

ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»

Дисперсные системы

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве методических указаний*

САМАРА
Издательство СГАУ
2009

УДК СГАУ : 54(075)

Составители: Г.Д. Мальчиков, И.Ю. Рощупкина, Ю.Б. Мышенцева

Рецензент: Носова Е.А.

Дисперсные системы: метод. указания / сост.: Г.Д. Мальчиков, И.Ю. Рощупкина, Ю.Б. Мышенцева. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2009. – 26 с.

Методические указания являются руководством к лабораторным работам по химии, включают краткий теоретический курс и описание методики эксперимента, а также контрольные вопросы и задания для самостоятельной работы.

Предназначены для студентов I и II курсов инженерно-технологического, радиотехнического факультетов, факультета информатики и института печати. Составлены в соответствии с программами соответствующих дисциплин указанных факультетов.

Цель работы: получить 4-5 зелей разными методами; определить знак заряда коллоидных частиц; подтвердить коллоидную природу полученных растворов; написать формулы мицелл.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Дисперсная система – это система, состоящая из большого числа очень малых частиц раздробленного вещества или тончайших пор и окружающей их среды. Раздробленное вещество или поры образуют дисперсную фазу, сплошная часть системы – дисперсионную среду.

Отдельные частицы дисперсной фазы имеют размер порядка $10^{-9} \div 10^{-7}$ м (высокодисперсные системы, которыми являются коллоидные растворы) или $10^{-6} \div 10^{-5}$ м (грубодисперсные системы: суспензии, эмульсии, пены).

По агрегатному состоянию фаз дисперсные системы классифицируются на 8 основных типов: лиозоли (Т-Ж), эмульсии (Ж-Ж), пены (Г-Ж), гели (Ж-Т), сплавы (Г-Т), твердые пены (Г-Т), и две разновидности аэрозолей (Т-Г и Ж-Г), где Т, Ж, Г – твердое, жидкое и газообразное (пар) состояния тела.

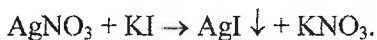
Коллоидные растворы характеризуются:

- 1) наличием поверхности раздела между дисперсной фазой и дисперсионной средой;
- 2) малой устойчивостью;
- 3) невозможностью самостоятельного образования.

Частицы дисперсной фазы (мицеллы) имеют сложное строение, которое зависит от условий получения золя.

Строение коллоидных частиц

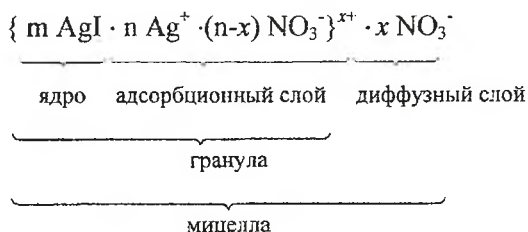
В качестве примера рассмотрим образование коллоидной частицы иодида серебра AgI , образующейся в результате протекания реакции



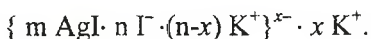
Молекулы AgI объединяются в практически нерастворимые частицы, в которых ионы образуют кристаллическую решетку. Если исходные растворы были взяты в эквивалентных количествах, то частицы-кристаллы растут, достигая значительной величины и быстро выпадают в осадок. Если одно из исходных веществ взято с небольшим избытком, оно служит стабилизатором, сообщаям устойчивость коллоидным частицам AgI . Так, при избытке AgNO_3 в растворе будет находиться большое количество ионов Ag^+ и NO_3^- . Однако согласно правилу Панета-Фаянса, достраивание кристаллической решетки может идти только за счет ионов, входящих в ее состав или за счет изоморфных ионов. Изоморфные ионы имеют

мицелла всегда электронейтральна. Устойчивость коллоидных растворов зависит от величины заряда гранулы (ξ -потенциала). Чем выше этот потенциал, тем сильнее взаимное отталкивание частиц при их столкновении, тем меньше вероятность укрупнения частиц и выше устойчивость коллоидных растворов.

Строение мицелл AgI в избытке AgNO₃ может быть отображено схемой:



Та же самая мицелла иодида серебра в присутствии небольшого избытка иодида калия будет иметь следующее строение:



В данном случае потенциалопределяющими ионами будут ионы иода, а противоионами – ионы калия (см. рис. 1).

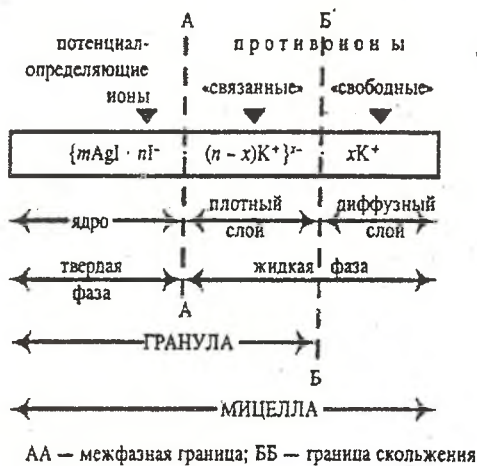


Рис.1. Схема строения мицеллы иодида серебра в избытке иодида калия

Алгоритм составления формулы мицеллы:

1. Записать уравнение реакции, в результате которой образуется осадок.
2. Записать уравнение реакции диссоциации электролита-стабилизатора.
3. Выбрать потенциалопределяющий ион, а также противоион.
4. Записать формулу мицеллы.

Если в дисперсную систему вводить большое количество электролита-стабилизатора, в состав которого входят потенциалопределяющие ионы, то произойдет увеличение количества противоионов в адсорбционном слое коллоидных частиц. Это приведет к соответст-

вующему снижению ξ -потенциала системы, взаимное отталкивание коллоидных частиц ослабеет и увеличится вероятность их столкновений. В результате произойдет слипание частиц, их *коагуляция* и далее оседание укрупнившихся частиц – *седиментация*.

Минимальная концентрация электролита-коагулятора, вызывающая в системе коагуляцию, называется *порогом коагуляции*:

$$C_{нк} = \frac{C_{эл.} \times V_{эл.}}{V_{кол.р-ра} + V_{эл.}},$$

где $C_{эл.}$ – исходная концентрация раствора электролита;

$V_{эл.}$ – объем раствора электролита, добавленного к коллоидному раствору;

$V_{кол.р-ра}$ – объем коллоидного раствора. Установлено, что порог коагуляции обратно пропорционален шестой степени электрического заряда Z ионов-коагуляторов:

$$C_{нк} = k/Z^6,$$

где k – коэффициент, зависящий от физических свойств фаз системы и температуры.

Дисперсные системы получают двумя путями:

1) физической и химической конденсацией ионов или молекул в агрегаты;

2) диспергированием вещества до частиц коллоидных размеров порядка $10^{-7} \div 10^{-9}$ м.

Физическая конденсация может осуществляться при охлаждении паров или путем понижения растворимости веществ при замене растворителя.

Химическая конденсация происходит в результате химических реакций, сопровождающихся образованием труднорастворимых в дисперсионной среде соединений.

Основными условиями образования золь химической конденсацией являются малые концентрации исходных растворов и избыток одного из реагентов, обеспечивающий формирование двойного ионного слоя (ДИС) на поверхности кристаллических частичек. ДИС, наряду со связанной с ним сольватной оболочкой, обеспечивает агрегативную устойчивость золя. Знак заряда коллоидной частицы зависит от соотношения реагентов при проведении реакции получения золя.

Из методов диспергирования особое значение имеет метод пептизации как физико-химический метод образования золь из «свежих» (рыхлых) осадков (т.е. это процесс, обратный коагуляции). Пептизаторы, растворами которых обрабатывают осадки, способствуют образованию двойного слоя ионов на поверхности частиц осадка, что впоследствии не позволит частицам «слипаться». Таким образом, золь приобретает агрегативную устойчивость.

Различают пептизацию *адсорбционную*, *диссолюционную* и *промыванием осадка*. При адсорбционной пептизации к осадку добавляют ПАВ или готовый электролит-пептизатор, неиндифферентные ионы которого избирательно адсорбируются на поверхности

частиц потенциалобразующего слоя. При диссолюционной пептизации пептизатор образуется в ходе химической реакции между молекулами поверхностных слоев частиц осадка и добавленным реагентом.

Некоторые осадки, полученные коагуляцией электролитами, можно пептизировать, промывая их растворителем. При этом удаляется избыток электролита, восстанавливаются структура ДИС и агрегативная устойчивость золя.

Высокодисперсный коллоидный раствор внешне не отличается от истинного (молекулярного или ионного) раствора соответствующей окраски. Отличие между ними можно установить по оптическим свойствам. Так, например, золи способны рассеивать свет, в результате чего наблюдаются: 1) *конус Тиндаля*, отсутствующий при прохождении светового луча через сосуд с истинным раствором; 2) *опалесценция* – различие окраски коллоидного раствора в проходящем и отраженном свете.

Коллоидную природу полученных золь подтверждают путем наблюдения в сильном световом луче, проходящем через заполненную раствором кювету с плоскопараллельными стенками. В качестве источника света может служить проекционный фонарь или любой источник направленного светового пучка. При пропускании луча через кювету с золем появляется светящаяся полоса – конус Тиндаля, хорошо видимый при наблюдении под углом 90° к направлению светового пучка.

Знак заряда коллоидных частиц золь можно определить мето-

дом электрофореза, а для окрашенных золей – методом капиллярного анализа. В основе такого определения лежит зависимость адсорбируемого золя от знака заряда поверхности адсорбента, например фильтровальной бумаги. При смачивании последней водой под действием сил поверхностного натяжения вода поднимается по капиллярам бумаги. При этом стенки капилляров заряжаются отрицательно, а граничащая с ними вода – положительно. Если вместо воды взять гидрозоль, то его заряженные коллоидные частицы смогут передвигаться вверх по полоске мокрой бумаги только в том случае, когда они заряжены отрицательно (одноименно со стенками капилляров). Положительно заряженные частицы будут притягиваться отрицательным зарядом стенок капилляров и оседать на них.

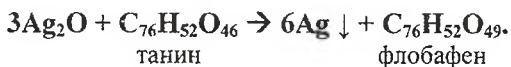
ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

Получают 4 –5 золей разными методами, согласно заданию, по следующим методикам.

А. Метод химической конденсации

І. Реакции восстановления.

1. Золь металлического серебра. Соль серебра восстанавливают танином в щелочной среде до металла:



К 20 мл воды добавляют 0,4 мл раствора AgNO_3 концентрации 1,7 мас. %, тщательно перемешивают, добавляют при энергичном взбалтывании 4-5 капель раствора танина концентрации 1 мас. %,

затем 1-2 капли раствора K_2CO_3 концентрации 1 мас. %. Образуется золь серебра красно-коричневого цвета. При недостаточном содержании танина цвет золя оранжево-желтый.

2. Золь диоксида марганца.

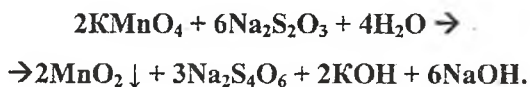
Соль марганца восстанавливают аммиаком:



К 50 мл воды добавляют 1 мл раствора $KMnO_4$ концентрации 5 мас. %, нагревают до кипения, добавляют 2,5 мл концентрированного раствора аммиака в вытяжном шкафу порциями по 0,5 мл. После прибавления каждой порции аммиака смесь перемешивают и вновь доводят до кипения. Образуется золь красно-коричневого цвета.

3. Золь диоксида марганца.

Соль марганца восстанавливают тиосульфатом натрия:



В пробирку на 20 мл помещают 20 капель раствора $KMnO_4$ концентрации 5 мас. %, и 19 мл воды. В разбавленный раствор добавляют каплями (начиная от 1 капли и до 5—6 капель) при взбалтывании раствор $Na_2S_2O_3$ концентрации 2 мас. %. до изменения цвета и получения золя темно-красного цвета.

II. Реакции обмена.

4. Золь гексацианоферрата (II) – железа (III) калия (берлинской лазури):



6 капель 0,005 н. раствора FeCl_3 влить в 1 мл дистиллированной воды (1мл), встряхнуть раствор и добавить к нему 1 каплю 0,005 н. раствора $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Полученный золь должен быть прозрачным, окрашенным в сине-зеленый цвет.

5. Золь гексацианоферрата (II)-железа(III) калия (берлинской лазури).

6 капель 0,005 н. раствора $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ влить в 1 мл дистиллированной воды (1мл), встряхнуть раствор и добавить к нему 1 каплю 0,005 н. раствора FeCl_3 . Образуется золь синего цвета.

6. Золь иодида серебра.

К 50 мл воды добавляют 5 мл раствора AgNO_3 концентрации 1,7 мас. %, а затем по каплям, при взбалтывании, 0,5 мл раствора KI концентрации 1,7 мас. %. Образуется золь голубоватого цвета.

7. Золь иодида серебра.

При изменении порядка смешения растворов (см. золь № 6) образуется золь с частицами другого знака заряда. К 50 мл воды добавляют 5 мл раствора KI концентрации 1,7 мас. %, и при взбалтывании 5 капель раствора AgNO_3 концентрации 1,7 мас. %. Образуется золь голубоватого цвета.

III. Реакции гидролиза.

8. Золь гидроксида железа:



К 20 мл кипящей воды прибавляют 1-2 капли насыщенного раствора FeCl_3 . Образуется золь вишнево-красного цвета.

Б. Метод физической конденсации (замена растворителя)

9. Золь канифоли в воде.

К 2 мл воды в пробирке добавляют при взбалтывании 1-2 капли раствора канифоли в ацетоне концентрации 2 мас. %.

10. Золь серы в воде.

К 2 мл воды в пробирке добавляют при взбалтывании несколько капель насыщенного раствора серы в ацетоне.

В. Метод физико-химического диспергирования (пептизация)

I. Адсорбционная пептизация

11. Золь гидроксида алюминия:

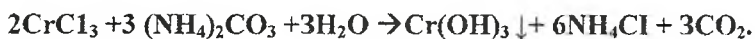


К 20 мл воды добавляют 15 капель раствора AlCl_3 концентрации 20 мас. %, вводят по каплям при энергичном взбалтывании раствор $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ концентрации 10 мас. %, до тех пор, пока выпадающий осадок гидроксида алюминия станет растворяться с трудом. Пептизатором служит избыток AlCl_3 , не вступившего в реакцию.

12. Золь гидроксида алюминия.

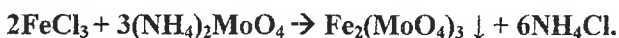
При смешении растворов в обратном порядке (см. золь № 11) образуется золь, имеющий другой заряд. Получают этот золь, разбавляя в 4 раза 5 мл раствора $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ концентрации 10 мас. % и добавляя к полученному разбавленному раствору при встряхивании 2-3 капли раствора AlCl_3 концентрации 20 мас. %. Осадок $\text{Al}(\text{OH})_3$ пептизируется образовавшимся при реакции NH_4OH .

13. Золь гидроксида хрома:



К 20 мл воды добавляют 10-15 капель раствора CrCl_3 концентрации 15 мас. %. К разбавленному раствору прибавляют при встряхивании по каплям раствор $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ концентрации 10 мас. %, до тех пор, пока выпадающий осадок станет растворяться с трудом. Образуется золь зеленоватого цвета. Пептизатором является избыток CrCl_3 .

14. Золь молибдата железа:



К 20 мл воды добавляют 20 капель раствора $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ концентрации 2 мас. %, вводят 1—2 капли раствора FeCl_3 концентрации 1/5 от насыщенного. Выпадающий молибдат железа пептизируется при взбалтывании избытком $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$, который имеется в растворе.

15. Золь берлинской лазури:



Наклонив стакан объемом 50 мл, внести в него 1,5 мл (30 капель) насыщенного раствора $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ и 0,5 мл (10 капель) 50-процентного раствора FeCl_3 . Полученную пасту палочкой перенести на складчатый фильтр, вставленный в стеклянную воронку и залить раствором щавелевой кислоты. Осадок быстро пептизируется и из фильтра стекает интенсивно окрашенный золь берлинской лазури. Анион $\text{C}_2\text{H}_4^{2-}$ сильно адсорбируется на частицах осадка, сообщая им агрегативную устойчивость.

II. Пептизация путем отмывания осадка от электролита

16. Зо́ль гексацианоферрата (II)-меди(II). В фарфоровой чашке получают осадок $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, смешивая 10 капель раствора $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ концентрации 20 мас. %, с 10 каплями раствора $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ концентрации 10 мас. %. Осадок переносят на бумажный фильтр и промывают водой. Первые порции фильтрата бесцветны, потом появляется зелено-бу́рый зо́ль. ДИС формируется из не вступившего в реакцию избытка $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$.

Путем анализа методики получения зо́ля и химизма реакции определяют заряд коллоидных частиц зо́ля. Доказывают правильность определения заряда методом электрофореза. Для этого в V-образную трубку помещают зо́ль и в оба колена трубки вводят электроды. Присоединяют электроды к источнику постоянного тока. Через 5-10 мин ток отключают. У электрода, заряженного одноименно с коллоидными частицами, должна наблюдаться зона просветления.

Для проведения *капиллярного анализа* наливают по 5-10 мл окрашенных зо́лей (гидроксида железа) в маленькие стаканы и опускают в них вертикально полоски фильтровальной бумаги размером 10×100 мм. Верхние концы полосок прикрепляют кнопками к деревянной планке, закрепленной в лапке штатива, или загибая на расстоянии 1 см от верхнего конца, навешивают на натянутую проволоку. Важно не допустить соприкосновения полосок со стенками стаканов. Через 5 мин определяют высоту поднятия воды и окрашенных частиц зо́ля.

Второй способ определения знака заряда коллоидных частиц

капиллярным анализом заключается в следующем. На фильтровальную бумагу наносят каплю исследуемого золя. После всасывания капли золь с положительно заряженными частицами адсорбируется на бумаге и дает окрашенное в центре и бесцветное по краям пятно; золь с отрицательно заряженными частицами не адсорбируется бумагой и образует на ней равномерно окрашенное пятно.

ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

В отчете для всех полученных зольей указывают способ получения и химизм процесса, составляют формулу мицеллы, отмечают цвет золя, доказывают его коллоидную природу и заряд частиц.

РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

Задача 1. Золь иодида серебра получен добавлением к 20 мл 0,01 М раствора иодида калия 28 мл 0,005 М раствора нитрата серебра. Напишите формулу мицеллы полученного золя и определите направление движения гранулы золя иодида серебра при электрофорезе.

Решение. Так как для солей фактор эквивалентности $f_{\text{экв}} = 1/\text{валентность металла} \times \text{количество атомов металла}$, то в данном случае $f_{\text{экв}} = 1$.

Тогда молярная и нормальная концентрации раствора хлорида калия равны между собой, $C_n(\text{KCl}) = C_m(\text{KCl})$. Точно также делаем вывод о равенстве молярной и нормальной концентрации раствора нитрата серебра:

$$C_n(\text{AgNO}_3) = C_m(\text{AgNO}_3).$$

В наиболее общем случае нормальная и молярная концентрации связаны соотношением: $C_n = C_m / f_{\text{экв}}$

Для определения избыточного реагента воспользуемся формулой для расчета нормальной концентрации:

$$C_n = v_{\text{экв}} / V,$$

где $v_{\text{экв}}$ – количество эквивалентов вещества, моль;

V – объем раствора, л.

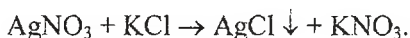
Вычислим по ней количества вещества эквивалентов каждого реагента:

$$v_{\text{экв}} = C_n \times V.$$

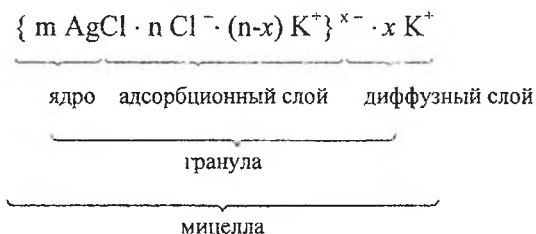
$$v_{\text{экв}}(\text{KCl}) = 0,01 \times 20 \times 10^{-3} = 0,2 \times 10^{-3} \text{ моль эквивалентов}$$

$v_{\text{экв}}(\text{AgNO}_3) = 0,005 \times 28 \times 10^{-3} = 0,125 \times 10^{-3}$ моль эквивалентов, откуда видно, что в избытке дан хлорид калия.

Реакция взаимодействия веществ:



При диссоциации избыточного хлорида калия образуются ионы калия и хлорид-ионы, последние по правилу Панета-Фаянса и будут потенциалопределяющими, а ионы калия будут в данном случае противоионами. Строение мицеллы таково:



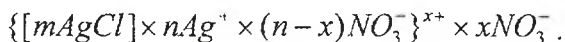
Как видно, гранула заряжена отрицательно, значит, будет двигаться к аноду.

Задача 2. При электрофорезе частицы золя хлорида серебра, полученного смешиванием равных объемов раствора нитрата серебра с концентрацией 0,005 моль/л и хлорида натрия, перемещаются к катоду. В каком диапазоне находилось значение концентрации раствора хлорида натрия?

Решение.

1) Из анализа результатов электрофореза можно сделать вывод, что гранула мицеллы заряжена положительно.

2) Формула мицеллы с положительным зарядом гранулы имеет вид:



3) Чтобы образовалась мицелла подобного строения, хлорид натрия должен быть в недостатке. Так как объемы смешиваемых растворов одинаковы, то концентрация хлорида натрия должна быть меньше концентрации нитрата серебра, т.е. меньше 0,005М.

Ответ: $c(NaCl) < 0,005 \text{ моль / л.}$

Задача 3. Пороги коагуляции некоторого золь электролитами KNO_3 , $MgCl_2$, $NaBr$ равны соответственно 50,0; 0,8; 49,0 ммоль/л. Как относятся между собой величины коагулирующих способностей этих веществ? Каков знак заряда коллоидной частицы?

Решение:

1) Порог коагуляции ($C_{нк}$) – это минимальное количество электролита, которое надо добавить к коллоидному раствору, чтобы вызвать явную (заметную на глаз) коагуляцию – помутнение раствора или изменение его окраски. Порог коагуляции можно рассчитать по формуле:

$$C_{нк} = \frac{c_{эл.} \times V_{эл.}}{V_{кол.р-ра} + V_{эл.}},$$

2) Величина, обратная порогу коагуляции, называется коагулирующим действием (γ):

$$\gamma = 1/c_{нк};$$

$$\gamma(KNO_3) = \frac{1}{50 \text{ ммоль/л}} = 0,02 \text{ л/ммоль};$$

$$\gamma(NaBr) = \frac{1}{49,0 \text{ ммоль/л}} = 0,0204 \text{ л/ммоль}.$$

$$\gamma(MgCl_2) = \frac{1}{0,8 \text{ ммоль/л}} = 1,25 \text{ л/ммоль}.$$

$MgCl_2$ обладает наибольшим коагулирующим действием. Коагулирующее действие электролитов на коллоидные растворы с ионным стабилизатором подчиняются правилу Шульце-Гарди: коагуляцию коллоидных растворов вызывают ионы, знак заряда которых противоположен знаку заряда гранулы. Коагулирующее действие тем сильнее, чем выше заряд иона-коагулянта.

$\gamma = f(z^6)$ – коагулирующее действие иона-коагулянта пропорционально его заряду в шестой степени.

$$\gamma(Na^+) : \gamma(K^+) : \gamma(Mg^{2+}) = 0,0204 : 0,02 : 1,25 = 1 : 1 : 62,5.$$

3) Так как анионы во всех данных электролитах однозарядны, то ионами-коагулянтами являются катионы, а следовательно, заряд коллоидной части – отрицательный.

Задача 4. Коагуляция 4 л золя гидроксида железа (III) наступила при добавлении 0,91 мл 10%-ного раствора сульфата магния (плотность 1,1 г/мл). Вычислите порог коагуляции золя сульфат-ионами.

Решение.

1) Определяем массу $MgSO_4$, вызвавшего коагуляцию, и его количество:

$$m(MgSO_4) = \frac{\omega \times \rho \times V}{100\%} = \frac{10\% \times 1,12 / \text{мл} \times 0,91}{100\%} = 0,1002 \text{ г};$$

$$\nu(MgSO_4) = \frac{m(MgSO_4)}{M(MgSO_4)} = \frac{0,1002}{120 \text{ г/моль}} = 0,00083 \text{ моль} = 8,3 \times 10^{-4} \text{ моль};$$

$$\nu(SO_4^{2-}) = \nu(MgSO_4) = 8,3 \times 10^{-4} \text{ моль}.$$

2) Определяем порог коагуляции по формуле:

$$c_{нк} = \frac{\nu(SO_4^{2-})}{V_{эл.} + V_{золя}} = \frac{8,3 \times 10^{-4} \text{ моль}}{4 \text{ л} + 0,91 \times 10^{-3} \text{ л}} = 2,1 \times 10^{-4} \text{ моль / л}.$$

Ответ: $c_{нк}$ равен $2,1 \times 10^{-4}$ моль / л.

Задача 5. Порог коагуляции золя гидроксида алюминия дихромат-ионами равен 0,63 ммоль/л. Какой объем 10%-ного раствора дихромата калия (плотностью 1,07г/мл) требуется для коагуляции 1,5 л золя?

Решение.

1) Обозначим искомый объем электролита-коагулянта через

$$\text{«х»}, \text{ тогда: } c_{нк} = \frac{c_{эл.} \times x}{V_{кол.р-ра} + x}.$$

2) Определим концентрацию электролита, вызвавшего коагуляцию,

$$\text{по формуле: } c_{эл.} = \frac{\omega \times \rho \times 10}{M} = \frac{10 \times 1,07 \times 10}{294} = 0,364 \text{ моль / л}.$$

3) Определяем объем электролита, т.е. находим «х»:

$$0,63 \times 10^{-3} = \frac{0,364 \times x}{1,5 + x} \Rightarrow x = 0,00260 \text{ л} = 2,60 \text{ мл}.$$

Ответ: объем раствора дихромата калия равен 2,60 мл.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какими методами можно получить золи?

2. Золь бромида серебра получен при смешивании 20 мл раствора нитрата серебра концентрации 0,008 моль/л и 30 мл раствора КВг концентрации 0,006 моль/л. Напишите формулу мицеллы золя.

3. При действии на ионы Ca^{2+} , Sr^{2+} и Ba^{2+} ионами $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ и SO_4^{2-} в разбавленных растворах на холоде образуются плохо оседающие мелкие кристаллы, а в концентрированных растворах при нагревании образуются быстрорастущие крупные кристаллы. Объясните причину такого различия. Напишите формулу мицелл и укажите знаки электрических зарядов коллоидных частиц получающихся взвесей. Какими еще способами можно ускорить выпадение осадка в этих растворах?

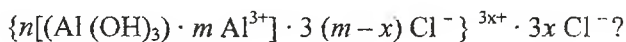
4. При химическом анализе осаждение ионов Zn^{2+} действием H_2S проводят в присутствии CH_3COONa . Каково назначение CH_3COONa в этом процессе? Напишите формулу мицелл золя ZnS , образующегося в отсутствие CH_3COONa . Как еще можно вызвать ускоренное оседание частиц ZnS в данном анализе?

5. В каком порядке следует сливать растворы:

а) H_3AsO_3 и $(\text{NH}_4)_2\text{S}$; б) CdCl_2 и Na_2S ; в) H_3AsO_4 и $(\text{NH}_4)_2\text{S}$; г) AgNO_3 и KI , чтобы получить коллоидную смесь с частицами, несущими а) положительные электрические заряды; б) отрицательные электрические заряды? Напишите формулу мицелл образующегося золя.

6. Почему для промывания осадков галогенидов серебра и многих сульфидов используют не дистиллированную воду, а растворы HNO_3 , NH_4NO_3 , $\text{NH}_4\text{OOCCH}_3$ и т.п.?

7. Каким из приведенных электролитов: NH_4Cl или $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ экономичнее коагулировать золь гидроксида алюминия:



Рассчитайте порог коагуляции по NH_4Cl , если на коагуляцию частиц из 30 м^3 этого золя расходуется $0,33 \text{ м}^3$ 20 %-го раствора NH_4Cl (плотность 1060 кг/м^3). Ответ: $43,6 \text{ моль/м}^3$.

8. При достаточно медленном введении вещества B в разбавленный раствор вещества A возможно образование гидрозоля вещества C . Напишите формулу мицелл и укажите знак электрического заряда коллоидных частиц этого золя. Какое из рекомендованных веществ является наиболее экономичным коагулятором этого золя? Какие еще имеются возможности для отделения вещества C от жидкости?

Вариант	A	B	C	Коагулятор
1	NaCl	KH_2SbO_4	NaH_2SbO_4	NH_4Cl ; K_2SO_4 ; FeCl_3
2	NaI	AgNO_3	AgI	NaF; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; K_2SO_4
3	MgCl_2	NaOH	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	KCl; $\text{Zn}(\text{Ac})_2^*$; AlCl_3
4	NH_4CNS	AgNO_3	AgCNS	KNO_3 ; NaAc; Na_2SO_4
5	CaCl_2	H_2SO_4	CaSO_4	ZnCl_2 ; AlCl_3 ; NaAc
6	BaCl_2	CaSO_4	BaSO_4	NH_4Cl ; AlCl_3 ; $\text{Zn}(\text{Ac})_2$
7	BeCl_2	NH_4OH	$\text{Be}(\text{OH})_2$	Na_2SO_4 ; ZnCl_2 ; KNO_3
8	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	AgNO_3	Ag_2S	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; KAc; Na_2SO_4
9	AlCl_3	NaOH	$\text{Al}(\text{OH})_3$	Na_2SO_4 ; KNO_3 ; CaCl_2
10	CrCl_3	NH_4OH	$\text{Cr}(\text{OH})_3$	Na_2SO_4 ; KCl; BaCl_2
11	ZnCl_2	NaOH	$\text{Zn}(\text{OH})_2$	NaAc; K_2SO_4 ; SrCl_2
12	ZnCl_2	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	ZnS	$(\text{NH}_4)\text{SO}_4$; NaCl; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
13	MnCl_2	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	MnS	BaBr_2 ; K_2SO_4 ; NaCl
14	FeCl_3	NaOH	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	Na_2SO_4 ; KNO_3 ; MgCl_2
15	K_2SO_4	$\text{Ba}(\text{CH}_3\text{COO})_2$	BaSO_4	NH_4Cl ; AlCl_3 ; $\text{Zn}(\text{Ac})_2$
16	CoCl_2	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	CoS	NaCl; K_2SO_4 ; CaCl_2
17	NiCl_2	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	NiS	NH_4Cl ; Na_2SO_4 ; SrCl_2
18	SnCl_2	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	SnS	Na_2SO_4 ; $\text{Ca}(\text{Ac})_2$; KCl
19	CdCl_2	H_2S	CdS	$(\text{NH}_4)\text{SO}_4$; CaBr_2 ; NaCl
20	AgNO_3	HCl	AgCl	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$; NH_4NO_3 ; K_2SO_4
21	AgNO_3	KI	AgI	NaF; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; K_2SO_4
22	FeCl_3	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$	K_2SO_4 ; NH_4NO_3 ; AlCl_3
23	$\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$	H_2SO_4	Hg_2SO_4	KNO_3 ; NH_4NO_3 ; $\text{Zn}(\text{Ac})_2$
24	K_2CrO_4	AgNO_3	Ag_2CrO_4	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$; NH_4NO_3 ; NaAc
25	$\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$	KI	Hg_2I_2	KNO_3 ; $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$; NaAc
26	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	HCl	PbCl_2	NaNO ₃ ; ZnCl_2 ; KAc
27	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	KI	PbI_2	$\text{Ca}(\text{OH})_2$; NH_4NO_3 ; AlBr_3
28	Na_2SiO_3	HCl	H_2SiO_3	Na_2SO_4 ; $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$; NH_4Cl
29	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	H_2SO_4	PbSO_4	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$; NaAc; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
30	AgNO_3	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	Ag_2S	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; CaAc; KNO_3
31	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	PbS	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; NaAc; $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$
32	Na_3AsO_4	AgNO_3	Ag_3AsO_4	Na_2SO_4 ; NH_4NO_3 ; HNO ₃
33	AgNO_3	$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$	$\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4$	NH_4NO_3 ; KAc; HAc
34	NaF	BaCl	BaF_2	FeCl_3 ; $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$; KBr
35	$\text{Bi}(\text{NO}_3)_2$	NaOH	$\text{Bi}(\text{OH})_3$	NaNO ₃ ; NH_4NO_3 ; NaAc

36	NaF	SrCl ₂	SrF ₂	ZnCl ₂ ; NH ₄ NO ₃ ; NaAc
37	Hg ₂ (NO ₃) ₂	H ₂ S	HgS	Ba(NO ₃) ₂ ; Ca(NO ₃) ₂ ; NH ₄ Ac
38	CuSO ₄	H ₂ S	CuS	HCl; CaCl ₂ ; Na ₂ SO ₄
39	Na ₂ S	NiSO ₄	NiS	NH ₄ Cl; Na ₂ SO ₄ ; SrCl ₂
40	TiCl ₄	NaOH	TiO(OH) ₂	NH ₄ OH; K ₂ C ₂ O ₄ ; AlCl ₃
41	Zn(NO ₃) ₂	K ₃ [Fe(CN) ₆]	Zn ₃ [Fe(CN) ₆] ₂	NaCl; K ₂ SO ₄ ; NH ₄ NO ₃
42	FeSO ₄	K ₃ [Fe(CN) ₆]	Fe ₃ [Fe(CN) ₆] ₂	KNO ₃ ; NH ₄ NO ₃ ; NaCl
43	(NH ₄) ₂ S	Pb(CH ₃ COO) ₂	PbS	NaNO ₃ ; Ca(Ac) ₂ ; Al(NO ₃) ₃
44	K ₄ [Fe(CN) ₆]	AgNO ₃	Ag ₄ [Fe(CN) ₆]	NH ₄ NO ₃ ; NaAc; H ₂ SO ₄
45	K ₃ [Fe(CN) ₆]	AgNO ₃	Ag ₃ [Fe(CN) ₆]	KNO ₃ ; (NH ₄) ₂ SO ₄ ; NaAc
46	Na ₃ AsO ₃	H ₂ S	As ₂ S ₃	NH ₄ Cl; Na ₂ SO ₄ ; CaCl ₂
47	Na ₂ SiO ₃	AgNO ₃	Ag ₂ SiO ₃	HAc; NH ₄ Cl; KNO ₃
48	SnCl ₂	Na ₃ AsO ₃	As ₄	Na ₂ C ₂ O ₄ ; (NH ₄) ₂ SO ₄ ; KNO ₃
49	AgNO ₃	KBr	AgBr	K ₂ SO ₄ ; NaNO ₃ ; Ca(NO ₃) ₂
50	KMnO ₄	Na ₂ S ₂ O ₃	MnO ₂	NaNO ₃ ; (NH ₄) ₂ SO ₄ ; CuCl ₂

* Ac— обозначение иона CH₃COO⁻

Учебное издание

ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ

Методические указания

Составители:

*Рощупкина Ирина Юрьевна
Мышенцева Юлия Борисовна
Мальчиков Геннадий Данилович*

Редактор И.И. Спиридонова
Компьютерная доверстка И.И. Спиридонова

Подписано в печать 8.06.2009 г. Формат 60x84 1/16
Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 1,75.
Тираж 100 экз. Заказ 117 Арт. С – 54/2009

Самарский государственный аэрокосмический
Университет имени академика С.П. Королёва
443086, Самара, Московское шоссе, 34

Изд-во Самарского государственного аэрокосмического университета.
443086, Самара, Московское шоссе, 34