Энгельсский технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»
Кафедра «Естественные и математические науки»

ПОЛУЧЕНИЕ, КОАГУЛЯЦИЯ И СТАБИЛИЗАЦИЯ ЛИОФОБНЫХ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Энгельс 2024г.

Лабораторная работа

ПОЛУЧЕНИЕ, КОАГУЛЯЦИЯ И СТАБИЛИЗАЦИЯ ЛИОФОБНЫХ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Цель работы: синтез гидрозоля гидроксида железа методом химической конденсации; определение порога электролитной коагуляции золя и изучение зависимости его от заряда коагулирующего иона; определение защитного числа стабилизатора.

В 1900 году Гарди установил, что коагуляцию вызывают не все ионы электролита, а только те, которые несут заряд, противоположный по знаку заряду коллоидной частицы. Поэтому для золей с отрицательно заряженными частицами коагулирующими ионами являются катионы, а для золей с положительно заряженными частицами − анионы. Влияние электролита на коагуляцию сильно зависит от заряда коагулирующего иона. *Чем выше его заряд, тем меньше порог коагуляции*. Эта зависимость называется правилом Шульце-Гарди, оно не предусматривает прямолинейной зависимости между зарядом иона и его коагулирующим действием.

Определение порога коагуляции проводят на примере гидрозоля гидроксида железа. Гидрозоль гидроксида железа синтезируют методом конденсации по реакции гидролиза хлорида железа при 100° С:

$$FeCl_3 + 3\ H_2O = Fe(OH)_3 + 3\ HCl$$

Агрегативная устойчивость золя гидроксида железа обеспечивается прежде всего наличием на поверхности дисперсных частиц двойных электрических слоев. Элементарная частица такого золя называется мицеллой. В основе мицеллы лежит нерастворимый в данной дисперсионной среде агрегат, состоящий из большого числа молекул или атомов (m):

$$[m\ Fe(OH)_3] \text{ – агрегат.}$$

Поверхность агрегата приобретает заряд того или иного знака при избирательной адсорбции ионов из дисперсионной 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, определяющие заряд поверхности агрегата, называются *потенциалопределяющими.* Агрегат вместе с потенциалопределяющими ионами составляют *ядро мицеллы.*

В данном методе получения золя на поверхности агрегата адсорбируются ионы Fe^{3+}, таким образом, ядро $[m\ Fe(OH)_3]\ nFe^{3+}$ имеет

положительный заряд.

По теории строения ДЭС Штерна один или несколько первых слоев противоионов помимо электростатических сил испытывают адсорбционные силы притяжения поверхности. Противоионы, находящиеся в непосредственной близости к поверхности, вместе с потенциалопределяющими ионами

$$n\ Fe^{3+}(n\text{-}x)\ Cl^{-}$$

образуют адсорбционную часть ДЭС. Агрегат вместе с адсорбционной частью ДЭС составляют коллоидную частицу. Остальные противоионы образуют диффузную часть ДЭС (их число соответствует x).

Мицелла гидрофобного золя является электронейтральной, тогда как коллоидная частица заряжена, и её заряд определяется зарядом потенциалопределяющих ионов.

Формулу мицеллы гидрозоля гидроксида железа можно записать следующим образом:

$$\{\ [n\ Fe(OH)_3\ ]\ n\ Fe^{3+} \cdot 3\ (n\text{-}x)\ Cl^{-}\ \} \cdot 3x \cdot Cl^{-}$$

агрегат

адсорбционная часть ДЭС

диффузная часть ДЭС

ядро мицеллы

коллоидная частица

мицелла

Исследование коагуляции частиц проводится турбидиметрическим методом. Применимость этого метода основана на сильной зависимости интенсивности светорассеяния от размеров частиц. При коагуляции частиц она повышается, поэтому оптическая плотность золя возрастает. При изучении коагуляции в окрашенных золях необходимо исключить поглощение света. Для золя $Fe(OH)_3$ измерения надо проводить при красном светофильтре (λ=620–640 нм) чтобы этого достичь. Порог быстрой коагуляции Ск определяют по объему электролита Vк (мл) при котором оптическая плотность золя достигает максимального значения, а при дальнейшем добавлении электролита не изменяется (рис. 1). Значение Ск рассчитывают по формуле:

$$Ск = \frac{Сэл \cdot Vк}{Vк},$$

где *Сэл* – концентрация введенного электролита, *Vк*–объем золя в мл.

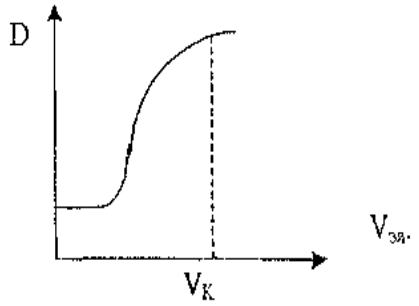

Рис. 1. Зависимость оптической плотности от объема добавленного электролита

Для предотвращения агрегации частиц и защиты гидрозолей и гидросуспензий от коагуляции электролитами применяют ВМС и ПАВ, растворимые в воде, например, белки, мыла, крахмал, желатин. Их стабилизирующее действие основано на образовании на поверхности частиц дисперсной фазы адсорбционных гелеобразных слоев и связано не только с уменьшением поверхностного натяжения, но и со структурно-механическими свойствами поверхностных слоев.

Защитная способность полимеров или ПАВ характеризуется защитным числом S−количеством вещества, требуемого для стабилизации единицы объема золя. Его определяют также турбидиметрическим методом и рассчитывают по формуле:

$$S = \frac{Сст\ Vзащ}{V},$$

где *Сст*−концентрация раствора стабилизатора, г/л;

Vзащ−объем раствора стабилизатора, необходимый дня предотвращения

коагуляции золя, мл.

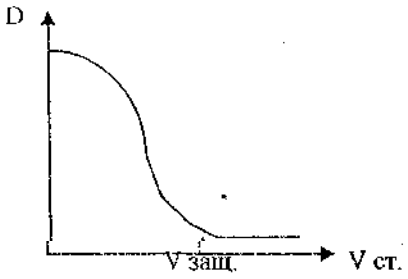

Рис. 2. Зависимость оптической плотности от объема стабилизатора

Значение Vзащ соответствует объему стабилизатора в золе,

содержащем пороговый объем Vк электролита, при котором на кривой зависимости D=f(Vст) появляется нижний горизонтальный участок (рис. 2).

2. Экспериментальная часть

2.1. Приборы и реактивы

Фотоэлектроколориметр, электрическая плитка, коническая колба на 1000 мл, пробирки на 20 мл, бюретка на 25 мл, градуированные пипетки. 2%-ный раствор хлорида железа (III); 0,5 М раствор ацетата натрия; 0,00125 М раствор сульфата натрия; 0,01 %-ный раствор желатины.

1.2. Приготовление исследуемых растворов

Для получения гидрозоля $Fe(OH)_3$ в колбу с 500 мл кипящей дистиллированной воды по каплям добавляют 20 мл 2%-ного раствора $FeCl_3$. Образовавшийся золь охлаждают до комнатной температуры.

1.3. Порядок выполнения работы

Коагуляцию золя гидроксида железа осуществляют путем введения в систему 0,00125 М раствора Na_2S0_4 и 0,5 М раствора CH_3COONa. В 10 пробирок наливают по 10 мл золя, воду и электролит (раствор Na_2S0_4 или CH_3COONa) в количествах, указанных в таблице 1.

Таблица 1.

Компоненты	Номера пробирок									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Объем золя, мл	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Объем воды, мл	10,0	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0
Объем электролита, мл	0,0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0

Общий объем проб в пробирках должен быть одинаковым и составлять 20 мл. Электролит вводят в каждую пробу золя за 2-4 минуты непосредственно перед измерением оптической плотности и перемешивают. Электролит *не следует вводить одновременно* во все пробы. Исследование коагуляции проводят последовательно в каждой пробе золя! Измеряют оптическую плотность золя D_x для каждого электролита со светофильтром λ=620-625 нм. Полученные данные заносят в

таблицу 2.

Таблица 2.

Объем электролита, мл	Оптическая плотность золя D	
	Электролит CH_3COONa	Электролит Na_2SO_4

Строят график зависимости D=f(Vст) для двух электролитов и по нему находят пороговые объемы электролита V_K, вызывающие быструю коагуляцию золя, и по формуле $C_к = \frac{C_{эл.} * V_к}{V}$ рассчитывают значения $C_к$, сравнивают найденные значения $C_к$ для Na_2SO_4 и CH_3COOH и объясняют их в соответствии с правилом Шульце-Гарди.

Затем определяют защитное число желатины относительно золя $Fe(OH)_3$. Для этого готовят 10 проб, наливая в пробирки золь и растворы в следующем объеме и последовательности, указанных в таблице 3.

Таблица 3.

Компоненты	Номера проб									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Объем золя, мл	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Объем воды, мл	До 20 мл, учитывая объемы золя, растворов желатины и электролита									
Объем раствора желатины, мл	5,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,0
Объем электролита, мл	В количестве, соответствующем $V_{эк}$									

Общий объем проб должен быть одинаковым и составлять 20 мл. Электролит-коагулятор добавляют через 10-15 минут после введения желатины (для адсорбции желатины на частицах золя). Электролит вводят во все пробирки одновременно в количестве, равном пороговому объему быстрой коагуляции. Оптическую плотность золя измеряют через 3-5 минут после добавления электролита. Значения D записывают в таблицу 4.

Таблица 4.

№ пробирки	Объем раствора желатины, $V_{ст}$, мл	Оптическая плотность золя, D

Строят график зависимости D_λ=f(Vст). По последней точке на горизонтальной ветви зависимости D_λ=f(Vст) находят объем стабилизатора (желатины) Vзащ, необходимый для предотвращения коагуляции золя, и по величине Vзащ рассчитывают защитное число желатины:

$$S = \frac{Cст\ Vзащ}{V}.$$

Контрольные вопросы

1. По какому признаку классифицируют дисперсные системы на лиофильные и лиофобные?
2. Какой размер имеют частицы в ультрамикрогетерогенных (коллоидных) системах?
3. Какое из оптических явлений невозможно в коллоидно-дисперсных системах?
- дифракция света;
- отражение света от поверхности частиц;
- поглощение света.
4. Согласно уравнению Рэлея интенсивность рассеянного света возрастает прямо пропорционально...
- кубу диаметра частиц;
- квадрату длины волны падающего света;
- численной концентрации частиц

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Белик В.В. «Физическая и коллоидная химия»: учебник/ В.В. Белик, К.И. Киенская М.:ИКЦ «Академия», 2008-288 с.
2. Ролдугин В.И. «Физикохимия поверхности»: учебник-монография/ В.И. Ролдугин – Долгопрудный: Изд. Дом «Интеллект», 2008-568 с.