

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

УТВЕРЖДАЮ  
Декан химического факультета,  
Чл.-корр. РАН, профессор



/С.Н. Калмыков/  
«31» августа 2021 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Коллоидная химия**

**Уровень высшего образования:**  
Специалитет

---

**Направление подготовки (специальность):**

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

**Направленность (профиль) ОПОП:**

Аналитическая химия, Биоорганическая химия, Высокомолекулярные соединения,  
Коллоидная химия, Лазерная химия, Медицинская химия и тонкий органический  
синтез, Нанобиоматериалы и нанобиотехнологии, Неорганическая химия, Нефтехимия,  
Органическая химия, Радиохимия, Физическая химия, Фундаментальная и прикладная  
энзимология, Химия ионных и молекулярных систем, Химическая кинетика, Химия  
высоких энергий, Химия и технология веществ и материалов, Химия твердого тела,  
Электрохимия

**Форма обучения:**

очная

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методической комиссией факультета  
(протокол №7 от 07.07.2021)

Москва 2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки/специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» (программа специалитета), утвержденного приказом МГУ от 29 декабря 2018 года № 1770.

Год (годы) приема на обучение 2019/2020, 2020/2021, 2021/2022

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: базовая часть ООП, блок ХД, модуль «Коллоидная химия» (траектория 12 группы).

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников). Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП

Компетенция	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<b>УК-1.С</b> Способен формулировать научно обоснованные гипотезы, создавать теоретические модели явлений и процессов, применять методологию научного познания в профессиональной деятельности	<b>УК-1.С.2</b> Формулирует научно обоснованные гипотезы, создает теоретические модели явлений и процессов	<b>Уметь:</b> формулировать научные гипотезы при обсуждении литературных и собственных данных
<b>УК-6.С</b> Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном языке (иностранных языках), для академического и профессионального взаимодействия	<b>УК-6.С.2.</b> Осуществляет письменную и устную коммуникацию на русском и иностранном языке в профессиональной сфере	<b>Уметь:</b> выбирать коммуникативно приемлемый стиль делового общения, использовать необходимые языковые средства, тактики и стратегии для решения коммуникативных задач в академической и профессиональной сферах
	<b>УК-6.С.5.</b> Работает с текстами разного уровня сложности, отвечающими задачам профессиональной деятельности	<b>Уметь:</b> работать с учебными и научными текстами разного уровня сложности, отвечающих задачам профессиональной деятельности
<b>ОПК-1.С.</b> Способен решать современные проблемы фундаментальной и прикладной химии, используя методологию научного подхода и систему фундаментальных химических понятий и законов	<b>ОПК-1.С.1.</b> Воспринимает информацию химического содержания, систематизирует и анализирует ее, оценивает актуальность и степень новизны данных	<b>Знать:</b> теоретические основы главных разделов коллоидной химии: поверхностных явлений, образования и устойчивости дисперсных систем, механизмов и закономерностей процессов, протекающих в этих системах <b>Уметь:</b> использовать знания, приобретенные в курсе коллоидной химии, для анализа и объяснения полученных экспериментальных результатов
<b>ОПК-2.С.</b> Способен проводить химический эксперимент с соблюдением норм безопасного обращения с химическими материалами, адекватно оценивая возможные риски с учетом свойств веществ	<b>ОПК-2.С.1.</b> Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности	<b>Знать:</b> основные экспериментальные методы определения важнейших коллоидно-химических характеристик дисперсных систем: поверхностных, кинетических, электрокинетических, реологических

<b>ОПК-4.С.</b> Способен создавать математические модели профессиональных задач, учитывать ограничения и границы применимости моделей, интерпретировать полученные математические результаты	<b>ОПК-4.С.1</b> Предлагает математические и (или) физические модели химических процессов	<b>Знать:</b> способы аналитического описания поверхностных, кинетических, электрокинетических, реологических свойств дисперсных систем <b>Уметь:</b> выбирать адекватные модели для описания коллоидных систем
<b>ОПК-5.С.</b> Способность использовать современные расчетно-теоретические методы изучения свойств веществ и процессов с их участием при решении профессиональных задач	<b>ОПК-5.С.2.</b> Систематизирует и анализирует результаты теоретических расчетов свойств веществ и материалов	<b>Уметь:</b> оценить корректность результатов теоретических расчетов свойств коллоидных систем

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

*Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 60 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, 18 часов – занятия семинарского типа, 2 часа – групповые консультации, 4 часа – промежуточный контроль успеваемости), 48 часов составляет самостоятельная работа студента.*

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

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся должен

**знать:** основы математического анализа, неорганической, органической и физической химии в объеме соответствующих курсов Химического факультета МГУ;

**уметь:** формулировать и решать конкретные задачи на основе законов и закономерностей, усвоенных в различных курсах; получать экспериментальные данные, проводить их математическую обработку, обобщать полученные результаты;

**владеть:** расчетными методами решения химических задач, навыками проведения химического эксперимента с использованием измерительных приборов, навыками поиска необходимых данных в открытых источниках (в том числе, в информационных базах данных).

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации	Всего (часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них	Самостоятельная работа обучающегося, часы из них

		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	<b>Всего</b>	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	<b>Всего</b>
Введение		<b>2</b>					<b>2</b>			
Поверхностные явления		<b>14</b>	8				<b>22</b>	6		<b>6</b>
Получение, свойства и методы исследования дисперсных систем		<b>8</b>	4				<b>12</b>	4		<b>4</b>
Устойчивость и эволюция дисперсных систем		<b>6</b>	2				<b>8</b>	4		<b>4</b>
Оновы физико-химической механики		<b>6</b>	4				<b>10</b>	4		<b>4</b>
Промежуточная аттестация экзамен	<b>36</b>			2		4	<b>6</b>			<b>30</b>
<b>Итого</b>	<b>108</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>2</b>		<b>4</b>	<b>60</b>	<b>18</b>		<b>48</b>

## Содержание разделов

Введение	Предмет коллоидной химии. Объекты коллоидной химии. Универсальность дисперсного состояния вещества. Классификация дисперсных систем. Количественные характеристики дисперсности. Особенности нанодисперсного состояния. Взаимосвязь коллоидной химии с другими химическими дисциплинами. Основные этапы развития коллоидной химии
----------	---

Поверхностные явления	Избыточные термодинамические функции поверхностного слоя (метод Гиббса). Термодинамика поверхностных явлений. Поверхностная энергия и межмолекулярные взаимодействия. Составляющие поверхностных сил. Краевой угол. Уравнение Юнга. Фрактальные поверхности. Супергидрофобные поверхности. Капиллярные явления. Закон Лапласа. Адсорбция. Уравнение адсорбции Гиббса. Поверхностно-активные и поверхностно-инактивные вещества. Уравнения состояния монослоя. Фазовые переходы в монослоях. Пленки Ленгмюра-Блоджетт. Электроповерхностные явления в дисперсных системах. Электрокинетические явления. Уравнение Гельмгольца-Смолуховского
Получение, свойства и методы исследования дисперсных систем	Получение дисперсных систем. Лиофильные и лиофобные системы. Условие самопроизвольного диспергирования. Мицеллярные растворы. Критическая концентрация мицеллообразования. Мицеллы и нанотехнологии. Лиофобные системы. Метастабильные состояния. Критические зародыши. Термодинамическая теория образования новой фазы (по Гиббсу-Фольмеру). Молекулярно-кинетические и оптические свойства дисперсных систем; методы дисперсионного анализа
Устойчивость и эволюция дисперсных систем	Седиментационная и агрегативная устойчивость дисперсных систем. Кинетика коагуляции. Факторы стабилизации коллоидных систем. Расклинивающее давление, его составляющие. Теория ДЛФО. Коагуляция зольей электролитами. Структурно-механический барьер. Аэрозоли. Пены. Эмульсии.
Основы физико-химической механики	Структурообразование в дисперсных системах. Формирование пространственных структур в дисперсных системах. Реологические свойства дисперсных систем. Физико-химические явления в процессах деформации и разрушения твёрдых тел. Эффект Ребиндера

#### 6. Образовательные технологии:

- использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса;
- преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ.

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

Темы для самостоятельного изучения:

*Вопросы к коллоквиуму 1.*

Предмет коллоидной химии; основные разделы и направления, объекты и цели изучения. Дисперсные системы, их количественные ха-

коллоидной химии с другими химическими дисциплинами, с физикой, биологией, геологией, почвоведением, медициной. Значение коллоидной химии в охране окружающей среды. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем. Броуновское движение. Диффузия в коллоидных системах; уравнение Эйнштейна-Смолуховского.

Термодинамика поверхностных явлений. Граница раздела фаз жидкость/газ. Удельная свободная поверхностная энергия (поверхностное натяжение). Методы описания термодинамических свойств поверхности. Метод избыточных термодинамических величин (Гиббс): физическая поверхность разрыва и геометрическая разделяющая поверхность. Поверхностные избытки термодинамических функций: внутренней энергии, свободных энергий Гиббса и Гельмгольца, энтальпии и энтропии. Обоснование выбора геометрической разделяющей поверхности; эквимолекулярная поверхность. Влияние температуры на поверхностное натяжение и удельные избыточные термодинамические функции поверхностного слоя. Критическая температура. Типы взаимодействия между молекулами (атомами); Ван-дер-Ваальсовы взаимодействия. Особенности дисперсионных взаимодействий. Взаимодействия в дисперсных системах. Основы теории Гамакера и де-Бура. Энергия взаимодействия двух макрофаз, разделенных тонкими прослойками различной природы (в расчете на единицу площади). Константа Гамакера. Сложная константа Гамакера. Энергия взаимодействия частиц. Поверхность раздела между конденсированными фазами в двухкомпонентных системах, межфазное натяжение. Работы когезии и адгезии. Дисперсионная и недисперсионная составляющие поверхностного и межфазного натяжения, работ когезии и адгезии. Уравнение Джирифалко и Гуда. Правило Антонова. Влияние температуры на межфазное натяжение в двухкомпонентных системах.

*Вопросы к коллоквиуму 2.*

Смачивание и капиллярные явления. Краевой угол смачивания. Вывод уравнения Юнга. Термодинамические условия смачивания, не-смачивания и растекания. Влияние шероховатости и химической неоднородности твердой поверхности на смачивание. Гистерезис смачивания. Супергидрофобные поверхности. Избирательное смачивание. Гидрофильные и гидрофобные поверхности твердых тел. Удельная теплота смачивания как количественная характеристика гидрофильности и гидрофобности твердых тел и порошков. Капиллярные явления. Капиллярное давление. Кривизна поверхности; ее знак. Вывод уравнения Юнга-Лапласа. Капиллярное поднятие жидкости, уравнение Жюрена, капиллярная постоянная жидкости. Капиллярные эффекты в жидких менисках между частицами. Зависимость давления насыщенного пара от кривизны поверхности жидкости. Закон Кельвина. Капиллярная конденсация. Влияние дисперсности на растворимость твердых частиц (закон Гиббса-Оствальда-Фрейндлиха). Изотермическая перегонка в дисперсных системах. Основные методы измерения поверхностного и межфазного натяжения жидкостей. Статические, полустатические и динамические методы. Оценка свободной поверхностной энергии твердых тел, в том числе неполярных поверхностей. Оценка поверхностной и межфазной энергии из закона Томсона (Кельвина).

Избыток массы компонентов в поверхностном слое по Гиббсу. Выбор разделяющей поверхности. Вывод уравнения Гиббса для двухфазной двухкомпонентной системы. Поверхностно-активные и поверхностно-инактивные вещества.

Зависимость поверхностного натяжения водных растворов от концентрации поверхностно-активных и инактивных веществ. «Несимметричность» изотерм поверхностного натяжения для поверхностно-активных и инактивных веществ.

Поверхностная активность. Анализ уравнения Гиббса в случае положительной и отрицательной адсорбции. Относительность понятия «поверхностная активность». Уравнение Шишковского. Изотерма адсорбции ПАВ на границе вода/воздух. Совместное решение уравнений Гиббса и Шишковского. Вывод уравнения Ленгмюра для локализованной адсорбции. Адсорбционная активность. Физический

смысл констант уравнения Шишковского. Строение адсорбционных монослоев растворимых ПАВ. Расчет размеров молекул ПАВ. Влияние строения молекул ПАВ на поверхностную активность. Правило Дюкло-Траубе, его экспериментальное подтверждение и теоретическое обоснование. Стандартная свободная энергия Гиббса адсорбции. Гидрофобный эффект при адсорбции ПАВ из водных растворов. Адсорбция ПАВ на поверхности раздела несмешивающихся жидкостей. Адсорбция ПАВ из растворов на поверхности твердых тел. Правило уравнивания полярностей Ребиндера. Модифицирующее действие ПАВ: гидрофилизация и гидрофобизация твердой поверхности. Управление смачиванием с помощью ПАВ. Флотация. Нанесенные монослои нерастворимых ПАВ на границе раздела вода/воздух; Весы Лэнгмюра. Поверхностное (двумерное) давление. Изотермы двумерного давления. Уравнения состояния монослоев. Основные типы пленок: газообразные, жидкорастянутые, жидкие, твердые. Количественные характеристики изотерм сжатия. Пленки Лэнгмюра-Блоджетт (ЛБ). Классификация пленок ЛБ. Использование пленок ЛБ в сенсорных устройствах. Классификация органических ПАВ по молекулярному строению (анионные, катионные, неионогенные, амфотерные). Природные ПАВ. Лекарственные вещества как ПАВ. Понятие о гидрофильно-липофильном балансе (ГЛБ) молекул ПАВ. Воздействие ПАВ на окружающую среду. Проблема биоразлагаемости ПАВ.

*Вопросы к коллоквиуму 3.*

Термодинамически устойчивые (лиофильные) дисперсные системы. Самопроизвольное диспергирование макрофаз: критерий самопроизвольного диспергирования (по Ребиндеру-Щукину). Роль флуктуаций на легкоподвижной границе раздела фаз при самопроизвольном образовании дисперсной системы. Критические эмульсии как пример термодинамически устойчивых дисперсных систем.

Образование мицелл в водных растворах ПАВ. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ). Энтропийная природа мицеллообразования ПАВ в водных растворах, тепловые эффекты. Влияние различных факторов на величину ККМ. Зависимости ККМ от длины углеводородной цепи молекул неионогенных и ионогенных ПАВ. Основные методы определения ККМ. Двойная фазовая диаграмма для системы ионогенное ПАВ – вода. Точка Крафта. Точка помутнения для водных растворов неионогенных ПАВ. Свободная энергия Гиббса мицеллообразования для ионогенного и неионогенного ПАВ. Основные количественные характеристики мицелл ионогенных и неионогенных ПАВ (размер, число агрегации, степень ионизации, степень гидратации). Влияние концентрации ПАВ на строение мицелл. Мицеллообразование в неполярных средах; механизм самоорганизации ПАВ. Солюбилизация в водных растворах мицеллообразующих ПАВ. Солюбилизационная емкость мицелл. Термодинамика солюбилизации. Микроэмульсии, условия получения и свойства. Классификация по Винзору. Практические приложения мицеллярных систем и микроэмульсий (в химии, нефтедобыче, в медицине). Лиотропные и термотропные жидкокристаллические системы. Основные структуры жидких кристаллов. Получение и применение жидкокристаллических систем.

*Вопросы к коллоквиуму 4.*

Термодинамически неустойчивые (лиофобные) дисперсные системы. Получение лиофобных дисперсных систем. Диспергационные методы, связь работы диспергирования с поверхностной энергией твердых тел. Конденсационные методы. Термодинамика гомогенного образования зародышей новой фазы при фазовых переходах (по Гиббсу, Фольмеру). Работа образования зародышей новой фазы, зависимость размера критического зародыша от метастабильности исходной фазы. Работа образования критического зародыша при кристаллизации из растворов и расплавов, при конденсации пересыщенного пара, при кипении. Кинетика образования и роста частиц новой фазы. Определение межфазной энергии при изучении частоты образования зародышей новой фазы. Гетерогенное зародышеобра-

зование: влияние смачивания поверхности и ее шероховатости на работу образования частиц новой фазы. Методы регулирования размеров частиц в дисперсных системах.

Электроповерхностные явления в дисперсных системах. Двойной электрический слой (ДЭС); причины его образования на поверхности раздела твердая частица – раствор электролита. Модели строения ДЭС. Модель плоского конденсатора (Гельмгольц). Теория Гуи–Чепмена. Уравнение Пуассона–Больцмана. Влияние потенциала твердой поверхности, концентрации электролита в растворе и заряда ионов на изменение потенциала в зависимости от расстояния от поверхности. Роль специфической адсорбции ионов на твердой поверхности. Теория Штерна–Грэма. Электрокинетические явления: электрофорез, электроосмос, потенциалы течения и оседания. Электрокинетический потенциал; граница скольжения. Вывод уравнения Гельмгольца–Смолуховского. Экспериментальное определение электрокинетического потенциала. Практические приложения электрокинетических явлений. Влияние индифферентных и неиндифферентных электролитов на строение ДЭС. Перезарядка поверхности. Изоэлектрическая точка. Закономерности ионного обмена между двойным слоем и объемом раствора при введении электролитов. Роль специфической адсорбции; лиотропные ряды. Ионный обмен в природных коллоидных системах и технике.

*Вопросы к коллоквиуму 5.*

Агрегативная и седиментационная устойчивость лиофобных дисперсных систем. Механизмы эволюции дисперсных систем – коагуляция, коалесценция, изотермическая перегонка. Изменение энергии Гельмгольца в процессах коалесценции, коагуляции и изотермической перегонки. Тонкие пленки и их роль в устойчивости дисперсных систем. Понятие о расклинивающем давлении. Расклинивающее давление и свободная энергия плёнки, зависимость от толщины плёнки. Составляющие расклинивающего давления. Молекулярные взаимодействия в дисперсных системах, молекулярная составляющая расклинивающего давления для симметричных и несимметричных пленок. Сложная константа Гамакера. Энергия притяжения и сила взаимодействия двух сферических частиц на расстояниях, близких к молекулярным. Электростатическая составляющая расклинивающего давления. Распределение потенциала между двумя заряженными поверхностями. Решение уравнения Пуассона-Больцмана для сильно и слабозаряженных коллоидных Основы теории Дерягина-Ландау-Фервея-Овербека (ДЛФО). Эффекты Гиббса и Марангони, их роль в агрегативной устойчивости тонких пленок. Роль гидродинамических эффектов в устойчивости пленок. Структурно-механический барьер по Ребиндеру как сильный фактор стабилизации дисперсных систем. Седиментационная устойчивость дисперсных систем. Связь агрегативной и седиментационной устойчивости дисперсных систем. Седиментационно-диффузионное равновесие. Седиментационный анализ. Различные типы лиофобных дисперсных систем. Аэрозоли. Классификация. Молекулярно-кинетические свойства аэрозолей. Электрические свойства аэрозолей, причины возникновения заряда на поверхности частиц. Практическое использование аэрозолей. Аэрозоли и охрана окружающей среды. Пены. Классификация и строение пен. Кратность пен. Капиллярные эффекты в пенах. Седиментационная неустойчивость (синерезис). Факторы агрегативной устойчивости пен. Использование пенных структур в получении высокопрочных материалов. Первичные и вторичные (ньютоновские) черные пленки. Практические применения пен. Эмульсии. Классификация. Получение эмульсий. Принципы выбора эмульгатора для стабилизации прямых и обратных эмульсий. Роль гидрофильно-липофильного баланса молекулы ПАВ в стабилизации эмульсий. Факторы агрегативной устойчивости эмульсий. Обращение фаз. Твердые эмульгаторы; эмульсии Пикеринга. Разрушение эмульсий. Примеры использования эмульсий. Золи. Золь-гель переход. Принципы создания высокопрочных материалов. Закономерности коагуляции гидрозолей электролитами. Зависимость скорости коагуляции от концентрации

электролита. Коагуляция электролитами зелей, содержащих сильно заряженные частицы дисперсной фазы (концентрационная коагуляция). Эмпирическое правило Шульце-Гарди и его теоретическое обоснование в рамках теории ДЛФО. Коагуляция электролитами зелей, содержащих слабозаряженные частицы дисперсной фазы (нейтрализационная коагуляция). Критерий Эйлера-Корфа. Зоны коагуляции. Обратимость процесса коагуляции. Пептизация. Псевдолиофильные (квазиравновесные) системы. Кинетика коагуляции. Понятие о кинетике быстрой и медленной коагуляции. Быстрая коагуляция (Смолуховский). Флокуляция, гетерокоагуляция, адагуляция (определения, примеры). Оптические свойства коллоидных систем. Рассеяние света. Закон Рэлея, условия его применимости. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Поглощение света и окраска дисперсных систем. Оптические методы измерения размеров и формы частиц дисперсной фазы (нефелометрия, метод «спектра мутности», ультрамикроскопия, фотон-корреляционная спектроскопия). Обзор методов дисперсионного анализа.

*Вопросы к коллоквиуму 6.*

Создание структур методами «Сверху вниз» и «Снизу вверх». Структурообразование в дисперсных системах. Возникновение и развитие пространственных структур в дисперсных системах. Природа контактов между частицами образующихся структур.

Коагуляционные структуры. Условия их образования. Прочность единичного коагуляционного контакта. Механические свойства структур с коагуляционным типом контакта. Явление тиксотропии. Кристаллизационные структуры. Процессы, приводящие к образованию кристаллизационных (фазовых) контактов. Прочность кристаллизационных структур. Физико-химические методы регулирования структурно-механических свойств дисперсных систем на различных стадиях их формирования.

Основные понятия реологии. Упругость, вязкость, пластичность. Модель упруговязкого тела Максвелла. Релаксация напряжений. Период релаксации. Модель вязкоупругого тела Кельвина. Упругое последствие. Модель Бингама. Предельное напряжение сдвига. Дифференциальная и эффективная вязкость. Полная реологическая кривая систем с коагуляционным типом контактов. Реологические свойства свободнодисперсных систем. Реологические свойства связнодисперсных систем. Ньютоновские и неньютоновские системы. Влияние объемной доли и формы частиц дисперсной фазы на закономерности течения (закон Эйнштейна). Аномалия вязкости.

Влияние природы жидкой фазы на прочность и пластичность твердых тел – эффект Ребиндера. Теория Гриффитса, условие самопроизвольного распространения трещин.

Связь прочности и поверхностной энергии твердых тел. Роль реальной структуры и внешних условий в проявлении эффектов адсорбционного влияния среды на механические свойства твердых тел. Основные формы проявления эффекта: изменение прочности и пластичности как следствие снижения поверхностной энергии твердых тел. Практическое использование эффекта Ребиндера. Эффект Иоффе, как повышение прочности твердых тел.

Литература для углубленного изучения:

1. Д. Израелашвили Межмолекулярные и поверхностные силы. М. Научный Мир. 2011
2. А. Адамсон. Физическая химия поверхностей: Пер. с англ.-М.: Мир, 1979.
3. К. Холмберг, Б. Йёнссон, Б. Кронберг, Б. Линдман. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах. М. БИНОМ. Лаборатория знаний. 2007.

4. П.А. Ребиндер. Избранные труды. Поверхностные явления в дисперсных системах. Коллоидная химия. Наука. 1979. Физико-химическая механика. 1979.
5. Б.Д. Сумм, Ю.В. Горюнов. Физико-химические основы смачивания и растекания. М. Наука. 1976.
6. С.С. Воюцкий. Курс коллоидной химии. Высшая школа. 1976.
7. А.И. Русанов. Мицеллообразование в растворах ПАВ. С-Петербург. Химия. 1992.
8. К. Миттел (ред.) Мицеллообразование, солюбилизация и микроэмульсии. М. Мир. 1980.
9. В.Н. Измайлова, П.А. Ребиндер. Структурообразование в белковых системах. М. Наука. 1974.
10. Б.В. Дерягин, Н.В. Чураев, В.М. Муллер. Поверхностные силы. 1985.
11. В.В. Яминский, В.А. Пчелин, Е.А. Амелина, Е.Д. Щукин. Коагуляционные контакты в дисперсных системах. М. Химия. 1982.
12. В.Н. Измайлова, Г.П. Ямпольская, Б.Д. Сумм. Поверхностные явления в белковых системах. М. Химия. 1988.
13. Е.А. Кирсанов, В.Н. Матвеевко. Неньютоновское течение дисперсных, полимерных и жидкокристаллических систем. Структурный подход. М. Техносфера 2016.
14. В.Н. Матвеевко, Е.А. Кирсанов. Поверхностные явления в жидких кристаллах. М. МГУ. 1991

#### 8. Ресурсное обеспечение:

Со всех компьютеров МГУ организован доступ к полным текстам научных журналов и книг на русском и иностранных языках. Доступ открыт по IP-адресам, логин и пароль не требуются: <http://nbmgu.ru/>

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

#### **Основная литература**

Основная литература (базовые учебники выделены курсивом, они имеются в библиотеке химического факультета). Контрольные экземпляры в электронном и бумажном виде хранятся на кафедре коллоидной химии (каб. зав.кафедрой).

1. *Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А., Коллоидная химия. М.: Юрайт. 2021.*
2. *Практикум по коллоидной химии. Под ред. Куличихина В.Г., М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2014.*
3. В.В. Назаров. Коллоидная химия. М. ДеЛи Плюс. 2015
4. Е.А. Амелина. Методическое пособие к курсу коллоидной химии. Под. ред. проф. В.Н. Матвеевко. 2013.
5. Д.А. Фридрихсберг. Курс коллоидной химии. 1995.

#### **Дополнительная литература**

1. В.И. Ролдугин Физико-химия поверхности. М. И.Д. Интеллект. 2011
2. Сумм Б.Д., Основы коллоидной химии. М.: Академия. 2009. – 240 с.

3. Ю.Г.Фролов. Курс коллоидной химии: Поверхностные явления и дисперсные системы. М. «Альянс». 2004.

Периодическая литература: Журнал коллоидной химии

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет <http://www.sciencedirect.com>

Journal of Colloid and Interface Science;

Colloids and Surfaces;

Advances in Colloid and Interface Science;

<http://www.pubs.acs.org>

Langmuir

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели: Матвеевко Владимир Николаевич, доктор химических наук, профессор, кафедра коллоидной химии химического факультета МГУ, [13121946VNM@gmail.com](mailto:13121946VNM@gmail.com)

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

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

#### Контрольные вопросы:

1. Составляющие межмолекулярного взаимодействия. Дисперсионные взаимодействия, основы теории Де-Бура - Гамакера.
2. Определение межфазного натяжения по модели Фоукса - Гуда-Джерифалко.
3. Полное равновесие капли на твёрдой поверхности. Уравнение Неймана
4. Критическое поверхностное натяжение смачивания по Цисману.
5. Капиллярная стягивающая сила мениска.
6. Анализ констант изотермы Ленгмюра в безразмерных координатах.

7. Реакции в мономолекулярных плёнках.
8. Определение молекулярных констант и молекулярной массы из изотермы двумерного давления.
9. Решение уравнения Пуассона-Больцмана для плоского слоя. В случае симметричного электролита
10. Определение электрокинетического потенциала по скорости электроосмоса.
11. Влияние индифферентных электролитов на строение двойного электрического слоя.
12. Уравнение Липпмана. Влияние поверхностно-активных веществ на точку нулевого заряда поверхности и форму электрокапиллярной кривой.
13. Особенности диаграммы состояния двухфазной двухкомпонентной системы вблизи критической точки.
14. Гидрофобный эффект в водных растворах мицеллообразующих ПАВ.
15. Определение работы образования критических зародышей при кристаллизации из расплава.
16. Кинетика возникновения зародышей новой фазы.
17. Оценить время, за которое скорость оседания частицы дисперсной фазы станет постоянной.
18. Метод «спектра мутности». Окраска дисперсных систем с поглощающими частицами и металлических зольей.
19. Роль теплового движения частиц дисперсной фазы в устойчивости дисперсных систем.
20. Пептизация и термодинамическая устойчивость дисперсных систем к коагуляции.
21. Теория Е.М.Лифшица.
22. Роль капиллярного давления в канале Гиббса-Плато в устойчивости плёнок.
23. Влияние концентрации ПАВ и электролитов на устойчивость пенных пленок.
24. Природа сил сцепления в контактах коагуляционных и кристаллизационных структур.
25. Пути управления свойствами коагуляционных и кристаллизационных структур.
26. Механическая и термодинамическая необратимость вязкого течения.
27. Вывод уравнения Гриффитса.
28. Типы контактов, возникающих при образовании пространственных структур в дисперсных системах.
29. Какими механическими свойствами обладают структуры с коагуляционным типом контакта?
30. Что такое тиксотропия?
31. Причины возникновения кристаллизационных контактов между частицами дисперсной фазы.
32. Какие параметры определяют вязкость свободнодисперсных систем?
33. Полная реологическая кривая связнодисперсной системы с коагуляционным типом контакта.
34. Какие принципиальные различия в эффектах Иоффе и Ребиндера?
35. Принципы золь-гель технологии.
36. Получение и применение порошкообразных материалов.
37. Плазмонный резонанс.
38. Метод динамического рассеяния света.
39. Изотропные и анизотропные системы.

40. Лиофильные и термотропные жидкокристаллические системы. Классификация. Фазовые переходы. Практическое использование жидких кристаллов.

### **Вопросы к экзамену**

1. Дисперсные системы: классификации, количественные характеристики.
2. Броуновское движение и диффузия в дисперсных системах.
3. Оптические свойства дисперсных систем. Уравнение Рэлея и условия его применимости. Оптические методы исследования дисперсных систем.
4. Удельная свободная поверхностная энергия (поверхностное натяжение) границы раздела фаз жидкость/газ. Метод избыточных термодинамических величин (Гиббс).
5. Удельные избыточные термодинамические функции поверхностного слоя; влияние температуры. Критическая температура.
6. Межмолекулярные взаимодействия (потенциал Леннарда-Джонса). Особенности дисперсионных взаимодействий.
7. Основы теории де-Бура - Гамакера. Энергия взаимодействия двух макрофаз, разделенных зазором (в расчете на единицу площади). Константа Гамакера.
8. Энергия взаимодействия двух макрофаз, разделенных тонкой жидкой прослойкой (в расчете на единицу площади). Сложная константа Гамакера
9. Поверхность раздела жидкость – воздух. Поверхностное натяжение, работа когезии, их дисперсионная и недисперсионная составляющие.
10. Поверхность раздела между конденсированными фазами в двухкомпонентных системах. Работа адгезии, межфазное натяжение, их дисперсионная и недисперсионная составляющие. Правило Антонова. Уравнение Джирифалко и Гуда.
11. Краевой угол смачивания. Вывод уравнения Юнга. Термодинамические условия смачивания, несмачивания и растекания.
12. Влияние шероховатости и химической неоднородности твердой поверхности на смачивание. Супергидрофобные поверхности. Гистерезис смачивания.
13. Избирательное смачивание. Гидрофильные и гидрофобные поверхности твердых тел. Удельная теплота смачивания как количественная характеристика гидрофильности и гидрофобности твердых тел и порошков.
14. Капиллярные явления. Капиллярное давление. Вывод уравнения Юнга-Лапласа.
15. Капиллярное поднятие жидкости, уравнение Жюрена, капиллярная постоянная жидкости. Капиллярные эффекты в жидких менисках между частицами.
16. Зависимость давления насыщенного пара от кривизны поверхности жидкости. Закон Томсона (Кельвина) и его следствия.
17. Основные методы измерения поверхностного и межфазного натяжения жидкостей. Статические, полустатические и динамические методы.
18. Методы определения удельной свободной поверхностной энергии твердых тел.
19. Адсорбция на границе раздела жидкость/воздух. Вывод уравнения Гиббса для двухфазной двухкомпонентной системы.

20. Зависимость поверхностного натяжения водных растворов от концентрации поверхностно-активных и поверхностно-инактивных веществ. Понятие о поверхностной активности. Относительность понятия «поверхностная активность».
21. Эмпирическое уравнение Шишковского и теоретическое обоснование физического смысла его констант.
22. Уравнение Ленгмюра. Строение адсорбционных монослоев растворимых ПАВ. Расчет размеров молекул ПАВ.
23. Правило Дюкло-Траубе, его экспериментальное подтверждение и теоретическое обоснование.
24. Термодинамика адсорбции ПАВ из водных растворов, гидрофобный эффект.
25. Адсорбция ПАВ из растворов на поверхности твердых тел. Правило уравнивания полярностей Ребиндера. Модифицирующее действие ПАВ: гидрофилизация и гидрофобизация твердой поверхности.
26. Монослои нерастворимых ПАВ на границе раздела вода/воздух; весы Ленгмюра. Изотермы двухмерного давления. Уравнения состояния монослоев. Пленки Ленгмюра-Блоджетт.
27. Классификация ПАВ. Понятие о гидрофильно-липофильном балансе (ГЛБ).
28. Самопроизвольное диспергирование макрофаз. Критерий Ребиндера-Щукина. Примеры термодинамически устойчивых дисперсных систем.
29. Самоорганизация ПАВ в водных растворах. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ), методы ее определения. Факторы, влияющие на ККМ.
30. Двойная фазовая диаграмма для системы ионогенное ПАВ – вода. Точка Крафта. Свободная энергия Гиббса мицеллообразования для ионогенных ПАВ. Гидрофобный эффект при мицеллообразовании ПАВ в водных растворах.
31. Точка помутнения для водных растворов неионогенных ПАВ. Свободная энергия Гиббса мицеллообразования для неионогенных ПАВ. Гидрофобный эффект при мицеллообразовании ПАВ в водных растворах.
32. Мицеллообразование в неполярных средах; механизм самоорганизации ПАВ. Солюбилизация.
33. Солюбилизация в водных мицеллярных растворах ПАВ. Термодинамика солюбилизации, гидрофобный эффект.
34. Микроэмульсии. Классификация по Винзору.
35. Двойной электрический слой (ДЭС), причины его образования. Развитие представлений о строении ДЭС.
36. Теория строения двойного электрического слоя по Гуи-Чепмену. Уравнение Пуассона-Больцмана, результаты его интегрирования для слабо- и сильно заряженных поверхностей
37. Электрокинетические явления: электрофорез, электроосмос, потенциалы течения и оседания. Электрокинетический потенциал; граница скольжения. Вывод уравнения Гельмгольца-Смолуховского.
38. Влияние индифферентных и неиндифферентных электролитов на строение ДЭС и на электрокинетический потенциал. Перезарядка поверхности.
39. Закономерности ионного обмена между двойным слоем и объемом раствора. Уравнение Никольского; лиотропные ряды.
40. Конденсационные методы получения лиофобных дисперсных систем. Зависимость работы образования зародышей новой фазы от метастабильности исходной фазы. Работа образования критического зародыша при различных фазовых переходах.
41. Гетерогенное образование зародышей новой фазы: влияние смачивания и шероховатости поверхности на процесс нуклеации.

42. Агрегативная и седиментационная устойчивость лиофобных дисперсных систем. Процессы потери агрегативной устойчивости дисперсных систем, изменение энергии Гельмгольца.
43. Седиментационно-диффузионное равновесие.
44. Седиментационный анализ суспензий и эмульсий.
45. Расклинивающее давление и его составляющие. Молекулярная составляющая расклинивающего давления для симметричных и несимметричных пленок.
46. Расклинивающее давление и его составляющие. Электростатическая составляющая расклинивающего давления.
47. Теория ДЛФО.
48. Факторы агрегативной устойчивости лиофобных дисперсных систем.
49. Пены как типичные термодинамически неустойчивые дисперсные системы. Капиллярные эффекты в пенах. Синерезис. Факторы агрегативной устойчивости. Первичные и вторичные (ньютоновские) черные пленки. Применение пен.
50. Эмульсии. Получение и типы эмульсий. Принципы выбора эмульгатора. Факторы агрегативной устойчивости. Обращение фаз. Эмульсии Пикеринга.
51. Золи. Закономерности коагуляции гидрозолей электролитами. Эмпирическое правило Шульце-Гарди и его теоретическое обоснование в рамках теории ДЛФО.
52. Золи. Закономерности коагуляции гидрозолей электролитами. Критерий Эйлера-Корфа и его теоретическое обоснование в рамках теории ДЛФО. Зоны коагуляции.
53. Обратимость процесса коагуляции. Пептизация. Псевдолиофильные дисперсные системы.
54. Возникновение и развитие пространственных структур в дисперсных системах. Природы контактов между частицами образующихся структур. Коагуляционные структуры, их свойства.
55. Кристаллизационные структуры, процессы, приводящие к их формированию. Свойства кристаллизационных структур.
56. Предмет реологии. Основные реологические характеристики. Элементарные реологические модели (Гука, Ньютона, Кулона).
57. Реологические модели Бингама, Максвелла и Кельвина.
58. Реологические свойства свобододисперсных систем. Влияние объемной доли дисперсной фазы на вязкость (закон Эйнштейна). Аномалия вязкости для дисперсных систем с анизометричными частицами.
59. Реологические свойства связнодисперсных (структурированных) систем. Дифференциальная и эффективная вязкости. Полная реологическая кривая, ее описание на основе реологических моделей.
60. Связь прочности и удельной поверхностной энергии твердых тел. Вывод уравнения Гриффитса.
61. Эффект Ребиндера, термодинамические, кинетические и структурные условия его проявления.

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

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

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

<b>РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>	<b>ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ</b>
<p>Знать: теоретические основы главных разделов коллоидной химии: поверхностных явлений, образования и устойчивости дисперсных систем, механизмов и закономерностей процессов, протекающих в этих системах</p> <p>Знать: основные экспериментальные методы определения важнейших коллоидно-химических характеристик дисперсных систем: поверхностных, кинетических, электрокинетических, реологических</p> <p>Знать: способы аналитического описания поверхностных, кинетических, электрокинетических, реологических свойств дисперсных систем</p>	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
<p>Уметь: формулировать научные гипотезы при обсуждении литературных и собственных данных</p> <p>Уметь: выбирать коммуникативно приемлемый стиль делового общения, использовать необходимые языковые средства, тактики и стратегии для решения коммуникативных задач в академической и профессиональной сферах</p> <p>Уметь: работать с учебными и научными текстами разного уровня сложности, отвечающими задачам профессиональной деятельности</p> <p>Уметь: использовать знания, приобретенные в курсе коллоидной химии, для анализа и объяснения полученных экспериментальных результатов</p> <p>Уметь: выбирать адекватные модели для описания коллоидных систем</p>	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене

Уметь: оценить корректность результатов теоретических расчетов свойств коллоидных систем	
--	--