично)	Зачтено
85–89	4 (хорошо)	
75–84		
70–74		
65–69	3 (удовлетворительно)	
60–64		
Ниже 60	2 (неудовлетворительно)	Не зачтено

При реализации дисциплины (ПАВ) в зависимости от уровня подготовленности обучающихся могут быть использованы иные формы, методы контроля и оценочные средства, исходя из конкретной ситуации.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Основная литература

1. Алыков, Н.М. Поверхностно-активные вещества и флокулянты в объектах окружающей среды. Методы концентрирования, определения и удаления: монография / Алыков, Н. М., Алыкова, Т.В., Шачнева, Е.Ю. ; ред. Н.М. Алыкова. Астрахань: Астраханский ун-т, 2011. 107 с. (М-во образования и науки РФ. АГУ).
2. Джигола, Л. А. Поверхностно-активные вещества: учебно-методическое пособие / Л. А. Джигола. Астрахань : Издательский дом «Астраханский университет», 2007. 56 с.
3. Холмберг К., Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах [Электронный ресурс] / К. Холмберг, Б. Йёнссон, Б. Кронберг, Б. Линдман ; пер. с англ. - 3-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ, 2015. - 531 с.
URL <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996329427.html>

8.2. Дополнительная литература

1. Москвичев, Ю.А. Москвичев, Ю. А. Продукты органического синтеза и их применение: доп. УМО по образованию в области химической технологии и биотехнологии в качестве учеб. пособ. для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов "Химическая технология органических веществ и топлива" / Москвичев, Ю. А., Фельдблюм, В. Ш. - СПб. : Проспект Науки, 2009. - 376 с.
2. Холмберг, К. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах / К. Холмберг [и др.]; пер. Г.П. Ямпольской; под ред. Б.Д. Сумма. М : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. 528 с.
3. Холмберг К., Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах [Электронный ресурс] / Холмберг К. -М. : БИНОМ, 2012. - 532 с. URL <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996313396.html>

8.3. Интернет-ресурсы, необходимые для освоения дисциплины (модуля)

Перечень ЭБС и электронных ресурсов, предоставляемых Научной библиотекой АГУ на 2022/2023 учебный год, которые могут быть использованы для информационного обеспечения дисциплины:

1. Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем».

<https://library.asu-edu.ru>

2. Электронный каталог «Научные журналы АГУ»

<https://journal.asu-edu.ru>

3. Электронная библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента». Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой, предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Каталог в настоящее время содержит около 15000 наименований.

www.studentlibrary.ru

Регистрация с компьютеров АГУ

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает в себя практико-лабораторный практикум, аудиторию (лабораторию) для проведения практических занятий. Лабораторный практикум обеспечен химическими реактивами, лабораторной посудой и учебно-научным оборудованием: весы аналитические и электронные, спектрофотометры В-1100; анализаторы жидкостей рН-метры «Эксперт-001», ионоселективные электроды, центрифуга ОПН-3 с ротором, магнитные мешалки, рефрактометр, термостат "ТС-80"М2, кондуктометр «Эксперт», Аквадистиллятор ДЭ-4(с ЗИПом), шкаф вытяжной ШВ-202 ПАОТ, малая раковина, КО1-04. Проведение практических занятий сопряжено с применением компьютеров для выполнения поисковой работы, вычислений и работе в информационных системах.

Рабочая программа дисциплины (модуля) при необходимости может быть адаптирована для обучения (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий) лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов. Для этого требуется заявление обучающихся, являющихся лицами с ограниченными возможностями здоровья, инвалидами, или их законных представителей и рекомендации психолого-медико-педагогической комиссии. Для инвалидов содержание рабочей программы дисциплины (модуля) может определяться также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).