

Федеральное агентство по образованию
Томский государственный архитектурно-строительный университет

ХИМИЯ. КОЛЛОИДНЫЕ СИСТЕМЫ

Методические указания
к лабораторной работе

Составители Г.В. Лямина,
Е.А. Вайтулевич

Томск 2009

Химия. Коллоидные системы: методические указания /
Сост. Г.В. Лямина, Е.А. Вайтулевич. – Томск: Изд-во Том. гос.
архит.-строит. ун-та, 2009. – 22 с.

Рецензент к.б.н. Т.М. Южакова
Редактор Е.Ю. Глотова

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине
ЕН.Ф.4 «Химия» для студентов всех специальностей очной формы
обучения.

Печатаются по решению методического семинара кафедры хи-
мии, протокол № 3 от 23.12.2008.

Утверждены и введены в действие проректором по учебной ра-
боте В.В. Дзюбо

с 01.09.2009
до 01.09.2014

Оригинал-макет подготовлен авторами.

Подписано в печать.
Формат 60×90/16. Бумага офсет. Гарнитура Таймс.
Уч.-изд. л. 1,15. Тираж 100 экз. Заказ № .

Изд-во ТГАСУ, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.
Отпечатано с оригинал-макета в ООП ТГАСУ.
634003, г. Томск, ул. Партизанская, 15.

КОЛЛОИДНЫЕ СИСТЕМЫ

Цель работы: синтезировать гидрозоль железа (III); определить методом электрофореза его электрокинетический потенциал; изучить коагулирующую способность ряда электролитов по отношению к золю.

Комплект оборудования и реактивов:

№	Наименование	Количество
1	Прибор Бертона	1 шт.
2	Стеклянная пробирка	4 шт.
3	Блок питания лабораторный	1 шт.
4	Коническая колба ($V = 250$ мл)	1 шт.
5	Колбонагреватель	1 шт.
6	Раствор соляной кислоты HCl ($C = 0,1$ моль/л)	10 мл
7	Раствор хлорида железа (III) FeCl ₃ ($C = 0,15$ моль/л)	20 мл
8	Раствор гидроксида натрия NaOH ($C = 0,1$ моль/л)	5 мл
9	Раствор хлорида калия KCl ($C = 0,01$ моль/л)	2 мл
10	Раствор сульфата калия K ₂ SO ₄ ($C = 0,01$ моль/л)	2 мл
11	Раствор гексацианоферрата (III) калия K ₃ [Fe(CN) ₆] ($C = 0,01$ моль/л)	2 мл
12	Дистиллированная вода	300 мл
13	Платиновые электроды (диаметр 0,2–0,5 см, длина 1–2 см)	2 шт.
14	Штатив для пробирок	1 шт.
15	Секундомер	1 шт.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

I. ДИСПЕРСНОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕЩЕСТВА

Кристаллы любого твердого вещества можно получить разного размера – крупные и мелкие. Таким образом, одно и то же вещество может находиться в различной степени раздробленности:

- 1) макроскопически видимые частицы ($>0,2$ – $0,1$ мм, разрешающая возможность глаза);
- 2) микроскопически видимые частицы (от $0,2$ – $0,1$ мм до 400 – 300 нм, разрешающая способность микроскопа при освещении белым светом);
- 3) отдельные молекулы или ионы.

В случае если одно вещество распределено в другом в виде молекул или ионов, то такую систему называют раствором (гомогенная система). В случае же, если частицы вещества имеют более крупный размер, система считается *дисперсной* (гетерогенная система).

Дисперсные системы – это системы, где одно вещество в виде частиц различной величины распределено в другом. При этом сплошная фаза дисперсной системы называется **дисперсионной средой**, а диспергированное вещество – **дисперсной фазой**. Практически всякая реальная система является дисперсной.

Обязательным условием получения дисперсных систем является взаимная нерастворимость диспергируемого вещества и дисперсионной среды.

Количественной характеристикой дисперсности (раздробленности) является степень дисперсности (D) – величина, обратная размеру (l) дисперсных частиц:

$$D = 1/l.$$

Дисперсные системы классифицируют по дисперсности, агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды, интенсивности взаимодействия между ними, отсутствию или образованию структур в дисперсных системах.

Степень дисперсности численно равна числу частиц, кото-

рые можно плотно уложить в ряд на протяжении одного сантиметра. В табл. 2. приведены условные границы размеров частиц систем с различной раздробленностью вещества.

Таблица 2

Классификация систем по степени дисперсности

Системы	Раздробленность вещества	$D, \text{см}^{-1}$	Число атомов в одной частице
Грубодисперсные	Макроскопическая	$1 - 10^2$	$> 10^{18}$
	Микроскопическая	$10^2 - 10^5$	$> 10^9$
Предельно-высокодисперсные	Коллоидная	$10^5 - 10^7$	$10^9 - 10^3$
Молекулярные и ионные	Молекулярная и ионная	$> 10^7$	$< 10^3$

Названия некоторых дисперсных систем с различными агрегатными состояниями дисперсионной среды и дисперсной фазы приведены в табл. 3.

Таблица 3

Классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию

Дисперсионная среда	Дисперсная фаза		
	Газ	Жидкость	Твердое
Газ	–	Туманы	Дымы, пыли, порошки
Жидкость	Пены	Эмульсии	Суспензии, пасты
Твердое	Твердые пены	Нет названия	Нет названия

Туманы и *дымы* носят общее название – *аэрозоли*. Дымы образуются при горении топлива и в результате других химических реакций, например, при взаимодействии хлороводорода с аммиаком.

К *эмульсиям* относится обычное молоко и множество технических эмульсий, например, применяемых для смазки и охлаждения режущего инструмента (эмульсии машинного масла в воде).

Примером грубодисперсной *суспензии* служит строительный «раствор» (суспензия песка и цемента в воде), а мелкодисперсной – масляная краска (суспензия пигмента в олифе). При

затвердевании строительного раствора и «высыхании» масляной краски они превращаются в дисперсные системы с твердой дисперсионной средой. К этой же группе дисперсных систем относятся некоторые сплавы и многие горные породы.

Примеры *жидких пен* – мыльная, пивная, квасная и другие пены. *Твердыми пенами* являются пенопласт, пенополиэтилен, пенополиуретан, некоторые строительные материалы-утеплители.

II. КОЛЛОИДНЫЕ СИСТЕМЫ

Дисперсные системы, размер дисперсной фазы в которых колеблется от 300 до 400 нм ($10^{-5} - 10^{-7}$ см), называются **коллоидными**.

1. Классификация коллоидных систем

По типу внутренней структуры различают три типа коллоидных систем: суспензоиды, мицеллярные (ассоциативные) коллоиды, молекулярные коллоиды.

Суспензоиды (необратимые коллоиды, *лиофобные* коллоиды) – это растворы металлов, их соединений (оксидов, солей).

Структура частиц дисперсной фазы суспензоидов не отличается от структуры соответствующего компактного вещества и имеет молекулярную или ионную кристаллическую решетку. От суспензий они отличаются более высокой дисперсностью.

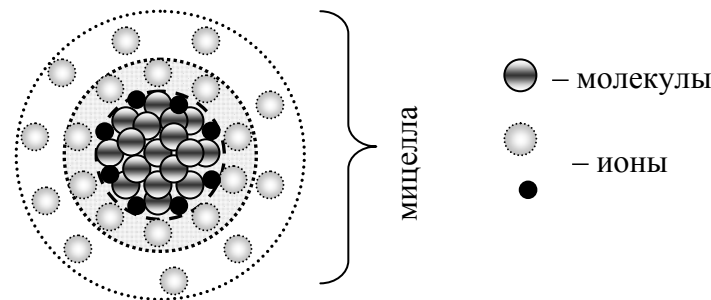


Рис. 1. Мицелла суспензоидов

Необратимыми их называют потому, что при выпаривании растворов суспензоеидов образующийся сухой осадок нельзя вновь перевести в золь при растворении.

Для суспензоеидов характерно слабое взаимодействие между дисперсной фазой и дисперсионной средой, поэтому их называют *лиофобными* (от греч. лиос – жидкость, фобо – страх).

Для лиофобных коллоидов единицей структуры является *мицелла* – сложный многокомпонентный агрегат переменного состава, состоящий из десятков, сотен и более молекул (рис. 1).

Мицеллярные (ассоциативные) коллоиды – это растворы, в которых коллоидные частицы возникают при агрегации (слипании) *дифильных* молекул, т. е. молекул, содержащих полярные группы и неполярные углеводородные радикалы:



В основном, это соли щелочных металлов высших жирных кислот (мыла), например, стеарат натрия:

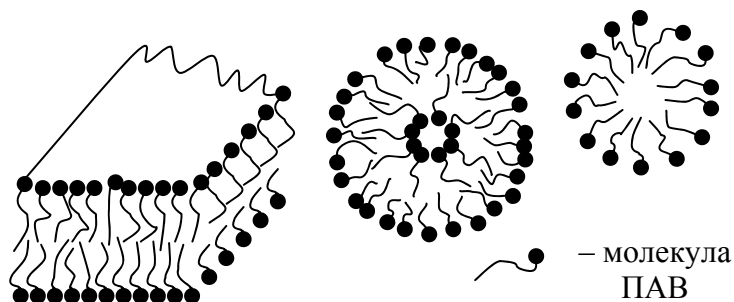


Рис. 2. Мицеллярные коллоиды

Мицеллы таких коллоидных растворов представляют собой скопление правильно расположенных молекул, удерживаемых преимущественно дисперсионными силами и имеющих сферическую или пластинчатую форму (рис. 2). Молекулы, образующие мицеллярные коллоиды, называют еще поверхностно активными веществами (ПАВ), так как,

имея дифильное строение, они склонны к адсорбции на поверхности твердых тел

Молекулярные коллоиды (обратимые, лиофильные) – это растворы природных или синтетических высокомолекулярных веществ (ВМС).

Растворы ВМС образуются самопроизвольно благодаря сильному взаимодействию частиц дисперсной фазы с дисперсионной средой, поэтому их называют еще *лиофильными* (от греч. лиос – жидкость, фило – люблю).

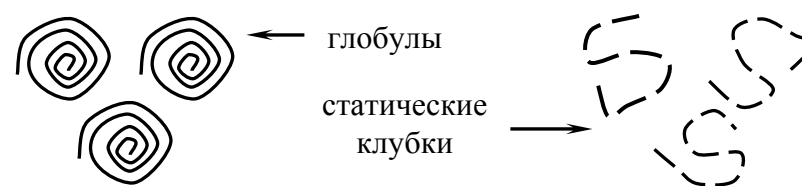


Рис. 3. Молекулярные коллоиды

Молекулярные коллоиды способны сохранять устойчивость без стабилизаторов. Так как размер одной макромолекулы меняется от 10^{-8} м и более, то она и является структурной единицей лиофильных коллоидов. В результате внутримолекулярных превращений палочкообразная цепь макромолекулы может превращаться либо в деформированный стержень, либо в рыхлый или плотный клубок, или, в конечном счете, в глобулу (рис. 3). Форма макромолекулы определяется гибкостью цепи.

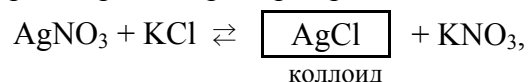
2. Способы получения коллоидных систем

Методы получения суспензоеидов можно разделить на две группы: *дисперсионные* и *конденсационные*.

Метод диспергирования заключается в измельчении крупных частиц дисперсной фазы с помощью дробления в специальных коллоидных мельницах, помола, истирания, ультразвуковой обработки и др. Таким способом получают в основном лиофобные коллоиды.

Молекулярные и мицеллярные коллоиды получают путем обычного растворения дисперсной фазы в дисперсионной среде. Например, растворяя мыло в воде, можно получить раствор мицеллярных коллоидных частиц.

Метод конденсации состоит в получении нерастворимых соединений путем реакций обмена, гидролиза, окисления и восстановления в разбавленных растворах. Если один из компонентов реакции берется в избытке, то можно получить не осадки, а коллоидные растворы. Например, в реакции



образуются молекулы хлорида серебра. Так как AgCl нерастворим в воде, его молекулы начинают объединяться в более крупные частицы и, если раствор разбавленный, то их размер останется на уровне коллоидных частиц (10^{-7} м), т. е. осадок не выпадет.

К конденсационным методам относится также получение суспензидов путем замены растворителя. Например, если к водному раствору хлорида натрия прилить спирт, в котором NaCl нерастворим, то можно получить коллоидный раствор.

Еще одним необходимым для получения лиофобных коллоидов условием является наличие в системе стабилизаторов – веществ, препятствующих процессу самопроизвольного укрупнения (**коагуляции**) коллоидных частиц. Поэтому устойчивые коллоидные растворы содержат не менее трех компонентов: дисперсную фазу, дисперсионную среду и стабилизатор.

Чаще всего в качестве стабилизаторов используют электролиты, т. е. вещества, имеющие ионную природу, и молекулы высокомолекулярных веществ (белки, поливиниловый спирт).

Стабилизирующее действие электролитов заключается в том, что их ионы создают пограничные слои между дисперсионной фазой и дисперсионной средой. Действие высокомолекулярных веществ заключается в том, что макромолекула адсорбируется на поверхности коллоидной частицы и создает структурно-механический барьер, препятствующий укрупнению частиц.

3. Свойства коллоидных систем

Основными свойствами, отличающими коллоидные системы от растворов и грубодисперсных систем, являются оптические, молекулярно-кинетические, электрокинетические, сорбционные и структурно-механические. Рассмотрим некоторые из них.

3.1. Оптические свойства

Оптические свойства исследуют, изучая взаимодействие света с веществом. Если частицы крупные, то проходящий свет отражается или преломляется. Если размер частиц меньше половины длины волны света, то наблюдается рассеяние проходящего луча за счет дифракции, что характерно для истинных и для коллоидных растворов. Интенсивность рассеяния света коллоидными растворами значительно больше, чем для истинных, так как размер коллоидных частиц в 100 раз больше, чем молекул. Обнаружение в растворе пути луча источника света при рассмотрении раствора перпендикулярно к направлению этого луча позволяет отличить коллоидный раствор от истинного.

Светорассеяние в коллоидных растворах проявляется в виде опалесценции – матового свечения (обычно голубоватых оттенков), которое хорошо заметно на темном фоне при боковом освещении золя. С опалесценцией связано характерное для коллоидных систем явление – **эффект Тиндаля**: при пропускании пучка света через коллоидный раствор с направлений, перпендикулярных лучу, наблюдается образование в растворе светящегося конуса.

3.2. Молекулярно-кинетические свойства

Молекулярно-кинетические свойства (броуновское движение, диффузия и седиментация) связаны с хаотическим тепловым движением частиц в системе.

Броуновское движение тем больше, чем меньше размер частиц. Для частиц размером больше, чем 10^3 нм хаотичное движение прекращается. Наблюдения за броуновским движением

используют для определения размеров частиц дисперсной фазы. Скорость *диффузии* также зависит от размеров частиц и для коллоидных растворов скорость диффузии значительно меньше, чем для истинных растворов.

Седиментацией называют свободное оседание частиц в вязкой среде под действием гравитации. Под действием гравитации оседают только крупные частицы (более 10^3 нм). Очевидно, что чем тяжелее частица, тем выше скорость седиментации. Седиментационные процессы используют как для определения размера частиц дисперсной фазы, так и для разделения суспензий на фракции.

Седиментации всегда противодействует диффузия, осуществляемая под действием броуновского движения частиц. Соотношение между этими двумя процессами определяет *кинетическую устойчивость золь* – способность коллоидных частиц удерживаться во взвешенном состоянии, не подвергаясь седиментации.

3.3. Электрокинетические явления

Электрокинетическими явлениями называют перемещение одной фазы относительно другой в электрическом поле и возникновение разности потенциалов на межфазной границе. Они возникают благодаря существованию на границе мицелла – раствор двойного электрического слоя (ДЭС). Рассмотрим механизм его формирования.

Возникновение ДЭС обусловлено следующими факторами: на поверхности твердого тела при его контакте с жидкостью возникает избыточный электрический заряд; заряд компенсируется присутствующими в растворе ионами противоположного знака (противоионами) и образуется ДЭС; образование ДЭС происходит самопроизвольно, благодаря стремлению поверхностной энергии к минимуму.

Принято считать, что слой противоионов состоит из двух частей: адсорбционная часть (плотно прилегающий слой) – слой Гельмгольца; диффузионная часть, удерживаемая около поверхности только за счет электростатических сил. Между этими двумя слоями находится *граница скольжения* (рис. 4, а).

Рассмотрим строение коллоидной мицеллы на примере гидрозоля иодида серебра, получаемого взаимодействием разбавленных растворов нитрата серебра и иодида калия:

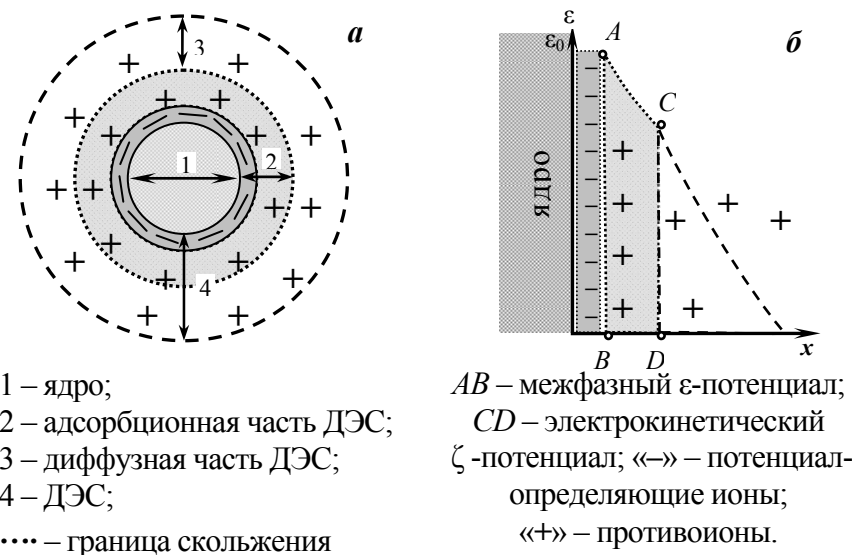
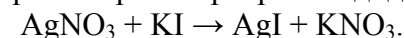


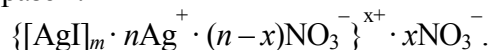
Рис. 4. Изменение потенциала в двойном электрическом слое (б) коллоидной мицеллы (а)

Коллоидная мицелла золя иодида серебра образована микрокристаллом иодида серебра, который способен к избирательной адсорбции из окружающей среды катионов серебра Ag^+ или анионов йода I^- .

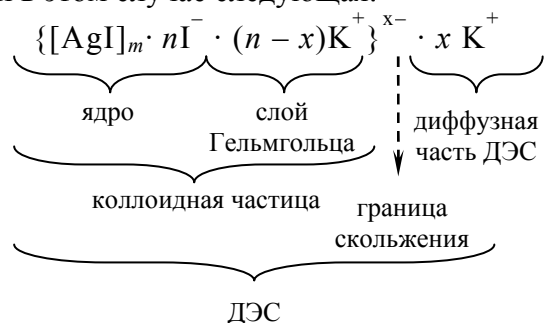
Для случая адсорбции электролита *Песковым и Фаянсом* было сформулировано следующее эмпирическое правило: *на поверхности кристаллического твердого тела из раствора электролита специфически адсорбируется ион, который способен достраивать его кристаллическую решетку или может образовывать с одним из ионов, входящим в состав кристалла, малорастворимое соединение.*

Если реакция проводится в избытке иодида калия, то ядро будет адсорбировать ионы йода; при избытке нитрата серебра микрокристалл адсорбирует ионы серебра. В результате этого микрокристалл приобретает отрицательный либо положительный заряд; ионы, сообщаящие ему этот заряд, называются *потенциалопределяющими*, а сам заряженный кристалл – *ядром мицеллы*. Заряженное ядро притягивает из раствора ионы с противоположным зарядом – *противоионы*. Часть противоионов адсорбируется на поверхности ядра, образуя *адсорбционный слой* противоионов. Ядро вместе с адсорбированными на нем противоионами называют *коллоидной частицей*. Остальные противоионы, число которых определяется, исходя из правила электронейтральности мицеллы, составляют *диффузный слой* противоионов.

Схематически мицелла золя иодида серебра, полученного в избытке нитрата серебра (потенциалопределяющие ионы – ионы Ag^+), противоионы – анионы NO_3^- , может быть изображена следующим образом:



При получении золя иодида серебра в избытке иодида калия коллоидные частицы будут иметь отрицательный заряд. Структура ДЭС мицеллы в этом случае следующая:



Таким образом, ДЭС – это тонкий слой, формирующийся на межфазной границе из пространственно разделенных зарядов противоположного знака. В идеальном случае количество положительно и отрицательно заряженных частиц равно друг другу, од-

нако на практике оно не совпадает. Благодаря этому любая межфазная граница имеет свой *электрохимический потенциал*, знак которого определяется избытком частиц определенного знака.

Потенциалобразующие ионы создают вокруг кристалла электрическое поле, которое постепенно ослабевает. На рис. 4, б представлен график изменения потенциала электрического поля, создаваемого ДЭС, по мере удаления от заряженной поверхности. Потенциал поверхности обозначают ϵ_0 (кривая АВ на рис. 4, б) и называют *термодинамическим*. Противоионы, находящиеся в адсорбционном слое, частично компенсируют заряд поверхности, поэтому потенциал частично уменьшается и на конце ионной атмосферы становится равным нулю.

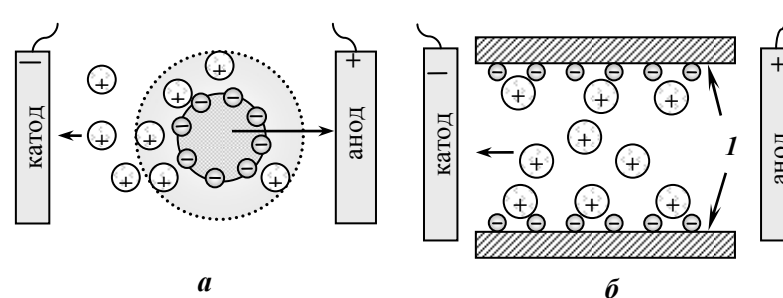
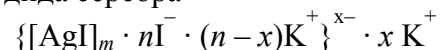


Рис. 5. Передвижение коллоидных частиц при электрофорезе (а); при электроосмотическом переносе жидкости через капилляр (б); I – внутренняя поверхность капилляра

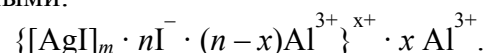
При движении мицелла разрывается на коллоидную частицу и диффузные противоионы. Если этот процесс происходит под действием электрического поля, его называют *электрофорезом* (5, а). Разрыв происходит по поверхности скольжения. Потенциал на поверхности скольжения называют электрокинетическим или ζ -потенциалом (кривая CD на рис. 4, б). Именно от его величины зависит скорость движения коллоидных частиц в электрическом поле или скорость движения дисперсионной среды в пористых телах (*электроосмос*) (5, б).

На структуру ДЭС могут оказывать влияние электролиты. Различают индифферентные и неиндифферентные электролиты по отношению к кристаллу мицеллы.

Индифферентными называют электролиты, ионы которых неспособны к хемосорбции данной поверхностью и не могут быть потенциалопределяющими и не меняют потенциал ϵ . По отношению к кристаллу AgI такими электролитом является NaNO_3 , $\text{Ca(NO}_3)_2$. Введение катионов натрия или кальция компенсирует отрицательный заряд поверхности на меньшем расстоянии от поверхности, чем раньше, и происходит сжатие ДЭС и меняется ζ -потенциал. Причем, чем больше заряд противоиона, тем сильнее сжимается ДЭС. Если добавить к раствору коллоидных частиц иодида серебра



электролит, противоионы которого имеют больший заряд, например, $\text{Al(NO}_3)_3$, то можно наблюдать интересное явление – перезарядку коллоидных частиц. Отрицательные частицы станут положительными:



Знак ζ -потенциала также изменится: из отрицательного он станет положительным.

Неиндифферентными называют электролиты, ионы которых способны к сорбции данной поверхностью, могут быть потенциалопределяющими и менять величину термодинамического потенциала. По отношению к кристаллу AgI таким электролитом является, например, KI. В этом случае концентрация иодид-ионов увеличится, и потенциал поверхности приобретет более отрицательное значение.

4. Устойчивость и коагуляция лиофобных коллоидов

Леофобные коллоиды являются термодинамически неустойчивыми системами, существующими благодаря стабилизации за счет возникновения двойного электрического слоя. Изменение состояния ДЭС может, следовательно, привести к по-

тере агрегативной устойчивости – слипанию частиц в более крупные агрегаты, т. е. коагуляции золя. Коагуляция золь может быть вызвана различными факторами: прибавлением электролитов, нагреванием или замораживанием, механическим воздействием и т. д. Наиболее важным и изученным фактором коагуляции гидрофобных коллоидов является воздействие на них растворов электролитов.

Для коагуляции золь электролитами установлен ряд эмпирических закономерностей.

1. Для начала коагуляции золя за определенный промежуток времени необходима некоторая минимальная концентрация электролита, называемая *порогом коагуляции* γ или C_K . Величину, обратную порогу коагуляции, называют *коагулирующей способностью*

$$p = 1/C_K.$$

2. Коагулирующим действием обладает тот из ионов электролита, заряд которого противоположен заряду коллоидных частиц. Согласно эмпирическому правилу *Шульце–Гарди* ионы с высшей валентностью характеризуются меньшим порогом коагуляции и обладают большим коагулирующим действием. Величины порогов коагуляции двухзарядных ионов примерно на порядок, а трехзарядных – на два порядка меньше, чем для однозарядных ионов. Отношение порогов коагуляции одно-, двух- и трехвалентных противоионов приближенно равно 1:0,016:0,0013 (соответственно отношение обратных величин – коагулирующих способностей равно 1:60:700).

3. В осадках, получаемых при коагуляции золь электролитами, всегда присутствуют ионы, вызвавшие коагуляцию.

Необходимому для коагуляции сближению частиц дисперсной фазы препятствует, как было показано выше, электростатическое отталкивание имеющих одноименный заряд коллоидных частиц и противоионов и взаимодействие сольватных оболочек противоионов диффузного слоя.

При добавлении к золю раствора электролита имеющееся равновесие адсорбции – десорбции между противоионами адсорбционного и диффузного слоев смещается в сторону адсорбции вследствие увеличения в дисперсионной среде концентрации ионов, имеющих заряд, противоположный заряду ядра (ионы с одноименным зарядом в равновесии адсорбции – десорбции не участвуют). Адсорбция дополнительного числа противоионов приводит к уменьшению заряда коллоидных частиц, уменьшению числа противоионов диффузного слоя (уменьшению толщины ДЭС) и, следовательно, к снижению агрегативной устойчивости золя. При достижении некоторого предельного значения заряда коллоидные частицы получают возможность сближения и объединения в более крупные агрегаты за счет ван-дер-ваальсовых сил; иными словами, происходит коагуляция золя.

Термодинамическая неустойчивость лиофобных коллоидных систем является причиной *старения зольей* – самопроизвольной коагуляции (автокоагуляции) зольей. Автокоагуляция зольей происходит значительно медленнее, чем коагуляция электролитами; так, золи золота могут сохраняться без видимых изменений десятилетиями. Одной из основных причин старения зольей является медленно совершающийся процесс перекристаллизации вещества ядра.

Пептизацией (деагрегацией) называется процесс расщепления коагулировавшего золя на первичные частицы – процесс, противоположный коагуляции. Пептизация возможна лишь тогда, когда структура частиц в коагуляте не изменена по сравнению с первоначальной (т. е. когда еще не произошло полного срачивания частиц и они слабо связаны друг с другом).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Опыт 1. Получение гидрозоля железа (III) Fe(OH)₃ методом конденсации

В конической колбе на 250 мл нагрейте до кипения 85 мл дистиллированной воды. В кипящую воду небольшими порциями прилейте 15 мл 0,15 М раствора хлорида железа (III) и продолжайте нагревать до появления кирпично-красной окраски раствора.

В отчёте опишите наблюдаемое явление. Свидетельствует ли окраска раствора о получении коллоидного раствора? Напишите реакцию гидролиза FeCl₃. Составьте схему строения мицеллы полученного гидрозоля гидроксида железа (III). Сохраните золь для выполнения опытов 2–4.

Опыт 2. Получение гидрозоля железа (III) Fe(OH)₃ методом пептизации

К раствору хлорида железа (III) прилейте раствор аммиачной воды или гидроксида натрия до выпадения осадка. Образовавшийся осадок Fe(OH)₃ отделите от раствора декантацией* или центрифугированием**. Промойте его дистиллированной водой и разделите на три пробирки.

В первую пробирку добавьте дистиллированной воды и взболтайте осадок. Поставьте пробирку в штатив. Через 10 минут слейте раствор с осадка, вновь добавьте дистиллированную воду и взболтайте. Промывайте осадок водой и взбалтывайте до тех пор, пока полученная взвесь не перестанет отстаиваться и не образуется устойчивый коллоидный раствор.

Во вторую пробирку добавьте раствор FeCl₃, в третью – HCl. Наблюдайте за изменением цвета раствора над осадком.

В отчёте опишите наблюдаемое явление. Свидетельствует ли окраска раствора о получении коллоидной системы? Учитывайте, что для коллоидных растворов характерно явление опалесценции***.

* Декантация – сливание жидкости с отстоявшегося осадка. Можно проводить с использованием пипетки.

** Центрифугирование – разделение неоднородных смесей (эмульсий, суспензий) на составные части под действием центробежной силы. Осуществляется в центрифугах.

*** Опалесценция – резкое усиление рассеяния света чистыми веществами и растворами. Объясняется резким увеличением сжимаемости веществ, в результате чего в них увеличивается число флуктуаций плотности, на которых рассеивается свет (прозрачное вещество становится мутным).

Составьте схемы строения мицелл гидрозоль гидроксида железа (III), полученного в различных пробирках.

Объясните причины возникновения заряда на грануле в различных пробирках.

Опыт 3. Коагуляция гидrozоль железа (III)

Возьмите три пробирки. В каждую с помощью микропипетки налейте по 2 мл золя гидроксида железа (III). Затем по каплям при постоянном перемешивании приливайте в первую пробирку 0,01M раствор KCl, во вторую – 0,01 M K₂SO₄, а в третью — 0,01 M K₃[Fe(CN)₆]. Отметьте количество капель, которое требуется в каждом случае для начала коагуляции золя. Результаты наблюдений занесите в таблицу.

Таблица 3

Коагулирующий электролит

Коагулирующий электролит	Количество капель
KCl	
K ₂ SO ₄	
K ₄ [Fe(CN) ₆]	

В отчёте опишите наблюдаемые явления. Сравните коагулирующее действие разных электролитов. Как оно связано с зарядом анионов и их массой?

Опыт 4. Определение величины электрокинетического потенциала золя гидроксида железа (III)

В воронку прибора Бертонa (рис. 6) налейте смесь 20 мл золя, полученного в первом опыте, и 5 мл дистиллированной воды (если в стеклянной трубке остаются пузырьки воздуха, их удаляют при помощи проволоки). Затем в U-образную трубку налейте боковую жидкость (разбавленный раствор HCl и NH₄Cl, некоагулирующий

золь), заполняя колена трубки на одну треть, и также удалите пузырьки воздуха. После этого осторожно откройте кран и дайте золю возможность медленно подняться по U-образной трубке, вытесняя боковую жидкость (для выполнения работы необходимо наличие четкой границы между золем и боковой жидкостью).

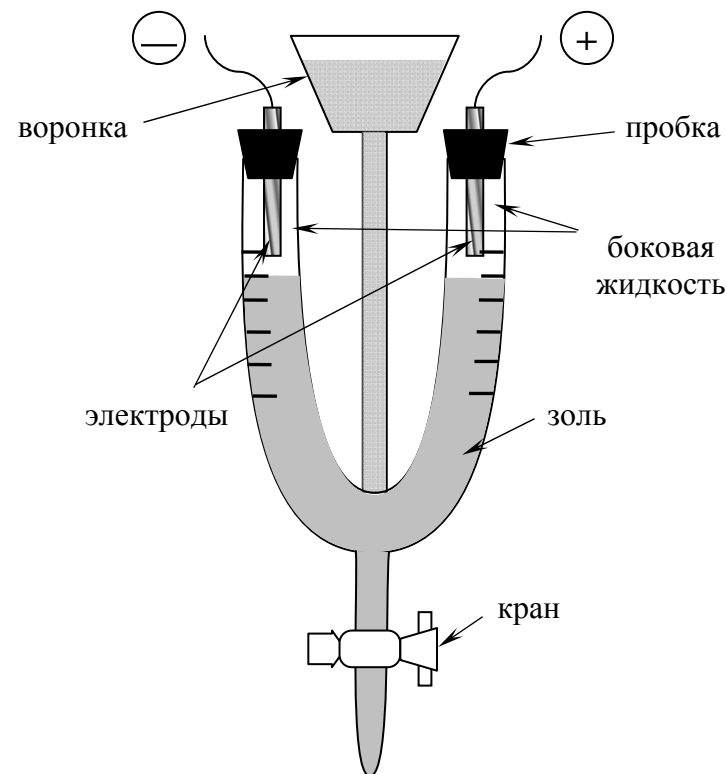


Рис. 6. Схема прибора Бертонa

Вставив в U-образную трубку электроды, включите прибор в сеть (осторожно – высокое напряжение!), включите секундомер и определите время, за которое граница золя переместится на 2 деления U-образной трубки (2 мм). Определение повторите 3 раза и для дальнейших расчетов используйте среднее значение.

По формулам (1) и (2) рассчитайте электрофоретическую скорость частиц золя и величину ζ -потенциала.

$$v = \frac{S \cdot l}{E \cdot t}, \quad (1)$$

где v – электрофоретическая скорость частиц золя ($\text{см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$); S – путь, пройденный границей золя (см); l – расстояние между электродами в растворе (см); E – разность потенциалов между электродами (В); t – время, с .

$$\zeta = 90000 \frac{K \cdot \pi \cdot \eta \cdot v}{\varepsilon}, \quad (2)$$

где η^* – вязкость воды ($\text{г}/(\text{см} \cdot \text{с})$); ζ – дзета-потенциал (В); ε – диэлектрическая проницаемость среды (для воды $\varepsilon = 81$); K – постоянная, зависящая от формы частиц, считая их сферическими, принимаем $K = 6$; v – электрофоретическая скорость частиц, $\text{см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$; 90000 – коэффициент пересчета из системы СГС в систему СИ.

Запишите общий вывод по работе. Оформите отчет в тетради для лабораторных работ. Соблюдайте следующую схему изложения материала: номер и название работы; цель работы; краткая теоретическая часть; порядок выполнения работы с описанием методики эксперимента и основных результатов; вывод по работе.

Контрольные вопросы

1. Что такое коллоидные системы?
2. По каким свойствам можно отличить коллоидные системы от растворов и грубодисперсных систем?
3. Чем отличаются способы получения молекулярных коллоидов от мицеллярных?
4. Как называется явление движения дисперсионной среды в пористых телах при наложении электрического поля?

* $\eta = 0.01138, 0.01005$ и $0.00894 \text{ г}/(\text{см} \cdot \text{с})$ при 15, 20 и 25 °С.

5. Сформулируйте правило Шульце–Гарди.

6. Опишите явление конуса Тиндаля.

7. Определите формулу мицеллы золя, полученного смешением 50 мл раствора хлорида кальция с концентрацией 0,03 моль/л и 50 мл раствора KF с концентрацией 0,003 моль/л. Укажите направление движения частиц при электрофорезе.

8. Какой из электролитов – Na_2SO_4 или MgCl_2 – будет обладать большей коагулирующей способностью для золя иодида серебра, полученного смешением равных объемов раствора иодида калия с концентрацией 0,01 моль/л и раствора нитрата серебра с концентрацией 0,015 моль/л?

9. При взаимодействии каких компонентов теоретически возможно образование коллоидных растворов:

- а) MnCl_2 , Na_2S и вода;
- б) NaBr , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и вода;
- в) LiCl и вода?

Напишите уравнения реакций образования коллоидных частиц.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глинка, Н.Л. Общая химия / Н.Л. Глинка; под ред. А.И. Ермакова. – М.: Интеграл-Пресс, 2008. – 728 с.
2. Левченков С.И., Четверикова В.А. Методические указания к лабораторному практикуму по физической и коллоидной химии для студентов биолого-почвенного факультета [электронный ресурс]. – 2004. – URL: physchem.chimfac.rsu.ru/source/pcc_lab.
3. Коровин, Н.В. Общая химия / Н.В. Коровин. – М.: Высш. шк., 2002. – 558 с.