

Лабораторная работа № 2. Синтез гидрозоля гидроксида железа, изучение его коагуляции и стабилизации (2 часть)

Цель работы: изучение явления коагуляции и стабилизации гидрозоля гидроксида железа под влиянием различных факторов.

Задачи:

1. Определить условия, при которых происходит коагуляция гидрозоля, и изучить влияние концентрации и типа добавленных электролитов на этот процесс.
2. Исследовать методы стабилизации гидрозоля гидроксида железа (например, добавление стабилизаторов) и оценить их эффективность.
3. Сформулировать выводы о влиянии различных факторов на коагуляцию и стабилизацию гидрозоля гидроксида железа и обсудить полученные результаты.

Оборудование: пробирки; пипетки; бюретки; кюветы ($l = 0,5$ см); фотометр; секундомер.

Реактивы: 0,02 % водный раствор желатины; гидрозоль гидроксида железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$, полученный гидролизом FeCl_3 ; растворы электролитов (Na_2SO_4 , ZnSO_4 , MgSO_4 , $C = 2,5 \cdot 10^{-3}$ моль·л⁻¹)

Теоретические сведения

Ультрамикрогетерогенные системы – дисперсные системы с размерами частиц дисперсной фазы от до см называют золями; золи с жидкой дисперсной средой – лиозолями, а лиозоли с водной дисперсной средой – гидрозолями.

Гидрозоль гидроксида железа получают методом конденсации.

Агрегативная устойчивость золя гидроксида железа обеспечивается, прежде всего, наличием на поверхности дисперсных частиц двойного электрического слоя. Элементарная частица золя называется мицеллой. Поверхность агрегата может заряжаться благодаря избирательной адсорбции ионов из дисперсной среды или диссоциации молекул в поверхностном слое агрегата. В соответствии с правилом Пескова-Фаянса адсорбируются преимущественно ионы, входящие в состав агрегата, либо специфически взаимодействующие с ним. Ионы, сообщаемые агрегату поверхностный заряд, называются потенциалопределяющими. Заряженный агрегат составляет ядро мицеллы. Мицелла золя является электронейтральной.

Толщина диффузного слоя существенно больше и сильно зависит от концентрации электролитов в системе.

Большинство дисперсных систем обладают избытком поверхностной энергии и поэтому в них самопроизвольно идут процессы укрупнения частиц - происходит снижение поверхностной энергии. Такие системы называют агрегативно неустойчивыми.

Под коагуляцией понимают потерю агрегативной устойчивости дисперсной системы.

Коагуляция в разбавленных системах приводит к потере седиментационной устойчивости. Устойчивость, которая характеризует способность дисперсной системы сохранять равномерное распределение частиц дисперсной фазы по объёму дисперсной среды или её устойчивость к разделению фаз, называют седиментационной. Лиофобные системы коагулируют при введении в них сравнительно небольших количеств электролитов.

Минимальная концентрация электролита, вызывающая за определённый промежуток времени определённый видимый эффект коагуляции (изменение цвета, помутнение, появление осадка), называется порогом коагуляции или критической концентрацией. Данная величина служит сравнительным критерием агрегативной устойчивости дисперсной системы.

В процессе коагуляции высокодисперсного золя гидроксида железа образуются сравнительно небольшие по размерам седиментационно-устойчивые агрегаты.

Поскольку при прохождении светового потока через окрашенные золи часть света рассеивается, а часть поглощается, то при изучении коагуляции в таких системах методом турбидиметрии необходимо исключить поглощение света. Для золя это можно достичь, проводя измерения при красном светофильтре, то есть длине волны 620-625 нм. В рамках работы по стабилизации гидрозоля гидроксида железа можно изучить следующие параметры:

1. Зета-потенциал. Измерение зета-потенциала частиц гидрозоля позволяет оценить их электрический заряд и степень отталкивания, что важно для понимания стабильности коллоидного раствора.

2. Размер частиц. Измерение размера частиц гидрозоля позволяет оценить их распределение и влияние на стабильность раствора.

3. Полиморфизм. Изучение полиморфизма частиц гидрозоля может помочь в определении их структурных изменений и влияния на стабильность коллоидного раствора.

4. Вязкость. Измерение вязкости раствора гидрозоля может быть полезным для оценки его стабильности и способности к образованию осадка.

5. Концентрация ионов. Изучение концентрации ионов в растворе может влиять на стабильность гидрозоля, так как они могут взаимодействовать с частицами и влиять на их заряд.

6. ПНЖК (потенциал поверхности нулевой зарядности). Изучение этого параметра позволяет определить условия, при которых частицы не имеют заряда, что важно для понимания стабильности гидрозоля.

7. Термодинамические параметры. Изучение термодинамических параметров, таких как энтальпия и энтропия, может помочь в понимании процессов стабилизации гидрозоля.

8. Флокуляция и флокулянты. Изучение процессов флокуляции и влияния флокулянтов на стабильность гидрозоля также является важным параметром стабилизации.

Изучение этих параметров поможет понять механизмы стабилизации гидрозоля гидроксида железа и оптимизировать процессы стабилизации для получения желаемых характеристик и свойств коллоидного раствора.

Рабочее задание

Студент должен:

- 1) ознакомиться со строением мицеллы гидрозоля гидроксида железа;
- 2) определить условия предотвращения коагуляции ;
- 3) провести фотометрические измерения оптической плотности образцов;
- 4) построить график зависимости $A = f(V_{ЖЕЛ})$ и определить объем раствора желатины ($V_{ЗАЩ}$), необходимый для предотвращения коагуляции золя;
- 5) подготовить отчет по работе.

Методика выполнения работы

Опыт. Определение защитного числа желатины.

Защитное число желатины – это количество желатины, которое требуется для того, чтобы защитить определенное количество элемента от осаждения как хлорида или других антагонистов. В частности, защитное число желатины указывает на количество желатины, которое необходимо добавить к раствору, чтобы предотвратить осаждение хлорида железа. Желатин является комплексообразующим агентом, который образует с железом стабильные комплексы.

1. В 6 пробирок налить по 5 мл золя $V_{\text{золя}}$, затем добавить в каждую из пробирок различный объем раствора желатины $V_{\text{жел}}$ соответственно номеру опыта (табл. 1).

2. Оставить пробирки с золем и раствором желатины на 10 мин.

3. В другие 6 пробирок налить объем раствора электролита, равный $V_{\text{Б}}$ и найденный в опыте 2 п. 5 (Часть I).

4. В пробирки с раствором электролита добавить объем воды, рассчитанный по формуле:

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\text{ОБЩ}} - V_{\text{золя}} - V_{\text{ЖЕЛ}} - V_{\text{Б}},$$

где $V_{\text{ОБЩ}} = 10$ мл.

5. Подготовить к работе фотометр ($\lambda = 540$ нм, кювета сравнения заполнена дистиллированной водой).

6. Через 10 мин после добавления раствора желатины к золю в пробирку № 1 прилить раствор электролита, объем которого равен $V_{\text{Б}} + V_{1,\text{H}_2\text{O}}$ и включить секундомер. Измерить оптическую плотность через соответствующий варианту промежуток времени

Таблица 1.

№ опыта	Объем золя, мл	Объем раствора желатины, мл	Объем электролита, мл	Оптическая плотность, А
1	5,0	0,25	$V_{\text{Б}} + V_{1,\text{H}_2\text{O}}$	
2	5,0	0,50	$V_{\text{Б}} + V_{2,\text{H}_2\text{O}}$	
3	5,0	1,00	$V_{\text{Б}} + V_{3,\text{H}_2\text{O}}$	
4	5,0	1,50	$V_{\text{Б}} + V_{4,\text{H}_2\text{O}}$	
5	5,0	2,00	$V_{\text{Б}} + V_{5,\text{H}_2\text{O}}$	
6	5,0	2,50	$V_{\text{Б}} + V_{6,\text{H}_2\text{O}}$	

7. Аналогичным образом проделать остальные опыты.

8. Построить график зависимости $A = f(V_{\text{ЖЕЛ}})$ и определить объем раствора желатины ($V_{\text{ЗАЩ}}$), необходимый для предотвращения коагуляции золя.

9. Используя найденное значение $V_{\text{ЗАЩ}}$, по формуле рассчитать «защитное число» S .

Правило Шульца-Гарди, согласно которому критическая концентрация иона-коагулятора уменьшается с увеличением его валентности: для двухвалентного иона порог коагуляции в десятки раз, а для трёхвалентного – в сотни раз меньше, чем для одновалентного, что наглядно продемонстрировано.

Требования к оформлению отчета

Отчет о работе должен включать:

- название выполняемой работы,
- цель;
- перечисление оборудования и реактивов;
- порядок и ход выполнения лабораторной работы;
- исходя из полученных результатов, можно сделать вывод о том, какие факторы имеют ключевое значение для процессов стабилизации и коагуляции гидрозоля гидроксида железа, что позволяет более глубоко понять механизмы этих процессов и оптимизировать условия для получения желаемых характеристик и свойств коллоидного раствора.

Контрольные вопросы

1. Какие факторы могут способствовать коагуляции гидрозоля гидроксида железа?
2. Как влияет концентрация электролитов на процесс коагуляции гидрозоля?
3. Каким образом изменение рН влияет на коагуляцию гидрозоля гидроксида железа?
4. Какие методы можно использовать для определения коагуляционной способности гидрозоля?
5. Как различные типы электролитов влияют на коагуляцию гидрозоля?
6. Какие параметры следует учитывать при изучении стабилизации гидрозоля гидроксида железа?
7. Какие стабилизаторы могут быть использованы для предотвращения коагуляции гидрозоля?
8. Как влияет температура на стабилизацию гидрозоля гидроксида железа?
9. Какие методы можно использовать для оценки эффективности стабилизации гидрозоля?
10. Какова роль силы ионной сети в стабилизации гидрозоля гидроксида железа?

11. Как влияют коллоидные взаимодействия на стабилизацию гидрозоля?

12. Какие методы могут быть применены для изучения электрических двойных слоев в гидрозоле?

13. Какие химические реакции могут происходить во время процесса стабилизации гидрозоля?

14. Как можно определить оптимальные условия для стабилизации гидрозоля гидроксида железа?

15. Какие выводы можно сделать о влиянии различных факторов на процессы коагуляции и стабилизации гидрозоля гидроксида железа на основе полученных результатов?