

# 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

Коллоидная химия

Составитель	<b>Шакирова В.В., доцент, к.х.н., доцент</b>
Направление подготовки	<b>04.03.01 ХИМИЯ</b>
Направленность (профиль) ОПОП	<b>ХИМИЯ</b>
Квалификация (степень)	<b>бакалавр</b>
Форма обучения	<b>очная</b>
Год приема	<b>2023</b>
Курс	<b>4</b>
Семестр	<b>8</b>

Астрахань-2025

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**1.1. Целями освоения дисциплины** «Коллоидная химия» является формирование у студентов современных знаний о поверхностных явлениях и дисперсных системах и взаимосвязи с другими физико-химическими дисциплинами.

**1.2. Задачи освоения дисциплины:** понимание роли поверхностных явлений в процессах, протекающих в дисперсных системах.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

**2.1. Учебная дисциплина** «Коллоидная химия» относится к обязательной части и осваивается в 8 семестре.

Дисциплина встраивается в структуру ОПОП как с точки зрения преемственности содержания, так и с точки зрения непрерывности процесса формирования компетенций выпускника.

Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения, навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: учебный курс логически связан с теоретическими основами органической и физической химии. Следовательно, «входные» знания и умения обучающегося связаны со знанием теоретических основ вышеобозначенных учебных дисциплин и элементарных знаний и навыков работы в химической лаборатории.

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

- Органическая химия.
- Физическая химия

Знания: основных теоретических положений и принципов физической и органической химии.

Умения: осваивать самостоятельно новые разделы фундаментальных наук, используя достигнутый уровень знаний; рассчитывать энергетические эффекты и скорости химических процессов; определять электрохимические, молекулярно-кинетические и реологические характеристики различных систем.

Навыки: техники безопасности при выполнении работ в лаборатории, регистрации и обработки результатов экспериментов, методами отбора материала для теоретических занятий и лабораторных работ.

**2.3. Последующие учебные дисциплины и практики, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:**

- Преддипломная практика

## **3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

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

б) общепрофессиональной

ОПК-1- Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений

**Таблица 1- Декомпозиция результатов обучения**

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
	Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
ОПК-1- Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений	<p>ИОПК-1.1.1 Теоретические основы систематизации и анализа обработки результатов химических экспериментов, наблюдений, измерений в области коллоидной химии</p> <p>ИОПК-1.1.2 Основы коллоидной химии: поверхностные явления, образование и устойчивость дисперсных систем, механизмы и закономерности процессов, протекающих в этих системах.</p>	<p>ИОПК-1.2.1 Интерпретировать результаты собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ в области коллоидной химии</p> <p>ИОПК-1.2.2 Применять знания из области коллоидной химии при интерпретации полученных результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ</p>	<p>ИОПК-1.3.1 Владеть: способностью формулировать заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ, в области коллоидной химии</p> <p>ИОПК-1.3.2. Владеет теоретическими основами различных областей химии и навыками их использования при решении учебных и научных задач</p>

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины» составляет 4 зачетные единицы, в том числе 45 часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем из них 15 часов – лекции, 30 часов - лабораторные работы и 81 час на самостоятельную работу обучающихся.

**Таблица 2 - Структура и содержание дисциплины**

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Семестр	Контактная работа (в часах)			Самост. работа		Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
		Л	ПЗ	ЛР	КР	СР	
Тема 1. Поверхностные явления и адсорбция	8	4		8		12	Отчет по лабораторным работам 1-3. Решение задач.
Тема 2. Двойной электрический слой		1		2		7	Устный опрос
Тема 3. Коллоидно-дисперсные системы и их физико-химические свойства.		2		2		10	Отчет по лабораторной работе. Тест
Тема 4. Электрокинетические свойства дисперсных систем		2		4		10	Отчет по лабораторной работе. Тест
Тема 5. Устойчивость коллоидно-дисперсных систем		3		8		12	Отчет по лабораторным работам 1-5. Решение задач
Тема 6. Микрогетерогенные системы		1		2		10	Отчет по лабораторной работе. Реферат.
Тема 7. Коллоидно-химические свойства ВМВ		1		2		10	Отчет по лабораторной работе.
Тема 8. Реологические свойства		1		2		10	Отчет по лабораторной

дисперсных систем							работе. Устный опрос
<b>Итого</b>		<b>15</b>		<b>30</b>	<b>18</b>	<b>81</b>	<b>Защита курсовой работы. Экзамен</b>

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

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

Разделы, тема дисциплины	Кол-во часов	Код компетенции	Общее количество компетенций
		ОПК-1	
Тема 1. Поверхностные явления и адсорбция	24	+	1
Тема 2. Двойной электрический слой	10	+	1
Тема 3. Коллоидно-дисперсные системы и их физико-химические свойства.	14	+	1
Тема 4. Электрокинетические свойства дисперсных систем	16	+	1
Тема 5. Устойчивость коллоидно-дисперсных систем	23	+	1
Тема 6. Микрогетерогенные системы	13	+	1
Тема 7. Коллоидно-химические свойства ВМВ	13	+	1
Тема 8. Реологические свойства дисперсных систем	13	+	1
Курсовая работа	18	+	1
<b>Итого</b>	<b>144</b>	<b>+</b>	<b>1</b>

### Краткое содержание дисциплины

**Тема 1. Поверхностные явления и адсорбция.** Предмет коллоидной химии. История развития коллоидной химии, роль отечественных и зарубежных ученых. Термодинамика поверхностных явлений. Основы термодинамики поверхностного слоя. Основные отличия свойств поверхностного слоя от свойств объемных фаз. Природа взаимодействующих фаз и поверхностное натяжение. Поверхностное натяжение – мера энергии Гиббса межфазной поверхности. Поверхностное натяжение и адсорбция. Определение адсорбции. Уравнение состояния при адсорбции. Фундаментальное адсорбционное уравнение Гиббса (связь поверхностного натяжения с химическим потенциалом). Гиббсовская (избыточная) адсорбция. Частное выражение уравнения Гиббса. Поверхностная активность веществ. Поверхностно-активные, поверхностно-инактивные вещества на разных межфазных границах.

Адгезия, смачивание и растекание жидкостей. Адгезия и когезия. Природа сил взаимодействия при адгезии. Адгезионное соединение и его характеристики. Характер и условия разрушения адгезионного соединения. Смачивание и краевой угол. Закон Юнга. Связь работы адгезии с краевым углом (уравнение Дюпре-Юнга). Лиофильные и лиофобные поверхности. Межфазное натяжение на границе между взаимно-насыщенными жидкостями и правило Антонова. Классификация механизмов адсорбции (физическая адсорбция, хемосорбция и ионообменная адсорбция). Природа адсорбционных сил. Особенности составляющих сил Ван-дер-Ваальса (ориентационных, индукционных и дисперсионных) при адсорбции. Уравнение для потенциальной энергии взаимодействия атома (молекулы) с поверхностью тела при адсорбции.

Адсорбция газов и паров на однородной поверхности. Уравнение мономолекулярной адсорбции Ленгмюра и его анализ. Определение констант уравнения. Уравнение Фрейндлиха. Изотерма адсорбции. Характеристика участков изотермы. Адсорбция на границе раздела жидкость-газ и жидкость-жидкость. Уравнение адсорбции Гиббса. Строение адсорб-

ционных слоев: ориентация молекул. Адсорбция на границе раздела твердое тело-газ и твердое тело-жидкость. Измерение величины адсорбции на этих границах раздела. Уравнение адсорбции Ленгмюра, вывод и анализ.

**Тема 2. Двойной электрический слой.** Адсорбция электролитов. Термодинамические основы возникновения двойного электрического слоя (ДЭС). Образование ДЭС на ионных кристаллах и оксидах. ПОИ и ПИ. Правило Панета-Фаянса. Ионный обмен: иониты, закономерности ионного обмена. Теории строения ДЭС: Гельмгольца, Гуи-Чепмена, Гуи-Штерна-Грэма. Потенциалы ДЭС. Факторы, влияющие на  $\zeta$ -потенциал: температура, концентрация, природа и заряд ионов электролита. Строение мицеллы золя.

**Тема 3. Коллоидно-дисперсные системы и их физико-химические свойства.** Дисперсность. Дисперсная фаза и дисперсионная среда. Классификации дисперсных систем: по дисперсности, по агрегатному состоянию фаз, по структуре, по межфазному взаимодействию, по фазовой различимости. Основные общие свойства дисперсных систем: молекулярно-кинетические, диффузия, осмотическое давление, седиментационное равновесие, оптические свойства – общие закономерности. Получение и очистка дисперсных систем. Получение методами диспергирования, конденсации, физико-химического диспергирования (пептизации). Методы очистки дисперсных систем: диализ, электродиализ.

**Тема 4. Электрокинетические свойства дисперсных систем.** Электрокинетические явления. Электрокинетический потенциал и влияние на него различных факторов. Электрокинетические свойства дисперсных систем, опыты Рейса и причины возникновения электрокинетических явлений. Прямые и обратные электрокинетические явления, электрокинетический потенциал. Электрофорез, электрофоретическая подвижность, уравнение Гельмгольца-Смолуховского, методы определения электрофоретической подвижности, практическое применение электрофореза. Электроосмос, уравнение Гельмгольца-Смолуховского для расчета электрокинетического потенциала, Эффекты, не учитываемые этим уравнением (поверхностная проводимость, электрофоретическое торможение, релаксационный эффект). Практическое использование электрокинетических явлений.

**Тема 5. Устойчивость коллоидно-дисперсных систем.** Устойчивость коллоидно-дисперсных систем. Седиментационная устойчивость и ее нарушение, факторы, влияющие на седиментационную устойчивость. Агрегативная устойчивость – термодинамические и кинетические факторы. Нарушение агрегативной устойчивости и факторы, на нее влияющие. Теории устойчивости и коагуляции золь. Теория ДЛФО (Дерягина-Ландау-Фервея-Овербека). Основные положения теории ДЛФО. Коагуляция в первичном и вторичном минимумах. Электролитная коагуляция; нейтрализационная и концентрационная коагуляции. Порог коагуляции. Пептизация коагулятов. Влияние на порог коагуляции заряда ионов электролита. Правило Шульце-Гарди (закон Дерягина). Коагуляция смесями электролитов. Структурно-механический барьер по Ребиндеру. Формирование связно-дисперсных структур. Реологические параметры межфазных адсорбционных слоев (модуль упругости и вязкость). Лиофилизация поверхности частиц дисперсной фазы (уменьшение сложной константы Гамакера). Модели агрегации в дисперсных системах, агрегаты как фрактальные системы. Особенности дисперсных систем, стабилизированных ВМС и ПАВ. Кинетика коагуляции: быстрая и медленная коагуляция. Кинетика коагуляции по Смолуховскому. Уравнение скорости коагуляции, константа скорости и время половинной коагуляции. Зависимость числа частиц разного порядка от времени. Агрегативная устойчивость лиофобных систем. Факторы устойчивости лиофобных систем. Коагуляция гидрофобных золь под действием электролитов. Влияние заряда ионов электролита, правило Шульце-Гарди. Концентрационная и нейтрализационная коагуляция. Сверхэквивалентная адсорбция, неправильные ряды. Лиотропные ряды. Коллоидная защита и сенсibilизация. Использование устойчивости и коагуляции дисперсных систем в технологических процессах получения лекарственных препаратов на их основе и защите окружающей среды.

**Тема 6. Микрогетерогенные системы.** Эмульсии. Методы получения, классификации по природе фаз и концентрации. Методы определения типа эмульсии. Устойчивость

эмульсий. Роль и принцип действия эмульгаторов в стабилизации эмульсий. Типы эмульгаторов. Основные принципы подбора эмульгаторов. Теории устойчивости различных типов эмульсий. Разрушение эмульсий. Деэмульгаторы. Пены, их стабилизация и разрушение. Тонкие пленки (серые, черные). Поверхностное натяжение тонких пленок. Эффекты Гиббса и Марангони-Гиббса. Аэрозоли: дымы, пыли, туманы. Получение, свойства и способы разрушения аэрозолей. Порошки, их текучесть, склонность к коагуляции. Физико-химические основы переработки порошков.

Общая характеристика и классификация ПАВ. Свойства водных растворов ПАВ. Мицеллообразование. Влияние длины углеводородного радикала на критическую концентрацию ассоциации и ККМ. Точка Крафта. Оценка дифильных свойств ПАВ. Гидрофильно-липофильный баланс (ГЛБ), гидрофильно-олеофильное соотношение и их определения. Гидрофобные взаимодействия в водных растворах ПАВ. Изменение структуры воды при мицеллообразовании. Энтропийная природа мицеллообразования в водной среде. Факторы, влияющие на критическую концентрацию мицеллообразования (ККМ). Методы определения ККМ. Образование мицелл в неводной среде (обратных мицелл). Природа сил при мицеллообразовании в углеводородной среде. Термодинамика мицеллообразования. Квазихимический и псевдофазный подходы. Два уровня ассоциации. Солюбилизация. Микроэмульсии. Основные факторы моющего действия в водной и неводной среде. Смеси ИПАВ и НПАВ. Биоразлагаемость и токсичность ПАВ.

**Тема 7. Коллоидно-химические свойства ВМВ.** Высокомолекулярные вещества (ВМВ). Классификации. Основы теории эластичности ВМВ. Фазовые состояния ВМВ, термомеханическая кривая. Взаимодействие ВМВ с растворителями, набухание, кинетика набухания, термодинамика процесса набухания. Изоэлектрическая точка полиамфолитов (ИЭТ), методы ее определения. Растворы ВМВ. Высаливание, коацервация, факторы, на них влияющие. Осмотическое давление в растворах ВМВ, мембранное равновесие (равновесие Доннана). Фазовые диаграммы растворов полимеров. Термодинамический критерий деления растворов на разбавленные и концентрированные. Термодинамика набухания и растворения полимеров. Межмолекулярные и внутримолекулярные взаимодействия в растворах полимеров. Свойства разбавленных растворов полимеров. Растворы полиэлектролитов. Белковые системы, комплексы полиэлектролитов и ПАВ.

**Тема 8. Реологические свойства дисперсных систем.** Реология растворов ВМВ и коллоидно-дисперсных систем. Реологические свойства чистых жидкостей и неструктурированных коллоидных систем. Закон Ньютона и уравнение Пуазейля. Вязкость, методы ее определения. Уравнение Эйнштейна для расчета вязкости. Неньютоновские жидкости. Аномалия вязкости. Структурная и пластическая вязкость. Уравнение Бингама. Структурообразование в дисперсных системах. Формирование структур в различных дисперсных системах (наносистемах) как частный случай коагуляции. Теория структурообразования. Реологический метод исследования дисперсных систем. Классификация дисперсных систем по структурно-механическим свойствам. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Методы измерения вязкости. Вязкость жидких агрегативно устойчивых дисперсных систем. Уравнение Эйнштейна. Уравнения Штаудингера, Марка-Куна-Хаувинка и Хаггинса для растворов полимеров. Реологические свойства структурированных жидкообразных и твердообразных систем. Типичные кривые течения.

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

### **5.1. Указания для преподавателей по организации и проведению учебных занятий по дисциплине**

Практические (семинарские) занятия не предусмотрены в данном курсе.

Преподаватель должен активно непосредственно участвовать в учебном процессе и проводить подготовку к нему. Необходимость постоянной подготовки к лекциям, семинар-

ским и практическим 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).

Лабораторные занятия способствуют закреплению знаний, полученных студентами в ходе 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 лабораторных 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 лабораторного 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**

Самостоятельная работа обучающихся проводится с использованием учебно-методической литературы и интернет-ресурсов. В случае возникновения вопросов они могут быть заданы преподавателю на индивидуальной консультации или по электронной почте.

Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся:

1. Сумм Б.Д. Основы коллоидной химии: доп. УМО по классическому ун-тскому образованию в качестве учеб. пособ. для студентов, обучающихся по специальности 020101.65 "Химия" и направлению 020100.62 "Химия". - М. : Академия, 2006. - 240 с. - (Высшее профессиональное образование). - ISBN 5-7695-2634-3: 180-00, 180-40 : 180-00, 180-40.

2. Гельфман М.И. Коллоидная химия. - 3-е изд. ; Стереотип. - СПб. : Лань, 2005. - 336 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 5-8114-0478-6: 89-32 : 89-32.

Программное обеспечение и информационные справочные системы:

1. Белопухов С.Л., Физическая и коллоидная химия. Лабораторный практикум: учебное пособие / Белопухов С.Л., Немировская И.Б., Старых С.Э., Семко В.Т., Шнее Т.В. ; под общ. ред. Белопухова С.Л. - М. : Проспект, 2016. - 240 с. URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785392196470.html> (ЭБС «Консультант студента»).

2. Новикова Е.А. Коллоидная химия: поверхностные явления / Новикова Е.А. - М. : МИСиС, 2016. - 129 с. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785906846259.html> (ЭБС «Консультант студента»)

3. Беляев А.П. Физическая и коллоидная химия. Задачник : учеб. пособие для вузов / А.П. Беляев, А. С. Чухно, Л. А. Бахолдина, В. В. Гришин; под ред. А. П. Беляева. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. - 288 с. : ил. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970446843.html> (ЭБС «Консультант студента»)

**Таблица 4 - Содержание самостоятельной работы обучающихся**

Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов	Формы работы
Тема 1. Поверхностные явления и адсорбция. Поверхностно-активные, поверхностно-инактивные вещества на разных межфазных границах. Особенности составляющих сил Ван-дер-Ваальса (ориентационных, индукционных и дисперсионных) при адсорбции. Уравнение для потенциальной энергии взаимодействия атома (молекулы) с поверхностью тела при адсорбции	12	Оформление отчета по лабораторной работе. Решение задач.
Тема 2. Двойной электрический слой. Теории строения ДЭС: Гельмгольца, Гуи-Чепмена, Гуи-Штерна-Грэма. Потенциалы ДЭС. Факторы, влияющие на $\zeta$ -потенциал: температура, концентрация, природа и заряд ионов электролита	7	Подготовка к устному опросу по вопросам
Тема 3. Коллоидно-дисперсные системы и их физико-химические свойства. Основные общие свойства дисперсных систем: молекулярно-кинетические, диффузия, осмотическое давление, седиментационное равновесие, оптические свойства – общие закономерности.	10	Оформление отчета по лабораторной работе. Тестирование
Тема 4. Электрокинетические свойства дисперсных систем. Уравнение Гельмгольца-Смолуховского для расчета электрокинетического потенциала, Эффекты, не учитываемые этим уравнением (поверхностная проводимость, электрофоретическое торможение, релаксационный эффект). Практическое использование электрокинетических явлений	10	Оформление отчета по лабораторной работе. Тестирование
Тема 5. Устойчивость коллоидно-дисперсных систем. Формирование связно-дисперсных структур. Реологические параметры межфазных адсорбционных слоев (модуль упругости и вязкость). Особенности дисперсных систем, стабилизированных ВМС и ПАВ. Использование	12	Оформление отчета по лабораторной работе. Решение за-

устойчивости и коагуляции дисперсных систем в технологических процессах получения лекарственных препаратов на их основе и защите окружающей среды		дач
Тема 6. Микрогетерогенные системы. Пены, их стабилизация и разрушение. Тонкие пленки (серые, черные). Поверхностное натяжение тонких пленок. Эффекты Гиббса и Марангони-Гиббса. Аэрозоли: дымы, пыли, туманы. Квазихимический и псевдофазный подходы. Два уровня ассоциации. Солюбилизация. Микроэмульсии. Основные факторы моющего действия в водной и неводной среде. Смеси ИПАВ и НПАВ. Биоразлагаемость и токсичность ПАВ.	10	Оформление отчета по лабораторной работе. Написание и защита реферата.
Тема 7. Коллоидно-химические свойства ВМВ. Межмолекулярные и внутримолекулярные взаимодействия в растворах полимеров. Свойства разбавленных растворов полимеров. Растворы полиэлектролитов. Белковые системы, комплексы полиэлектролитов и ПАВ	10	Оформление отчета по лабораторной работе.
Тема 8. Реологические свойства дисперсных систем. Реологические свойства чистых жидкостей и неструктурированных коллоидных систем. Формирование структур в различных дисперсных системах (наносистемах) как частный случай коагуляции. Теория структурообразования. Реологический метод исследования дисперсных систем. Классификация дисперсных систем по структурно-механическим свойствам. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Методы измерения вязкости. Реологические свойства структурированных жидкообразных и твердообразных систем. Типичные кривые течения	10	Оформление отчета по лабораторной работе. Подготовка к устному опросу

**5.3. Виды и формы письменных работ, предусмотренных при освоении дисциплины, выполняемые обучающимися самостоятельно.** В качестве письменных работ предлагается реферат, отчет по лабораторным работам, самостоятельное решение задач и выполнение курсовой работы.

#### **Методические указания по написанию реферата**

1. Формулирование темы. Тема должна быть не только актуальной по своему значению, но оригинальной, интересной по содержанию. Тема реферата выбирается по желанию студента из списка, предлагаемого преподавателем. Выбранная тема согласовывается с преподавателем. Тема может быть сформулирована студентом самостоятельно.

2. Подбор и изучение основных источников по теме (как правило, не менее 8- 10). Составление библиографии.

3. Разработка плана реферата. План реферата должен быть авторским. В нем проявляется подход автора, его мнение, анализ проблемы.

4. Написание реферата.

5. Публичное выступление с результатами исследования.

Содержание работы должно отражать

- знание современного состояния проблемы;
- обоснование выбранной темы;
- использование известных результатов и фактов;
- полноту цитируемой литературы, ссылки на работы ученых, занимающихся данной проблемой;
- актуальность поставленной проблемы;
- материал, подтверждающий научное, либо практическое значение в настоящее время.

План реферата должен включать в себя: введение, основной текст и заключение. Во введении аргументируется актуальность выбранной темы, указываются цели и задачи исследования. В нем же можно отразить методику исследования и структуру работы. Основная часть работы предполагает освещение материала в соответствии с планом.

Основной текст желательно разбивать на главы и параграфы. В заключении излагаются основные выводы и рекомендации по теме исследования.

Все приводимые в реферате факты и заимствованные соображения должны сопровождаться ссылками на источник информации. Недопустимо просто скопировать реферат из кусков заимствованного текста. Все цитаты должны быть представлены в кавычках с указанием в скобках источника и страницы.

Текст реферата необходимо набирать на компьютере на одной стороне листа. Размер левого поля 30 мм, правого - 15-20 мм, верхнего – 20 мм, нижнего – 20 мм. Шрифт – Times New Roman, размер – 14, межстрочный интервал – 1,5. Фразы, начинающиеся с новой строки, печатаются с абзачным отступом от начала строки (1,25 см).

Реферат, выполненный небрежно, неразборчиво, без соблюдения требований по оформлению возвращается студенту без проверки с указанием причин возврата на титульном листе.

Защита тематического реферата может проводиться на выделенном одном занятии в рамках часов учебной дисциплины или конференции или по одному реферату при изучении соответствующей темы, либо по договоренности с преподавателем. Защита реферата студентом предусматривает доклад по реферату не более 5-7 минут, ответы на вопросы оппонента. На защите запрещено чтение текста реферата. Общая оценка за реферат выставляется с учетом оценок за работу, доклад, умение вести дискуссию и ответы на вопросы.

При оценивании реферативной работы будут учитываться следующие пункты: знание и понимание проблемы; умение систематизировать и анализировать материал, четко и обоснованно формулировать выводы; «трудозатратность» (объем изученной литературы, добросовестное отношение к анализу проблемы); самостоятельность, способность к определению собственной позиции по проблеме и к практической адаптации материала, недопустимость (!) прямого плагиата; выполнение необходимых формальностей (точность в цитировании и указании источника текстового фрагмента, аккуратность оформления).

### **Методические указания по написанию отчета по лабораторной работе**

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 образующих соединений, сделаны соответствующие выводы.

### Методические рекомендации к решению задач

1. Определите коэффициент диффузии красителя конго красного в водном растворе, если при градиенте концентрации  $0,5 \text{ кг/м}^3$  за 2 ч через  $25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$  проходит  $4,9 \cdot 10^{-7} \text{ г}$  вещества.

**Решение.** Коэффициент диффузии находим из первого закона Фика

$$D = \frac{\Delta m}{S \cdot \Delta t \cdot [\text{grad } c]},$$

где  $\Delta m$  - масса вещества,  $S$  - площадь,  $\Delta t$  - время,  $\text{grad } c$  - градиент концентрации:

$$D = \frac{4,9 \cdot 10^{-7} \cdot 10^{-3}}{25 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 3600 \cdot 0,5} = 5,4 \cdot 10^{-11} \text{ (м}^2/\text{с)}.$$

2. Определите коэффициент диффузии  $D$  и средний сдвиг  $\bar{x}$  - частицы гидрозоля за время  $\tau = 10 \text{ с}$ , если радиус частицы  $r = 50 \text{ нм}$ , температура опыта  $293 \text{ К}$ , вязкость среды  $\eta = 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ .

**Решение.** Среднеквадратичный сдвиг частицы  $\bar{x}^2$  за промежуток времени  $\tau$  определяется по закону Эйнштейна - Смолуховского:

$$\bar{x}^2 = 2 D \tau$$

Коэффициент диффузии  $D$  рассчитывается по уравнению Эйнштейна

$$D = \frac{kT}{6\pi\eta r} = \frac{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 293}{6 \cdot 3,14 \cdot 10^{-3} \cdot 50 \cdot 10^{-9}} = 4,29 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2/\text{с}$$

Тогда средний сдвиг частицы составит:

$$\bar{x} = \sqrt{2 D \tau} = \sqrt{2 \cdot 4,29 \cdot 10^{-12} \cdot 10} = 9,26 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 9,26 \text{ мкм}.$$

3. Определить радиус частиц гидрозоля золота, если после установления диффузионно-седиментационного равновесия при  $293 \text{ К}$  на высоте  $h = 8,56 \text{ см}$  концентрация частиц изменяется в  $e$  раз. Плотность золота  $\rho = 19,3 \text{ г/см}^3$ , плотность воды  $\rho_0 = 1,0 \text{ г/см}^3$ .

**Решение.** Распределение частиц по высоте при установлении диффузионно-седиментационного равновесия описывается гипсометрическим уравнением

$$\ln \frac{v_h}{v_0} = - \frac{v g (\rho - \rho_0) h}{kT},$$

где  $v$  - объем частицы, равный для сферических частиц  $\frac{4}{3} \pi r^3$ .

Согласно условию задачи,  $v_h = v_0/e$  и  $\ln v_h/v_0 = -1$ . С учетом этого выражение для радиуса частиц принимает вид

$$r = \sqrt[3]{\frac{3kT}{4\pi g h (\rho - \rho_0)}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 293}{4 \cdot 3,14 \cdot 9,81 \cdot 8,56 \cdot 10^{-2} \cdot (19,3 - 1) \cdot 10^3}} = 3,98 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 3,98 \text{ нм}$$

4. Рассчитайте осмотическое давление 30 %-ного (масс.) гидрозоля  $\text{SiO}_2$  при  $293 \text{ К}$ , если удельная поверхность частиц  $S_{y\partial} = 2,7 \cdot 10^5 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Плотность частиц гидрозоля  $\rho = 2,2 \text{ г/см}^3$ , плотность среды  $\rho_0 = 1,15 \text{ г/см}^3$ .

**Решение.** Осмотическое давление в дисперсных системах рассчитывается по уравнению Вант-Гоффа

$$\pi = v k T = \frac{c}{m} k T,$$

где  $c$  - массовая концентрация частиц;  $m$  - масса одной частицы.

Рассчитываем массовую концентрацию дисперсной фазы:

$$c = \frac{0,3}{0,3/\rho + 0,7/\rho_0} = \frac{0,3}{0,3/2,2 \cdot 10^3 + 0,7/1,15 \cdot 10^3} = 402,7 \text{ кг/м}^3.$$

Для сферических частиц

$$m = \frac{1}{6} \pi d^3 \rho$$

Поскольку  $s_{y0} = \frac{6}{d\rho}$ , то  $d = \frac{6}{s_{y0}\rho}$ . Тогда

$$m = \frac{36\pi}{s_{y0}^3 \rho^2} = \frac{36 \cdot 3,14}{(2,7 \cdot 10^5)^3 \cdot (2,2 \cdot 10^3)^2} = 1,19 \cdot 10^{-21} \text{ кг}$$

Рассчитываем осмотическое давление:

$$\pi = \frac{402,7}{1,19 \cdot 10^{-21}} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 293 = 1,37 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2.$$

5. Частицы бентонита дисперсностью  $D = 8 \cdot 10^5 \text{ м}^{-1}$  оседают в водной среде под действием силы тяжести. Определите время оседания  $\tau_1$  на расстояние  $h = 0,1 \text{ м}$ , если плотность бентонита  $\rho = 2,1 \text{ г/см}^3$ , плотность среды  $\rho_0 = 1,1 \text{ г/см}^3$ , вязкость среды  $\eta = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ . Во сколько раз быстрее осядут частицы на то же расстояние в центробежном поле, если начальное расстояние от оси вращения  $x_0 = 0,15 \text{ м}$ , а скорость вращения центрифуги  $n = 600 \text{ об/с}$ .

**Решение.** Скорость оседания частиц с радиусом  $r$  в сплошной среде при соблюдении закона Стокса выражается уравнением

$$u = \frac{h}{\tau_1} = \frac{2(\rho - \rho_0)gr^2}{9\eta},$$

откуда

$$\tau_1 = \frac{9\eta h 4D^2}{2(\rho - \rho_0)g}, \text{ где } D = \frac{1}{2r}$$

$$\tau_1 = \frac{9 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 \cdot 4 \cdot (8 \cdot 10^5)^2}{2 \cdot (2,1 - 1,1) \cdot 10^3 \cdot 9,81} = 2,35 \cdot 10^5 \text{ с}$$

Для частиц, оседающих в центробежном поле, справедливо соотношение

$$\ln \frac{x}{x_0} = \frac{2r^2(\rho - \rho_0)\omega^2 \tau_2}{9\eta},$$

где  $x = x_0 + h$ ;  $\omega = 2\pi n$  - угловая скорость вращения центрифуги.

Время оседания в центробежном поле составит:

$$\tau_2 = \frac{9\eta \ln(x_0 + h)/x_0 \cdot 4D^2}{2(\rho - \rho_0)4\pi^2 n^2} = \frac{9 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot \ln(0,15 + 0,10)/0,15 \cdot 4 \cdot (8 \cdot 10^5)^2}{2 \cdot (2,1 - 1,1) \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot (3,14)^2 \cdot 600^2} = 0,83 \text{ с}.$$

Искомое соотношение равно

$$\frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{2,35 \cdot 10^5}{0,83} = 2,83 \cdot 10^5.$$

6. Какое центробежное ускорение должна иметь центрифуга, чтобы вызвать оседание частиц радиусом  $r = 5 \cdot 10^{-8} \text{ м}$  и плотностью  $\rho = 3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$  в среде с плотностью  $\rho_0 = 1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$  и вязкостью  $\eta = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$  при  $T = 300 \text{ К}$ ?

**Решение.** Для того чтобы происходило оседание частиц, необходимо преобладание скорости оседания над скоростью теплового движения примерно на порядок. Для оценки скорости теплового движения частиц рассчитывается средний сдвиг  $\bar{x}$  за 1 с. По уравнению

$$\bar{x} = \sqrt{\frac{kT}{3\pi\eta r}} \tau;$$

$$\bar{x} = \sqrt{\frac{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300}{3 \cdot 3,14 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-8}}} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ м/с.}$$

Задаётся скорость оседания  $u_{ц} = 3 \cdot 10^{-5}$  м/с, далее находят центробежное ускорение по уравнению

$$\omega^2 h = \frac{u_{ц} 9 \eta}{(\rho - \rho_0) 2 r^2}; \quad \omega^2 h = \frac{3 \cdot 10^{-5} \cdot 9 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 25 \cdot 10^{-16}} = 27 \cdot 10^3 \text{ м/с}^2$$

или

$$\omega^2 h = \frac{27 \cdot 10^3}{9,81} = 2,74 \cdot 10^3 \text{ г.}$$

**7.** Рассчитать и сравнить время оседания частиц в гравитационном и центробежном полях при следующих условиях: радиус частиц  $r = 10^{-7}$  м; плотность дисперсной фазы  $\rho = 3 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>; плотность дисперсионной среды  $\rho_0 = 1 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>; вязкость  $\eta = 1 \cdot 10^{-3}$  Па·с; высота оседания  $h = 0,1$  м; центробежное ускорение  $\omega^2 h = 100$  г.

**Решение.** Скорость оседания частиц в гравитационном поле:

$$u_{г} = \frac{2(\rho - \rho_0)gr^2}{9\eta} = \frac{2 \cdot (3 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^3) \cdot 9,81 \cdot (10^{-7})^2}{9 \cdot 10^{-3}} = 4,36 \cdot 10^{-8} \text{ м/с.}$$

Скорость оседания частиц в центробежном поле:

$$u_{ц} = \frac{\omega^2 h (\rho - \rho_0) 2 r^2}{9 \eta} = \frac{100 \cdot (3 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^3) \cdot 9,81 \cdot 2 \cdot (10^{-7})^2}{9 \cdot 10^{-3}} = 4,36 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$$

Таким образом,  $u_{ц} = u_{г} \cdot 100 = 4,36 \cdot 10^{-8} \cdot 100 = 4,36 \cdot 10^{-6} \text{ м/с.}$

Время оседания  $\tau = \frac{h}{u}$ .

Следовательно,  $\tau_{г} = \frac{0,1}{4,36 \cdot 10^{-8}} = 2,3 \cdot 10^6 \text{ с} \cong 27 \text{ сут,}$

$$\tau_{ц} = \frac{0,1}{4,36 \cdot 10^{-6}} = 2,3 \cdot 10^4 \text{ с} \cong 38 \text{ мин.}$$

**8.** Рассчитать радиус частиц золя AgCl в воде, если время их оседания в центрифуге составило 10 мин при следующих условиях: исходный уровень  $h_1 = 0,09$  м; конечный уровень  $h_2 = 0,14$  м; плотность дисперсной фазы  $\rho = 5,6 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>; плотность дисперсионной среды  $\rho_0 = 1 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>; частота вращения центрифуги  $u = 1000$  об/мин; вязкость  $\eta = 1 \cdot 10^{-3}$  Па·с.

**Решение.** Радиус частиц рассчитывают по уравнению

$$r = \sqrt{\frac{9 \eta}{2(\rho - \rho_0)\omega^2} \frac{\ln(h_2/h_1)}{\tau}}$$

Угловая скорость  $\omega = 2\pi n / 60$ , где  $n$  - число оборотов в минуту (частота вращения).

Следовательно,  $\omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1000}{60} = 105 \text{ с}^{-1}$ ,

$$r = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 4,6 \cdot 10^3 \cdot 105^2} \frac{\ln 0,14/0,09}{10 \cdot 60}} = 2,6 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

**9.** Вычислить среднюю молекулярную массу гемоглобина по опытным данным Сведберга. Седиментационное равновесие наступило через 39 ч при  $T = 293$  К. Частота вращения центрифуги  $n = 8700$  об/мин; плотность растворителя  $\rho_0 = 1,008 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>; удель-

ный объем гемоглобина  $\bar{v} = 0,749 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}$ . Концентрации гемоглобина  $c_1$  и  $c_2$  на расстояниях  $h_1$  и  $h_2$  от оси вращения ротора центрифуги приведены в таблице:

$h_2 \cdot 10^2, \text{ м}$	$h_1 \cdot 10^2, \text{ м}$	$c_2, \%$	$c_1, \%$
4,51	4,46	0,930	0,832
4,21	4,16	0,437	0,398
4,36	4,31	0,639	0,564

**Решение.** По уравнению Сведберга

$$M = \frac{2RT \ln(c_2/c_1)}{(1 - \bar{v}\rho_0)\omega^2(h_2^2 - h_1^2)};$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 8700}{60} = 910 \text{ с}^{-1};$$

$$M_1 = \frac{2 \cdot 8,314 \cdot 10^3 \cdot 293 \cdot \ln \frac{0,930}{0,832}}{(1 - 0,749 \cdot 10^{-3} \cdot 1,008 \cdot 10^3) \cdot 910^2 (4,51^2 \cdot 10^{-4} - 4,46^2 \cdot 10^{-4})} = 59446;$$

$$M_2 = \frac{2 \cdot 8,314 \cdot 10^3 \cdot 293 \cdot \ln \frac{0,437}{0,398}}{(1 - 0,749 \cdot 10^{-3} \cdot 1,008 \cdot 10^3) \cdot 910^2 (4,21^2 \cdot 10^{-4} - 4,16^2 \cdot 10^{-4})} = 54938;$$

$$M_3 = \frac{2 \cdot 8,314 \cdot 10^3 \cdot 293 \cdot \ln \frac{0,639}{0,564}}{(1 - 0,749 \cdot 10^{-3} \cdot 1,008 \cdot 10^3) \cdot 910^2 (4,36^2 \cdot 10^{-4} - 4,31^2 \cdot 10^{-4})} = 69695;$$

$$M_{\text{cp}} = \frac{59446 + 54938 + 69695}{3} = 61360 \text{ г/моль} .$$

**10.** Рассчитать молекулярную массу полиамида в метаноле по опытным данным метода ультрацентрифугирования: коэффициент константы седиментации при бесконечном разведении раствора  $S_0 = 1,95$ ; константы уравнения  $K = 1,86 \cdot 10^{-2}$ ;  $b = 0,47$ .

**Решение.** Молекулярную массу рассчитывают по уравнению

$$\lg M = \frac{\lg S_0 - \lg K}{b};$$

$$\lg M = \frac{0,2900 - \bar{2},2695}{0,47} = \frac{0,2900 - (-1,7305)}{0,47} = 4,2989, \quad M \cong 1,99 \cdot 10^4 .$$

### Тематика курсовых работ (реферативная часть курсовой работы)

1. Поверхностное натяжение и методы его определения
2. Основы теории Лондона – де Бура – Гамакера и ее применение.
3. Удельная свободная поверхностная энергия границы раздела фаз жидкость-газ. Метод избыточных термодинамических величин
4. Поверхностное натяжение, работа когезии, их дисперсионная и недисперсионная составляющие
5. Работа адгезии, межфазное натяжение, их дисперсионная и недисперсионная составляющие.
6. Краевой угол смачивания. Термодинамические условия смачивания, несмачивания и растекания
7. Методы определения удельной свободной поверхностной энергии твердых тел.
8. Адсорбция на границе раздела жидкость-воздух.
9. Адсорбция ПАВ на поверхности раздела несмешивающихся жидкостей.

10. Избирательное смачивание. Гидрофильные и гидрофобные поверхности и их характеристики
11. Изотерма поверхностного натяжения. Эмпирическое уравнение Шишковского и его анализ.
12. Теоретические положения и особенности адсорбции на границе раздела фаз тело твердое - жидкость.
13. Теоретические положения и особенности адсорбции электролитов.
14. Строение адсорбционных монослоев растворимых ПАВ.
15. Полимолекулярная адсорбция, теория БЭТ.
16. Адсорбция ПАВ из растворов на поверхности твердых тел.
17. Способы экспериментального исследования адсорбционных равновесий.
18. Закономерности ионно-обменной адсорбции.
19. Основные положения потенциальной теории Поляни.
20. Теория объемного заполнения микропор
21. Теория капиллярной конденсации и ее применение.
22. Теоретическое обоснование и экспериментальное подтверждение правила Дюкло-Траубе
23. Теплоты адсорбции, интегральные и дифференциальные теплоты.
24. Термодинамика адсорбции ПАВ из водных растворов, гидрофобный эффект.

### Задания для расчетно-графической части курсовых работ

1. Постройте изотермы адсорбции и десорбции, используя экспериментальные данные о капиллярной конденсации азота на  $Al_2O_3$  при 77 К. Рассчитайте и построьте интегральную кривую распределения объема пор по размерам. При 77 К молярный объем азота  $V_M = 34,6 \text{ см}^3 / \text{моль}$ , поверхностное натяжение  $\sigma = 8,72 \text{ мДж/м}^2$ .

P / Ps	Адсорбция, моль/г	Десорбция, моль/г
0,18	0,037	0,037
0,39	0,069	0,081
0,47	0,087	0,104
0,52	0,102	0,132
0,62	0,131	0,177
0,70	0,159	0,195
0,83	0,217	0,273
0,96	0,276	0,408
0,99	0,292	0,292

2. Постройте изотерму адсорбции и определите объем микропор углеродного адсорбента по уравнению Дубинина–Радушкевича, используя экспериментальные данные об адсорбции гексана. Плотность гексана примите равной  $0,631 \text{ г/см}^3$ .

P / Ps	0,01	0,05	0,1	0,15	0,2
A, моль/кг					
1	1,22	1,97	2,19	2,29	2,34
2	1,23	1,79	1,90	1,97	2,05
3	1,21	1,55	1,63	1,68	1,72
4	1,24	1,38	1,44	1,46	1,49
5	1,20	1,29	1,30	1,32	1,34

3. Рассчитайте и постройте изотерму адсорбции бензола при температуре 293 К, используя изотерму адсорбции, измеренную при 323 К (см. таблицу). Для температуры 323 К рассчитайте и постройте характеристическую кривую и изотерму адсорбции гексана, при-

нимая что коэффициент аффинности для гексана равен 1,46 (стандартный адсорбат - бензол).

p, Па	0,00016	0,0027	0,039	0,83	4,76	14,0	57,5	273,3
A, моль/кг	0,28	0,46	0,92	1,61	2,21	2,57	3,12	3,47

Давление насыщенного пара гексана при 293 и 323 К соответственно равно 20,13 и 70,75 кПа, а плотность гексана равна 0,660 и 0,631 г/см<sup>3</sup>. Давление насыщенного пара бензола при 293 и 323 К составляет 10470 и 35480 Па, соответственно, а плотность бензола 0,879 и 0,846 г/см<sup>3</sup>.

4. Постройте изотерму адсорбции, рассчитайте константу Генри и стандартную энергию Гиббса адсорбции молочной кислоты из водных растворов на углеродных адсорбентах при различных температурах

1	Активный уголь	10°C	C, ммоль/л	0,05	0,1	0,17	0,20	0,25
			A, ммоль/г	0,05	0,09	0,15	0,20	0,23
2	уголь	30°C	C, ммоль/л	0,05	0,1	0,17	0,20	0,25
			A, ммоль/г	0,04	0,07	0,13	0,17	0,20
3	Сажа	10°C	C, ммоль/л	0,03	0,1	0,15	0,20	0,30
			A, ммоль/г	0,03	0,06	0,1	0,13	0,19
4	Сажа	30°C	C, ммоль/л	0,05	0,07	0,13	0,17	0,30
			A, ммоль/г	0,03	0,05	0,07	0,11	0,17

5. По нижеприведённым данным постройте кривую седиментации и, используя метод касательных, рассчитайте и постройте интегральную и дифференциальную кривые распределения частиц по размерам для водных суспензий оксида алюминия различной дисперсности. Плотность воды при 25°C примите равной 0,998 г/см<sup>3</sup>, вязкость 0,89 мПа·с, плотность оксида алюминия 4 г/см<sup>3</sup>, высоту оседания 0,15 м.

Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3		Вариант 4	
Время, с	Масса, мг	Время, с	Масса, мг	Время, с	Масса, мг	Время, с	Масса, мг
89	80	28	8	1080	17	555	38
115	97	35	11	1394	25	785	56
135	113	60	19	1860	31	1035	69
182	149	85	22	2160	38	1485	96
225	172	109	29	2790	45	1935	115
260	183	145	37	3180	50	2580	136
321	197	166	41	3840	57	2955	149
373	203	211	55	4500	62	3555	161
432	212	247	63	5010	68	4515	178
496	217	299	70	5880	73	5355	191
512	218	349	77	6600	79	6015	200
567	221	417	86	7740	84	7875	216
789	228	640	101	8600	88	8535	220
946	231	873	104	9480	91	9375	223
1000	232	1320	105	11160	92	12135	224
1205	232	1500	105	12900	92	14000	224

### Требования к оформлению курсовой работы

На проверку сдается:

1) аккуратно выполненный, распечатанный сброшюрованный (папка с файлами или папка конверт на кнопке) вариант курсовой работы, объемом не более 30 страниц;

2) электронный вариант в формате Word 2007 или 97-2003 (так чтобы формулы и графики открывались) и презентация доклада на диске, вложенном в конверт и приклеенным к обложке папки;

3) распечатанная справка антиплагиат с оригинальностью не менее 40%

Ориентация страницы – книжная, формат бумаги А4, текст на одной стороне листа. Поля: верхнее и нижнее – 2 см, левое – 3 см, правое -1,5 см. Отступы в тексте (слева, права, перед и после текста) – 0 см (пт). Отступ красной строки – 1,25 см. Выравнивание текста по ширине, заголовки по центру. Расстановка переносов в тексте. Не допускаются переносы в заголовках и названиях таблиц. Нумерация страниц – внизу справа, шрифт номера страницы - Times New Roman, 12 pt. Шрифт основного текста и заголовков по тексту Times New Roman 14 pt, одинарный интервал. Использование других шрифтов не допускается. Названия глав – прописными, Times New Roman 14 pt, полужирным. Заголовки в тексте допускается выделять полужирным шрифтом и/или курсивом. Ссылки на литературу расставляются по тексту в порядке цитирования в квадратных скобках [7]. Библиографический список оформляется в конце работы в порядке цитирования согласно ГОСТ 7.1 -2003.

Математические уравнения набираются во встроенном в Word редакторе формул, не допускается сканированный вариант. Уравнения реакций (набираются) и формулы записываются на отдельной строке, нумеруются (сквозная нумерация).

Рисунки с подрисовочными надписями располагаются по центру, нумеруются. Шрифт Times New Roman, 12 pt полужирный.

Таблицы в тексте оформлять следующим образом: шрифт Times New Roman, 12 pt. Справочные данные приводятся в виде таблиц (можно в конце работы как приложение) с указанием размерности и условий их определения и ссылки на источник, откуда они взяты.

### **Рекомендации для выполнения курсовой работы**

1. Изложить теоретические сведения по теме работы (ограничить до минимума использование учебной литературы, приветствуется обзор научных публикаций, а не пересказ учебников).

2. Согласно варианту задания, пользуясь справочными, на миллиметровой бумаге изобразить графически зависимости. График для каждой системы оформляется на отдельном листе, масштаба А4 с подробной подрисовочной подписью. Если для системы приводятся данные при нескольких температурах, они наносятся все на один график. В подрисовочной подписи указываются, какой температуре соответствуют нанесенные линии. Компьютерный вариант решения графических задач 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 курсовой, 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.

3. Проанализировать данные зависимости, оформить результаты расчётов.

4. Подготовить презентацию доклада, в которой отразить ключевые положения в виде визуализации материала (схемы, таблицы, графики, диаграммы, рисунки, фотографии и т.п.)

## **6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки реализация компетентностного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития требуемых компетенций обучающихся. Возможно применение электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

### 6.1. Образовательные технологии

В учебном процессе применяются групповые обсуждения при устном опросе, анализ ситуаций и имитационных моделей при заслушивании рефератов. На лабораторных занятиях работа в парах и малых группах.

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: лекций-презентаций.

**Таблица 5 – Образовательные технологии, используемые при реализации учебных занятий**

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Форма учебного занятия		
	Лекция	Практическое занятие, семинар	Лабораторная работа
Тема 1. Поверхностные явления и адсорбция	Обзорная лекция	<i>Не предусмотрено</i>	Работа в парах, при выполнение лабораторных работ. Анализ ситуаций и решение задач при сдаче лабораторной работы
Тема 2. Двойной электрический слой	Обзорная лекция	<i>Не предусмотрено</i>	Фронтальный опрос
Тема 3. Коллоидно-дисперсные системы и их физико-химические свойства.	Обзорная лекция	<i>Не предусмотрено</i>	Работа в парах, при выполнение лабораторных работ. Тестирование.
Тема 4. Электрокинетические свойства дисперсных систем	Обзорная лекция	<i>Не предусмотрено</i>	Работа в парах, при выполнение лабораторных работ. Тестирование.
Тема 5. Устойчивость коллоидно-дисперсных систем	Обзорная лекция	<i>Не предусмотрено</i>	Работа в парах, при выполнение лабораторных работ. Анализ ситуаций и решение задач при сдаче лабораторной работы
Тема 6. Микрогетерогенные системы	Обзорная лекция	<i>Не предусмотрено</i>	Работа в парах, при выполнение лабораторных работ. Анализ ситуаций при заслушивании рефератов
Тема 7. Коллоидно-химические свойства ВМВ	Обзорная лекция	<i>Не предусмотрено</i>	Работа в парах, при выполнение лабораторных работ.
Тема 8. Реологические свойства дисперсных систем	Обзорная лекция	<i>Не предусмотрено</i>	Работа в парах, при выполнение лабораторных работ. Устный опрос

### 6.2. Информационные технологии

- применяются возможности Интернета в учебном процессе (возможностей электронной почты преподавателя (рассылка заданий, предоставление выполненных работ, ответы на вопросы, ознакомление учащихся с оценками и т.д.))

- при реализации различных видов учебной и внеучебной работы используются следующие информационные технологии: виртуальная обучающая среда (или система управления обучением LMS Moodle «Электронное образование») или иные информационные системы, сервисы и мессенджеры

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

### 6.3.1. Программное обеспечение - Лицензионное программное обеспечение

Наименование программного обеспечения	Назначение
Платформа дистанционного обучения LMS Moodle «Электронное образование»	Виртуальная обучающая среда

### 6.3.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. <https://library.asu.edu.ru/catalog/> (Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем»)
2. <https://journal.asu.edu.ru/> (Электронный каталог «Научные журналы 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 (модулю) «Коллоидная химия» проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины – последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных между собой разделов, тем.

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

Контролируемый раздел, тема дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
Тема 1. Поверхностные явления и адсорбция	ОПК-1	Отчет по лабораторной работе. Решение задач.
Тема 2. Двойной электрический слой	ОПК-1	Устный опрос
Тема 3. Коллоидно-дисперсные системы и их физико-химические свойства.	ОПК-1	Отчет по лабораторной работе. Тест
Тема 4. Электрокинетические свойства дисперсных систем	ОПК-1	Отчет по лабораторной работе. Тест
Тема 5. Устойчивость коллоидно-дисперсных систем	ОПК-1	Отчет по лабораторной работе. Решение задач
Тема 6. Микрогетерогенные системы	ОПК-1	Отчет по лабораторной работе. Реферат.
Тема 7. Коллоидно-химические свойства ВМВ	ОПК-1	Отчет по лабораторной работе.
Тема 8. Реологические свойства дисперсных систем	ОПК-1	Отчет по лабораторной работе. Устный опрос

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

**Таблица 7 - Показатели оценивания результатов обучения в виде знаний**

Шкала оценивания	Критерии оценивания
------------------	---------------------

5 «отлично»	демонстрирует глубокое знание 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, требующее наводящих вопросов преподавателя, допускает существенные 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 (для лабораторных работ)**

Шкала оценивания	Критерии оценивания
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, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении заданий, выполняет задание по подсказке преподавателя, затрудняется в формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	не способен правильно выполнить задания

**Показатели оценивания выполнения и защиты курсовых работ**

Решение практической задачи	Итоговая оценка (от 1 до 30 баллов):	
Постановка задачи	Анализ условия задачи, указание на принципиальные для решения пункты. Введение дополнительных условий и ограничений, в рамках которых будет решаться задача.	до 5 баллов
Обзор информации по теме задачи	Анализ оригинальных источников (книги, статьи, патенты, диссертации...), полнота и достоверность использованной информации, степень заимствования (антиплагиат)	до 10 баллов
Проработка предложенного решения	Оценивается по возможности: - Схемы предлагаемого процесса, установки, синтеза и т.д. - Расчеты, обосновывающие работоспособность решения - Экспериментальное подтверждение решения - Оценка рентабельности предложенной идеи	до 10 баллов
Анализ и оценка своего решения	Рассмотрение преимуществ и недостатков решения, а также сравнительная характеристика известных подходов с предложенным решением	до 5 баллов
Штрафы	- Фактические ошибки и неверные утверждения в решении (1-3) - Логические ошибки в построении решения (1-2) - Задача решена не до конца, дан ответ не на все вопросы (1-4) - Решение не работает или не применимо в условиях задачи (1-2)	
Бонусы	- Оригинальность решения: наличие и качество собственных идей или улучшений известных решений (1-2) - Рассмотрение неочевидных, но важных фактов, влияющих на	

	решение(1- 2)	
<b>Презентация проекта</b>	<b>Итоговая оценка (от 1 до 30 баллов):</b>	
Отображение научной идеи	Доступность доклада для слушателя, уместное применение схем, рисунков, таблиц и других иллюстративных элементов в докладе, пояснения специфических терминов.	до 10 баллов
Оформление презентации	Дизайн презентации и визуальное наполнение. Наличие и функциональность заголовков, подписей, рисунков, расшифровок сокращений, ссылок на литературу, номеров слайдов и т.д.	до 10 баллов
Последовательность и логика изложения	Взаимосвязь различных частей доклада, убедительность и понятность хода решения. Наличие и доступность информации, необходимой для понимания сути задачи и предложенного решения.	до 10 баллов
Штрафы	- Чтение текста с листа/со слайдов (1-3) - Проблемы со временем выступления (1-2)	
Бонусы	- Доп. демонстрационный материал, помогающий восприятию решения (1) - Удачное решение в демонстрации трудного для понимания материала (1)	
<b>Личные оценки Докладчику (от 1 до 40 баллов):</b>		
Ответы на вопросы, эрудированность, владение материалом	Научная обоснованность высказываний, умение мыслить и владение научной терминологией, знание предмета доклада, ответы на вопросы	до 20 баллов
Умение вести полемику	Умение грамотно дискутировать и задавать вопросы, находить слабые места в чужой аргументации, слушать и слышать чужие вопросы и оптимально на них отвечать	до 10 баллов
Ораторское мастерство	Эмоциональность, красноречие и общая убедительность выступления. Правильность построения фраз и формулировок.	до 10 баллов
Штрафы	- Фактические ошибки и неверные утверждения во время полемики и ответов на вопросы (1-3) - Логические ошибки (1-2) - Некорректное поведение (1-2) - Тихая или неразборчивая речь (1)	
Бонусы	Находчивость и умение держать удар (1-2)	

### **7.3. Контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения по дисциплине**

#### ***Тема 1. Поверхностные явления и адсорбция***

##### ***1. Отчет по лабораторной работе***

Лабораторная работа №1. Изучение основных характеристик твердых сорбентов.

Лабораторная работа №2. Изучение термодинамики адсорбции флокулянтов из водных растворов на твердом адсорбенте.

Лабораторная работа №3. Измерение поверхностного натяжения растворов

Лабораторная работа №4. Определение удельной поверхности угля по адсорбции уксусной кислоты

Лабораторная работа №5. Исследование влияния строения молекул ПАВ на их поверхностную активность. Определение параметров адсорбционного слоя.

##### ***2. Решение задач***

1. Графическим путем найдите в уравнении Фрейндлиха константы для адсорбции пропионовой кислоты 1 г угля, пользуясь следующими данными:

Начальная молярная концентрация, моль/дм <sup>3</sup>	0,03	0,12	0,46	0,66
Равновесная молярная концентрация, моль/дм <sup>3</sup>	0,004	0,061	0,37	0,54

2. Определите графическим методом константы  $A_\infty$  и  $K$  в уравнении Ленгмюра для адсорбции уксусной кислоты из водного раствора животным углем при 25°C, исходя из следующих данных:

Равновесная молярная концентрация, моль/дм <sup>3</sup>	0,031	0,062	0,268	0,822
$A$ , моль/кг	0,624	1,01	1,91	2,48

3. Рассчитайте адсорбцию азота (в м<sup>3</sup>/кг) на слюде при 90 К (приведенных к температуре 20°C и давлению 1,013·10<sup>5</sup> Па) по уравнению Ленгмюра, если давление азота равно 1730 и 670 Па,  $A_\infty = 0,0385$  м<sup>3</sup>/кг,  $K = 847$ .

4. Рассчитайте константы  $a$  и  $\frac{1}{n}$  графическим методом для адсорбции уксусной кислоты животным углем при 25°C на основе следующих опытных данных:

Равновесная молярная концентрация, моль/дм <sup>3</sup>	0,018	0,126	0,268	0,471	2,785
$\frac{x}{m}$ , моль/кг	0,47	1,11	1,55	2,04	4,27

5. Вычислите величину адсорбции аргона на угле при -78°C, если давление аргона равно 1,72·10<sup>4</sup> Па,  $a = 4,83 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/кг и  $\frac{1}{n} = 0,6024$ .

6. Найдите площадь, приходящуюся на одну молекулу в насыщенном адсорбционном слое анилина на поверхности его водного раствора с воздухом, если предельная адсорбция анилина составляет 6·10<sup>-6</sup> моль/м<sup>2</sup>.

7. При исследовании адсорбции стеариновой кислоты (C<sub>17</sub>H<sub>35</sub>COOH) ее растворов в н-гексане различных концентраций с на порошке стали получены результаты:

$c \cdot 10^5$ , моль/дм <sup>3</sup>	2	4	7	10	15	20	25
$A \cdot 10^3$ , кг/кг	0,7	1,00	1,17	1,30	1,47	1,60	1,70

Рассчитайте удельную поверхность порошка стали, принимая площадь 1 молекулы стеариновой кислоты в насыщенном монослое 0,20 нм<sup>2</sup>.

8. При обработке данных по адсорбции азота на графитированной саже при 77 К с помощью графика, соответствующего линейному уравнению БЭТ, найдено, что тангенс угла наклона прямой составляет 1,5·10<sup>3</sup>, а отрезок, отсекаемый на оси ординат, равен 5 единицам (адсорбция выражена в м<sup>3</sup> азота на 1 кг адсорбента при нормальных условиях). Рассчитайте удельную поверхность адсорбента, предполагая, что площадь, занимаемая одной молекулой азота, равна 0,16 нм<sup>2</sup>.

9. Определите константы эмпирического уравнения Фрейндлиха, используя следующие данные об адсорбции диоксида углерода на активном угле при 293 К.

$p \cdot 10^3$ , Па	1,00	4,48	10,0	14,4	25,0	45,2
$A \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup> /кг	3,23	6,67	9,62	11,72	14,5	17,7

10. Удельная поверхность непористой сажи равна 73,7·10<sup>3</sup> м<sup>2</sup>/кг. Рассчитайте площадь, занимаемую молекулой бензола в плотном монослое, исходя из данных об адсорбции бензола на этом адсорбенте при 293 К:

$p$ , Па	1,03	1,29	1,74	2,50	6,67
$A \cdot 10^3$ , моль/кг	1,57	1,94	2,55	3,51	7,58

Предполагается, что изотерма адсорбции описывается уравнением Ленгмюра.

11. Измерена адсорбция азота на низкодисперсном непористом порошке. Найдено, что при 77 и 90 К степень заполнения поверхности  $v$ , равная 0,5, достигается при  $p/p_s$  соответственно 0,02 и 0,2. Пользуясь уравнением БЭТ. Рассчитайте изостерическую теплоту адсорбции, а также дифференциальные изменения энтропии и энергии Гиббса адсорбции при 77 К. Теплота испарения жидкого азота при 77 К составляет 5,66 кДж/моль.

12. Изотермы адсорбции газов А и В на некотором твердом теле описываются уравнением Ленгмюра. При температуре 77 К степень заполнения поверхности  $\theta = 0,01$  чистым газом А достигается при  $p_A = 133 \cdot 10^2$  Па, а чистым газом В – при  $p_B = 1330$  Па. Рассчитайте разность теплот адсорбции газов А и В.

13. После перемешивания  $1 \cdot 10^{-3}$  кг порошка костного угля с  $1 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup> раствора метиленового голубого с концентрацией  $10^{-4}$  кмоль/м<sup>3</sup>, равновесная концентрация последнего равна  $0,6 \cdot 10^{-4}$  кмоль/м<sup>3</sup>. Если навеску угля удвоить ( $2 \cdot 10^{-3}$  кг), равновесная концентрация раствора становится равной  $0,4 \cdot 10^{-4}$  кмоль/м<sup>3</sup>. Используя уравнение Ленгмюра, рассчитайте удельную поверхность угля, Площадь поверхности молекулы метиленового голубого в монослое равна  $65 \cdot 10^{-20}$  м<sup>2</sup>.

14. При какой концентрации поверхностное натяжение раствора валериановой кислоты будет равно 52,1 мДж/м<sup>2</sup>, если при температуре 273 К коэффициенты уравнения Шишковского  $A_\infty = 4 \cdot 10^{-6}$  моль/м<sup>2</sup>,  $K = 56,9$  дм<sup>3</sup>/моль? Поверхностное натяжение воды  $\sigma_0 = 75,59$  мДж/м<sup>2</sup>.

15. Раствор пальмитиновой кислоты C<sub>16</sub>H<sub>32</sub>O<sub>2</sub> в бензоле содержит 4,24 г/дм<sup>3</sup> 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  $S = 500$  см<sup>2</sup>. Площадь молекулы пальмитиновой кислоты в монослое  $S_{\text{мол}} = 21 \cdot 10^{-20}$  м<sup>2</sup>.

16. Рассчитайте по уравнению Ленгмюра адсорбцию пропионовой кислоты из раствора с концентрацией 0,5 моль/дм<sup>3</sup> на поверхности раздела раствор - воздух при 298 К, если поверхностное натяжение этого раствора 55,6 мДж/м<sup>2</sup>, поверхностное натяжение воды 71,96 мДж/м<sup>2</sup> и константа уравнения Ленгмюра  $K = 7,73$  дм<sup>3</sup>/моль.

17. Определите адсорбцию при 10°C для раствора пеларгоновой кислоты молярной концентрации 0,000316 моль/дм<sup>3</sup>, 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.

18. Поверхностное натяжение водного раствора изовалериановой кислоты молярной концентрации 0,0312 моль/дм<sup>3</sup> при 15°C равно  $57,5 \cdot 10^{-3}$  Н/м. Определите адсорбцию кислоты на поверхности раствора, если поверхностное натяжение воды равно  $73,49 \cdot 10^{-3}$  Н/м.

19. Поверхностное натяжение водного раствора гидроксида натрия массовой долей 20% при 20°C равно  $85,8 \cdot 10^3$  Н/м. Определите адсорбцию на поверхности раствора и сделайте вывод о поверхностной активности гидроксида натрия. Поверхностное натяжение воды при 20°C равно  $72,75 \cdot 10^{-3}$  Н/м, а плотность раствора NaOH равна 1,219 г/см<sup>3</sup>.

20. Величина адсорбции красителя (ПАВ) из раствора может быть использована для оценки удельной поверхности порошков. При введении 1 г активного угля в 100 см<sup>3</sup> водного раствора метиленового голубого концентрация красителя изменяется от начальной  $1 \cdot 10^{-4}$  моль/дм<sup>3</sup> до конечной равновесной  $6 \cdot 10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup>, а при добавлении 2 г угля к такому же исходному раствору равновесная концентрация составила  $4 \cdot 10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup>. Считая, что адсорбция описывается уравнением Ленгмюра, рассчитайте  $s_{\text{уд}}$  угля. Площадь, занимаемую молекулой красителя на поверхности, примите равной 0,65 нм<sup>2</sup>.

## **Тема 2. «Двойной электрический слой»**

### **1. Вопросы для устного опроса**

1. Почему скорость движения коллоидных частиц в электрическом поле примерно того же порядка, что и скорость движения простых ионов, хотя размеры коллоидных частиц во много раз превышают размеры простых ионов?

2. Каковы возможные причины возникновения двойного электрического слоя на межфазной поверхности? Приведите примеры механизмов образования двойного электрического слоя в различных дисперсных системах.
3. Дайте характеристику строения двойного электрического слоя на поверхности раздела фаз. Как изменяется потенциал с расстоянием от поверхности?
4. Расскажите об основных положениях теории строения двойного электрического слоя. Какое соотношение лежит в основе этой теории?
5. Что понимают под толщиной диффузной части двойного электрического слоя? Чем определяется толщина плотной и диффузной частей двойного электрического слоя?
6. Перечислите электрокинетические явления и объясните, чем они обусловлены.
7. Что называют электрокинетическим потенциалом? Какие факторы влияют на  $\zeta$ -потенциал отрицательно заряженных частиц при введении в золь нитратов калия, бария и лантана?
8. Какое различие между дзета-потенциалом и термодинамическим потенциалом? Почему дзета-потенциал не может быть больше термодинамического?
9. Как изменяется величина дзета-потенциала при уменьшении числа противоионов в адсорбционном слое? В каких случаях дзета-потенциал будет равен нулю?
10. Какая существует связь между толщиной двойного электрического слоя, величиной дзета-потенциала и устойчивостью золя?
11. Какое влияние будут оказывать на величину дзета-потенциала введение в золь ионов щелочных и щелочноземельных металлов? Влияние каких ионов сильнее? В каких случаях происходит перезарядка гранул коллоидных частиц?
12. Что такое электрофорез и электроосмос? Как объясняются эти явления? Укажите практическое применение электрофореза и электроосмоса.
13. При каких условиях применимо уравнение Гельмгольца - Смолуховского для скорости электрофореза? Какими свойствами должна обладать контактная жидкость?
14. Что такое диализ? Каково устройство диализатора и электродиализатора? Почему при длительном диализе происходит разрушение золя? Где и для каких целей в производстве применяется диализ?
15. Какую роль играет мембрана при диализе коллоидных систем?
16. Почему с увеличением разности концентраций электролита в диализаторе по разным сторонам мембраны диализ ускоряется?
17. Почему при электрофорезе используется только постоянный электрический ток?
18. Каково назначение диализа, электродиализа и ультрафильтрации?
19. Какой коллоидный агрегат называется мицеллой? Что такое гранула? Каково строение мицелл лиофобных зольей? Покажите это на примере мицеллы золя сульфида сурьмы (III).
20. Назовите методы определения заряда гранул в золях. Перечислите золи, гранулы которых имеют положительные и отрицательные заряды.
21. Какое строение коллоида называется изоэлектрическим? Как оно определяется? Приведите примеры строения мицеллы каких-либо зольей в изоэлектрическом состоянии.

### ***Тема 3. «Коллоидно-дисперсные системы и их физико-химические свойства»***

#### ***1. Отчет по лабораторной работе***

Лабораторная работа №1. Получение коллоидных растворов

#### ***Примерные тестовые задания***

1. Нефелометрический метод исследования дисперсных систем основан на измерении:  
А) интенсивности света, прошедшего через дисперсную систему;  
Б) интенсивности света, рассеянного дисперсной системой;  
В) показателя преломления дисперсной системы.

2. Турбидиметрический метод исследования дисперсных систем основан на измерении:  
А) мутности; Б) оптической плотности; В) показателя преломления.
3. Уравнение Рэлея применимо при соблюдении следующих условий:  
А) нет поглощения света; Б) нет рассеяния света;  
В) нет повторного светорассеяния;  
Г) размеры частиц соизмеримы с длиной волны света;  
Д) размеры частиц много меньше длины волны света;  
Е) материал частиц является диэлектриком;  
Ж) частицы являются электропроводящими.
4. В дисперсной системе при размерах частиц меньше длины волны падающего света световой поток преимущественно:  
А) рассеивается; Б) отражается; В) преломляется; Г) не меняется.
5. В дисперсной системе при размерах частиц, соизмеримых с длиной волны падающего света, световой поток:  
А) рассеивается; Б) отражается; В) не меняется.
6. Если объём частиц увеличится в 2 раза, то при соблюдении уравнения Рэлея интенсивность света, рассеянного дисперсной системой, при постоянной массовой концентрации дисперсной фазы:  
А) увеличится в 2 раза; Б) увеличится в 4 раза;  
В) уменьшится в 2 раза; Г) уменьшится в 4 раза; Д) не изменится.
7. Если длина волны падающего света уменьшится в 2 раза, то при соблюдении уравнения Рэлея интенсивность света, рассеянного дисперсной системой, при постоянстве других параметров:  
А) увеличится в 2 раза; Б) увеличится в 16 раз;  
В) уменьшится в 2 раза; Г) уменьшится в 16 раз; Д) не изменится.
8. Если диаметр частиц увеличится в 2 раза, то при соблюдении уравнения Рэлея интенсивность света, рассеянного дисперсной системой, при постоянной массовой концентрации дисперсной фазы:  
А) увеличится в 4 раза; Б) увеличится в 8 раз; В) уменьшится в 8 раз;  
Г) уменьшится в 2 раза; Д) не изменится.
9. Если диаметр частиц уменьшится в 2 раза, то при соблюдении уравнения Рэлея интенсивность света, рассеянного дисперсной системой, при постоянной численной (частичной) концентрации дисперсной фазы:  
А) увеличится в 8 раз; Б) увеличится в 64 раза; В) уменьшится в 8 раз;  
Г) уменьшится в 64 раза; Д) не изменится.
10. Ультрамикроскопия основана на явлении:  
А) отражения света; Б) преломления света; В) рассеяния света; Г) поглощения света.
11. Голубой цвет неба обусловлен:  
А) поглощением света; Б) рассеянием света; В) преломлением света.
12. Размеры частиц в ультрамикрорегетерогенных системах (золях) можно определить методами:  
А) седиментации в гравитационном поле;

- Б) основанными на седиментационно-диффузионном равновесии;  
В) осмометрии; Г) седиментации в центробежном поле;  
Д) оптической микроскопии; Е) светорассеяния;  
Ж) ситового анализа; З) ультрамикроскопии.

13. Размеры частиц в микрогетерогенных системах (порошки, суспензии) можно определить методами:

- А) светорассеяния, основанными на уравнении Рэлея; Б) ситового анализа;  
В) осмометрии; Г) седиментации в гравитационном поле;  
Д) основанными на седиментационно-диффузионном равновесии;  
Е) оптической микроскопии; Ж) ультрамикроскопии.

14. Рассчитайте по уравнению Рэлея, во сколько раз понизится интенсивность рассеянного света белым золем, если объём каждой частицы при постоянной объёмной концентрации дисперсной фазы уменьшится в 4 раза.

15. Рассчитайте по уравнению Рэлея, во сколько раз возрастет интенсивность рассеянного света белым золем, если размеры частиц при постоянной объёмной концентрации дисперсной фазы увеличатся от 5 нм до 10 нм.

#### ***Тема 4. «Электрокинетические свойства дисперсных систем»***

##### ***1. Отчет по лабораторной работе***

Лабораторная работа №1. Определение размеров частиц золя турбидиметрическим методом

##### ***Примерные тестовые задания***

1. Электрокинетический потенциал зависит от:

А) температуры; Б) плотности дисперсионной среды; В) вязкости дисперсионной среды; Г) диэлектрической проницаемости дисперсионной среды; Д) времени проведения электрофореза.

2 Электрокинетический потенциал не зависит от:

А) ионной силы дисперсионной среды; Б) вязкости дисперсионной среды; В) температуры; Г) расстояния между электродами; Д) добавок электролитов.

3. Электрокинетический потенциал – это потенциал:

А) на расстоянии от поверхности, равном толщине диффузной части ДЭС; Б) на границе между плотной и диффузной частями ДЭС; В) поверхности; Г) на границе скольжения, возникающей при движении одной фазы относительно другой.

4. Установите соответствие между явлением и его определением:

I) перемещение частиц дисперсной фазы относительно дисперсионной среды под действием приложенной разности потенциалов;

II) перемещение дисперсионной среды в пористом теле под действием приложенной разности потенциалов;

III) возникновение разности потенциалов при течении дисперсионной среды в капилляре под действием перепада давления;

IV) возникновение разности потенциалов по высоте столба суспензии при седиментации частиц под действием силы тяжести.

А) Электроосмос; Б) Потенциал течения; В) Потенциал седиментации; Г) Электрофорез.

5. Электрофорез – это:

А) перемещение частиц дисперсной фазы относительно дисперсионной среды под действием приложенной разности потенциалов; Б) перемещение дисперсионной среды в пористом теле под действием приложенной разности потенциалов; В) возникновение раз-

ности потенциалов при течении дисперсионной среды в капилляре под действием перепада давлений; Г) возникновение разности потенциалов по высоте столба суспензии при седиментации частиц под действием силы тяжести.

6. Электроосмос – это:

А) перемещение частиц дисперсной фазы относительно дисперсионной среды под действием приложенной разности потенциалов; Б) перемещение дисперсионной среды в пористом теле под действием приложенной разности потенциалов; В) возникновение разности потенциалов при течении дисперсионной среды в капилляре под действием перепада давлений; Г) возникновение разности потенциалов по высоте столба суспензии при седиментации частиц под действием силы тяжести.

7. Потенциал седиментации – это:

А) перемещение частиц дисперсной фазы относительно дисперсионной среды под действием приложенной разности потенциалов;

Б) перемещение дисперсионной среды в пористом теле под действием приложенной разности потенциалов;

В) возникновение разности потенциалов при течении дисперсионной среды в капилляре под действием перепада давлений;

Г) возникновение разности потенциалов по высоте столба суспензии при седиментации частиц под действием силы тяжести.

8. Потенциал течения – это:

А) перемещение частиц дисперсной фазы относительно дисперсионной среды под действием приложенной разности потенциалов;

Б) перемещение дисперсионной среды в пористом теле под действием приложенной разности потенциалов;

В) возникновение разности потенциалов при течении дисперсионной среды в капилляре под действием перепада давлений;

Г) возникновение разности потенциалов по высоте столба суспензии при седиментации частиц под действием силы тяжести.

9. При выводе уравнения Гельмгольца-Смолуховского для расчёта электрокинетического потенциала по данным электроосмоса принимается, что:

А) твёрдая фаза является проводником; Б) толщина диффузного слоя намного меньше диаметра пор; В) строение ДЭС не меняется под действием приложенной разности потенциалов; Г) жидкая фаза является проводником; Д) толщина диффузного слоя намного больше диаметра пор.

10. Пренебрежение поверхностной проводимостью при расчёте электрокинетического потенциала по данным электроосмоса:

А) занижает абсолютное значение электрокинетического потенциала; Б) завышает абсолютное значение электрокинетического потенциала; В) не влияет на величину электрокинетического потенциала

11. При расчёте электрокинетического потенциала по данным электроосмоса можно пренебречь влиянием поверхностной проводимости, если толщина диффузного слоя:

А) равна диаметру капилляров; Б) много меньше диаметра капилляров; В) больше диаметра капилляров.

12. Релаксационный эффект при электрофорезе:

А) ускоряет движение частиц; Б) замедляет движение частиц; В) не влияет на скорость движения частиц.

13. При расчёте электрокинетического потенциала по данным электрофореза можно пренебречь влиянием релаксационного эффекта, если толщина диффузного слоя:

А) больше размера частиц; Б) равна размеру частиц; В) много меньше размера частиц.

14. Электрофоретическое торможение:

А) не влияет на величину электрокинетического потенциала; Б) завышает величину электрокинетического потенциала; В) занижает величину электрокинетического потенциала.

### **Тема 5. «Устойчивость коллоидно-дисперсных систем»**

#### **1. Отчет по лабораторной работе**

Лабораторная работа №1. Определение порога коагуляции золя с помощью фотоэлектроколориметра.

Лабораторная работа №2. Исследование коагулирующего действия ионов в зависимости от их заряда.

Лабораторная работа №3. Изучение влияния неправильных рядов с помощью фотоэлектроколориметра.

Лабораторная работа №4. Взаимная коагуляция зольей.

Лабораторная работа №5. Коллоидная защита.

#### **Решение задач**

1. Золь бромида серебра получен реакцией двойного обмена 16 см<sup>3</sup> раствора нитрата серебра молярной концентрации 0,005 моль/дм<sup>3</sup> и 40 см<sup>3</sup> раствора бромида калия молярной концентрации 0,0025 моль/дм<sup>3</sup>. Какой из двух электролитов - MgSO<sub>4</sub> или K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] - будет иметь больший порог коагуляции для полученного золя?

2. Написать формулы мицелл зольей Al(OH)<sub>3</sub>, стабилизированного AlCl<sub>3</sub>, и SiO<sub>2</sub>, стабилизированного H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>. Для какого из указанных зольей лучшим коагулятором является раствор FeCl<sub>3</sub>? Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>?

3. Как расположатся пороги коагуляции (в моль/м<sup>3</sup>) в ряду растворов солей NaCl, AlCl<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> для золя гидроксида железа (III), полученного методом гидролиза? Дайте пояснения.

4. Пороги коагуляции электролитов для золя сульфида мышьяка As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> равны:  $c_{NaCl} = 60$  моль/м<sup>3</sup>,  $c_{MgCl_2} = 2,88$  моль/м<sup>3</sup>,  $c_{AlCl_3} = 0,3$  моль/м<sup>3</sup>,  $c_{Na_2SO_4} = 58,6$  моль/м<sup>3</sup>. Определите заряд гранул золя сульфида мышьяка и отношение коагулирующей способности ионов.

5. Какое количество 0,01 М раствора K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (см<sup>3</sup>) нужно добавить к 1 дм<sup>3</sup> золя гидроксида алюминия, чтобы вызвать его коагуляцию? Порог коагуляции равен 0,63 ммоль/дм<sup>3</sup>.

6. Для коагуляции 10<sup>-3</sup> м<sup>3</sup> золя Al(OH)<sub>3</sub> требуется 10 см<sup>3</sup> раствора Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>. Концентрация электролита равна 0,01 кмоль/м<sup>3</sup>. Рассчитайте порог коагуляции золя.

7. Какой объем раствора Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> с концентрацией 0,05 кмоль/м<sup>3</sup> требуется для коагуляции 10<sup>-6</sup> м<sup>3</sup> золя AgI? Порог коагуляции равен 2·10<sup>-3</sup> кмоль/м<sup>3</sup>.

8. Определите порог коагуляции золя Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, если коагуляция происходит при добавлении 50 см<sup>3</sup> раствора K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> с концентрацией 0,01 кмоль/м<sup>3</sup> к 10<sup>-3</sup> м<sup>3</sup> золя.

9. Коагуляция 10<sup>-5</sup> м<sup>3</sup> золя AgI наблюдается при добавлении к нему 10<sup>-6</sup> м<sup>3</sup> электролита KNO<sub>3</sub> с концентрацией 1 кмоль/м<sup>3</sup>. На основании теории ДЛФО определите концентрацию 10<sup>-6</sup> м<sup>3</sup> электролита Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, которая вызывает коагуляцию 10<sup>-5</sup> м<sup>3</sup> золя.

10. Коагуляция 10<sup>-5</sup> м<sup>3</sup> золя AgI наблюдается при добавлении к нему 5 см<sup>3</sup> электролита Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> с концентрацией 0,01 кмоль/м<sup>3</sup>. На основании теории ДЛФО определите концентрацию 10<sup>-6</sup> м<sup>3</sup> электролита Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, которая вызывает коагуляцию 10<sup>-5</sup> м<sup>3</sup> данного золя.

11. Коагуляция 3·10<sup>-5</sup> м<sup>3</sup> золя AgI наблюдается при добавлении к нему 30 см<sup>3</sup> электролита KNO<sub>3</sub> с концентрацией 1 кмоль/м<sup>3</sup>. На основании теории ДЛФО определите концентрацию 10<sup>-7</sup> м<sup>3</sup> электролита Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, которая вызывает коагуляцию 10<sup>-5</sup> м<sup>3</sup> данного золя.

12. Время половинной коагуляции  $\Theta$  золя золота в воде при действии хлорида натрия равна 20 с. Определите время, за которое концентрация золя уменьшится в 10 раз. Константу скорости коагуляции вычислите по формуле  $K = 4RT/(3\eta N_A)$ ;  $\eta = 10^{-3}$  Па·с;  $T = 300$  К.

13. Константа скорости коагуляции золя  $K = 5 \cdot 10^{-18}$  м<sup>3</sup>·с<sup>-1</sup>. Начальная концентрация золя составляет  $3 \cdot 10^{14}$  частиц в м<sup>3</sup>. Определите концентрацию золя через 30 мин.

14. При исследовании кинетики коагуляции золя золота раствором хлорида натрия получены следующие экспериментальные данные:

15. Определите константу скорости коагуляции по Смолуховскому графическим методом и сравните ее с константой, рассчитанной по формуле  $K = 4RT/(3\eta N_A)$ ;  $\eta = 10^{-3}$  Па·с;  $T = 300$  К.

16. Рассчитайте число первичных частиц гидрозоля золота при коагуляции электролитом к моменту времени  $\tau = 150$  с, если первоначальное число частиц в 1 м<sup>3</sup> составляет  $\nu_0 = 1,93 \cdot 10^{14}$ , а константа скорости быстрой коагуляции равна  $0,2 \cdot 10^{-17}$  м<sup>3</sup>/с.

17. Пользуясь уравнением Смолуховского, рассчитайте и постройте кривую изменения общего числа частиц при коагуляции гидрозоля серы. Дисперсность исходного золя  $0,05 \cdot 10^9$  м<sup>-1</sup>, концентрация  $6,5$  мг/дм<sup>3</sup>, плотность серы  $0,9$  г/см<sup>3</sup>. Вязкость дисперсной среды при 295 К составляет  $10^{-3}$  Па·с. Интервалы времени возьмите равными 1, 2, 4, 10 и 20 с.

18. При изучении оптическим методом кинетики электролитной коагуляции гидрозоля AgI, стабилизированного ПАВ, получено значение константы скорости быстрой коагуляции, равное  $3,2 \cdot 10^{-18}$  м<sup>3</sup>/с (при 293 К). Вязкость среды  $1 \cdot 10^{-3}$  Па·с. Сравните эту константу с константой, даваемой теорией Смолуховского. Объясните влияние ПАВ на характер коагуляции.

19. По экспериментальным данным время половинной коагуляции гидрозоля составляет 340 с при исходной концентрации частиц  $2,52 \cdot 10^{14}$  част./м<sup>3</sup>, вязкости дисперсной среды  $1 \cdot 10^{-3}$  Па·с и температуре 293 К. Сделайте вывод, быстрой или медленной является коагуляция. Как изменится скорость коагуляции, если вязкость среды увеличить в 3 раза?

20. Во сколько раз уменьшится суммарное число частиц  $\nu_{\Sigma}$  дыма мартеновских печей через 1, 10, 100 с после начала коагуляции? Средний радиус частиц 20 нм, концентрация  $1 \cdot 10^{-3}$  кг/м<sup>3</sup>, плотность частиц  $2,2$  г/см<sup>3</sup>. Константа быстрой коагуляции, по Смолуховскому, равна  $3 \cdot 10^{-16}$  м<sup>3</sup>/с.

## **Тема 6. «Микрогетерогенные системы»**

### **Отчет по лабораторной работе**

Лабораторная работа № 1 «Суспензии, эмульсии и пены»

Лабораторная работа № 2 «Определение критической концентрации мицеллообразования по изменению поверхностного натяжения»

### **Примерный перечень реферативных тем**

1. Человек как суперколлоид
2. Технологии разрушения эмульсий в системе подготовки нефти.
3. Реологические свойства сырых нефтей.
4. Природные нефтебитумы.
5. Устойчивость водонефтяных эмульсий.
6. Роль природных стабилизаторов нефти в устойчивости эмульсий.
7. Механизм действия деэмульгаторов.
8. Сверхкритическое состояние вещества.
9. Нефтяные дисперсные системы.
10. Искусственные алмазы (как пример получения ДС конденсацией)
11. Круговорот аэрозолей в природе

12. Зыбучие пески (деформация и реология)
13. Мазут как суспензия с жидкой ДФ
14. Наночастицы золота - из микроэмульсий

### **Тема 7. «Коллоидно-химические свойства ВМВ»**

#### **Отчет по лабораторной работе**

- Лабораторная работа № 1 «Исследование кинетики набухания полимеров»  
Лабораторная работа № 2 «Определение молекулярной массы полимера вискозиметрическим методом»  
Лабораторная работа № 3 «Определение изоэлектрической точки белка»

### **Тема 8. «Реологические свойства дисперсных систем»**

#### **Отчет по лабораторной работе**

- Лабораторная работа № 1 «Изучение структурной вязкости»  
Лабораторная работа № 2 «Изучение реологического поведения раствора КМЦ и глицерина»

#### **Вопросы для устного опроса**

1. Какими основными структурно-механическими свойствами характеризуются дисперсные системы? Каким методом они выявляются?
2. Каковы причины возникновения структур в дисперсных системах?
3. Назовите два основных типа структур дисперсных систем (классификация Ребиндера), как они образуются (проиллюстрируйте потенциальной кривой взаимодействия частиц) и чем отличаются их реологические характеристики? Приведите примеры реальных структур различных типов.
4. Как классифицируют дисперсные системы по их реологическим свойствам? Приведите типичные кривые течения для них.
5. Какие жидкости называются ньютоновскими? Напишите уравнение Ньютона для течения жидкостей. Объясните физический смысл входящих в него параметров. Нарисуйте кривые течения и вязкости для ньютоновских систем.
6. Нарисуйте кривые течения и эффективности вязкости для структурированных систем. Покажите на графиках предельное статистическое напряжение сдвига  $P_K$  и предельное напряжение сдвига  $P_m$ , а также вязкости, соответствующие неразрушенной и полностью разрушенной структурам.
7. Какие изменения происходят в системах с коагуляционной структурой при напряжениях  $P < P_K$ ,  $P_K < P < P_m$  и  $P > P_m$ ? Объясните явление ползучести.
8. Что представляют собой явления тиксотропии и реопексии? Чем обусловлены эти явления и для каких структурированных систем они характерны? Приведите примеры таких структурированных дисперсных систем.
9. Какое уравнение выражает зависимость вязкости жидких агрегативно устойчивых дисперсных систем от концентрации дисперсной фазы. При каких условиях оно применимо?
10. Как зависит вязкость растворов полимеров от их молекулярной массы, формы макромолекул и их термодинамического сродства к растворителю? Напишите уравнение Марка-Хаувинка и Хаггинса и объясните, при каких условиях они выполняются.
11. Что называют относительной, удельной и характеристической вязкостью? Как их определяют?
12. Чем объяснить, что вязкость и электрическая проводимость лиофобных золей примерно равны вязкости и электрической проводимости растворителя?

13. Объясните принцип действия капиллярного вискозиметра. Напишите уравнение Пуазейля для объемной скорости движения жидкости в капилляре. Как калибруются капиллярные вискозиметры?

14. Объясните принцип действия ротационных вискозиметров. Для каких систем используются приборы этого типа?

15. Как осуществляется переход от коагуляционно-тиксотропных структур к конденсационным (кристаллизационным) и наоборот? Воздействием каких факторов можно вызвать эти переходы?

16. Каким образом размеры частиц и взаимодействие между ними влияют на структурно-механические свойства дисперсных систем?

17. В чем заключается эффект Ребиндера? Какие вещества выступают в качестве понизителей твердости материалов? Приведите примеры использования этого эффекта.

### **Перечень вопросов и заданий выносимых на экзамен**

1. Гетерогенность и дисперсность как основные признаки объектов коллоидной химии. Размеры частиц, степень дисперсности системы и их взаимосвязь.

2. Поверхностные явления и их значение в фармации. Свободная поверхностная энергия и поверхностное натяжение. Пути уменьшения свободной поверхностной энергии дисперсных систем.

3. Поверхностно-активные вещества (ПАВ). Строение молекулы (дифильность). Значение и применение ПАВ. Классификация ПАВ.

4. Характеристики ПАВ - гидрофильно-липофильный баланс (ГЛБ) и поверхностная активность. Правило Дюкло – Траубе.

5. Изотерма поверхностного натяжения. Уравнение Шишковского.

6. Мицеллообразование в растворах ПАВ. Критическая концентрация мицеллообразования в растворах (ККМ1 и ККМ2). Методы определения ККМ.

7. Солюбилизация и ее применение в фармации. Липосомы.

8. Адсорбция (общие понятия). Изотерма адсорбции.

9. Адсорбция ПАВ на поверхностях раздела “жидкость - газ” и жидкость – жидкость”. Уравнение Гиббса.

10. Адсорбция на поверхности раздела “твердое тело - газ”. Экспериментальное определение величины адсорбции.

11. Теория мономолекулярной адсорбции Лэнгмюра. Вывод уравнения Лэнгмюра. Физический смысл коэффициентов этого уравнения.

12. Полимолекулярная адсорбция. Капиллярная конденсация.

13. Адсорбция на поверхности раздела “твердое тело - жидкость”. Правило уравнивания полярностей Ребиндера.

14. Адсорбция электролитов. Влияние природы ионов и адсорбентов. Правило Панета - Фаянса.

15. Обменная адсорбция. Иониты, их классификация и применение. Обменная емкость.

16. Механизм действия ионитов на примере умягчения и обессоливания воды. Регенерация ионитов.

17. Когезия. Адгезия. Растекание. Смачивание. Краевой угол смачивания. Уравнение Юнга.

18. Теплота смачивания. Коэффициент гидрофильности. Инверсия смачивания.

19. Дисперсные системы. Классификация. Общие принципы получения.

20. Конденсационные методы получения (метод химической реакции, метод замены растворителя).

21. Диспергационные методы получения (диспергирование в ступке, в шаровой и коллоидной мельницах).

22. Комбинированные методы получения (пептизация, электрические методы).

23. Методы очистки коллоидных растворов (диализ, электродиализ, ультрафильтрация).
24. Образование двойного электрического слоя (ДЭС) на межфазных поверхностях. Теории строения ДЭС (Гельмгольца - Перрена, Гуи - Чепмена, Штерна - Фрумкина). Электротермодинамический ( $\phi$ ) и электрокинетический ( $\zeta$ ) потенциалы.
25. Строение мицеллы лиофобных золь. Формула мицеллы.
26. Влияние разбавления и введения электролитов на толщину ДЭС и на  $\phi$ - и  $\zeta$ - потенциалы. Изоэлектрическое состояние ДЭС.
27. Устойчивость дисперсных систем (агрегативная и седиментационная). Факторы, определяющие устойчивость. Коагуляция. Виды коагуляции (скрытая, явная, медленная, быстрая) и их связь с величиной  $\zeta$ - потенциала.
28. Порог коагуляции и его экспериментальное определение. Коагулирующая способность электролитов. Правило Шульце - Гарди. Лиотропные ряды коагуляции.
29. Особые явления, наблюдаемые при электролитной коагуляции: аддитивное, антагонистическое и синергическое действие электролитов при совместном введении; перезарядка золь ("неправильные ряды" коагуляции).
30. "Привыкание" золь (положительное и отрицательное). Защитное действие высокомолекулярных веществ. Золотое число.
31. Электрокинетические явления в дисперсных системах (электрофорез, электроосмос, эффект Дорна, эффект Квинке).
32. Степень дисперсности и линейные размеры частиц. Удельная поверхность дисперсных систем по массе и по объему и ее расчет. Расчет суммарной площади поверхности частиц.
33. Броуновское движение и диффузия в дисперсных системах. Законы Фика. Коэффициент диффузии. Уравнение Эйнштейна для его расчета. Уравнение Эйнштейна - Смолуховского для расчета величины среднего сдвига частиц при броуновском движении.
34. Осмотическое давление коллоидных растворов. Осмотический метод определения размеров коллоидных частиц.
35. Вязкость лиофобных золь. Уравнение Эйнштейна для вязкости.
36. Рассеяние и поглощение света в дисперсных системах. Опалесценция. Эффект Фарадея - Тиндаля. Уравнение Рэлея.
37. Общая характеристика грубодисперсных систем, их отличие от коллоидных. Суспензии, пасты. Получение и стабилизация. Применение в фармации.
38. Седиментация. Уравнение Стокса. Седиментационный анализ суспензий
39. Эмульсии. Классификация, методы получения и стабилизации. Коалесценция. Эмульгаторы. Правило Банкрофта. Методы определения типа эмульсий. Обращение фаз эмульсий.
40. Пены. Классификация, методы получения и стабилизации.
41. Аэрозоли. Классификация, методы получения, устойчивость. Применение в фармации. Аэрозольные упаковки.
42. Молекулярно - кинетические и электрические свойства аэрозолей. Термофорез, терпопреципитация, фотофорез. Электрофильтры.
43. Высокомолекулярные вещества (ВМВ, полимеры). Методы получения, классификация. Структура ВМВ (линейная, разветвленная, пространственная). Конформация макромолекул. Физические состояния ВМВ (стеклообразное, высокоэластичное, вязко-текучее). Температуры перехода между ними.
44. Набухание ВМВ и его значение в фармации и медицине. Термодинамика набухания и растворения ВМВ. Лиотропные ряды набухания. Давление набухания. Уравнение Позняка.
45. Вискозиметрия. Виды вязкости жидкостей (динамическая, относительная, кинематическая). Уравнения Ньютона, Пуазейля, Стокса.

46. Удельная, приведенная и характеристическая вязкость растворов ВМВ. Уравнения Штаудингера и Марка - Хаувинка - Куна. Вискозиметрическое определение молярной массы ВМВ.

47. Выделение ВМВ из растворов. Высаливание. Коацервация. Выделение под действием органических растворителей.

48. Застудневание растворов ВМВ и факторы, влияющие на него. Лиотропный ряд застудневания.

49. Полиэлектrolиты. Полиамфолиты. Белки. Изoeлектрическая точка (ИЭТ) полиэлектролитов и белков. Методы ее определения.

50. Студни и гели. Классификация. Применение в фармации, значение в биологии и медицине. Синерезис. Тиксотропия. Диффузия в гелях. Гель-хроматография. Периодические реакции в студнях и гелях.

**Таблица 9 – Примеры оценочных средств с ключами правильных ответов**

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
ОПК-1- Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений				
1.	Задание закрытого типа	<i>выберите один правильный вариант ответа.</i> В каком интервале изменяются размеры коллоидных частиц? а) $10^{-2} - 10^{-5}$ б) $10^{-5} - 10^{-7}$ в) $10^{-7} - 10^{-8}$ г) $10^{-1} - 10^{-3}$	б	1
2.		<i>выберите один правильный вариант ответа</i> Химическую пептизацию свежего осадка карбоната бария вызовет электролит ... 1. $\text{CaCl}_2$ ; 2. $\text{BaCl}_2$ ; 3. $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; 4. $\text{HCl}$ ; 5. ни один из электролитов	3	1-2
3.		<i>установите соответствие</i> Найдите соответствия между методами получения коллоидных систем 1. Диспергирование 2. Конденсация А) соединение атомов, ионов или молекул в агрегаты Б) дробление крупных частиц дисперсной фазы В) пептизация Г) замена растворителя Д) действие ультразвука	1-б, в, д 2- а, г	1-2
4.		<i>выберите один правильный вариант ответа.</i> В дисперсной системе при размерах частиц, соизмеримых с длиной волны пада-	а	1-2

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		ющего света, световой поток: А) рассеивается; Б) отражается; В) не меняется		
5.		<i>выберите все правильные варианты ответов</i> Укажите последовательность образования коллоидной частицы мицеллы 1) Адсорбционный слой 2) Ядро 3) Агрегат 4) Диффузный слой	2,3,1,4	1-2
6.	Задание открытого типа	<i>запишите развернутый ответ</i> Для каких систем возможно применение уравнения Гиббса?	На основании термодинамических представлений, использованных при выводе уравнения Гиббса, можно сделать заключение, что оно справедливо для разбавленных систем в любом агрегатном состоянии. Однако на практике оно может быть использовано для определения величины адсорбции лишь для систем, для которых возможно экспериментальное определение поверхностного натяжения, т. е. для систем жидкость-газ и жидкость-жидкость.	2-4
7.		<i>запишите развернутый ответ</i> Что такое конус Тиндаля? Приведите примеры использования данного явления в коллоидной химии.	Рассеяние света частицами коллоидного раствора, позволяющее видеть направление пучка света, проходящего сквозь коллоидный раствор. На эффекте Тиндаля основан ряд оптических методов определения размеров, формы и концентрации коллоидных частиц и макромолекул.	2-3
8.		<i>запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов</i> Рассчитать радиус частиц золя AgCl в воде, если время их оседания в центрифуге составило 10 мин при следующих условиях: исходный уровень $h_1 = 0,09$ м; конечный уровень $h_2 = 0,14$ м; плотность дисперсной фазы $\rho = 5,6 \cdot 10^3$ кг/м <sup>3</sup> ; плотность дисперсионной среды $\rho_0 = 1 \cdot 10^3$ кг/м <sup>3</sup> ; частота вращения центрифуги $u = 1000$ об/мин; вязкость $\eta = 1 \cdot 10^{-3}$	Радиус частиц рассчитывают по уравнению $r = \sqrt{\frac{9\eta}{2(\rho - \rho_0)\omega^2} \frac{\ln(h_2/h_1)}{\tau}}$ Угловая скорость $\omega = 2\pi n / 60$ , где $n$ - число оборотов в минуту (частота вращения). Следовательно, $\omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1000}{60} = 105 \text{ с}^{-1}$	3-5

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		Па-с.		
9.		<p><i>запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов</i></p> <p>Рассчитать молекулярную массу полиамида в метаноле по опытным данным метода ультрацентрифугирования: коэффициент константы седиментации при бесконечном разведении раствора <math>S_0 = 1,95</math>; константы уравнения <math>K = 1,86 \cdot 10^{-2}</math>; <math>b = 0,47</math>.</p>	<p>Молекулярную массу рассчитывают по уравнению</p> $\lg M = \frac{\lg S_0 - \lg K}{b};$ $\lg M = \frac{0,2900 - \bar{2},2695}{0,47} = \frac{0,2900 - (-1,7305)}{0,47} = 4,2989,$ $M \cong 1,99 \cdot 10^4.$	3-5
10.	Задание комбинированного типа	<p><i>запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа</i></p> <p>Расположите жидкости: гептан, уксусная кислота, изопропиловый спирт, вода в ряд по возрастанию величины поверхностного натяжения.</p>	<p>Так как поверхностное натяжение есть результат нескомпенсированности межмолекулярных взаимодействий в поверхностном слое, то чем больше межмолекулярные взаимодействия в объеме жидкости, тем больше <math>\sigma</math>. Силы взаимодействия, определяющие поверхностное натяжение, могут иметь разную природу: дисперсионные, водородные, диполь-дипольные, диполь-индуцированные, электростатические. В первом приближении поверхностное натяжение представляет сумму вкладов всех видов взаимодействий: <math>\sigma = \sigma_d + \sigma_p</math>. Дисперсионные взаимодействия существуют для всех веществ. Для неполярных жидкостей (углеводородов и их галогенпроизводных) <math>\sigma_p = 0</math> и <math>\sigma = \sigma_d</math>. для полярных жидкостей существенен вклад <math>\sigma_p</math>. Поэтому с увеличением полярности жидкости поверхностное натяжение возрастает. Следовательно, правильный ответ: <math>\sigma_{гепт} &lt; \sigma_{изопр. спирт} &lt; \sigma_{укс.кислоты} &lt; \sigma_{воды}</math>.</p>	5-6
11.		<p><i>запишите аргументы, обосновывающие выбор одного правильного ответа</i></p> <p>Электрофоретическое торможение:  А) не влияет на величину электрокинетического потенциала;  Б) завышает величину электрокинетического потенциала;</p>	<p>В</p> <p>Электрофоретическое торможение занижает величину электрокинетического потенциала, потому что сопротивляется движению частицы обратным потоком противоионов, который увлекает за собой жидкость, что приводит к уменьшению электрофоретической подвижности</p>	

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		В) занижает величину электрокинетического потенциала.		

#### 7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

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. Итоговой формой отчетности является экзамен, поэтому балльная оценка распределяется на две составляющие: семестровую (текущий контроль по учебной дисциплине в течение семестра) – 50 баллов и экзаменационную – 50 баллов. 50 баллов семестрового контроля состоят из 40 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 представления
<b>Основной блок</b>				
1	<i>Отчеты по лабораторным работам</i>	13/2	26	по расписанию
2	<i>Защита реферата</i>	1/2	2	по расписанию
3	<i>Выполнение решения задач</i>	2/4	4	по расписанию
4	<i>Тест</i>	2/2	4	по расписанию
5	<i>Устные опрос</i>	2/2	4	по расписанию
<b>Всего</b>			<b>40</b>	-
<b>Блок бонусов</b>				
6	<i>Посещение занятий</i>	0,2	3	по расписанию
7	<i>Своевременное выполнение всех заданий</i>	0,3	3	по расписанию
8	<i>Творческий подход к выполнению заданий</i>	0,1	4	по расписанию
<b>Всего</b>			<b>10</b>	-
<b>Дополнительный блок</b>				
9	<b>Экзамен</b>		<b>50</b>	по расписанию
<b>Всего</b>			<b>50</b>	-
<b>ИТОГО</b>			<b>100</b>	-

**Таблица 11 – Система штрафов (для одного занятия)**

Показатель	Балл
<i>Опоздание на занятие</i>	-0,5
<i>Нарушение учебной дисциплины</i>	-0,5
<i>Неготовность к занятию</i>	-3
<i>Пропуск занятия без уважительной причины</i>	-1

**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)	Не зачтено
60–64		
Ниже 60	2 (неудовлетворительно)	

При реализации дисциплины (модуля) 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. Сумм Б.Д. Основы коллоидной химии: доп. УМО по классическому ун-тскому образованию в качестве учеб. пособ. для студентов, обучающихся по специальности 020101.65 "Химия" и направлению 020100.62 "Химия". - М. : Академия, 2006. - 240 с. - (Высшее профессиональное образование). - ISBN 5-7695-2634-3: 180-00, 180-40 : 180-00, 180-40.. (26 экз.)
2. Новикова Е.А. Коллоидная химия: поверхностные явления / Новикова Е.А. - М. : МИСиС, 2016. - 129 с. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785906846259.html> (ЭБС «Консультант студента»)

### **8.2. Дополнительная литература:**

1. Гельфман М.И. Коллоидная химия. - 3-е изд. ; Стереотип. - СПб. : Лань, 2005. - 336 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 5-8114-0478-6: 89-32 : 89-32. (25 экз.)
2. Белопухов С.Л., Физическая и коллоидная химия. Лабораторный практикум: учебное пособие / Белопухов С.Л., Немировская И.Б., Старых С.Э., Семко В.Т., Шнее Т.В. ; под общ. ред. Белопухова С.Л. - М. : Проспект, 2016. - 240 с. URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785392196470.html> (ЭБС «Консультант студента»).
3. Беляев А.П. Физическая и коллоидная химия. Задачник : учеб. пособие для вузов / А.П. Беляев, А. С. Чухно, Л. А. Бахолдина, В. В. Гришин; под ред. А. П. Беляева. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. - 288 с. : ил. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970446843.html> (ЭБС «Консультант студента»)

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

1. Электронная библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента»: [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает в себя лекционную аудиторию, лабораторию по проведению лабораторного практикума. Лабораторный практикум обеспечен химическими реактивами, лабораторной посудой и учебно-научным оборудованием: весы электронные, спектрофотометры ПЭ 5400, ПЭ2300; анализаторы жидкостей рН-метры «Эксперт-001», ионоселективные электроды, центрифуга ОПН-3 с ротором, магнитные мешалки, рефрактометр, термостат "ТС-80"М2, микросмеситель ПЭ-0137 1.75.45.0032, Аквадистиллятор ДЭ-4(с ЗИПом), шкаф вытяжной ШВ-202 ПАОТ, малая ра-

ковина, КО1-04. Проведение лабораторных 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).