

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра аналитической и неорганической химии

ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ

Методические указания к самостоятельной подготовке и выполнению лабораторной работы, вопросы и задачи по программированному контролю знаний по курсу химии для студентов специальностей 050501, 140211, 150202, 151001, 151002, 190201, 190202, 190601, 190603, 190702, 200503, 220301, 260601, 280101

Кафедра аналитической и неорганической химии

Дисциплина: "Химия", специальности 050501, 140211, 150202, 151001, 151002, 190201, 190202, 190601, 190603, 190702, 200503, 220301, 260601, 280101

Составила: канд. хим. наук, доцент Иванцова Г.В.

Утверждены на заседании кафедры 28 октября 2008 г.

Рекомендованы методическим советом университета
"__02__" декабря 2008

СОДЕРЖАНИЕ

1. Дисперсные системы. Коллоидные растворы	4
2. Вопросы и задачи для самоконтроля.....	10
3. Лабораторная работа.....	11
Список литературы.....	13

1. Дисперсные системы. Коллоидные растворы

Материальная основа современной цивилизации и всего биологического мира связана с дисперсными системами. Человек живет и работает в окружении дисперсных систем. Воздух, пищевые продукты и продукты их переработки представляют дисперсные системы. Многие лекарственные вещества производятся в виде тонких суспензий и эмульсий. Биологические жидкости животных организмов, такие как кровь, плазма, лимфа, спинно-мозговая жидкость, представляют собой коллоидные системы, в которых белки, холестерин, гликоген и др. находятся в коллоидном состоянии.

Основная задача настоящего методического указания - сформировать знания теоретических основ коллоидно-дисперсных систем, приобрести практические умения получения зольей и изучить их свойства.

Общие представления о дисперсных системах. Гетерогенные системы, состоящие из двух и более фаз с сильно развитой поверхностью между ними, получили название дисперсных систем. Вещество, которое в дисперсной системе образует сплошную фазу, называется дисперсной средой, а то (или те), что рассеяно в среде в виде частиц, капель или пузырьков, - дисперсной фазой. Дисперсные системы с частицами размером более 100 нм (10^{-7} м) называют грубодисперсными, или взвесями, среди них различают суспензии и эмульсии. Диспергируемое вещество видимо в оптический микроскоп или невооруженным взглядом. Системы с частицами меньших размеров (от 1 до 100 нм) называют коллоидами, или коллоидными растворами.

Для количественной оценки дисперсности (раздробленности) введено понятие степени дисперсности D – величина, обратная диаметру частицы. Чем выше степень дисперсности, т.е. чем мельче частицы, тем больше число атомов вещества находится в поверхностном слое, на границе раздела фаз, по сравнению с их числом внутри дисперсной частички.

В этом нетрудно убедиться простым расчетом. Пусть мы имеем частицы шаровидной формы. Площадь поверхности шара $4\pi r^2$, объем $\frac{4}{3}\pi r^3$. Таким образом, удельная площадь поверхности, равная отношению площади поверхности частички к ее объему, $S_{уд} = 6/d$.

Если дисперсная фаза состоит из шаров диаметром 10^{-4} см (1 мкм = 1000 нм), то $S = 6 \cdot 10^4$ см⁻². Если же вещество раздробить до шаров 10 нм, то $S = 6 \cdot 10^6$ см⁻², или возрастает в 100 раз.

Из этого примера следует, что с повышением степени дисперсности свойства системы в значительной мере определяются явлениями на границе раздела фаз, т.е. на межфазной поверхности.

Дисперсные системы имеют много разновидностей, отличающихся агрегатным состоянием дисперсной фазы и дисперсной среды.

Многообразие органического и неорганического мира мы во многом обязаны именно дисперсным системам.

Типы дисперсных систем, фазовое состояние дисперсной среды и дисперсной фазы, примеры известных дисперсных систем приведены в таблице

Таблица 1
Типы дисперсных систем

Тип дисперсной системы	Фазовое состояние		Примеры
	Дисперсионной среды	Дисперсной фазы	
Аэрозоль	Газ	Жидкая	Туман, облака
Аэрозоль	Газ	Твердая	Дым, пыль
Пена	Жидкая	Газ	Взбитые сливки, мыльная пена
Эмульсия	Жидкая	Жидкая	Молоко, майонез
Золь	Жидкая	Твердая	Краски
Твердая эмульсия	Твердая	Жидкая	Масло, жемчуг
Гель	Твердая	Жидкая	Желе, агар-агар, сухари
Твердые пены	Твердая	Газ	Пеноматериалы
Твердые дисперсионные материалы	Твердая	Твердая	Гетерогенные сплавы, стекла, эмали, металлокерамические композиции

Раздел фаз. Жидкость и твердое тело имеют поверхностную границу, где происходит соприкосновение вещества либо с другим веществом, либо с самим собой, но находящимся в другом агрегатном состоянии (жидкость и пары этой жидкости, твердые частички в жидкости, капли одной жидкости в другой). Состояние нескольких ближайших поверхностных слоев атомов, молекул или ионов этого вещества отличается от состояния внутренних слоев. Во внутреннем слое, например, молекула находится под воздействием таких же окружающих ее молекул. На поверхности раздела молекула либо соприкасается с такими же молекулами, но в меньшем количестве, если это пар, либо с молекулами другого вещества. Напряженность межмолекулярных сил в соприкасающихся слоях на границе раздела фаз определяет потенциальную энергию межфазовой поверхности. Ее называют поверхностной энергией.

Важнейшее понятие, характеризующее границу раздела фаз, - *удельная свободная поверхностная энергия σ* или на границе двух жидкостей - *поверхностное натяжение*.

Это та работа, которую надо затратить на обратимое образование единицы новой поверхности раздела без изменения температуры.

Процессы на поверхности раздела фаз могут идти самопроизвольно, если при этом уменьшается свободная поверхностная энергия Гиббса $\Delta G = \sigma S$, (где S – *поверхность раздела*). Система стремится к такому состоянию, когда величина σS минимальна при данном объеме, а это означает, что дисперсные

системы, как правило, термодинамически неустойчивы. Если величина σ постоянна, то система стремится к уменьшению S , т.е. к укрупнению дисперсных частиц. Поэтому коллоидные растворы коагулируют, т.е. разделяются на осадок и жидкость, туманы и облака проливаются дождем и т.п.

Степень сохранности определенной дисперсности называется агрегативной устойчивостью. Большинство коллоидных систем агрегативно неустойчивы, в особенности при воздействии на них некоторыми веществами, при длительном хранении, при действии температуры.

Если система не может изменить величину S , то меняется σ , например, вследствие адсорбционных процессов. Изменение концентрации вещества на границе раздела фаз называется адсорбцией. Вещество, способное поглощать, адсорбировать другое вещество, называется адсорбентом; вещество, которое может адсорбироваться – адсорбтивом, а уже адсорбированное вещество адсорбатом. Процесс, обратный адсорбции, называется десорбцией.

Коллоидные растворы. Коллоидное состояние характерно в природе для многих веществ. Широко распространены коллоидные системы, в которых дисперсионная среда – жидкость; их называют золями, или коллоидными растворами. Водные коллоидные растворы играют важную роль в теплоэнергетике: водоподготовка, очистка сточных вод и т.п.

Частицы дисперсной фазы коллоидных растворов называют коллоидными частицами, их размер соответствует размерам нескольких десятков, сотен, а иногда и тысяч атомов. Эти частицы несут на себе заряд, что обуславливает притяжение к ним диполей воды. Вследствие взаимодействия с водой на поверхности частицы создается гидратная «оболочка». Заряд частиц дисперсной фазы обязан своим происхождением адсорбционным процессам, имеющим избирательный характер. Условно коллоиды разделяют на лиофильные (растворитель взаимодействует с ядром частицы) и лиофобные (растворитель не взаимодействует с ядром частицы).

Коллоидные частицы и мицеллы. Коллоидная частица состоит из ядра, адсорбирующего из окружающей среды ионы одного вида. Эти ионы называют зарядообразующими, их химическая природа близка химической природе ядра коллоидной частицы.

Например:

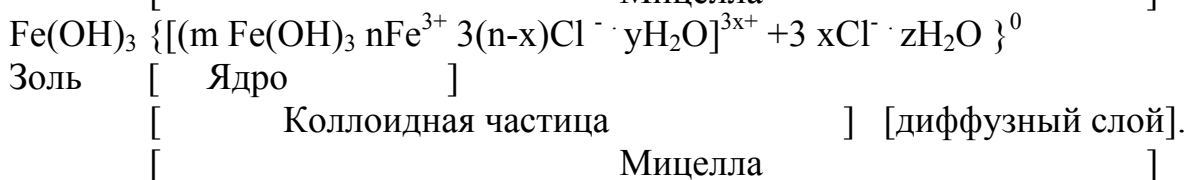
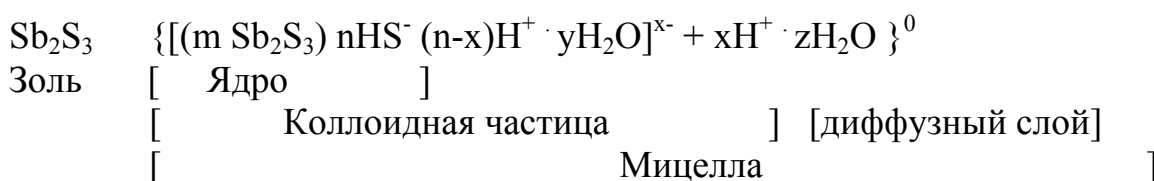
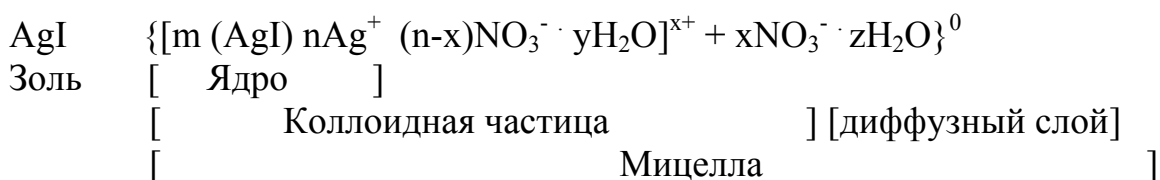
Золь	Агрегат Коллоидной частицы	Зарядообразующие ионы
AgI	mAgI	Ag ⁺ или I ⁻
Sb ₂ S ₃	m Sb ₂ S ₃	S ²⁻ или HS ⁻
Fe(OH) ₃	m Fe(OH) ₃	Fe ³⁺ , Fe(OH) ²⁺ или Fe(OH) ⁺ ₂

Ядро коллоидной частицы с адсорбированными зарядообразующими ионами притягивает к себе из среды ионы противоположного знака заряда. Зарядообразующие ионы и противоионы гидратированы, поэтому в

коллоидную частицу приходит вода, молекулы которой создают гидратную оболочку. Весь этот комплекс перемещается в растворе как единое целое, его и называют коллоидной частицей. В состав коллоидной частицы входит только часть имеющихся в системе противоионов, Их называют связанными. Адсорбированные ионы и противоионы с растворителем образуют адсорбционный слой. Суммарно заряд частицы равен разности зарядов адсорбированных ионов и противоионов.

Другая часть противоионов остается в дисперсионной среде (в жидкой фазе), образуя диффузный слой ионов. Эти противоионы называют свободными. Они дают заряд дисперсионной среде. Коллоидная частица и диффузный слой образуют электронейтральную мицеллу.

Примерный состав коллоидных частиц и мицелл зелей AgI, Sb₂S₃, Fe(OH)₃ при адсорбции ионов Ag⁺ из раствора AgNO₃, HS⁻ из раствора H₂S и Fe³⁺ из раствора FeCl₃, т.е. при избытке AgNO₃, H₂S и FeCl₃ соответственно :



Свойства дисперсных систем. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем характеризуются броуновским движением, диффузией и осмосом.

Броуновское движение дисперсных частиц происходит вследствие непрерывного колебательного движения молекул дисперсной среды. Количественной мерой броуновского движения служит среднеквадратичная величина из проекций пути частицы на какую-либо ось за определенный промежуток времени. Она обратно пропорциональна вязкости среды или системы и радиусу частиц дисперсной системы, поэтому скорость перемещения частиц в коллоидных растворах меньше, чем в истинных растворах.

Размерами частиц фазы определяют и оптические свойств дисперсных систем. Грубодисперсные системы преломляют и отражают свет, поэтому и являются мутными. Для систем коллоидной дисперсности характерны явления *рассеяния (опалесценции) и поглощения (адсорбции) света*. Частицы дисперсной фазы зелей по своим размерам меньше длин волн лучей видимого света. Поэтому они рассеивают свет довольно интенсивно, но не отражают его.

Если рассматривать путь светового луча, проходящего через совершенно прозрачный коллоидный раствор, сбоку на темном фоне, то он становится видимым. Этот оптический эффект называется конусом Тиндаля.

Некоторые золи способны поглощать свет определенной длины волны, о чем свидетельствует их окраска.

К электрокинетическим свойствам дисперсных систем относят электрофорез, электроосмос. Электрофорез - движение частиц дисперсной фазы к одному из электродов при пропускании через золь постоянного электрического тока. Электроосмос – движение частиц дисперсной среды к одному из электродов. Электрофорез, электроосмос обусловлены наличием разноименного заряда у частиц дисперсной фазы и дисперсной среды. На границе раздела фаз возникает скачок потенциала, называемый электрокинетическим, или ξ (дзета) – потенциалом. Электрокинетический потенциал определяется толщиной и зарядом диффузного слоя, которые зависят от концентрации и заряда противоионов и температуры. Его значение можно регулировать, например, введением противоионов с высоким значением зарядов. Заряд на частицах препятствует их сближению. Этим, в частности, и определяется устойчивость коллоидных систем.

Устойчивость и коагуляция коллоидных систем. Устойчивость коллоидных систем в целом связана с действием трех факторов: кинетического, электрического и структурно-механического.

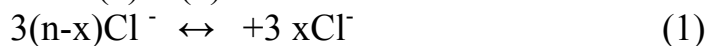
Кинетический фактор обеспечивает устойчивость системы в сильно разбавленных растворах, когда мала частота столкновения частиц.

Электрический фактор устойчивости связан с наличием двойного электрического слоя. При движении частицы сближаются, при этом проявляется действие отталкивания одноименно заряженных частиц и действие притяжения за счет межмолекулярных сил. В зависимости от того, какие силы преобладают, система либо устойчива, либо же коллоидный раствор коагулирует, т.е. разделяется на коагулят (осадок) и дисперсную среду. Таким образом, коллоидная частица становится незаряженной, ξ - потенциал равен нулю. Такое состояние коллоидной частицы называется изоэлектрическим. Гидратная оболочка частицы в изоэлектрическом состоянии в значительной степени разрушена. Коллоидные частицы не защищены и при столкновении слипаются, укрупняются. Потеря агрегативной устойчивости называется коагуляцией. Коагуляция золя приводит к потере его кинетической устойчивости, которая выражается в образовании осадка. Этот процесс называется седиментацией.

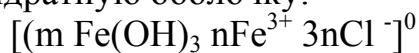
Рассмотрим схему нарушения устойчивости коллоидного раствора на примере золя $\text{Fe}(\text{OH})_3$:



На границе раздела дисперсная фаза – дисперсионная среда устанавливается равновесие согласно (1) и (2):



Коагуляция золя связана со смещением равновесия (1) в левую сторону, а равновесия (2) в правую. Состав частиц при этом изменяется: Они теряют заряд и защитную гидратную оболочку:



Нейтральные частицы укрупняются (коагулируют) и образуют осадок (сидиментируют). Состав осадка:



Один из методов разрушения коллоидной системы – пропускание постоянного электрического тока через коллоидный раствор. При этом происходит электрохимическое снятие заряда с коллоидной частицы на одном из электродов и последующая потеря гидратной оболочки.

Другой метод разрушения коллоидной системы – введение в коллоидную систему твердого электролита или его концентрированного раствора. При этом происходит гидратация ионов электролита за счет молекул воды из дисперсионной среды. Равновесие $y\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow z\text{H}_2\text{O}$ нарушается и смещается в сторону пополнения воды в среде: $y\text{H}_2\text{O} \rightarrow z\text{H}_2\text{O}$, что приводит к ослаблению защитной гидратной оболочки частицы. Также происходит перестройка двойного электрического слоя. Уменьшается толщина диффузного слоя, противоионы оттесняются в адсорбционный слой, преобладают силы притяжения частиц и наступает быстрая коагуляция. Наименьшая концентрация электролита, вызывающая коагуляцию, называется *порогом коагуляции*. Заряд коагулирующего иона электролита противоположен заряду коллоидной частицы. Чем выше заряд коагулирующего иона, тем ниже пороговая концентрация этого иона. Например, пороговая концентрация иона натрия выше пороговой концентрации иона алюминия в 714 раз. Именно поэтому в качестве коагулирующих агентов применяют, как правило, соли трехвалентных металлов – железа и алюминия.

Структурно-механический фактор стабилизации связан обычно с действием поверхностно-активных веществ (ПАВ). Они понижают поверхностное натяжение жидкости. Концентрация ПАВ в поверхностном слое больше, чем внутри раствора и они образуют на поверхности коллоидной частицы твердообразные поверхностные слои, препятствующие слипанию частиц. К ПАВ относятся многие органические вещества: спирты, альдегиды, кетоны кислоты.

Гели и твердые коллоиды. При длительном хранении гидрофильные золи переходят в «студнеобразное» состоянии. В таком виде их называют гелями. Гель устойчив. Мицеллы не разрушаются, а просто связываются друг с другом, образуя ячейки, в которых сохраняется вода. Гель можно высушить, превратив его в твердый коллоид, а при нагревании опять в золь, например, золь желатина. Все процессы обратимы:



Коагуляция в процессе водоподготовки. В природных водах, служащих источником водоснабжения различных промышленных предприятий, всегда содержится некоторое количество органических примесей. Они и создают в

основном коллоидные системы. Как правило, их частицы несут отрицательный заряд.

Наличие органических коллоидов в воде затрудняет некоторые процессы подготовки воды для паросиловых установок, а также и процессы самой генерации (получения) пара. В связи с этим водоподготовка предусматривает удаление коллоидных примесей из природных вод. Удаление их фильтрованием через какие-либо механические фильтры невозможно, так как размеры коллоидных частиц слишком малы. Поэтому удаление проводят коагуляцией.

Коагуляция осуществляется с помощью специальных реагентов – коагулянтов, обычно сульфатов алюминия или железа. Эти соли, вводимые в определенных количествах в очищаемую воду, подвергаются гидролизу с образованием соответствующих труднорастворимых гидроксидов $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и $\text{Al}(\text{OH})_3$. В процессе образования они дают коллоидные растворы, частицы которых несут заряд, обратный по знаку заряда органических коллоидных частиц, т.е. положительный.

В результате осуществляется процесс взаимной коагуляции: при взаимодействии двух коллоидных систем происходит уменьшение заряда, дегидратация и, наконец, укрупнение частиц. Образующиеся при этом крупные хлопья могут быть легко удалены с помощью фильтрования или отстаивания.

Электрогазоочистка. Дымовые газы несут с собой много пылевидных частиц коллоидной степени дисперсности. Особенно много коллоидных примесей выносятся при сжигании низкосортного топлива (например, на ТЭЦ). Дымовые газы представляют собой аэрозоли (дисперсионная среда - газ).

При развитии теплоэнергетическом хозяйстве, при большом количестве ТЭЦ окружающее пространство загрязняется дымом. Вследствие высокой дисперсности твердой фазы в дымах, очистка их обычными методами (механическими) не может быть обеспечена. Поэтому используются электрические свойства дыма как коллоидной системы. Частицы дымов обладают зарядом, который легко образуются при адсорбции ионов, но заряд этих частиц невелик и может быть разного знака в связи с различным химическим составом частиц. Для очистки дымовых газов используется электрофорез, который проводится при очень больших напряжениях (порядка десятков тысяч вольт). При этом катод, который обычно расположен в середине специальных газовых камер, служит источником сильного потока электронов, ионизирующих газ, благодаря чему частицы дыма получают большой отрицательный заряд и быстро переносятся к аноду, которым служат стенки камеры. Со стенок камеры масса пыли оседает на дно.

2. Вопросы и задачи для самоконтроля и усвоения темы

1. Объясните, какой из препаратов относится к коллоидным системам:

- а) сульфат бария в воде с размером частиц = 10^{-7} м;
- б) препарат серебра в воде (колларгол), применяемый для обработки гнойных ран, с размером частиц = 10^{-9} м.

2. Укажите, какие из коллоидных систем являются лиофобными, какие лиофильными:

- а) раствор декстрина;
- б) раствор желатина;
- в) золь иодида серебра;
- г) золь гидроксида алюминия.

3. Оксид кремния (IV), попавший в легкое организма, растворяется в биологических средах и превращается в коллоидный раствор кремниевой кислоты, нарушающей жизнедеятельность организма (токсико-химическая теория силикоза). Напишите формулу мицеллы кремниевой кислоты. Укажите, где возникает электрокинетический потенциал.

4. При длительном стоянии сероводородной воды в результате окисления сероводорода кислородом воздуха образуется сера в коллоидном состоянии. Написать формулу мицеллы золя серы и определить знак заряда ее частиц. Каким методом получен золь?

5. При каких условиях отсутствует направленное движение коллоидных частиц в электрическом поле?

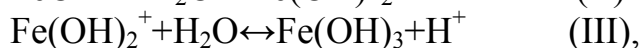
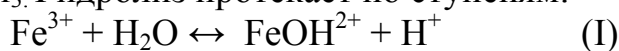
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Опыт 1. Получение коллоидного раствора серы методом замены растворителя.

К 10 мл дистиллированной воды в пробирке добавить по каплям при энергичном встряхивании 0,5-1,0 мл 2% раствора серы в ацетоне. Наблюдать окраску золя в проходящем (на фоне источника света) и рассеянном свете.

Опыт 2. Получение золя гидроксида железа(III) методом конденсации и изучение его оптических свойств.

Конденсация частиц молекулярной дисперсности может происходить в процессе гидролиза солей некоторых поливалентных металлов, например, FeCl₃. Гидролиз протекает по ступеням:



следовательно, зарядообразующими ионами в процессе образования золя могут быть Fe³⁺, FeOH²⁺, Fe(OH)₂⁺, а противоионами - Cl⁻.

К 20 мл кипящей воды в колбе добавить 2 мл 2% водного раствора FeCl₃. Сравнить окраску исходного ионного раствора и получившегося золя.

Пользуясь осветительной установкой, убедиться в том, что получен коллоидный раствор. Раствор сохранить для следующих опытов.

Опыт 3. Определение знака заряда гранулы золя гидроксида железа.

Нанести каплю полученного золя гидроксида железа на фильтровальную бумагу, приобретающую при контакте с водой отрицательный заряд. При наличии отрицательного заряда у гранулы окрашенное пятно за счет отталкивания от отрицательно заряженной бумаги расплывается, при

положительном заряде гранулы расплывания пятна не происходит за счет притяжения гранул к бумаге.

Написать уравнение реакции образования гидроксида железа, составить формулу мицеллы. Назвать составные ее части, заряд коллоидной частицы.

Опыт 4. Коагуляция золя гидроксида железа.

Полученный в опыте 2 золь гидроксида железа разделить на четыре пробирки. В первую добавить 0,5 мл 1н раствора KCl, во вторую пробирку – 0,5 мл 0,1н раствора K₂SO₄, в третью – 0,5 мл 0,05н раствора Na₃PO₄. Растворы перемешать встряхиванием и определить время коагуляции золя по началу его помутнения.

Объяснить механизм процесса коагуляции.

Опыт 5. Очистка воды коагуляцией.

В две пробирки налить 10 мл водопроводной воды, замутненной глиной (0,1 г глины на 1 л воды). В одну из пробирок добавить 4 мл полученного ранее золя гидроксида железа. Наблюдать происходящие с водой изменения, объяснить наблюдаемое явление.

Опыт 6. Получение геля кремниевой кислоты.

В пробирку налить 2 мл концентрированного раствора силиката натрия, 1 каплю спиртового раствора фенолфталеина и добавлять по каплям при перемешивании до получения слабозимной окраски 10% раствора соляной кислоты. Наблюдать через несколько минут образование студенистой массы – геля кремниевой кислоты.

Опыт 7. Коагуляция золя действием постоянного электрического тока. Определение знака заряда коллоидной частицы.

Нарушение устойчивости зольей может происходить под действием постоянного электрического тока.

Коллоидный раствор, полученный в опыте 2, перенести в U-образную трубку. Погрузить в раствор электроды так, чтобы в жидкости были лишь концы электродов (0,5-1см). Пропустить через раствор в течение 10-15 минут постоянный электрический ток. Описать свои наблюдения и сделать вывод о знаке заряда коллоидной частицы Fe(OH)₃. Проверить соответствие этого знака тому, что был определен другим методом в опыте 3.

При оформлении результатов опыта:

1. Пояснить суть явления электроосмоса и указать, имеет ли место это явление при выполнении опыта.
2. Объяснить, почему при пропускании электрического тока нарушается устойчивость коллоидных растворов.
3. Записать формулу коагулята золя гидроксида железа.
4. Объяснить, с чем связано выделение газов на электродах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коровин Н.В. Общая химия: Учебник для технических направлений и спец. вузов. - М.: Высш. шк., 2000. – 559с.
2. Лучинский Г.П. Курс химии. Учебник для инженерно - технических (нехимических) вузов. - М.: Высш. шк., 1985. -416с.
3. Задачи и упражнения по общей химии: Учебное пособие/Б.И.Адамсон, О.Н.Гончарук, В.Н.Камышова и др.; Под ред. Н.В.Коровина.—2-ое изд., испр.—М.: Высш.шк., 2004.—255с.
4. Иванова Т.А., Прохорова В.И. Справочные таблицы к лабораторным, практическим работами по курсу “Химия” для студентов направлений 550200, 551800 , 552900, специальностей 030500, 072000, 150100, 150200, 150300, 230100, 240400, 330100. -Курган: Изд-во Курганского гос. университета, 2000. -35с.
5. Коровин Н.В., Мингулина Э.И. , Рыжова Н.Г. Лабораторные работы по химии: Учеб. пособие для энергет. спец. вузов. - М.: Высшая школа, 2000. - 239с.

Иванцова Галина Васильевна

ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ

Методические указания к самостоятельной подготовке и выполнению лабораторной работы, вопросы и задачи по программированному контролю знаний по курсу химии для студентов специальностей 050501, 140211, 150202, 151001, 151002, 190201, 190202, 190601, 190603, 190702, 200503, 220301, 260601, 280101

Редактор

Н.А. Леготина

Подписано к печати
Печать трафаретная
Заказ

Формат 60x84 1/16
Усл. печ. л. 1,0
Тираж 100

Бумага тип. № 1
Уч.- изд. л. 1,0
Цена свободная

Редакционно-издательский центр КГУ.
640699, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.