

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. декана химического факультета  
*А.С. Князев* А.С. Князев



«26» июля 2022 г.

Рабочая программа дисциплины

**Коллоидная химия**

по направлению подготовки

**04.03.01 Химия**

Направленность (профиль) подготовки:  
**«Химия»**

Форма обучения  
**Очная**

Квалификация  
**Бакалавр**

Год приема  
**2022**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.О.19

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

*В.В. Шелковников* В.В. Шелковников

Председатель УМК

*В.В. Хасанов* В.В. Хасанов

Томск – 2022

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

- ОПК-1. Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений;
- ОПК-2. Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-1.1. Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов.

ИОПК-1.2. Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии.

ИОПК-1.3. Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.

ИОПК-2.1. Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности.

ИОПК-2.2. Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик.

ИОПК-2.3. Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе.

ИОПК-2.4. Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования

## **2. Задачи освоения дисциплины**

- освоить начальные общепрофессиональные компетенции в области коллоидной химии, ознакомиться с поверхностными и реологическими свойствами дисперсных и коллоидных систем, а также с физико-химическими особенностями формирования коллоидных и дисперсных систем;

- научиться планировать и проводить химические эксперименты в области коллоидной химии, анализировать полученные результаты, делать выводы;

- получить базовые знания и навыки использования фундаментальных химических понятий при решении теоретических и экспериментальных задач по коллоидной химии.

## **3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Семестр 7, зачет, экзамен.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Коллоидная химия является логическим продолжением в цепи дисциплин по направлению «химия» по принципу от простого к сложному, а сама является основой для правильного осмысления базовых курсов бакалавров – степени идеальности жидкостей, газов, твердых растворов и их роли в реальных системах. Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам:

Б1.О.14 Неорганическая химия

Б1.О.15 Аналитическая химия

Б1.О.16 Органическая химия

Б1.О.17 Физическая химия  
Б1.О.18 Высокмолекулярные соединения  
Б1.О.08 Физика  
Б1.О.12 Строение вещества.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 часов, из которых:

- лекции: 32 ч.;
- семинарские занятия: 0 ч.
- практические занятия: 0 ч.;
- лабораторные работы: 64 ч.  
в том числе практическая подготовка: 64 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам**

**Тема 1.** Основные задачи и направления коллоидной химии. Классификация дисперсных систем: по размерам частиц дисперсной фазы, по агрегатному состоянию среды и фазы, по межфазному взаимодействию, лиофильные и лиофобные дисперсные системы, сходство и различие между ними и растворами высокомолекулярных веществ. Методы получения и молекулярные коллоиды. Специфические свойства дисперсных систем. Значение поверхностных явлений в таких системах. Краткий исторический обзор развития коллоидной химии. Основные пути современного развития коллоидной химии.

**Тема 2.** Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем. Броуновское движение. Диффузия. Осмотическое давление. Седиментационно-диффузионное равновесие. Седиментационный анализ.

**Тема 3.** Оптические свойства дисперсных систем. Рассеяние света дисперсными системами.

**Тема 4.** Поверхностные явления в дисперсных системах. Избыточная поверхностная энергия и пути ее уменьшения. Адсорбция. Основные понятия адсорбции. Классификации адсорбции. Экспериментальные зависимости в адсорбции. Адсорбция на границе раздела газ - твердое тело. Теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра. Потенциальная теория Поляни. Теория БЭТ. Определение удельной поверхности адсорбентов. Капиллярные явления в дисперсных системах. Уравнение Томсона-Кельвина. Капиллярная конденсация. Адсорбция на границе раздела газ - жидкость. Термодинамические функции поверхностного слоя. Метод избыточных величин Гиббса. Поверхностное натяжение. Правило Антонова. Вывод адсорбционного уравнения Гиббса. Поверхностно-активные и неактивные вещества (ПАВ и ПНВ). Применение уравнения Ленгмюра для адсорбции на границе раздела газ жидкость. Уравнение Шишковского. Правило Траубе-Дюкло. Поверхностные пленки. Весы Ленгмюра. Строение адсорбционных слоев. Адсорбция на границе твердое тело-раствор. Молекулярная адсорбция.

**Тема 5.** Электрические свойства дисперсных систем. Электрокинетические явления: электроосмос, электрофорез, потенциал течения, потенциал оседания. Причины возникновения электрокинетических явлений. Двойной электрический слой (ДЭС). Пути возникновения ДЭС. Теории строения ДЭС. Теория Гельмгольца-Перрена. Теория Гуи-Чепмена. Вывод основного уравнения. Расчет поверхностной плотности заряда. Эффективная толщина ДЭС. Теория Штерна. Влияние различных факторов на строение ДЭС. Современные представления о строении ДЭС. Определение электрокинетического

потенциала из электрофореза и электроосмоса. Практическое значение электрокинетических явлений.

**Тема 6.** Устойчивость и коагуляция дисперсных систем. Устойчивость лиофильных систем. Критерий Шукина-Ребиндера. Критические эмульсии. Коллоидные ПАВ. Критическая концентрация мицеллообразования. Солюбизация. Моющее действие коллоидных ПАВ. Устойчивость лиофобных систем. Агрегативная и кинетическая устойчивость. Коагуляция лиофобных систем. Кинетика быстрой коагуляции. Теория устойчивости лиофобных систем. Теория ДЛФО. Расклинивающее давление. Расчет составляющих расклинивающего давления. Два типа коагуляции по Дерягину: концентрационная и нейтрализационная. Объяснение правила Шульце-Гарди в теории ДЛФО. Адсорбционно-сольватный барьер.

**Тема 7.** Дисперсные системы: золи, эмульсии, суспензии, пены. Общие характеристики аэрозолей, порошков, лиозолей, суспензий, эмульсий и пен. Устойчивость дисперсных систем. Особенности стабилизации и разрушения конкретных дисперсных систем с различным агрегатным состоянием фаз аэрозолей, гидрозолей и суспензий, эмульсий, пен. Агрегативная устойчивость. Примеры практического использования суспензий, лиозолей, эмульсий, пен и аэрозолей.

**Тема 8.** Структурно-механические и реологические свойства дисперсных систем. Простейшие модели механического поведения систем. Реологические модели дисперсных систем. Структурообразование в дисперсных системах. Вязкость дисперсных систем. Адсорбционное понижение твердости тел. Эффект Ребиндера

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости лабораторных работ, тестов по лекционному материалу, выполнения домашних заданий, а также контроля знаний в виде коллоквиумов по темам курса, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

**Экзамен в седьмом семестре** проводится в устной форме по билетам. К экзамену допускаются студенты, прошедшие аттестацию и получившие зачет по результатам текущего контроля. Экзаменационный билет состоит из трех частей.

Первая часть представляет собой один вопрос, проверяющий ИОПК-1.2. Ответ на вопрос второй части дается в развернутой форме.

Вторая часть содержит один вопрос, проверяющий ИОПК-1.3. Ответ на вопрос второй части дается в развернутой форме.

Третья часть содержит одну задачу, проверяющую ИОПК-1.1. Ответы на третью часть предполагают решение задач и краткую интерпретацию полученных результатов.

Перечень теоретических вопросов

1. Классификация дисперсных систем: по размерам частиц дисперсной фазы; по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды; по интенсивности межфазного взаимодействия; по подвижности частиц дисперсной фазы.
2. Оптические свойства дисперсных систем.
3. Рассеяние света, уравнение Рэлея и анализ его, условия применимости уравнения.
4. Методы исследования, основанные на светорассеянии: нефелометрия, ультрамикроскопия, турбидиметрия.
5. Поглощение света и окраска золей.
6. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем.
7. Универсальность молекулярно-кинетических свойств истинных растворов и дисперсных систем.

8. Броуновское движение. Связь между средним сдвигом частиц и коэффициентом диффузии. Закон Эйнштейна–Смолуховского.
9. Особенности диффузии в коллоидных системах. Закон Фика и анализ его.
10. Осмотические явления в коллоидных системах и их роль в биологических объектах.
11. Седиментационно–диффузионное равновесие. Гипсометрический закон, анализ уравнения и условия его применения.
12. Седиментация и седиментационный анализ. Условия соблюдения закона Стокса при седиментации.
13. Методы и приемы седиментационного анализа. Математическая обработка кривых оседания.
14. Интегральные и дифференциальные кривые распределения частиц по размерам и их анализ.
15. Получение дисперсных систем. Методы конденсации, диспергирования, пептизации.
16. Адсорбция. Основные понятия: адсорбция, адсорбент, адсорбат, количественная характеристика адсорбции, теплота адсорбции.
17. Классификации адсорбции: по агрегатному состоянию соприкасающихся фаз, по природе сил, действующих между адсорбатом и адсорбентом. Критерии физической и химической адсорбции. Природа адсорбционных сил.
18. Адсорбция на границе газ – твердое тело. Теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра. Основные положения теории, физический смысл постоянных, анализ уравнения. Проверка теории Ленгмюра по критериям Брунауэра.
19. Теория полимолекулярной адсорбции Поляни. Основные положения. Адсорбционный потенциал, адсорбционный объем и способы их расчета. Характеристическая кривая и ее свойства. Проверка теории по критериям Брунауэра.
20. Теория полимолекулярной адсорбции БЭТ. Основные положения. Модель адсорбционного слоя по БЭТ. Физический смысл постоянных.
21. Определение удельной поверхности. Применение уравнения БЭТ для описания изотерм адсорбции различных типов. Проверка теории по критериям Брунауэра.
22. Капиллярные явления и капиллярная конденсация. Классификация адсорбентов по размерам пор. Внутреннее давление и кривизна поверхности.
23. Уравнение Томсона–Кельвина и его анализ. Влияние кривизны поверхности на давление насыщенного пара над ней.
24. Причины возникновения и особенности капиллярной конденсации. Причины появления петли гистерезиса на изотермах адсорбции и десорбции.
25. Адсорбция на границе раздела газ – жидкость. Термодинамика поверхностного слоя. Поверхностные избытки Гиббса.
26. Фундаментальное уравнение Гиббса для поверхностного слоя. Поверхностное натяжение и его физический смысл.
27. Методы измерения поверхностного натяжения.
28. Адсорбционное уравнение Гиббса. Поверхностно-активные (ПАВ) и поверхностно-инактивные вещества и их свойства.
29. Изотермы поверхностного натяжения и изотермы адсорбции для ПАВ и поверхностно-инактивных веществ.
30. Расчет величины адсорбции по изотерме поверхностного натяжения. Поверхностная активность.
31. Строение поверхностного слоя ПАВ на границе газ – жидкость и расчет с помощью уравнения Ленгмюра осевой длины и поперечного сечения молекулы ПАВ.
32. Уравнение Шишковского, физический смысл постоянных; связь уравнения Шишковского с уравнениями Ленгмюра и Гиббса.

33. Влияние строения ПАВ на поверхностную активность, правило Траубе–Дюкло и границы его применимости.
34. Поверхностные пленки, экспериментальные методы изучения пленок на границе газ – жидкость, практическое значение пленок.
35. Адсорбция на границе раздела твердое тело – раствор. Молекулярная адсорбция из растворов.
36. Основные типы изотерм адсорбции для разбавленных растворов, уравнения Ленгмюра и Фрейндлиха.
37. Адсорбция из бинарных растворов, уравнение Гиббса, изотермы адсорбции Шаю. Адсорбционная азеотропия.
38. Основные особенности молекулярной адсорбции из растворов: скорость адсорбции, влияние температуры, правило уравнивания полярностей Ребиндера, правило Траубе.
39. Причины возникновения двойного электрического слоя (ДЭС). Экспериментальные данные, полученные при изучении электрокинетических явлений: электрический потенциал поверхности относительно жидкой дисперсионной среды (термодинамический потенциал), электрокинетический потенциал (дзета-потенциал) и соотношения между ними.
40. Теории строения двойного электрического слоя (ДЭС).
41. Теория Гельмгольца–Перрена. Строение ДЭС, соотношение между электрическим потенциалом поверхности ( $\phi_0$ ) и электрокинетическим потенциалом ( $\zeta$ ). Противоречия теории.
42. Теория Гуи–Чепмена. Задачи и основные положения теории. Строение ДЭС по теории Гуи–Чепмена.
43. Сопоставление емкости ДЭС, рассчитанной по теории Гуи–Чепмена и экспериментальным данным.
44. Эффективная толщина ДЭС, физический смысл этой величины и факторы, влияющие на нее. Ограничения теории Гуи–Чепмена.
45. Теория Штерна. Основные положения теории, адсорбционный потенциал, строение двойного электрического слоя по Штерну.
46. Расчет поверхностной плотности заряда. Современное состояние теории строения ДЭС.
47. Влияние электролитов на двойной электрический слой.
48. Определение электрокинетического потенциала из скорости электрофореза и электроосмоса.
49. Специфические особенности дисперсных систем. Избыточная поверхностная энергия ( $G^s$ ) и пути ее уменьшения. Устойчивость дисперсных систем.
50. Лиофильные системы. Условие самопроизвольного диспергирования. Критерий Щукина–Ребиндера.
51. Критические эмульсии – как лиофильные системы, мицеллообразующие ПАВ. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ).
52. Определение ККМ. Солюбилизация.
53. Лиофобные системы. Устойчивость лиофобных систем. Агрегативная и кинетическая устойчивость.
54. Способы укрупнения частиц дисперсной фазы: изотермическая перегонка и агрегация частиц.
55. Факторы, влияющие на устойчивость лиофобных систем. Влияние электролитов на устойчивость.
56. Особенности электролитной коагуляции, правило Шульце–Гарди.
57. Теория коагуляции лиофобных зольей электролитами. Задачи теории коагуляции. Теория коагуляции ДЛФО.

58. Расклинивающее давление и его составляющие: молекулярная ( $P_M$ ), электростатическая ( $P_E$ ), структурная ( $P_{стр}$ ) и адсорбционная ( $P_A$ ). Краткая характеристика каждой составляющей.
59. Электростатическая составляющая расклинивающего давления. Энергия отталкивания частиц. Факторы, влияющие на энергию отталкивания.
60. Энергия притяжения между частицами. Дисперсионные силы. Особенности дисперсионного взаимодействия.
61. Общие уравнения ДЛФО. Формы результирующих кривых.
62. Концентрационный тип коагуляции. Влияние заряда коагулирующего иона на порог коагуляции. Закон Дерягина–Ландау.
63. Нейтрализационный тип коагуляции. Влияние заряда коагулирующего иона на порог коагуляции. Критерий Эйлера–Корфа.
64. Адсорбционно-сольватный барьер.
65. Обратимость коагуляции. Пептизация.
66. Аэрозоли. Что является дисперсной фазой и дисперсионной средой в таких системах? Классификация аэрозолей. Как образуются аэрозоли? Чем обусловлены лиофобность и агрегативная неустойчивость аэрозолей?
67. Специфические свойства аэрозолей. Что такое число Кнудсена? С какой особенностью аэрозолей оно связано? Каково его значения для аэрозольных систем с разными размерами частиц дисперсной фазы? Методы разрушения аэрозолей.
68. Аэрозоли в природе, промышленности, в повседневной жизни.
69. Пены. Дисперсная фаза и дисперсионная среда в пенах. Что такое кратность пены? Какие значения она принимает и о чем свидетельствует? Как устроены ячейки пены? Каналы Гиббса–Плато в пенах с разной кратностью.
70. От чего зависит качество пены? Пенные пленки. Методы получения и разрушения пены. Использование пен в различных областях.
71. Суспензии. В чем заключается отличие суспензий от коллоидных систем? Чем обусловлена агрегативная устойчивость суспензий?
72. Броуновское движение, осмотическое давление в суспензиях. Коагуляция и флокуляция в суспензиях.
73. Эмульсии. Какие системы называются эмульсиями? Место эмульсий среди дисперсных гетерогенных систем. По каким признакам классифицируются эмульсии? Типы эмульсий. Как можно определить тип эмульсии?
74. Обращение фаз эмульсий? Особенности лиофобных эмульсий. Методы получения эмульсий. Какие вещества используются для получения устойчивых эмульсий? Почему эмульсия без эмульгатора неустойчива? Каков механизм действия эмульгатора? Методы разрушения эмульсий.
75. Физико–химическая механика как наука о механическом поведении дисперсных систем. Объекты и методы исследования этой науки.
76. Описание поведения систем с точки зрения реологии. Напряжение сдвига, его составляющие: нормальная и тангенциальная. Относительная деформация сдвига.
77. Простейшие модели механического поведения систем: а) упругое поведение (идеально упругое тело), закон Гука; б) вязкое поведение (идеально вязкое тело), закон Ньютона; в) пластичность (идеально пластическое тело Кулона). Реологические модели дисперсных систем (модель Максвелла, модель Кельвина, модель Бингама).
78. Структурообразование в дисперсных системах.
79. Свободнодисперсные и связнодисперсные системы, структурированные жидкости.
80. Коагуляционные и фазовые контакты в дисперсных системах.
81. Коагуляционные (тиксотропно-обратимые) структуры и конденсационно-кристаллизационные структуры (с фазовыми контактами), их свойства.
82. Вязкость систем, коэффициент вязкости, единицы измерения.

83. Методы измерения вязкости.
84. Ньютоновские (нормальные) и неньютоновские (аномальные) жидкости. Их кривые течения.
85. Вязкость дисперсных систем. Эффективная вязкость.
86. Структурная вязкость. Уравнение Бингама.
87. Зависимость вязкости дисперсных систем от концентрации дисперсной фазы. Уравнение Эйнштейна.
88. Структурно-механические свойства твердых тел. Взаимодействие со средой сплошных твердых тел. Адсорбционное понижение прочности (эффект Ребиндера).

#### Примеры задач

1. Аэрозоль ртути сконденсировался в виде большой капли объемом  $3,5 \text{ см}^3$ . Определите, насколько уменьшилась поверхностная энергия ртути, дисперсность аэрозоля составляла  $10 \text{ мкм}^{-1}$ . Поверхностное натяжение ртути примите равным  $0,475 \text{ Дж/м}^2$ . (99,75 Дж)
2. Рассчитайте радиус частиц гидрозоля золота, если после установления седиментационно-диффузионного равновесия при 293 К на высоте  $h = 8,56 \text{ см}$  концентрация частиц изменилась в 2,5 раз. Плотность золота  $\rho = 19,3 \text{ г/см}^3$ , плотность воды  $\rho_0 = 1,0 \text{ г/см}^3$ . ( $3,9 \cdot 10^{-9} \text{ м}$ )
3. Для частицы радиусом  $27 \cdot 10^{-7} \text{ см}$  величина среднего смещения составляет  $1 \cdot 10^{-4} \text{ см}$ . Какое смещение будет иметь частица радиусом в  $52 \cdot 10^{-7} \text{ см}$ , находящаяся в той же среде и при той же температуре? ( $0,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ )
4. Рассчитайте электрокинетический потенциал частиц бентонитовой глины по результатам электрофореза при следующих условиях: расстояние между электродами 25 см, напряжение 100 В, за 15 мин частицы перемещаются на 6 мм к аноду, относительная диэлектрическая проницаемость среды 78,2 (при 298 К), вязкость среды  $8,94 \cdot 10^{-4} \text{ Па}\cdot\text{с}$ . (21 мВ)
5. Предполагается, что изотерма адсорбции описывается уравнением Ленгмюра. ( $0,51 \text{ нм}^2$ )
6. Для коагуляции  $10 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$  золя AgI требуется  $0,45 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$  раствора  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ . Концентрация электролита равна  $0,05 \text{ кмоль/м}^3$ . Найдите порог коагуляции золя. ( $2,15 \cdot 10^{-3} \text{ кмоль/м}^3$ )
7. Вычислите величину среднего смещения частицы гидрозоля Ag за 10 с, если радиус частицы  $5 \cdot 10^{-6} \text{ см}$ , вязкость среды 0,01 пуаз и температура  $20^\circ\text{C}$ . Каков коэффициент диффузии частиц в этом гидрозоле? ( $9,26 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ ;  $4,29 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2/\text{с}$ )
8. Для гидрозоля  $\text{Al}_2\text{O}_3$  рассчитайте высоту, на которой концентрация частиц уменьшится в 2,7 раза. Дисперсность фазы гидрозоля составляет  $10^9 \text{ м}^{-1}$ , плотность  $\text{Al}_2\text{O}_3$   $4 \text{ г/см}^3$ , плотность дисперсионной среды  $1 \text{ г/см}^3$ , температура 293 К. Частицы сферические. (1,2 м)
9. Определите поверхностное натяжение бензола при 293, 313 и 343 К. Примите, что полная поверхностная энергия не зависит от температуры и для бензола равна  $61,9 \text{ мДж/м}^2$ . Температурный коэффициент для поверхностного натяжения равен  $-0,13 \text{ мДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . ( $23,8 \cdot 10^{-3}$ ;  $21,2 \cdot 10^{-3}$  и  $17,3 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$ )
10. Частицы аэросила  $\text{SiO}_2$  в водной среде при  $\text{pH} = 6,2$  имеют электрокинетический потенциал, равный  $-34,7 \cdot 10^{-3} \text{ В}$ . На какое расстояние и к какому электроду сместятся частицы за 30 мин, если напряжение в приборе для электрофореза 110 В, расстояние между электродами 25 см, относительная диэлектрическая проницаемость среды 80,1, вязкость  $1 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ . ( $1,95 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ )
11. Какое количество раствора  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  концентрации  $0,01 \text{ кмоль/м}^3$  требуется для коагуляции  $1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  золя  $\text{As}_2\text{O}_3$ ? Порог коагуляции  $96 \cdot 10^{-6} \text{ кмоль/м}^3$  (9,6 мл)
12. Рассчитайте полную поверхностную энергию 6 г эмульсии бензола в воде с концентрацией 40 % (масс.) и дисперсностью  $5 \text{ мкм}^{-1}$  при температуре 303 К.



- Плотность бензола  $0,858 \text{ г/см}^3$ ; межфазное поверхностное натяжение  $26,13 \text{ мДж/м}^2$ , а температурный коэффициент поверхностного натяжения бензола равен  $-0,13 \text{ мДж/(м}^2 \cdot \text{К)}$ . (5,5 Дж)
13. Рассчитайте электрофоретическую скорость передвижения частиц золя сульфида мышьяка по следующим данным:  $\zeta$ -потенциал частиц равен  $-42,3 \text{ мВ}$ , расстояние между электродами  $0,4 \text{ м}$ , внешняя разность потенциалов  $149 \text{ В}$ , вязкость среды  $1 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ , относительная диэлектрическая проницаемость  $80,1$ . ( $10,5 \text{ мкм/с}$ )
  14. Порог коагуляции отрицательно заряженного гидрозоля  $\text{As}_2\text{S}_3$  под действием  $\text{KCl}$  равен  $4,9 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}$ . С помощью правил Шульце–Гарди и Дерягина–Ландау для этого золя рассчитайте пороги коагуляции, вызываемой следующими электролитами:  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{AlCl}_3$  и  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .
  15. Вычислите средний диаметр частиц гидрозоля золота, если подсчет числа частиц в двух слоях, удаленных друг от друга на  $0,1 \text{ мм}$ , дал в верхнем слое  $408$  штук, а в нижнем  $779$ . Плотность золота  $19,3 \text{ г/см}^3$ , температура  $19^\circ\text{C}$ . ( $6,5 \cdot 10^{-8} \text{ м}$ )
  16. Осмотическое давление гидрозоля золота с концентрацией  $2 \text{ кг/м}^3$  при  $253 \text{ К}$  равно  $374 \text{ Па}$ . Рассчитайте коэффициент диффузии частиц в этих условиях, если плотность золота  $19,3 \text{ г/см}^3$ , вязкость среды  $1 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ . Форма частиц сферическая. ( $3,1 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$ )
  17. Для определения поверхностного натяжения воды взвешивают капли, отрывающиеся от капилляра, и измеряют диаметр шейки капли в момент ее отрыва. Оказалось, что масса  $318$  капель воды равна  $5 \text{ г}$ , а диаметр шейки капли  $0,7 \text{ мм}$ . Рассчитайте поверхностное натяжение воды. ( $70,17 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$ )
  18. Рассчитайте величину  $\zeta$ -потенциала на границе водный раствор  $\text{KCl}$  – мембрана из полистирола. В процессе электроосмоса объемная скорость равнялась  $15 \cdot 10^{-10} \text{ м}^3/\text{с}$ , сила тока  $I = 7 \cdot 10^{-3} \text{ А}$ , удельная электрическая проводимость среды  $\chi = 9 \cdot 10^{-2} \text{ ом}^{-1}\text{м}^{-1}$ , вязкость  $\eta = 10^{-3} \text{ Н}\cdot\text{с/м}^2$ , относительная диэлектрическая проницаемость  $\epsilon = 81$ , электрическая константа  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ . ( $26,9 \text{ мВ}$ )
  19. Рассчитайте время, за которое сферические частицы стекла оседают в воде на расстояние  $1 \text{ см}$ , если дисперсность частиц  $0,1 \text{ мкм}^{-1}$ , плотность дисперсной фазы и дисперсионной среды соответственно равны  $2,4$  и  $1,0 \text{ г/см}^3$ . Вязкость дисперсионной среды  $1 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ . ( $131 \text{ с}$ )
  20. Пользуясь уравнением Релея, сравните интенсивности рассеянного дисперсной системой света при освещении синим светом ( $\lambda_1 = 410 \text{ нм}$ ) и красным светом ( $\lambda_2 = 630 \text{ нм}$ ). Интенсивности падающих монохроматических пучков света одинаковы. ( $5,57$ )
  21. Вычислите удельную поверхность  $1 \text{ кг}$  угольной пыли с диаметром частиц, равным  $0,08 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ . Плотность угля  $1,8 \text{ кг/м}^3$ . ( $4,17 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{кг}$ )
  22. Рассчитайте электрокинетический потенциал поверхности частиц бентонитовой глины по результатам электрофореза при следующих условиях: расстояние между электродами  $25 \text{ см}$ , напряжение  $110 \text{ В}$ , за  $15 \text{ мин}$  частицы перемещаются на  $6 \text{ мм}$  к аноду, относительная диэлектрическая проницаемость среды  $78,2$  (при  $298 \text{ К}$ ), вязкость  $8,94 \cdot 10^{-4} \text{ Па}\cdot\text{с}$ . ( $21,5 \text{ мВ}$ )
  23. Вычислите радиус частицы золя золота, если за  $1 \text{ мин}$  частица переместилась на  $10,65 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ . Температура опыта  $393 \text{ К}$ , вязкость среды  $0,0105 \text{ Па}\cdot\text{с}$ . ( $2,9 \cdot 10^{-8} \text{ м}$ )
  24. Рассчитайте, на какой высоте от дна сосуда при установившемся равновесии концентрация гидрозоля сульфида мышьяка уменьшится вдвое, если средний диаметр частиц  $1 \cdot 10^{-8} \text{ м}$ , плотность частиц  $1,9 \text{ г/см}^3$ , плотность среды  $1 \text{ г/см}^3$ . Температура  $290 \text{ К}$ . ( $5,89 \text{ м}$ )
  25. Гидрозоль золота состоит из частиц диаметром  $2 \cdot 10^{-7} \text{ см}$  и находится при температуре  $27^\circ\text{C}$ . На какой высоте от дна число частиц в золе уменьшится в  $2$  раза. Плотности золя и частиц золота соответственно равны  $1$  и  $19,3 \text{ г/см}^3$ . ( $3,82 \text{ м}$ )

26. Вязкость глицерина при  $67^{\circ}\text{C}$  равна  $0,001 \text{ Па}\cdot\text{с}$ . Какова величина среднего смещения частицы глицерозоля радиусом  $100 \text{ мкм}$  в течение  $10 \text{ с}$ , и чему равен коэффициент диффузии золя при этой температуре? ( $0,7 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ ;  $2,5 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2/\text{с}$ )
27. Во сколько раз поверхностная энергия золя серебра, имеющего частицы кубической формы с длиной ребра  $2 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ , меньше, чем у золя серебра с частицами с длиной ребра  $8 \cdot 10^{-8} \text{ м}$ ? В  $1 \text{ л}$  воды диспергировано одно и то же количество серебра –  $1 \text{ см}^3$ . (2,5 раза)
28. Запишите строение мицеллы гидрозоля бромида серебра, полученного при взаимодействии разбавленного раствора азотнокислого серебра с избытком  $\text{KBr}$ . Как изменится строение мицеллы, если этот гидрозоль получить при взаимодействии сильно разбавленного раствора  $\text{KBr}$  с избытком  $\text{AgNO}_3$ .
29. Рассчитайте  $\zeta$ -потенциал для суспензии кварца в воде. При электрофорезе частицы перемещаются к аноду; смещение границы составило  $5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$  за  $180 \text{ с}$ ; градиент напряжения внешнего поля  $H = 100 \text{ В/м}$ ; диэлектрическая проницаемость среды  $\epsilon = 81$ ; электрическая константа  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ ; вязкость среды  $\eta = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ . (38,75 мВ)
30. Определите поверхностную энергию ( $G^S$ ) капле водяного тумана массой  $10 \text{ г}$  при  $298 \text{ К}$ , если поверхностное натяжение воды  $72,35 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$ , плотность воды  $1,0 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ , радиус капле  $2 \cdot 10^{-8} \text{ м}$ . (109 Дж)
31. Рассчитайте электрофоретическую скорость передвижения частиц золя  $\text{As}_2\text{S}_3$  по следующим данным:  $\zeta = -42,3 \text{ мВ}$ , расстояние между электродами  $0,4 \text{ м}$ , внешняя разность потенциалов  $149 \text{ В}$ , вязкость среды  $1 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ , относительная диэлектрическая проницаемость среды  $80,1$ . ( $1,1 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}$ )
32. Золя гидроксида железа (3) получен при добавлении к  $85 \text{ мл}$  кипящей дистиллированной воды  $15 \text{ мл}$  2% раствора  $\text{FeCl}_3$ . Напишите формулу мицеллы золя  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , учитывая, что при образовании частиц гидроксида железа (3) в растворе присутствуют ионы  $\text{Fe}^{+3}$ ,  $\text{Cl}^-$ . Как заряжены частицы золя? Проверьте правило Шульце–Гарди, если порог коагуляции, вызываемый  $\text{KF}$ , равен  $0,02 \text{ моль/л}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4 - 3,12 \cdot 10^4 \text{ моль/л}$ ,  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6 - 2,74 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л}$ .
33. 56. Определите энергию Гиббса поверхности  $5 \text{ г}$  тумана воды, если поверхностное натяжение капле жидкости составляет  $71,96 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$ , а дисперсность частиц  $60 \text{ мкм}^{-1}$ . Плотность воды примите равной  $0,997 \text{ г/см}^3$ . (130 Дж)
34. Для гидрозоля золота рассчитайте высоту, на которой концентрация частиц уменьшится в  $2,7$  раза. Форма частиц сферическая, дисперсность гидрозоля равна  $10^9 \text{ м}^{-1}$ , плотность золота  $19,3 \text{ г/см}^3$  плотность дисперсионной среды  $1 \text{ г/см}^3$ , температура  $293 \text{ К}$ . (43,1 м)
35. Вычислите величину электрокинетического потенциала на границе кварцевое стекло – водный раствор хлорида калия. Если в процессе электроосмоса были получены следующие данные: сила тока  $I = 4 \cdot 10^{-4} \text{ А}$ , время переноса объема раствора, равного  $V = 1 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3$  составляет  $12,4 \text{ с}$ . Удельная электрическая проводимость среды  $\kappa = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ См/см}$ . Относительная диэлектрическая проницаемость  $\epsilon = 81$ , вязкость среды  $\eta = 1 \cdot 10^{-3} \text{ н}\cdot\text{с/м}^2$  (50,6 мВ)
36. Рассчитайте время, за которое сферические частицы стекла в воде оседают на расстояние  $1 \text{ см}$ , если дисперсность частиц  $0,1 \text{ мкм}^{-1}$ , плотность дисперсной фазы и дисперсионной среды соответственно равны  $2,4$  и  $1,0 \text{ г/см}^3$ . (131 с)
37. Длина волны красного света равна  $760 \text{ нм}$ , а синего света –  $430 \text{ нм}$ . В каком случае интенсивность рассеянного света будет больше и во сколько раз? (9,75)
38. Число сферических частиц в определенном объеме гидрозоля золота, находящегося в равновесии в поле силы тяжести, равно  $386$ . Чему равно число частиц в слое,

- лежащем на 0,1 мм выше, если частицы имеют средний радиус  $6,6 \cdot 10^{-6}$  см, температура раствора 292 К, а плотность золота  $19,3 \text{ г/см}^3$ ? (198)
39. Осмотическое давление 0,1% раствора каучука в бензоле 400 Па при 292 К, плотность бензола  $0,88 \text{ г/см}^3$ . Чему равна молекулярная масса частиц каучука? (5341 г/моль)
40. Найдите величину  $\xi$ -потенциала коллоидных частиц  $\text{A}(\text{OH})_3$ , если при электрофорезе за 30 мин. граница сместилась на 5,4 см. напряженность электрического поля  $H = 8 \cdot 10^2 \text{ В/м}$ . Относительная диэлектрическая проницаемость  $\epsilon = 81$ , вязкость среды  $\eta = 1 \cdot 10^{-3} \text{ н·с/м}^2$ . (52 мВ)
41. Смещение частицы, находящейся в броуновском движении в воздухе в 8 раз, а в водороде в 15 раз больше, чем в воде. Приняв вязкость воды равной  $0,01 \text{ Па·с}$ , определите вязкость воздуха и водорода ( $1,56 \cdot 10^{-4}$ ;  $4,4 \cdot 10^{-5} \text{ Па·с}$ )
42. Определите поверхностную энергию Гиббса капле водяного тумана массой 5 г при 293 К, если поверхностное натяжение воды равно  $72,75 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$ , плотность воды  $0,998 \text{ г/см}^3$ , дисперсность частиц  $D = 50 \text{ мкм}^{-1}$  (109 Дж)
43. 71. Вычислите электрокинетический потенциал золя свинца в метиловом спирте, если за 100 мин уровень раствора переместился на 0,011 см, а напряженность поля  $50 \text{ В/м}$ . Вязкость золя  $0,00612 \text{ пуаз}$ , диэлектрическая постоянная среды 34. (74 мВ)
44. Золя ртути состоит из шариков диаметром  $1 \cdot 10^{-8} \text{ м}$ . Чему равна суммарная поверхность и поверхностная энергия частиц, образующихся из 1 г ртути. Плотность ртути  $13,56 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ , поверхностное натяжение ртути  $0,475 \text{ Дж/м}^2$ . (21 Дж)
45. Какой объем раствора  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  концентрации 0,01 моль/л требуется для коагуляции  $10^{-3} \text{ м}^3$  золя  $\text{As}_2\text{O}_3$ ? Порог коагуляции равен  $96 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л}$ . ( $10 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ )

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» выставляется студенту, если даны полные и правильные ответы на все вопросы экзаменационного билета в соответствии с требованиями, предъявляемыми программой; содержание ответа изложено логично и последовательно; существенные фактические ошибки отсутствуют; ответ соответствует нормам русского литературного языка. Студент должен дать исчерпывающие и правильные ответы на уточняющие и дополнительные вопросы экзаменатора по теме вопросов билета.

Оценка «хорошо» выставляется студенту в случае, когда содержание ответа, в основном, соответствует требованиям, предъявляемым к оценке «отлично», т. е. даны полные правильные ответы на вопросы экзаменационного билета с соблюдением логики изложения материала, но при ответе допущены небольшие ошибки и погрешности, не имеющие принципиального характера. Оценка «хорошо» должна выставляться студенту, недостаточно четко и полно ответившему на уточняющие и дополнительные вопросы экзаменатора.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, не показавшему знания в полном объеме, допустившему ошибки и неточности при ответе на вопросы экзаменационного билета, продемонстрировавшему неумение логически выстроить материал ответа и сформулировать свою позицию. При этом хотя бы по одному из вопросов ошибки не должны иметь принципиального характера.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не дал ответа хотя бы на один вопрос экзаменационного билета; дал неверные, содержащие фактические ошибки, ответы на все вопросы; не смог ответить более, чем на половину дополнительных и уточняющих вопросов экзаменатора. Неудовлетворительная оценка выставляется студенту, отказавшемуся отвечать на вопросы билета.

### 11. Учебно-методическое обеспечение

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=28531>
- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.
- в) План практических занятий по дисциплине.
- г) Методические указания по проведению лабораторных работ.
- д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

### 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

#### а) основная литература:

1. Щукин Е. Д., Перцев А. В., Амелина Е. А. «Коллоидная химия» – М : Издательство Юрайт, 2012, 2022. URL: <https://urait.ru/book/cover/07693128-6389-486B-AA16-469931D41204>
2. Сумм Б. Д. «Основы коллоидной химии», Обр.-изд. Центр «Академия», 2013.
3. Яковлева А. А. «Коллоидная химия : учебное пособие для вузов» : Учебное пособие. – М. : Издательство Юрайт, 2022. URL: <https://urait.ru/book/cover/B8F87B8B-F149-4352-B74B-5306A3A1D768>
4. Фридрихсберг А. Д. «Курс коллоидной химии», 2021 г .  
<https://e.lanbook.com/book/176683>
5. Воюцкий С. С. «Курс коллоидной химии» – М., Изд. «Химия»1975г 2 экз + ЭВ
6. Шиляева Л. П., Н. Н. Судакова, В. Н. Белоусова, Т. С. Минакова, Г. В. Мамонтов «Практические работы по коллоидной химии», Изд. Дом. ТГУ, 2015. URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000511339>

#### б) дополнительная литература:

1. Colloid Process Engineering electronic resource /edited by Matthias Kind, Wolfgang Peukert, Heinz Rehage, Heike P. Schuchmann. Cham : Springer International Publishing : Imprint: Springer, 2015.
2. Colloidal Dispersions Under Slit-Pore Confinement electronic resource /by Yan Zeng. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg : Imprint: Springer, 2012.

#### в) ресурсы сети Интернет:

1. Материалы лекционных курсов по коллоидной химии МГУ  
<http://bookre.org/reader?file=470898>
2. Материалы лекционных курсов по коллоидной химии Белорусского университета  
<http://elib.bsu.by/handle/123456789/9885>
3. <http://www.twirpx.com/file/269909> электронная версия лекций В.Д. Сумма

### 13. Перечень информационных технологий

#### а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
- публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

#### б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –  
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –  
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

#### **14. Материально-техническое обеспечение**

- Лекционная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием для демонстрации презентаций, слайдов и компьютерной анимации (аудитория № 311 6-го учебного корпуса ТГУ); аудитории имеется интерактивная доска;
- Лабораторная аудитория (№ 211, 6-го учебного корпуса ТГУ).

Все лаборатории оснащены вытяжными шкафами, стеклянной и фарфоровой лабораторной посудой, измерительным инструментом (торсионные весы, тензиометр, установка Ребиндера, ультразвуковая ванна, термометры, и т.д.). Кроме того, в лабораториях имеется нагревательное оборудование (электроплитки и термостатирующие шкафы), оборудование для фильтрации, встряхиватели, мешалки с магнитным приводом и другое оборудование.

Учебный процесс по дисциплине «Коллоидная химия» поддерживается самым современным оборудованием для работы с дисперсными и коллоидными системами.

#### **15. Информация о разработчиках**

Сидорова Ольга Ивановна, канд. хим. наук, кафедра физической и коллоидной химии Национального исследовательского Томского государственного университета, доцент.