

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Московский государственный университет леса

А.Н. Иванкин, О.П. Прошина

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ И ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ.
ПРАКТИКУМ

Учебное пособие

Под редакцией профессора А.Д. Неклюдова



Издательство Московского государственного университета леса
Москва – 2016

УДК 541.18

И18 Иванкин, А.Н. Поверхностные явления и дисперсные системы. Практикум: учеб. пособие для студентов спец. 180301 / А. Н. Иванкин, О.П. Прошина. – М.: МГУЛ, 2016. – 36 с.

В учебном пособии представлено описание основных методик экспериментов, выполняемых на практических занятиях студентами при изучении курса «Поверхностные явления и дисперсные системы». Рекомендуется для изучения данной дисциплины студентами, обучающимися по направлению подготовки «Химическая технология», спец. «Технология химической переработки древесины», специализация «Технология целлюлозных композитных материалов и изделий», «Технология древесных плит и пластиков» и других технических специальностей лесного комплекса на очной, заочной и вечерней формах обучения.

Рецензенты: профессор И. А. Ямсков, зав. лабораторией физиологически активных биополимеров ИНЭОС им. А.Н. Несмеянова РАН;

профессор Г.Н. Кононов, кафедра химической технологии древесины и полимеров

Кафедра химии и биотехнологии лесного комплекса

Авторы: Андрей Николаевич Иванкин, д.х.н., профессор;
Ольга Петровна Прошина, к.х.н., доцент

ISBN

© Иванкин А. Н., Прошина О.П. 2016
© Московский государственный университет леса, 2016

Введение

Известно, что математика, химия, физика и биология играют важнейшую роль на всех ступенях образования независимо от его профиля: в общеобразовательной и профессионально-технической, средней специальной и особенно высшей школе, равно как и в системе повышения квалификации специалистов. Знание экспериментальных естественных наук, в частности коллоидной химии, приобретенное в высшей школе, становится все более необходимым в профессиональной деятельности и, в особенности, при реализации полученных знаний, которые, кроме того, нуждаются в постоянном обновлении и углублении.

При изучении точных наук большое значение имеет лабораторный практикум. Известно, что правильно поставленный эксперимент позволяет не только проследить закономерности протекания процессов, но и запомнить свойства веществ. Кроме того, практические работы способствуют выработке методологии не только технического, но и философского мышления. Как показывает практика, в ходе проведения лабораторных занятий складываются определенные навыки восприятия определенных жизненных явлений, организации рабочих мест, сборки приборов, соблюдения правил техники безопасности и т.д.

Практикум составлен по учебному курсу «Поверхностные явления и дисперсные системы», читаемому студентам 3 курса МГУ леса спец. 2603 в объеме 140 часов, предметом рассмотрения которого является классическая коллоидная химия. Он призван помочь студентам в выполнении экспериментов. Разнообразные лабораторные и практические работы, представленные в издании, способствуют выбору методик при решении конкретных задач технологического характера.

Несмотря на имеющиеся издания аналогичных учебных пособий, во многих из них приведены устаревшие названия и обозначения. Часть прежних учебников и учебных пособий переизданы в настоящее время, однако их тираж совершенно недостаточен.

Все разделы книги предусматривают глубокую проработку теоретического материала по изучаемым темам до начала выполнения работ и последующую защиту каждой работы с учетом имеющихся контрольных вопросов по теме.

Программа по курсу «ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ, ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ»

Курс «Коллоидная химия» («Поверхностные явления и дисперсные системы») для очной, очно-заочной, дистанционной форм обучения со сроком обучения 5 лет читается в 5 семестре. Всего часов по учебному плану – 140, из них: аудиторных занятий – 90 (в т.ч. лекции – 36, лабораторные работы и практические занятия – 54), самостоятельная работа – 50. Вид итогового контроля – экзамен.

Цель дисциплины: формирование базовых знаний о поверхностных явлениях, особенностях строения и свойствах дисперсных систем, а также умений и навыков исследования, получения и регулирования свойств коллоидов.

Задачи дисциплины:

- сформировать:
- базовые знания об основных законах и теоретических положениях физической химии поверхностных явлений;
- представления об особенностях гетерогенно-дисперсного состояния и закономерностях процессов, протекающих в коллоидных системах;
- умения и навыки, необходимые для количественного описания строения и свойств коллоидов, синтеза дисперсных систем и управления их свойствами.

Принципы отбора содержания и организации учебного материала.

При составлении программы учтены практически все вопросы современной науки о коллоидах. Принцип преемственности позволяет в полной мере использовать физико-химический базис (знание термодинамики, теории растворов, электрохимии, кинетики) для успешного освоения многих разделов и тем науки о дисперсных системах и поверхностных явлениях. При отборе материала для аудиторной и самостоятельной работы в соответствии с принципом дополтельности разрабатываются задания и вопросы по темам, определяется содержание практических и лабораторных занятий, раскрывающих основные положения лекционного курса.

Текущий контроль качества усвоения материала. Проверка качества усвоения знаний осуществляется путем:

- устных опросов на практических занятиях;
- проверки выполнения индивидуальных письменных домашних заданий;
- сдачи коллоквиумов и оценки отчетов по лабораторным работам;
- проведения контрольных работ по пройденным темам;

- проведения зачета, который служит формой контроля выполнения всех заданий и работ, предусмотренных программой.

Итоговая аттестация. Дисциплина завершается устным экзаменом, на котором проверяется усвоение теоретического материала дисциплины, т.е. основных законов физической химии поверхностных явлений, основных особенностей и закономерностей гетерогенно-дисперсного состояния, а также представления химии твердых веществ и механохимии.

Важно также проверить уровень сформированности умений и навыков экспериментальной работы.

Основное содержание. Предмет коллоидной химии, признаки объектов коллоидной химии. Гетерогенность, поверхность раздела фаз. Дисперсность, удельная поверхность. Классификация дисперсных систем по степени дисперсности, по агрегатному состоянию фаз и др. Классификация дисперсных систем по степени дисперсности, по агрегатному состоянию фаз и др. Классификация поверхностных явлений. Основные особенности дисперсных систем. Роль коллоидно-химических процессов в химической технологии, биотехнологии, биологии.

Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем. Осмотическое давление в коллоидных системах. Мембранное равновесие. Диффузия в коллоидных растворах. Уравнение Эйнштейна-Смолуховского. Броуновское движение, величина сдвига, связь с размером частиц. Экспериментальное подтверждение второго начала термодинамики. Работы Сведберга, Перрена. Понятие о флуктуациях. Седиментационное равновесие в дисперсных системах. Уравнение Лапласа-Перрена. Высота столба. Седиментация в грубодисперсных системах. Седиментационный анализ.

Оптические свойства дисперсных систем. Дифракционное рассеяние света (явление Тиндаля). Уравнение Релея. Опалесценция. Оптические методы исследования дисперсных систем. Нефелометр. Ультрамикроскоп. Электронный микроскоп. Окраска коллоидных систем. Оптическая анизотропия, двойное лучепреломление.

Поверхностные явления и адсорбция. Поверхностные явления. Общие термодинамические параметры поверхностного слоя. Классификация поверхностных явлений. Поверхностное натяжение. Поверхностное натяжение и природа вещества. Пограничное натяжение. Правило Антонова. Внутренняя (полная) удельная поверхностная энергия. Поверхностная энергия и температура. Поверхностная энергия и природа вещества.

Термодинамика поверхностных явлений и дисперсность. Поверхностная энергия и равновесная форма тел. Уравнение Лапласа. Влияние кривизны поверхности на равновесие в дисперсных системах. Уравнение Томсона (Кельвина) и следствия из него. Переконденсация и перекристаллизация. Капиллярные явления. Капиллярность. Работы

Ребиндера.

Адгезия, когезия, смачивание и растекание. Количественные характеристики когезии и адгезии. Смачивание и краевой угол. Теплота смачивания. Растекание жидкости. Свойства поверхностных пленок. Уравнение состояния поверхностных пленок. Ориентация молекул в поверхностном слое.

Поверхностное натяжение растворов. Зависимость поверхностного натяжения растворов от концентрации. Поверхностно-активные (ПАВ) и поверхностно-инактивные (ПИАВ) вещества. Поверхностная активность. Правило Траубе. Поверхностная активность и концентрация. Понятие об адсорбции. Уравнение Гиббса. Положительная и отрицательная адсорбция.

Адсорбция газов и паров на однородной поверхности. Общие понятия и закономерности. Тепловой эффект сорбции. Интегральная и дифференциальная теплота адсорбции. Адсорбционные взаимодействия. Активированная и неактивированная адсорбция. Хемосорбция. Закон Генри. Уравнение Фрейндлиха. Теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра.

Полимолекулярная адсорбция. Типы изотерм адсорбции. Теория полимолекулярной адсорбции БЭТ. Адсорбция пористыми телами. Потенциальная теория адсорбции Поляни. Теория объемного заполнения микропор. Капиллярная конденсация.

Адсорбция смесей. Адсорбция из растворов. Молекулярная адсорбция. Адсорбция электролитов. Ионообменная адсорбция. Адсорбенты. Микро-, макро-, мезопористые адсорбенты. Углеродные и минеральные адсорбенты. Синтетические цеолиты. Молекулярные сита. Хроматография. Хроматографический метод разделения. Газожидкостная и газоадсорбционная хроматография.

Электрокинетические свойства дисперсных систем. Электрокинетические явления. Электрофорез и электроосмос. Потенциал течения и потенциал протекания. Электрокинетический потенциал. Строение двойного электрического слоя. Теория Гельмгольца-Перрена. Теория Гуи-Чепмена. Современные представления, теория Штерна. Влияние различных факторов на строение двойного электрического слоя. Электрокинетический или ξ - (дзета)-потенциал. Влияние различных факторов на значение ξ -потенциала. Явление перезарядки зольей.

Мицеллярная теория строения зольей. Потенциалопределяющие и противоионы. Коллоидная частица. Мицелла.

Устойчивость и коагуляция дисперсных систем. Коагуляция коллоидов электролитами. Взаимная коагуляция коллоидов. Коагуляция под действием физических факторов. Кинетика коагуляции. Теория ДЛФО, Концентрационная коагуляция, нейтрализационная коагуляция. Энергия взаимодействия при сближении мицелл.

Сольватация и структурно-механический фактор.

Реологические свойства дисперсных систем. Основные понятия и идеальные законы реологии. Классификация дисперсных систем по структурно-механическим свойствам. Вязкость жидких агрегативно устойчивых дисперсных систем. Реологические свойства структурированных жидкообразных систем. Связнодисперсные системы, студни, гели. Тиксотропия, синерезис. Диффузия в гелях.

Растворы высокомолекулярных соединений. Общие сведения о высокомолекулярных соединениях (ВМС). Общая характеристика растворов ВМС. Набухание и растворение ВМС. Скорость набухания, степень набухания. Термодинамика набухания. Закон Рауля. Осмотическое давление, диффузия и седиментация в растворах ВМС. Оптические свойства.

Вязкость растворов ВМС. Вискозиметрический метод определения молярной массы. Растворы полимерных электролитов. Белки и их растворы. Изоэлектрическая точка.

Коллоидные поверхностно-активные вещества (ассоциативные коллоиды).

Мыла. Термодинамика и механизм мицеллообразования. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) и методы ее определения.

Дисперсные системы с различной дисперсионной средой.

Суспензии. Устойчивость и стабилизация.

Эмульсии. Классификация эмульсий. Устойчивость и стабилизация. Обращение эмульсий. Разрушение эмульсий. Эмульгаторы и их свойства. ГЛБ эмульгатора. Практическое значение эмульсий.

Пены. Методы получения и разрушения пен. Устойчивость.

Аэрозоли. Общая характеристика. Методы получения. Методы разрушения. Практическое значение. Проблемы защиты атмосферы от загрязнений аэрозолями.

Дисперсные системы с твердой дисперсионной средой. Стекла, сплавы, эмали. Пористые тела. Сорбенты, катализаторы. Старение катализаторов. Получение, свойства и термодинамические особенности твердых зольей.

Организация самостоятельной работы. Значительная доля материала переносится на самостоятельную работу, включающую:

- изучение ряда тем с использованием рекомендованных литературных источников, составление конспектов-рефератов, проверку усвоения материала на практических занятиях;
- выполнение в течение семестра индивидуальных заданий по основным темам курса, обеспечивающее систематичность промежуточной аттестации студентов;
- подготовку к коллоквиумам и контрольным работам;
- выполнение дополнительных лабораторных работ

исследовательского содержания.

Основные понятия:

адгезия, когезия, смачивание, растекание
 адсорбенты
 адсорбционный слой
 адсорбция
 активированная адсорбция, хемосорбция
 броуновское движение
 гетерогенность
 двойной электрический слой
 дисперсность
 диффузионный слой
 диффузия
 ионный обмен, иониты
 капиллярная конденсация
 коагуляция
 коалесценция
 нефелометрия
 опалесценция
 пептизация
 поверхностно-активные вещества, ПАВ
 поверхностное натяжение
 поверхностно-инактивные вещества, ПИАВ
 поверхностные пленки
 поверхностные явления
 ξ -потенциал
 реология
 структурообразование
 структуры:
 - свободнодисперсные
 - связнодисперсные
 хроматография
 электрокинетические явления
 электроосмос, электрофорез
 явление флуктуаций

Коллоидные системы

Лабораторная работа 1. Устойчивость коллоидных систем

Опыт 1. Получение золя йодида серебра

В колбу вместимостью 100 мл наливают из бюретки 20 мл 0,01 М раствора йодида калия и затем медленно по каплям из другой бюретки приливают 14 мл 0,01 М раствора нитрата серебра.

Опыт повторяют с той разницей, что сперва в колбу наливают из одной бюретки 20 мл 0,01 М раствора нитрата серебра, затем медленно по каплям из другой бюретки приливают 14 мл 0,01 М раствора йодида калия.

Обратите внимание на опалесценцию золь и напишите формулу строения мицелл положительного и отрицательного золь йодида серебра.

Для получения устойчивого золя необходимым условием является избыток одного из реагентов. В зависимости от избытка взятого реагента проявляются многие физические и химические свойства коллоидного раствора. Например, если приливать раствор нитрата серебра к раствору йодида калия так, чтобы в системе осталось некоторое количество непрореагировавшего йодида калия, то получится золь с отрицательно заряженными частицами. Если в избытке брать раствор нитрата серебра, то частицы золя заряжаются положительно.

Подтверждением наличия разноименно заряженных частиц золь, полученных в данном опыте, является возможность коагуляции при сливании растворов вместе.

Заряд частиц в обоих случаях объясняется преимущественной адсорбцией одноименного иона, находящегося в избытке в растворе, окружающем йодид серебра.

Обычно устойчивость отрицательно заряженных золь йодида серебра выше, чем положительно заряженных. Это объясняется тем, что ион Γ адсорбируется сильнее, чем ион Ag^+ .

Посуда и реактивы

Колба объёмом 100 мл – 2 шт.

Бюретка для раствора KI на 50 мл – 1 шт.

Бюретка для раствора AgNO_3 .

0,01М раствор йодида калия.

0,01М раствор нитрата серебра.

Воронки к бюреткам – 2 шт.

Опыт 2. Получение золя канифоли

Берут приготовленный 2%-ный раствор канифоли в этиловом спирте и 5 – 10 мл его по каплям приливают из пробирки при энергичном

перемешивании к 100 мл дистиллированной воды. Образуется прозрачный опалесцирующий золь.

От грубодисперсных частиц, находящихся в растворе, можно освободиться. Для этого золь пропускают через фильтр, смоченной водой. На устойчивость золя отрицательно влияет спирт, введенный вместе с канифолью в качестве её растворителя.

Посуда и реактивы

Колба объёмом 100 мл – I шт.
 Пробирка – I шт.
 2%-ный раствор канифоли.
 Дистиллированная вода.
 Воронка – I шт.
 Бумажные фильтры.
 Мерный цилиндр на 100 мл – I шт.

Опыт 3. Получение золя серы

В колбу с 20 мл дистиллированной воды при непрерывном помешивании вливают из пробирки по каплям 5 мл насыщенного раствора серы в этиловом спирте. Так как сера нерастворима в воде, то образуются её мельчайшие коллоидные частицы, взвешенные в воде.

Частицы серы имеют отрицательный заряд. Строение мицеллы золя серы не изучена. Роль стабилизаторов выполняют продукты окисления спирта и примеси. Содержащиеся в реактиве серы.

Посуда и реактивы

Колба объёмом 100 мл – I шт.
 Пробирка – I шт.
 Насыщенный раствор серы в спирте.
 Дистиллированная вода.
 Мерный цилиндр на 25 мл – I шт.

Опыт 4. Получение золя гексацианоферрата (II) калия

В колбе приготавливают раствор гексацианоферрата (II) калия $K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O$. Для этого берут на 100 мл дистиллированной воды несколько кристаллов соли.

К 100 мл приготовленного раствора приливают по каплям из пробирки 1%-ный раствор сульфата меди при непрерывном перемешивании. Получается прозрачный коричневый устойчивый золь гексацианоферрата (II) калия.

Посуда и реактивы

Колба объёмом 100 мл – I шт.
 Пробирка – I шт.
 1%-ный раствор сульфата меди CuSO_4 .
 Свежеприготовленный раствор гексацианоферрата (II) калия $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]\cdot 3\text{H}_2\text{O}$.
 Дистиллированная вода.
 Мерный цилиндр на 100 мл – I шт.

Опыт 5. Получение золя оксида ванадия (V)

Навеску 1–2 г метаванадата аммония растирают в фарфоровой ступке с 5–7 мл 0,5 М раствора соляной кислоты. Осадок оксида ванадия (V) переносят на бумажный фильтр и промывают дистиллированной водой до тех пор, пока через фильтр не начнет проходить темно-бурый коллоидный раствор V_2O_5 .

Золь оксида ванадия (V) быстро стареет. В результате на дне стакана образуется вязкая масса. Дисперсность такого постаревшего золя можно повысить, нагревая его до кипения и быстро охлаждая до комнатной температуры.

Посуда и реактивы

Ступка.
 0,5 М раствор соляной кислоты HCl .
 Стакан вместимостью 100 мл – 1 шт.
 Фильтровальная бумага.
 Воронка – 1 шт.
 Колба объёмом 100 мл – I шт.
 Дистиллированная вода.
 Метаванадат аммония NH_4NO_3 .
 Спиртовка или электроплитка.
 Колба вместимостью 250 мл – 2 шт.

Опыт 6. Получение золя оксида марганца (IV)

В стакан вместимостью 100 мл наливают 5 мл 0,5 М раствора KMnO_4 и при тщательном перемешивании прибавляют из бюретки небольшими порциями 1%-ный раствор пероксида водорода до тех пор, пока капля. Взятая стеклянной палочкой и нанесенная на фильтровальную бумагу, не перестанет окрашивать её в розовый цвет. Получается гидрозоль диоксида марганца.

Написать формулу строения мицеллы, принимая, что ионогенной группой является KMnO_4 и частица заряжена отрицательно.

Посуда и реактивы

Стакан вместимостью 100 мл.
 0,5 М раствор перманганата калия.
 Бюретка на 25 мл.
 1%-ный раствор пероксида водорода.
 Стеклянная палочка.
 Фильтровальная бумага.
 Пипетка на 10 мл.

Опыт 7. Получение золя сульфата бария

К небольшому количеству, примерно 2 мл, 2%-ного раствора серной кислоты добавляют 1–2 капли 2%-ного раствора BaCl_2 , при этом образуется золь молочно-белого цвета.

Написать уравнение химической реакции и формулу мицеллы.

Посуда и реактивы

Стакан вместимостью 100 мл – 1 шт.
 2%-ный раствор H_2SO_4 .
 2%-ный раствор BaCl_2 .

Опыт 8. Получение золя берлинской лазури

В стакан к 20%-ному раствору гексацианоферрата (II) калия $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ добавляют насыщенный раствор хлорида железа (III). Приливают 2–3 капли на 10–15 мл раствора $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. При этом на дно выпадает темно-бурый осадок берлинской лазури. Он быстро переходит в состояние геля. Жидкость над гелем осторожно сливают. Небольшое количество такого геля шпателем переносят в стакан с дистиллированной водой. Гель пептизируется с образованием темно синего золя берлинской лазури. В этом золе частицы заряжены отрицательно.

Посуда и реактивы

Стакан вместимостью 100 мл – 1 шт.
 Стакан вместимостью 100 мл – 1 шт.
 Шпатель.
 20%-ный раствор $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.
 Насыщенный раствор FeCl_3 .
 Дистиллированная вода.

Опыт 9. Получение эмульсии бензола в воде и подсолнечного масла в воде

А. В цилиндр с пробкой наливают 50 мл воды и добавляют 10 мл бензола. Образуется при энергичном встряхивании гетерогенная система, состоящая из раздробленных капелек бензола, распределенных по всему объему. Эта система метастабильна (неустойчива) и через 30–40 с в результате коалесценции капелек происходит расслаивание системы на бензол и воду.

Для получения устойчивой эмульсии в цилиндр добавляют 10 мл 2%-ного спиртового раствора мыла и снова сильно встряхивают. Образуется устойчивая эмульсия бензола в воде белого цвета.

Б. Отвешивают 4–5 г буры и при нагревании растворяют её в 95 мл дистиллированной воды. Приготовленный раствор выливают в мерный цилиндр с пробкой, добавляют к нему 2–3 мл подсолнечного масла и энергично встряхивают. Получается устойчивая эмульсия.

Посуда и реактивы

Мерный цилиндр с пробкой на 100 мл – 2 шт.

Колба вместимостью 100 мл – 1 шт.

Пипетка на 10 мл – 2 шт.

Пипетка на 5 мл – 1 шт.

Бензол.

2%-ный спиртовый раствор мыла.

Подсолнечное масло.

Дистиллированная вода.

Бура $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

Технические весы с разновесом.

Бюкс для взвешивания.

Опыт 10. Получение гидрогеля кремневой кислоты

В стакан вместимостью 100 мл отмеряют пипеткой 10 мл 20%-ного раствора соляной кислоты. К нему медленно приливают при помешивании из пробирки раствор силиката натрия до тех пор, пока вся жидкость не загустеет. Перемешивание прекращают и раствор оставляют в покое. Происходит потеря текучести и образование геля. Полученный гель кремневой кислоты обладает ярко выраженной опалесценцией. Он неустойчив и быстро подвергается синерезису.

Посуда и реактивы

Стакан вместимостью 100 мл – 1 шт.

Пробирка – 1 шт.

Стеклянная палочка – 1 шт.
 20%-ный раствор соляной кислоты.
 20%-ный раствор силиката натрия Na_2SiO_3 .

Опыт 11. Получение пены

В цилиндр с притертой пробкой вместимостью 100 мл наливают 5 мл 1,5%-ного водного раствора пенообразователя, в качестве которого используют натриевую соль алкилсульфатов вторичных спиртов с длиной радикала C_8 – C_{16} , например додецилсульфат натрия. Цилиндр энергично встряхивают в течение 0,5 мин. Образуется столб устойчивой пены. Открывают пробку и наблюдают время разрушения 50% столба пены. Результат фиксируют.

Посуда и реактивы

Мерный цилиндр с пробкой на 100 мл – 1 шт.
 Пипетка на 5 мл – 1 шт.
 Раствор пенообразователя.
 2%-ный спиртовой раствор мыла.
 Секундомер.

Опыт 12. Жировые эмульсии. Оценка эмульгирующей способности эмульгатора

Метод основан на измерении объема слоя образованного в результате диспергирования липидной эмульсии по отношению к общему объему дисперсионной среды.

Метод предназначен для оценки эмульгирующей способности растворов белков и др. ПАВ по отношению к жидким жирам (или расплавам жиров).

Ход определения. К 10 мл испытуемого водного раствора эмульгатора, например 7%-ного раствора белка, добавляют 10 мл рафинированного подсолнечного масла, эмульгируют смесь на диспергаторе или миксере со скоростью 8000 об/мин в течение 5 минут. После этого эмульсию центрифугируют в течение 5 мин со скоростью 2000 об/мин.

Расчет. Жиро-эмульгирующую способность (ЭМ, %) оценивают по формуле $\text{ЭМ} = V_1 / V_2 \cdot 100$, где V_1 – объем эмульгированного слоя; V_2 – общий объем, мл.

Оборудование, реактивы и материалы

Диспергатор жидкостей (миксер или стакан с механической мешалкой).

Центрифуга на 3–5 тыс. об/мин.

Мерные цилиндры на 100 мл.

Масло растительное рафинированное.

Опыт 13. Оценка стабильности эмульсии

Метод основан на измерении объема слоя образованного в результате нагревающего разрушения липидной эмульсии по отношению к общему объему дисперсионной среды.

Ход определения. К 10 мл водного раствора эмульгатора, например, 7%-ного раствора белка, добавляют 10 мл рафинированного подсолнечного масла, эмульгируют смесь на диспергаторе или миксере со скоростью 8000 об/мин в течение 5 минут.

Полученную эмульсию нагревают в течение 0,5 ч при температуре 80°C, затем смесь охлаждают холодной водой в течение 10 мин.

После этого эмульсию центрифугируют в течение 5 мин со скоростью 2000 об/мин.

Расчет. Стабильность эмульсии оценивают по формуле Стабильность эмульсии, % = $V_1 / V_2 \cdot 100$, где V_1 – объем эмульгированного слоя, м; V_2 – общий объем, мл.

Оборудование, реактивы и материалы

Диспергатор жидкостей (миксер или стакан с механической мешалкой).

Центрифуга на 3–5 тыс. об/мин.

Мерные цилиндры на 100 мл.

Масло растительное рафинированное.

Термостат с регулируемым нагревом 20–100°C.

Поверхностные явления. Дисперсные системы

Лабораторная работа 2. Адсорбция

Приборы и реактивы. Микроколба с пробкой и газоотводной трубкой. Микропробирки. Воронка. Фильтровальная бумага. Порошок угля. Сульфид железа. Тальк. Пробирки, заполненные парами брома. Силикагель. Пермутит. Растворы: соляной кислоты (1 : 1), нитрата свинца (0,5 н., 0,01 н.), йодида калия (0,01 н.), крахмала, нейтрального лакмуса или фуксина, сульфата меди (0,5 н.), аммиака (25%-ный, 2 н.), гидрокарбоната кальция (0,01 н.), хлорида бария (0,5 н.), серной

кислоты (0,5 н.). Хлорная вода.

Опыт 1. Адсорбция газов углем

а) Адсорбция сероводорода древесным углем. Соберите прибор так, как указано на рис. 2.1,а. Выньте пробку с газоотводной трубкой из микроколбы (или пробирки). Внесите в изгиб газоотводной трубки порошок прокаленного древесного угля и на время отложите трубку в сторону.

В микроколбочку поместите два микрошпателя мелко истолченного сульфида железа FeS и 10 – 15 капель разбавленной соляной кислоты (1:1). Отметьте по запаху выделение сероводорода. Поднесите к открытому отверстию микроколбы фильтровальную бумагу, смоченную раствором нитрата или ацетата свинца (II), и наблюдайте почернение из-за образования сульфида свинца PbS .

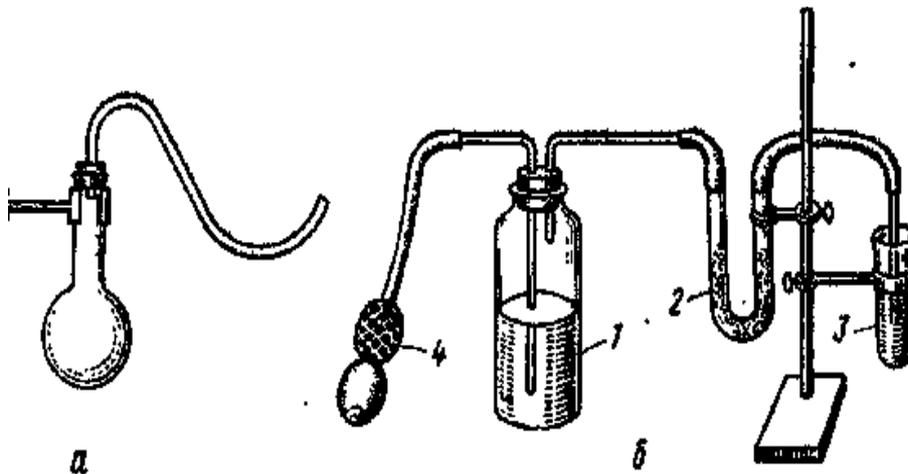


Рис. 2.1. Приборы для наблюдения адсорбции газов углем: 1 – склянка с хлорной водой; 2 – U-образная трубка с активированным углем; 3 – пробирка с раствором поглотителя газа; 4 – резиновая груша

Закройте колбу пробкой с газоотводной трубкой, в изгиб которой помещен древесный уголь. Поднесите фильтровальную бумагу, смоченную солью свинца, к открытому концу газоотводной трубки.

Чернеет ли бумага? Дайте объяснение наблюдаемому явлению. В чем заключается сущность адсорбции?

б) Адсорбция брома активированным углем. Получите у лаборанта пробирку, наполненную парами брома и плотно закрытую резиновой пробкой. На лист бумаги насыпьте активированный уголь

(3 – 4 шпателя). Откройте пробирку с бромом в вытяжном шкафу, быстро высыпьте в нее приготовленный активированный уголь. Закройте пробкой и встряхните несколько раз. Что происходит в пробирке? Объясните исчезновение брома, учитывая, что при комнатной температуре уголь не взаимодействует с бромом. Сохраните уголь с адсорбированным бромом для опыта 2.

в) Адсорбция хлора активированным углем. U-образную трубку 2 (рис. 2.1,б) заполните на 3/4 высоты активированным углем и отложите на время в сторону. В пробирку 3 возьмите 7 – 8 капель раствора йодида калия, добавьте 2 – 3 капли крахмала и поместите в штатив для пробирок. В склянку 1 на 1/2 ее объема налейте хлорной воды и закройте пробкой с двумя газоотводными трубками. На открытый конец длинной трубки, опущенной в хлорную воду, наденьте резиновую грушу 4 для нагнетания воздуха.

Для проведения первой части опыта короткую трубку соедините резиновой трубкой с прямой стеклянной трубкой, которую опустите в пробирку с раствором йодида калия. Нагнетая воздух при помощи резиновой груши в склянку с хлорной водой, наблюдайте появление синего окрашивания в пробирке с раствором KI. Напишите уравнение реакции взаимодействия KI с хлором, вытесняемым из хлорной воды при продувании через нее воздуха.

Возьмите другую пробирку с бесцветным раствором иодида калия, содержащим 2 – 3 капли крахмала, повторите опыт, поместив трубку с активированным углем между склянкой с хлорной водой и пробиркой с йодидом калия, как указано на рис 2.1 б. Появляется ли синее окрашивание раствора при продувании воздуха через хлорную воду. Какие адсорбенты, кроме угля, вы знаете? Сохраните уголь с адсорбированным хлором для опыта 2.

Опыт 2. Влияние температуры на адсорбцию

а) Десорбция хлора при нагревании. Пересыпьте активированный уголь с адсорбированным хлором (полученный в опыте 1) в пробирку и закрепите в лапке штатива (рис. 2.2).

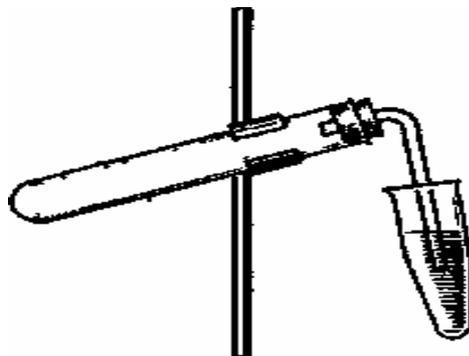


Рис. 2.2. Прибор для наблюдения десорбции хлора

Закройте пробирку пробкой с отводной трубкой и опустите трубку в пробирку с йодидом калия. Подогрейте активированный уголь пламенем горелки. Что происходит с раствором KI? Как влияет повышение температуры на адсорбцию хлора углем?

б) Десорбция брома (опыт проводить под тягой). Нагрейте пробирку с активированным углем, адсорбировавшим бром в опыте 1,б. Что представляет собой появившийся желтый газ?

Опыт 3. Адсорбция молекул из растворов углем

а) Адсорбция органических красителей. В стеклянную воронку вложите бумажный фильтр, закрепите воронку в лапке штатива и профильтруйте через нее 2 – 3 мл раствора лакмуса или фуксина. Изменился ли цвет раствора? Поместите на фильтровальную бумагу в воронке слой (1 см) активированного или прокаленного древесного угля и вновь профильтруйте раствор. Почему произошло обесцвечивание раствора?

б) Адсорбция сероводорода из раствора. В коническую пробирку поместите 5 – 10 капель дистиллированной воды. Всыпьте в раствор немного порошка угля и, закрыв пробирку, встряхивайте ее в течение 2 – 3 мин, после чего убедитесь в исчезновении запаха сероводорода.

Опыт 4. Адсорбция ионов из раствора

а) Адсорбция ионов Pb^{2+} углем. Внесите в пробирку 3 – 4 капли

0,01 н. раствора нитрата или ацетата свинца. Прибавьте к нему одну каплю 0,01 н. раствора йодида калия и наблюдайте выпадение обильного желтого осадка йодида свинца PbI_2 . Напишите ионное уравнение реакции.

В другую пробирку внесите 10 – 15 капель того же раствора соли свинца, прибавьте два микрошпателя мелко измельченного древесного угля и, закрыв пробирку, энергично встряхивайте ее в течение нескольких минут. Оберните узкий конец капельной пипетки ватой и отберите в чистую пробирку 3 – 4 капли прозрачного, свободного от угля раствора. Прибавьте к нему одну каплю 0,01 н. раствора йодида калия. Выпадает ли осадок йодида свинца в этом случае? Объясните резкое уменьшение количества ионов свинца Pb^{2+} после встряхивания с углем.

б) Адсорбция комплексного иона меди на силикагеле. Для получения комплексного иона меди $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ в пробирку с 2 – 4 каплями сульфата меди прилейте по каплям 2 н. раствор аммиака до полного растворения выпавшего в начале осадка основной соли меди $(CuOH)_2SO_4$. В полученный раствор, окрашенный ионами $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ в фиолетовый цвет, внесите 3 – 4 микрошпателя силикагеля и встряхните несколько раз. Что происходит с окраской раствора? Слейте посветлевший раствор и обратите внимание на окраску силикагеля, бесцветного в начале опыта.

Докажите отсутствие химического взаимодействия комплексного иона с силикагелем, для чего прилейте в пробирку соляной кислоты. Наблюдайте просветление силикагеля вследствие разрушения комплексного иона по уравнению



в) Адсорбция иона меди (II) на тальке. Поместите в пробирку одну каплю раствора сульфата меди и долейте дистиллированной воды до $\frac{2}{3}$ объема пробирки. Внесите в раствор 4–5 микрошпателей талька и энергично встряхните содержимое пробирки. Как изменяется окраска раствора?

Опыт 5. Ионообменная адсорбция

Возьмите в пробирку десять капель 0,01 н. раствора гидрокарбоната кальция $Ca(HCO_3)_2$, обуславливающего жесткость воды. Раствор прокипятите и наблюдайте выпадение белого осадка.

Другую пробирку заполните на половину ее объема пермутитом, синтетическим алюмосиликатом натрия, способным при соприкосновении с растворами солей поглощать катионы солей, посылая в раствор эквивалентное количество ионов натрия. Налейте в пробирку 0,01 М раствор гидрокарбоната кальция так, чтобы жидкость покрыла пермутит, и

множественно встряхните пробирку с содержимым. Раствор отфильтруйте, поместите десять капель его в чистую пробирку и прокипятите. Сравните количество выпавшего осадка CaCO_3 в исходном растворе и после контакта с пермутитом. Напишите обменную ионную реакцию, протекающую при взаимодействии пермутита натрия с раствором гидрокарбоната кальция. В чем состоит отличие ионообменной адсорбции от адсорбции на угле, силикагеле и тальке?

Опыт 6. Адсорбция ионов свинца (II) осадком сульфата бария

В пробирку с 3–4 каплями нитрата свинца $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ добавьте десять капель дистиллированной воды и перемешайте раствор стеклянной палочкой. Перенесите 3–4 капли полученного раствора в чистую пробирку и добавьте такой же объем йодида калия. Выпадает желтый осадок йодида свинца.

Внесите в чистую пробирку пять капель 0,5 н. раствора хлорида бария BaCl_2 , добавьте десять капель 0,5 н. раствора серной кислоты и наблюдайте выпадение осадка белого цвета — малорастворимого сульфата бария. Отцентрифугируйте осадок BaSO_4 , удалите раствор и внесите в пробирку 3–4 капли 0,01 н. раствора нитрата свинца и десять капель дистиллированной воды.

Энергично перемешайте стеклянной палочкой осадок сульфата бария в растворе нитрата свинца. Дайте осадку отстояться, перенесите в чистую пробирку 3–4 капли раствора и добавьте такой же объем йодида калия. Выпадает ли желтый осадок PbI_2 ? Сравните количества этого осадка и того, который выпал из раствора, не соприкасавшегося с сульфатом бария. Почему уменьшилась концентрация ионов Pb^{2+} в растворе? (Превращение BaSO_4 в PbSO_4 отпадает, так как PbSO_4 более растворим ($\text{PPbSO}_4 = 2 \cdot 10^{-8}$), чем BaSO_4 ($\text{PBaSO}_4 = 1,10^{-10}$).

Опыт 7. Определение удельной поверхности твердого адсорбента

Целью работы является определение удельной поверхности активированного угля по адсорбции на нем изоамилового спирта $(\text{CH}_3)_2\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{OH}$.

Работа сводится к определению значений поверхностного натяжения. Для этого используют распространенный метод П.А.Ребиндера. Он заключается в том, что к поверхности жидкости подводится вакуумная трубка с капилляром, на конце которого под действием вакуума образуется воздушный пузырек. Давление, при

котором пузырек проскакивает через поверхностную пленку, прорывая ее, пропорционально величине поверхностного натяжения жидкости. Следовательно, определяя экспериментально давление P и константу прибора K , легко подсчитать значение поверхностного натяжения σ на границе раствор-воздух по формуле

$$\sigma = K \cdot P.$$

Для выполнения работы необходимо иметь прибор Ребиндера, схема которого изображена на рис.2.3, а также 12 колб объемом 100 мл, 6 воронок, 2 бюретки на 50 мл для дистиллированной воды и изоамилового спирта, пипетку на 25 мл, активированный уголь, технические весы и разновесы, бумажные фильтры, шпатель и бумагу для взвешивания угля.

Перед началом выполнения определений необходимо ознакомиться с устройством и работой прибора для определения поверхностного натяжения.

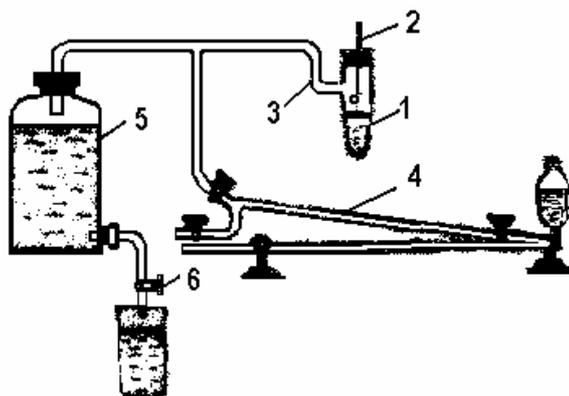


Рис. 2.3. Схема прибора Ребиндера .1 – стеклянный сосуд, 2 – трубка с капиллярным кончиком, 3 – отводная трубка для соединения с вакуумом, 4 – манометр, 5 – аспиратор, 6 – сливной кран

Выполнение работы и последовательность расчетов рекомендуется проводить в следующем порядке.

1. В колбах готовят 6 растворов изоамилового спирта разных концентраций. Для этого исходный 0,3 н. раствор разбавляют дистиллированной водой до получения следующих концентраций:

изоамиловый спирт, мл	50	35	25	15	10	7
вода, мл	0	15	25	35	40	43
концентрация раствора, моль/л	0,3	0,21	0,15	0,09	0,06	0,04

В каждой из колб объем раствора равен 50 мл.

Лабораторная работа 3. Коллоидные системы. Эмульсии. Суспензии

Приборы и реактивы. Фарфоровая ступка. Микрошпатель. Электрофоретический зонд Наумова. Беззольная фильтровальная бумага. Вискозиметр Оствальда–Пинкевича. Секундомер. Прибор для аэроэлектрофореза. Мел (порошок). Флуоресцеин. Бензол. Машинное (или растительное) масло. NaCl. Na₃PO₄. Растворы: щелочи (20%-ный), мыла (2%-ный), канифоли (насыщенный спиртовой) или серы, фенолфталеина, желатина (0,5%-ный, насыщенный), жидкого стекла (пл. 1,1– 6 г/см³), хлорида железа (III) (2%-ный), соляной кислоты (1:5); пл. = 1,19 г/см³), AgNO₃ (0,001 M, 0,05 M, 0,1 M), KI (0,05 M), KCl (0,1 M), Na₂CO₃ (10%-ный), аммиака (25%-ный), Na₂SO₃ (1%-ный), танина (0,1%-ный, свежеприготовленный). Золь йодида серебра, полученный: а) в избытке йодида калия; б) в избытке нитрата серебра.

Опыт 1. Получение суспензии мела в воде

В фарфоровой ступке тщательно разотрите кусочек мела до тонкого порошка. Внесите в пробирку один микрошпатель полученного порошка, прилейте 3–4 мл дистиллированной воды и несколько раз энергично встряхните пробирку. Отметьте равномерное распределение мела по всему объему раствора. Поставьте пробирку в штатив и наблюдайте через несколько минут расслоение полученной суспензии.

Какие системы называют суспензиями? Что является в данной суспензии дисперсионной средой и дисперсной фазой?

Опыт 2. Приготовление эмульсий толуола и масла в воде

Налейте в четыре пробирки до половины их объема воду. В первую добавьте 8–10 капель толуола, во вторую 8–10 капель масла (рапсового или жидкого машинного), закройте пробирки пробками, несколько раз энергично встряхните и поставьте в штатив. В третью пробирку добавьте пять капель 2%-ного раствора мыла и 8–10 капель бензола, также энергично перемешайте содержимое пробирки и поставьте ее в штатив.

В четвертую пробирку насыпьте три микрошпателя буры Na₂B₄O₇ · 10H₂O, встряхните ее до полного растворения соли, добавьте 8–10 капель масла и после сильного взбалтывания (2–3 мин) поместите в штатив.

В каких пробирках эмульсия быстро расслаивается? Какой вывод можно сделать об устойчивости эмульсии в остальных- пробирках? Какую

роль играют мыло и бура? Объясните их влияние на стабильность эмульсии.

Опыт 3. Получение золей методом конденсации

а) Образование золей при замене растворителя. Налейте в пробирку до $\frac{1}{2}$ объема воды и добавьте в нее несколько капель 2%-ного спиртового раствора канифоли или насыщенного раствора серы в спирте.

Встряхните содержимое пробирки и дайте раствору постоять 2–3 мин. Что происходит? Запишите в тетрадь свои наблюдения и объясните их.

Повторите опыт со спиртовым раствором фенолфталеина. Запишите наблюдения и сделайте вывод о растворимости фенолфталеина в спирте и в воде.

Налейте в пробирку 1 мл спирта и добавьте из капельницы 5–10 капель 2%-ного водного раствора мыла. Что наблюдается?

Повторите опыт, добавляя в спирт по каплям насыщенный водный раствор поваренной соли. Запишите наблюдения. Сравните устойчивость полученных вами золей.

б) Получение золя кремниевой кислоты путем реакции обмена. Налейте в пробирку до половины ее объема разбавленной (1:5) соляной кислоты и добавьте к ней при перемешивании 8–10 капель разбавленного жидкого стекла Na_2SiO_3 (пл. $1,16 \text{ г/см}^3$). Полученный гидрозоль кремниевой кислоты сохраните для опыта 5. Напишите уравнение реакции образования кремниевой кислоты. Составьте схему строения коллоидных частиц, учитывая, что в ядро мицеллы входят молекулы SiO_2 и H_2O , а в адсорбционный слой – ионы SiO_3^{2-} .

в) Получение золя гидроксида железа (III) гидролизом соли. Нагрейте до кипения в маленьком стаканчике 10–20 мл дистиллированной воды. В кипящую воду медленно, по каплям, добавляйте 2%-ный раствор хлорида железа (III) до получения коллоидного раствора гидроксида железа цвета крепкого чая.

Напишите уравнение реакции гидролиза хлорида железа (III), учитывая, что высокая температура благоприятствует смещению равновесия этой реакции в сторону образования гидроксида.

Изобразите схематически строение коллоидных частиц, руководствуясь тем, что на поверхности коллоидных агрегатов адсорбируются из растворов ионы, близкие по природе к составу ядра мицелл, т. е. ионы Fe^{3+} . Полученный коллоидный раствор сохраните для опыта 6 б.

г) Получение золя серебра реакцией восстановления. Налейте в пробирку на $\frac{3}{4}$ объема 0,001 M раствор нитрата серебра, добавьте

к нему 2–3 капли 1%-ного раствора сульфита натрия и 2–3 капли свежеприготовленного, 1%-ного раствора танина. Нагрейте раствор и наблюдайте образование коллоидного раствора серебра. Запишите цвет раствора и уравнение реакции восстановления серебра сульфитом натрия.

Танин играет роль стабилизатора и способствует устойчивости золя (частично принимает участие в восстановлении серебра). Сохраните раствор для опытов 9 и 15.

Опыт 4. Получение золь методом диспергирования

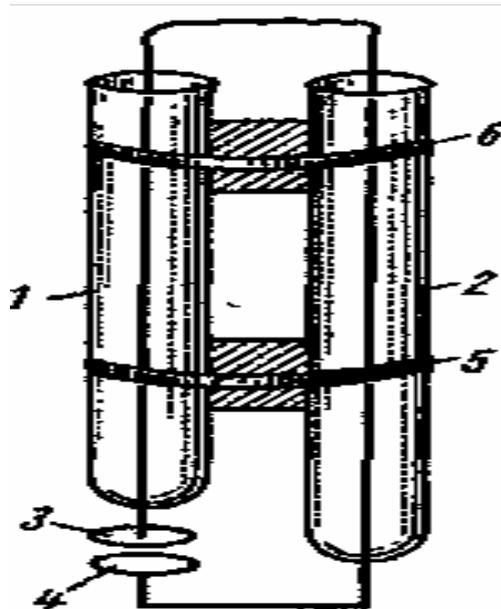
а) Получение золя флуоресцеина. Налейте половину пробирки дистиллированной воды, добавьте 2 – 3 капли раствора соды и внесите маленькую крупинку флуоресцеина. Встряхните раствор и после растворения флуоресцеина обратите внимание на цвет полученного раствора в отраженном и проходящем свете (флуоресценция).

б) Получение золя гидроксида железа путем пептизации. Приготовьте осадок гидроксида железа (III) действием щелочи на раствор хлорида железа (III). Отметьте цвет осадка. Напишите молекулярное и ионное уравнение реакции. Отфильтруйте осадок. Перенесите 2 – 3 микрошпателя полученного осадка в пробирку с концентрированным раствором хлорида железа и нагрейте раствор до кипения. При кипячении наблюдайте изменение цвета раствора вследствие образования золя гидроксида железа (III).

Причиной образования коллоидного раствора является адсорбция твердыми частицами осадка $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ионов железа Fe^{3+} из раствора хлорида железа (III). Адсорбированные ионы сообщают частицам осадка одинаковые заряды, в результате чего частицы начинают отталкиваться друг от друга и, отрываясь от осадка, постепенно равномерно распределяются по всему объему жидкости, т.е. происходит процесс пептизации.

Опыт 5. Определение знака заряда коллоидных частиц

а) Определение знака заряда с помощью электрофоретического зонда. Наличие заряда у коллоидных частиц проявляется при прохождении через гель электрического тока – явления, называемого электрофорезом.

Рис.
3.1.

Электрофоретический зонд
Наумова: 1, 2 – стеклянные трубки;
3, 4 – электроды; 5, 6 – метал-
лические хомутики крепления

Для определения знака заряда коллоидных частиц применяют электрофоретический зонд В.А. Наумова (рис.3.1), который состоит из двух стеклянных трубок 1 и 2 диаметром 5 – 6 мм и длиной 12 – 14 см. С одного конца трубки запаяны и в них вставлены платиновые проволоки, к которым снаружи припаяны медный 3 и цинковый 4 электроды в виде круглых пластинок диаметром 5 мм, расположенных горизонтально одна под другой.

Внутри стеклянных трубок к платиновым проволокам припаяны медные проволоки, которые выходят наружу через открытые концы трубок и сверху спаяны друг с другом. При погружении зонда в пробирку с коллоидным раствором зонд действует как короткозамкнутый гальванический элемент $\text{Cu}/\text{Cu}^{2+} \parallel \text{Zn}/\text{Zn}^{2+}$.

Налейте в цилиндр высотой 18–20 см и диаметром 4–5 см коллоидный раствор йодида серебра, полученный в избытке KI, и опустите в раствор электрофоретический зонд. Через 2–3 мин наблюдайте возле электрода, заряженного одинаково с коллоидными частицами, появление тонкой светлой полоски.

Повторите опыт с золев йодида серебра, полученным в избытке AgNO_3 . Определите знак заряда коллоидных частиц в обоих растворах.

б) Определение знака заряда коллоидных частиц методом капиллярного и капельного анализов. Опустите полоски фильтровальной бумаги в пробирки с коллоидными растворами йодида

серебра, полученными в опыте 3, г в избытке KI и в избытке AgNO₃, и оставьте их там на 1 ч.

Определение знака заряда коллоидных частиц основано на том, что некоторые вещества, например бумага, шелк, стекло, песок и др., при погружении в воду заряжаются отрицательно. Если коллоидные частицы в растворе заряжены также отрицательно, то они будут отталкиваться от фильтровальной бумаги и вместе с водой поднимутся вверх. Если же знак заряда коллоидных частиц положительный, то они притянутся к бумаге и осядут по ее краю. Какой заряд имеют коллоидные частицы в этом опыте?

Видоизмените опыт. Нанесите на фильтровальную бумагу по капле тех же растворов йодида серебра. Определите в каждом случае знак заряда частиц, исходя из того, что при положительном заряде частиц «капля золя» на бумаге расслаивается.

Растворы сохраните для опыта 6, в.

Опыт 6. Коагуляция гидрозолей

а) Коагуляция золя при нагревании. Нагрейте до кипения золь кремниевой кислоты, полученный в опыте 3, б. Наблюдайте образование геля – студнеобразной массы, не выливающейся из пробирки при перевертывании ее вверх дном.

б) Коагуляция золью электролитами. Разделите на две пробирки коллоидный раствор гидроксида железа, полученный в опыте 3, в. В одну пробирку добавьте несколько капель раствора фосфата натрия, а в другую несколько капель раствора хлорида натрия. В каком случае коагуляция происходит быстрее? Объясните причину.

в) Взаимная коагуляция противоположно заряженных коллоидов. Смешайте в пробирке равные объемы золью йодида серебра (по 5–6 капель), полученных в опыте 3, г, в избытке KI и в избытке AgNO₃. Встряхните пробирку и наблюдайте коагуляцию коллоидных растворов. Дайте объяснение происходящему явлению. Какое вещество составляет твердую фазу?

Опыт 7. Коагуляция аэрозоля путем электрофореза

Аэрозолями называются коллоидные растворы, в которых дисперсионной средой служит воздух.

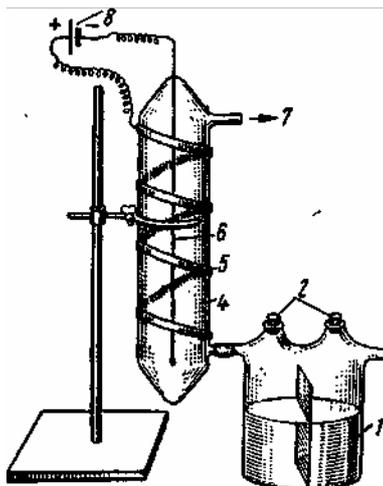


Рис. 3.2. Прибор для аэроэлектрофореза: 1 – сосуд с перегородкой; 2 – вводные отверстия; 3 – тубус для выхода газа, соединенный с нагнетающим насосом; 4 – широкая стеклянная трубка; 5 – положительный электрод (наружная обмотка из металлической фольги-ленты); 6 – отрицательный электрод (проволока); 7 – поток газа; 8 – источник тока

К аэрозолям относятся дымы и туманы. При пропускании электрического тока через аэрозоль в нем происходит коагуляция. На этом основано очищение производственных газов, выходящих в атмосферу, например через дымовые трубы, от вредных примесей.

Осторожно налейте в одну половину сосуда 1 (рис. 3.2), который в нижней части разделен перегородкой, 10–15 мл концентрированного раствора аммиака, а в другую половину – столько же концентрированной соляной кислоты. Закройте пробками вводные отверстия 2 и нагнетайте в сосуд грушей воздух через тубус 3 до тех пор, пока из тубуса 7 трубки 4 не появится белый дым. Тогда на 30–40 с включите электрический ток от аккумулятора.

Наблюдайте прекращение выделения дыма и оседание на стенках трубки твердых частиц белого цвета. Что представляет собой дым? Напишите уравнение реакции его образования и объясните, почему электрический ток вызывает коагуляцию аэрозоля.

Опыт 8. Защитный коллоид

Налейте почти полную микропробирку дистиллированной воды, добавьте к ней 2 – 3 капли 0,1 н. раствора нитрата серебра и подкислите раствор 2 – 3 каплями 2 н. раствора азотной кислоты. Перемешайте раствор и разлейте поровну в две пробирки. В одну из пробирок прибавьте 10 капель 0,5%-ного раствора желатины и тщательно взболтайте. Затем в обе пробирки прилейте по две капли 0,1 н. раствора хлорида калия. Опишите наблюдаемые изменения в обеих пробирках и объясните различие в результатах.

Опыт 9. Измерение вязкости лиофильных и лиофобных коллоидных растворов

В широкий стакан с водой, имеющей комнатную температуру, поместите прибор для определения вязкости, называемый вискозиметром (рис. 2.23). В широкую трубку 1 вискозиметра введите мерной пипеткой 2 мл дистиллированной воды и с помощью груши, соединенной с трубкой 2, наберите воду до метки 3. Снимите грушу и по секундомеру замерьте время, необходимое для понижения уровня воды от метки 3 до метки 4. Повторите опыт 2–3 раза до получения близких результатов. Точно так же определите время истечения коллоидного раствора гидроксида железа и 0,5%-ного раствора желатина.

По скорости истечения жидкости рассчитайте относительную вязкость η зелей, сравнивая время истечения воды, взятой в качестве стандартной жидкости, с временем истечения одинаковых объемов испытуемых жидкостей. Относительная вязкость η рассчитывается по формуле

$$\eta = \frac{d\tau}{d_{\text{H}_2\text{O}}\tau_{\text{H}_2\text{O}}},$$

где d и $d_{\text{H}_2\text{O}}$ – плотности испытуемой жидкости и воды, г/см³; τ и $\tau_{\text{H}_2\text{O}}$ – время истечения испытуемой жидкости и воды, с.

В этом опыте плотности испытуемых жидкостей и воды примите равными единице.

Вязкость является одной из существенных характеристик для многих технически важных жидкостей, например для различных видов топлив двигателей внутреннего сгорания, для смазочных масел и для большинства высокомолекулярных соединений, используемых для производства пластмасс.

Какой из исследованных вами растворов относится к гидрофильным коллоидным системам? Какой к гидрофобным?

Поскольку коагуляция наступает раньше, чем появилось помутнение, то для расчета берут среднее значение объемов электролита в пробирке с помутнением и в пробирке с прозрачным раствором.

Зная нормальную концентрацию раствора электролита и количество мл его, соответствующее наименьшему помутнению, рассчитывают сколько миллимоль сульфата натрия вызывает коагуляцию 1 л золя гидроксида железа. Эта величина и является порогом коагуляции золя.

Вычисления проводят по формуле

$$\gamma = C \cdot V \cdot 1000 / 10,$$

где γ – порог коагуляции в миллимоль на 1 л золя, C – нормальная концентрация электролита, V – объем электролита, вызвавший коагуляцию, мл. Его берут как среднее арифметическое объемов электролита в пробирке с прозрачным и в пробирке с помутневшим раствором.

Посуда и реактивы

Пробирки в штативе – 10 шт.
 Пипетка на 10 мл – 1 шт.
 Бюретка на 50 мл – 2 шт.
 Раствор сульфата натрия 0,0025 н.
 Золь гидроксида железа.
 Дистиллированная вода.

Опыт 11. Определение защитного числа желатина для золя гидроксида железа

Поскольку желатин имеет очень высокую способность к защите, то для определения его защитного числа по отношению к золю гидроксида железа берут сильно разбавленные растворы желатина. В работе используют приготовленный раствор с концентрацией 10 мг сухого желатина в 100 мл воды.

В 10 пробирок пипеткой отмеряют по 5 мл золя гидроксида железа, полученного в опыте 3 (работа 3). Затем в каждую из них добавляют раствор желатина в убывающем количестве, начиная с 5 мл (табл. 2) и 0,0025 н. раствор Na_2SO_4 в объеме, соответствующем порогу коагуляции. При этом следует иметь в виду, что теперь золь взят в количестве вдвое меньшем, чем в предыдущем опыте и поэтому электролита надо добавлять в половину меньше.

Объем добавляемой воды находят простым подсчетом: 15 мл – ($V_{\text{золя}} + V_{\text{желатина}} + V_{\text{электролита}}$).

Таблица 2

Определение защитного числа желатина

Наименование	Номера пробирок									
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Золь, мл	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Раствор желатина, мл	5	4	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0
Раствор электролита	В объеме, равном $\frac{1}{2} V_{\text{коагуляции}}$									
Вода	До 15 мл, учитывая объем раствора желатина и раствора электролита									
Общий объем, мл	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Встряхнув содержимое пробирок и спустя 5–10 мин, определяют появление в них помутнения.

Для расчёта берут средний объём желатина, как сумму объёма с еле уловимым помутнением и объёма, в котором помутнение отсутствует. Зная концентрацию раствора желатина и количество миллилитров раствора желатина, требуемое для защиты, рассчитывают защитное число желатина. Оно представляет собой количество миллилитров сухого желатина, необходимого для защиты 10 мл данного золя гидроксида железа от коагуляции 0,0025 н. раствором Na_2SO_4 .

Вычисления проводят по формуле

$$S = C \cdot V \cdot 10 / 5,$$

где S – защитное число в мл на 10 мл золя, C – концентрация электролита в мг/100 мл, V – объём раствора желатина в мл, защищающий от коагуляции 5 мл золя.

Посуда и реактивы

Пробирки в штативе – 10 шт.

Пипетка на 5 мл – 1 шт.

Бюретка на 50 мл – 1 шт.

Раствор сульфата натрия 0,0025 н.

Золь гидроксида железа.

Дистиллированная вода.

Раствор желатина.

Опыт 12. Определение влияния величины заряда коагулирующего иона на порог коагуляции золя

В три чистые сухие колбы вместимостью 100 мл отмеряют пипеткой по 25 мл золя гидроксида железа, полученного в опыте 3 (работа 3). Затем в каждую колбу из бюретки добавляют по каплям растворы электролита, указанные в табл. 3, до момента появления первых признаков коагуляции.

Началом коагуляции для золя считают появление помутнения. Количество каждого электролита, которое пошло на коагуляцию золя, измеряют с точностью до одной капли (объем одной капли примерно равен 0,07 мл).

Таблица 3

Определение порога коагуляции

Раствор электролита	Концентрация электролита, выраженная в нормальности	Объем раствора электролита, вызвавший коагуляцию, мл	Порог коагуляции
NaCl	2		
Na ₂ SO ₄	0,01		
K ₃ [Fe(CN) ₆]	0,001		

При вычислении порога коагуляции производят пересчет, нормальной (молярная концентрация эквивалента) концентрации взятого электролита на молярную концентрацию, учитывают объём взятых золя и электролита и затем переводят все в миллимоль на 1 л золя.

Вычисления проводят по формуле

$$\gamma = C \cdot V \cdot 1000 / n \cdot W,$$

где γ – порог коагуляции (количество электролита в миллимоль на 1 л золя), C – нормальная концентрация электролита, V – объем электролита (мл), вызвавший коагуляцию 25 мл золя, W – объем золя, взятого для опыта, мл, n – суммарная валентность катиона металла электролита.

Результаты опытов подтверждают *правило Шульце-Гарди* и показывают, как с уменьшением валентности коагулирующего иона возрастает количество взятого электролита, необходимого для коагуляции.

Посуда и реактивы

Колба вместимостью 100 мл – 3 шт.

Пипетка на 25 мл – 1 шт.

Бюретка на 50 мл – 3 шт.

Раствор сульфата натрия 0,01 н.

Золь гидроксида железа.

Раствор хлорида натрия 2 н.

Раствор $K_3[Fe(CN)_6]$ 0,001 н.

Контрольные вопросы и задачи

1. Какое место занимают коллоидные системы среди других дисперсных систем?
2. В чем сущность основных методов получения коллоидных систем?
3. Что такое пептизация и как ее можно объяснить?
4. Что представляют собой аэрозоли? Приведите примеры.
5. Какие факторы могут вызывать коагуляцию зольей? Что такое гель?
6. Что такое электрофорез? Чем он отличается от электролиза?
7. Что представляет собой мицелла?
8. Чем обуславливается заряд коллоидных частиц? Как определяют знак заряда?
9. Что такое защитный коллоид? От каких факторов зависит устойчивость коллоидных растворов?
10. Чем отличаются лиофильные коллоиды от лиофобных?

Библиографический список

а) основная литература:

1. Зимон А.Д., Лещенко Н.Ф. Коллоидная химия – М.: АГАР, 2001.- 318с.
2. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. – М. Химия, 1964. – 576 с.
3. Практикум по коллоидной химии. Григоров О.М. и др. М-Л: Химия, 1964. – 332 с.
4. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. – Л.: Химия, 1984. – 368 с.

б) дополнительная литература:

1. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. – М.: Химия, 1982.-400с.
2. Шукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. – М.: Изд. МГУ, 1982. – 352 с.
3. http://www.edu.ru/db/portal/spe/progs/540101_pp.05.htm

Содержание