

Лекция № 3



По отношению к коллоидам очень важно заметить, что они способны «свертываться» (коагулировать) не только иногда при переменах температуры или от явного изменения в составе жидкости, в которой они висят, но иногда и от прибавки малейших количеств разных (но не всяких) солей, кислот и оснований.

Д.И. Менделеев

Устойчивость и коагуляция коллоидных растворов.

Виды устойчивости дисперсных систем.

Порог коагуляции. Правило Шульце-Гарди

Основные положения лекции № 2

- Для объяснения строения ДЭС были предложены три теории:
 - теория Гельмгольца – Перрена,
 - теория Гуи и Чепмена,
 - теория Штерна.

- Современная модель строения мицеллы предполагает представление ее в виде трех заряженных сфер:
 - поверхность ядра,
 - поверхность коллоидной частицы (адсорбционный слой),
 - условная поверхность мицеллы, с которой можно «связать» заряд диффузной части противоионов (диффузный слой).

План лекции

1. Виды устойчивости дисперсных систем и их характеристика
2. Процессы, приводящие к потере агрегативной устойчивости их характеристика
3. Кинетика коагуляции М. Смолуховского
4. Правила коагуляции зольей электролитами
5. Влияние электролитов на двойной электрический слой.
6. Частные случаи электролитной коагуляции
7. Коллоидная защита

1. Устойчивость дисперсной системы.

Устойчивость дисперсных систем – это способность дисперсных систем сохранять во времени средний размер частиц и их равномерное распределение в среде. Иногда сюда добавляют также условие постоянства состава частиц, исключая тем самым возможные химические превращения.

Виды устойчивости

<i>Седиментационная (кинетическая)</i>	<i>Агрегативная</i>	<i>Фазовая (конденсационная) устойчивость</i>
Устойчивость дисперсной фазы по отношению к силе тяжести. Способность дисперсных частиц удерживаться во взвешенном состоянии под влиянием их броуновского движения, т.е. устойчивость по отношению к массово-гравитационным силам	Способность частиц дисперсной фазы оказывать сопротивление слиянию и тем самым удерживать определенную дисперсность.	Способность системы сохранять дисперсность и индивидуальность частиц дисперсной фазы.

Факторы седиментационной (кинетической) устойчивости коллоидных систем

- броуновское движение
- дисперсность (наиболее важный фактор - чем выше дисперсность, тем больше устойчивость);
- вязкость дисперсионной среды;
- разность плотностей дисперсионной среды и дисперсной фазы.

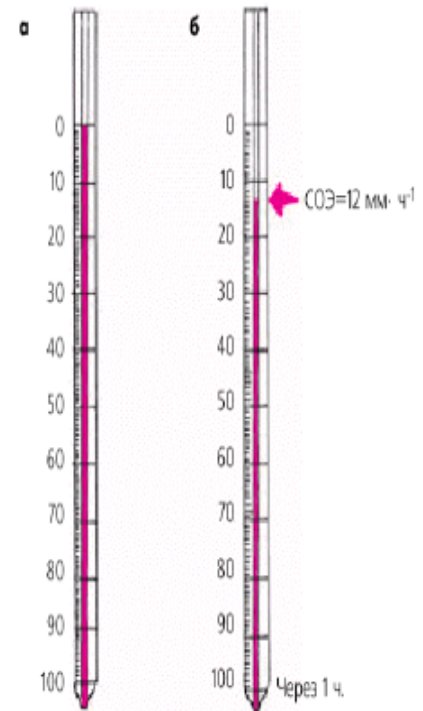
В качестве меры кинетической устойчивости принимается **гипсометрическая высота**, т.е. высота, на которой частичная концентрация уменьшается в 2 раза.

Коллоидная химия в медицине (материал для дополнительного изучения)

Клинический анализ крови содержит показатель СОЭ (скорость оседания эритроцитов). Он показывает скорость разделения крови в пробирке с добавленным антикоагулянтом на 2 слоя: верхний (прозрачная плазма) и нижний (осевшие эритроциты).

При патологии заряд и дзета-потенциал эритроцитов снижается за счет адсорбции некоторых видов белков, содержание которых в крови увеличивается (например, при воспалительных процессах).

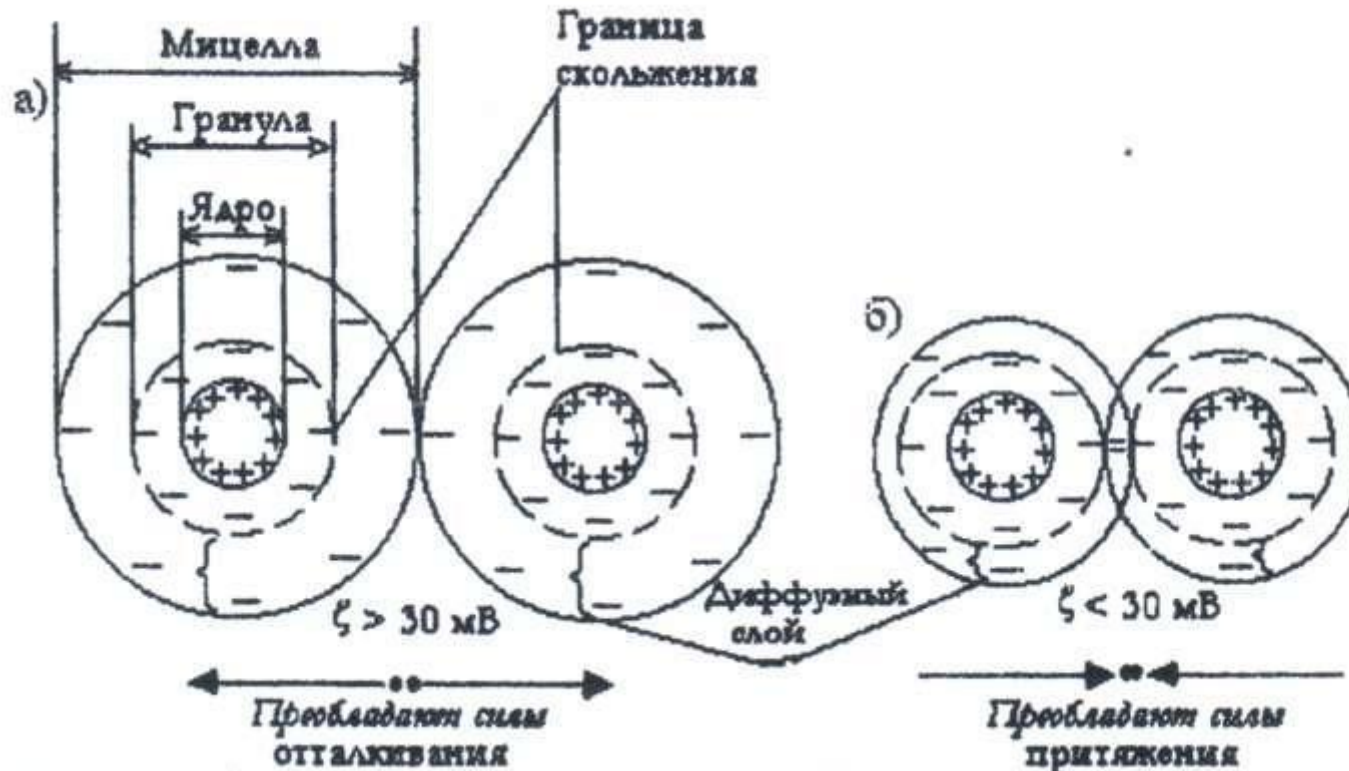
Таким образом, уменьшается агрегативная устойчивость и, как следствие, седиментационная устойчивость, СОЭ увеличивается.



Факторы агрегативной устойчивости коллоидных систем

Электростатический фактор	связан с наличием ДЭС на поверхности коллоидных частиц и определяется величиной ζ –потенциала (создает электростатические силы отталкивания).
Адсорбционно-сольватный фактор	определяется наличием на поверхности противоионов диффузного слоя гидратных оболочек ориентированных диполей воды с большой плотностью (ρ), вязкостью (η) и упругостью. Это приводит к возникновению в тонких жидких пленках, разделяющих 2 твердые поверхности одноименно заряженных коллоидных частиц, <i>расклинивающего давления</i> .
Энтропийный фактор	способствует равномерному распределению частиц по объему системы
Структурно-механический фактор	связан с образованием на поверхности частиц упругого адсорбционного слоя или достаточно прочной структуры, ограничивающей движение частиц ДФ в ДС..
Гидродинамический фактор	снижает скорость агрегации вследствие увеличения вязкости среды, изменения плотности ДФ и ДС.

Агрегативная устойчивость мицелл коллоидных растворов



ξ – потенциал $>30 \text{ мВ}$

перекрытие и электростатическое отталкивание проявляются на расстояниях, при которых молекулярное притяжение слабое и коллоидные частицы не агрегируют.

ξ – потенциал $< 30 \text{ мВ}$

при столкновении мицелл происходит перекрывание этих слоев, что приводит к преобладанию сил притяжения и потере агрегативной устойчивости.

расклинивающее давление

расклинивающее давление зависит от:

- заряда твердой фазы (φ –термодинамического потенциала),
- Толщины диффузного слоя (ξ - потенциала).

Чем выше заряд твердой фазы, тем больше толщина диффузного слоя, ξ - потенциал, расклинивающее давление и агрегативная устойчивость

Факторы, снижающие агрегативную устойчивость дисперсных систем

Агрегативную устойчивость с ионным стабилизатором рассматривают как результат взаимодействия двух противоположно направленных сил.

Силы ван-дер-ваальсова притяжения

Электростатические *силы отталкивания*

2. Процессы, приводящие к потере агрегативной устойчивости

Флокуляция

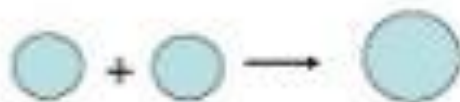


Коагуляция



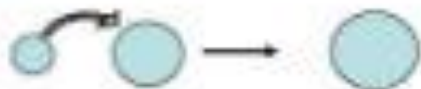
$$\Delta F_s = s\Delta\sigma < 0$$

Коалесценция

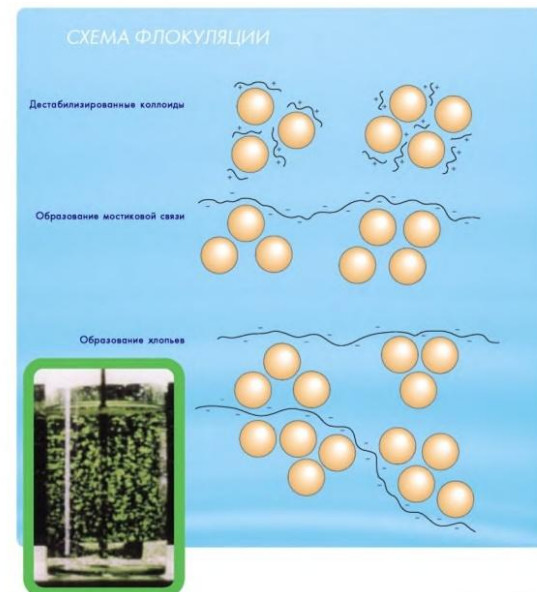


$$\Delta F_s = \sigma\Delta s < 0$$

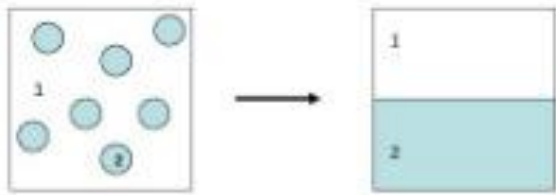
Изотермическая
перегонка



$$\Delta F_s = \sigma\Delta s < 0$$

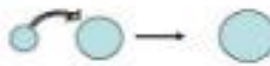


Процессы, приводящие к потере агрегативной устойчивости



Коагуляция  $\Delta F_s = s\Delta\sigma < 0$

Коалесценция  $\Delta F_s = \sigma\Delta s < 0$

Изотермическая перегонка  $\Delta F_s = \sigma\Delta s < 0$

Коагуляция (лат. *coagulation* «свёртывание, сгущение, укрупнение») — объединение мелких диспергированных частиц в большие по размеру агрегаты. Коагуляция в лиозолях приводит к образованию сетчатой структуры (застудневание) или вызывает выпадение **коагулята** - хлопьевидного осадка.

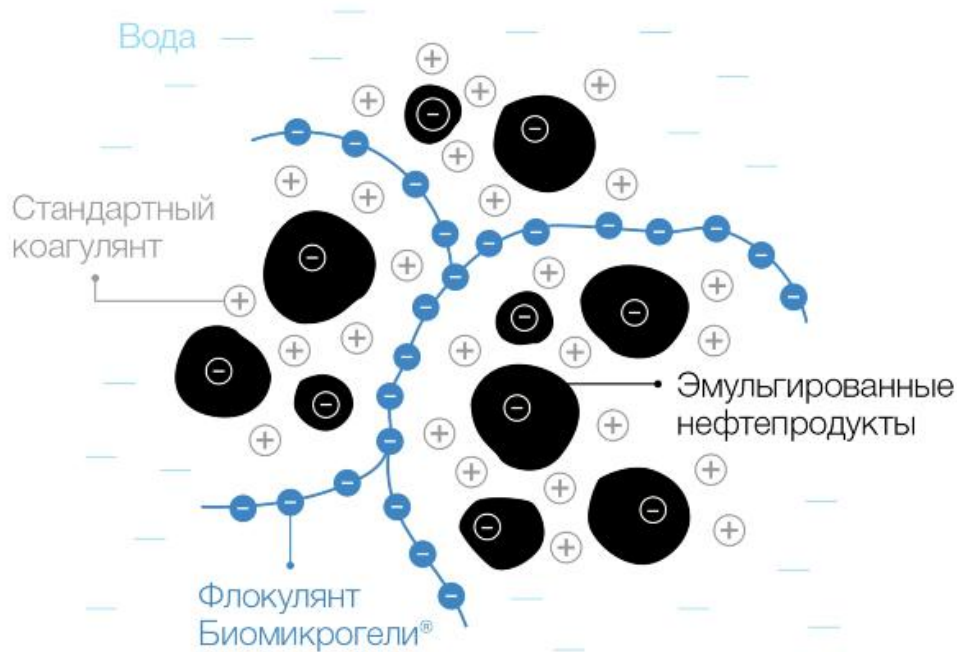
Коалесценция (от лат. *coalesce* — срастаюсь, соединяюсь), слияние капель или пузырей при соприкосновении внутри подвижной среды (жидкости, газа) или на поверхности какого-либо тела. К. сопровождается укрупнением капель (пузырей) и обусловлена действием сил межмолекулярного притяжения. Это самопроизвольный процесс, сопровождающийся уменьшением свободной энергии системы.

Коалесценция обычно наблюдается в дисперсных системах типа ж/ж.

Изотермическая перегонка - перенос вещества от мелких частиц к крупным,

Флокуляция - процесс агрегирования частиц дисперсной фазы, когда присоединение их друг к другу осуществляется полимерными молекулами, называемыми флокулянтами.

Отличия флокуляции от коагуляции



Флокуляция – это вид коагуляции. Флокулянты добавляют в жидкость после коагулянтов, чтобы укрупнить и уплотнить осадок, который получился в результате коагуляции. Но в ряде случаев они могут применяться без коагулянтов и сначала собирают примеси, а потом формируют из них флоккулы.

Разделение водомасляной эмульсии: коагулянт группирует частицы нефтепродуктов, флокулянт соединяет их полимерными мостиками и формирует более крупные группы

Если сравнивать коагуляцию и флокуляцию, то преимущество последней – это более компактный, плотный осадок и, как следствие, более прозрачная вода.

Отличия флокуляции от коагуляции

	Коагуляция	Флокуляция
Принцип работы	Коагулянты снимают с частиц заряд, и они уже могут сталкиваться друг с другом и образовывать группы.	Флокулянты соединяют эти группы полимерными мостиками
Применяемые реагенты.	Для коагуляции используют соли металлов: хлорид железа, сульфат железа, хлорид алюминия, сульфат алюминия и другие.	Во флокуляции применяют, в основном, органические вещества: анионные, катионные, амфотерные флокулянты на основе полиакриламида, акрилата и других веществ.
Количество реагентов	Коагуляция требует в десять раз больше реагентов, чем флокуляция. Если на литр жидкости нужно 20 мг коагулянта, то флокулянта – 1–2 мг.	
Объём осадка		В процессе флокуляции образуется более крупный осадок, чем при коагуляции, его проще отделить от жидкости

Виды флокулянтов

ПРИРОДНЫЕ

Неионные

Крахмал,
гуаровые смолы

Ионные

Анионные

Карбокси-
метилцеллюлоза,
альгинат натрия

Катионные

Хитозан,
целлюлоза

Амфотерные

Белковые
соединения:
желатин, казеин

СИНТЕТИЧЕСКИЕ

Неионные

Полиэтиленоксид

Ионные

Анионные

Акрилаты,
метакрилаты

Катионные

Полиамины

Амфотерные

Полиакриламид

КОАГУЛЯЦИЯ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Коагуляцию коллоидов могут вызывать:

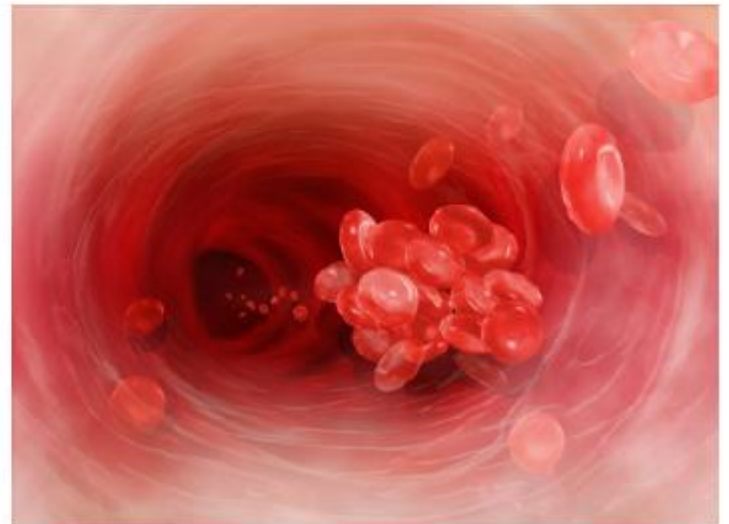
- электролиты,
- изменения температуры (нагревание или охлаждение),
- механические воздействия (интенсивное встряхивание, растирание, перемешивание, ультразвуковое воздействие, центрифугирование, действие магнитного поля и др.),
- изменение состава дисперсионной среды (разбавление, концентрирование, введение электролитов и иных веществ).,
- электрический ток
- действие излучений (рентгеновское, видимое, ультрафиолетовое, радиочастотное.



Глинистые минералы флокулируют при различных концентрациях полимера. Наибольшей разницей флокулирующих концентраций по отношению к глинам (бентониту и каолину) обладают некоторые полиакриламидные препараты. Повышение селективности полимерных флокулянтов позволяет более эффективно использовать раствор на их основе также при бурении глинистый отложений.

Коагуляция в организме

Коагуляция проявляется в процессе свертывания крови, которая уменьшает потерю крови при повреждении тканей (положительный эффект) и вызывает образование тромбов в кровеносной системе (отрицательный эффект).





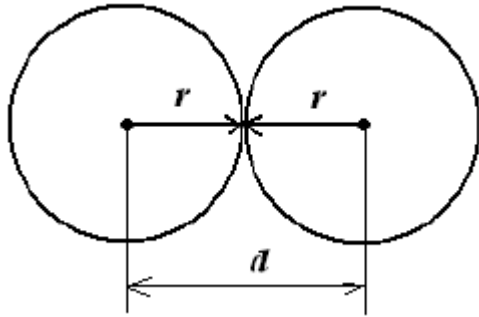
Мариан Смолуховский
28.05.1872 — 5.09.1917

Теория кинетики быстрой коагуляции Смолуховского

Основные положения (1916 г.)

- частицы сближаются в результате броуновского движения, слипаются, образуют агрегат, который совершает дальнейшее броуновское движение как единое целое;
- скорость сближения частиц определяется коэффициентом диффузии и средним расстоянием между частицами;
- в каждом элементарном акте участвуют только две частицы дисперсной фазы;
- все частицы имеют одинаковый размер и обладают одинаковой подвижностью, форму частиц считают сферической.

Теория кинетики быстрой коагуляции Смолуховского



$$-\frac{dn}{dt} = kn^2$$

$$n = \frac{n_0}{1 + kn_0 t}$$

$$k_{\text{эксн}} = \frac{1}{t} \left(\frac{1}{n} - \frac{1}{n_0} \right)$$

$$\tau_{1/2} = \frac{1}{kn_0}$$

$\tau_{1/2}$ - время половинной коагуляции

$$k_{\text{теор}} = 4\pi Dd = 8\pi Dr$$

$$D = \frac{RT}{6\pi \cdot N_A \cdot \eta \cdot r}$$

$$k_{\text{теор}} = 8\pi Dr = 8\pi r \cdot \frac{RT}{6\pi \cdot N_A \cdot \eta \cdot r} = \frac{4}{3} \cdot \frac{RT}{N_A \eta}$$

d - критическое расстояние, при котором становится возможным слипание двух сферических частиц одинакового радиуса r . D – коэффициент диффузии;

η - вязкость среды (Н·с/м²); r – радиус диффундирующей частицы (м); R – универсальная газовая постоянная, $R=8.314$ (кДж/моль·К); T – температура (К); N_A – число Авогадро, $6.025 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹

Теория кинетики быстрой коагуляции Смолуховского

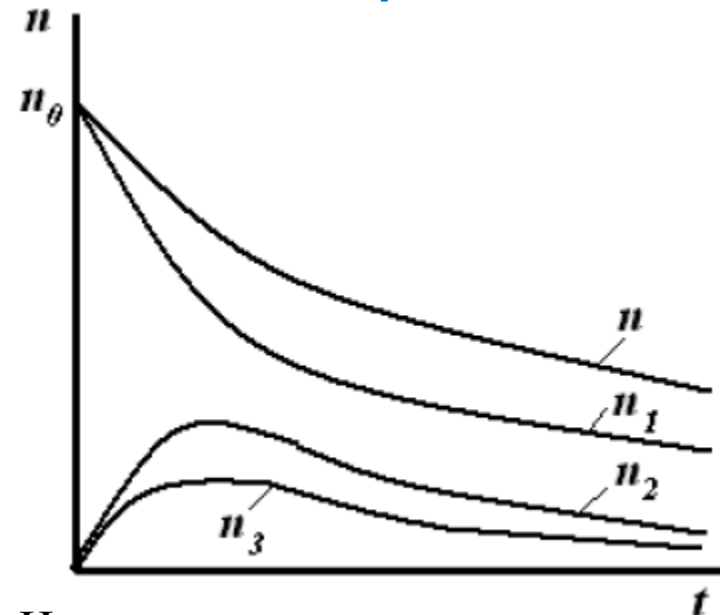
$$k_{теор} = 8\pi Dr = 8\pi r \cdot \frac{RT}{6\pi \cdot N_A \cdot \eta \cdot r} = \frac{4}{3} \cdot \frac{RT}{N_A \eta}$$

k – постоянная только для данного золя, зависит от температуры и вязкости дисперсионной среды и не зависит от начальной концентрации золя и от размера частиц дисперсной фазы. Если $k_{эксп} < k_{теор}$, то в системе протекает «медленная коагуляция».

$$\tau_{1/2} = \frac{1}{kn_0} = \frac{3\eta N_A}{4RTn_0}$$

Агрегативная устойчивость дисперсных систем увеличивается с возрастанием вязкости дисперсионной среды, понижением температуры и концентрации дисперсной фазы.

Теория кинетики быстрой коагуляции Смолуховского



Изменение числа частиц во времени при быстрой коагуляции

$$\tau_{1/2} = \Theta$$

Смолуховский предложил формулы, позволяющие определить, сколько частиц того или иного порядка имеется в золе в момент времени t :

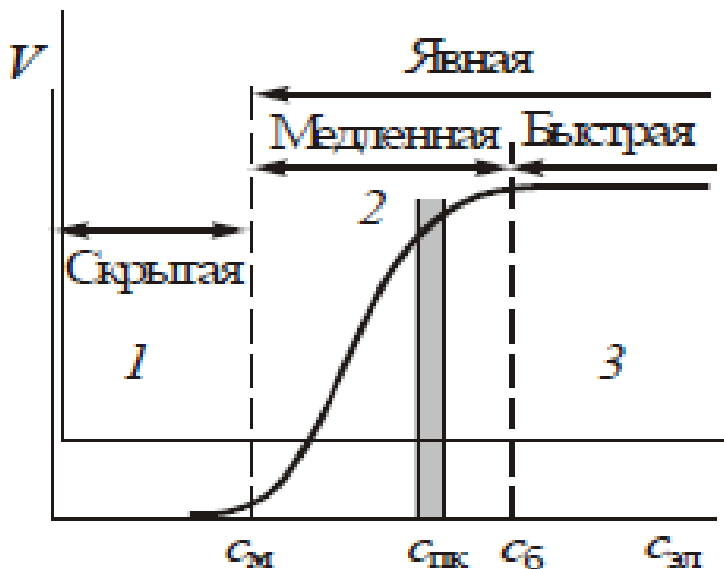
Для общего числа частиц:

$$n = n_0 \cdot \frac{1}{1 + t/\Theta}$$

Для частиц m – ого порядка

$$n_m = n_0 \cdot \frac{(t/\Theta)^{m-1}}{(1 + t/\Theta)^{m+1}}$$

При $t = 0$, все частицы первичные. Затем число первичных частиц n_1 уменьшается, но начинают появляться двойные, тройные и др. более крупные частицы. По мере коагуляции эти частицы постепенно исчезают, уступая место частицам высших порядков – более крупным агрегатам.



1. **Первая зона** представляет собой начальную стадию падения степени дисперсности. На этой стадии агрегирование частиц происходит без видимого разделения коллоидной системы на фазы. Стадию характеризуют изменение опалесценции, увеличение вязкости коллоидной системы, уменьшение осмотического давления и другие показатели, которые можно регистрировать только с помощью приборов.

3. Кинетика коагуляции

Зависимость скорости коагуляции золя от концентрации коагулирующего электролита: 1 – зона скрытой коагуляции; 2 – переходная зона (медленная коагуляция); 3 – зона быстрой коагуляции

2. Зону перехода скрытой коагуляции в явную также называют **медленной коагуляцией**, или первой стадией явной коагуляции.

порог коагуляции, т. е. минимальная концентрация добавляемого электролита, вызывающая видимый эффект коагуляции (изменение цвета, помутнение, появление осадка)

Порогу коагуляции соответствует снижение величины дзета-потенциала до критической величины, равной примерно 0,03 В. .

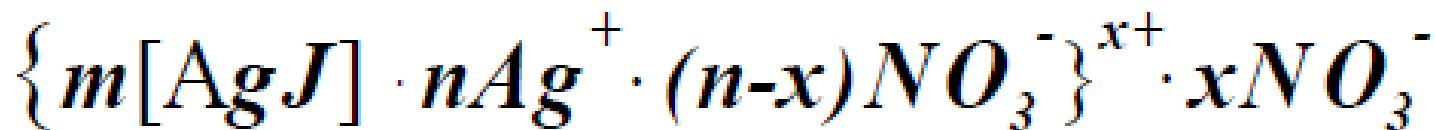
4. Коагуляция золей электролитами

Основным фактором, вызывающим коагуляцию, является действие на коллоидный раствор электролитов.

Эмпирические правила электролитной коагуляции

Все сильные электролиты при определенной концентрации могут вызвать коагуляцию золя.

Правило знака заряда: коагулирующим действием обладает не весь электролит, а только тот **ион, заряд которого совпадает по знаку с зарядом противоиона мицеллы** лиофобного золя. Этот ион называют ионом-коагулянтом.



Коагулянт - KCl

Ион- Коагулянт - K^{+} или Cl^{-} ?



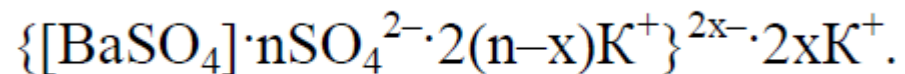
Укажите какие ионы будут ионами-коагулянтами для золя состав мицеллы которой



при добавлении раствора электролита KCl и Na₂SO₄



Укажите какие ионы будут ионами-коагулянтами для золя состав мицеллы которой



при добавлении раствора электролита KCl и Na_2SO_4

Закономерности (правила) коагулирующего действия электролитов

Правило порога коагуляции:

Все сильные электролиты, добавленные к золю в достаточном количестве, вызывают коагуляцию.

Минимальная концентрация электролита, при которой начинается коагуляция, называется **порогом коагуляции**. Его обозначают C_k (γ, моль/л или ммоль/л).

$$C_k = \frac{C_{эл} V_{эл} 1000}{V_z + V_{эл}},$$

где $C_{эл}$ – концентрация электролита, ммоль-экв/л; $V_{эл}$ – объем электролита, мл; V_z – объем золя, мл.

Иногда вместо порога коагуляции используют величину P (V_k), называемую **коагулирующей способностью**. Величина, обратная порогу коагуляции, называется коагулирующей способностью (P) и рассчитывается по формуле

$$P = C_k^{-1}$$

чем меньше порог коагуляции, тем больше коагулирующая способность электролита.

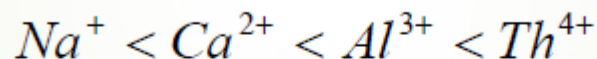
Закономерности (правила) коагулирующего действия электролитов

Правило валентности (правило Шульце – Гарди): коагулирующая способность иона-коагулянта тем больше, чем больше заряд иона.

$$P(I) < P(II) < P(III)$$

$$C_K^I : C_K^{II} : C_K^{III} = 1 : \left(\frac{1}{2^6}\right) : \left(\frac{1}{3^6}\right) \qquad C_K = \alpha \cdot \left(\frac{1}{Z^6}\right)$$

где α – постоянная для данной системы величина; Z – заряд иона-коагулянта; C_K^I , C_K^{II} , C_K^{III} – порог коагуляции однозарядного, двухзарядного, трехзарядного иона-коагулянта.



→ возрастание · заряда · иона →

→ возрастание · коагулирующей · способности →

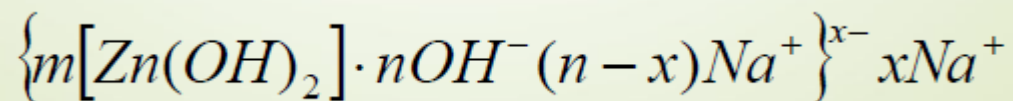
Для золя As_2S_3 с отрицательным зарядом дисперсных частиц порог коагуляции для двухвалентных катионов (Mg^{2+} , Ba^{2+} , Ca^{2+}) примерно в 75–80 раз ниже, чем для одновалентных; для трехвалентных это соотношение еще больше (примерно в 550 раз).

Задача

Золь гидроксида цинка получен путем сливания растворов $ZnCl_2$ и $NaOH$. Определите знак заряда коллоидной частицы, напишите формулу мицеллы, если пороги коагуляции растворов электролитов (γ) следующие:

Электролит	KCl	KNO_3	$BaCl_2$	$Al(NO_3)_3$
γ , моль/л	5,2	5,1	0,08	0,007

Решение: Определим знак заряда частиц золя. Так как анионы всех электролитов одновалентны, а их пороги коагуляции разные, что не соответствует правилу Шульце-Гарди, следовательно, коагуляцию золя вызывают не анионы, а катионы электролитов. В данном случае: чем выше заряд катиона, тем меньше порог коагуляции (справедливо правило Шульце – Гарди). Следовательно, согласно «правилу знака заряда», заряд коллоидной частицы отрицательный. Следовательно, ПОИ – OH^- , ПИ – Na^+ .



Закономерности (правила) коагулирующего действия электролитов

В настоящее время установлены отклонения от правила Шульце – Гарди – Дерягина – Ландау (**правило значности**).

На порог коагуляции кроме заряда оказывают **влияние радиус коагулирующего иона**, способность к адсорбции и гидратации, а также и природа иона, сопутствующего коагулирующему.

Правило размера коагулирующего иона:

Коагулирующая способность иона при одинаковом заряде тем больше, чем больше его кристаллический радиус. Поэтому коагулирующая способность органических ионов больше по сравнению с неорганическими ионами.

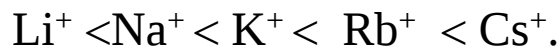
Ряды ионов, составленные в порядке уменьшения их способности связывать среду, называют **лиотропными рядами**, или **рядами Гофмейстера**

		ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА											VII		VIII					
1	I		II		III		IV		V		VI		(H)		2					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
↓ 6	H ВОДОРОД 1,00794																	He ГЕЛИЙ 4,00260	 Периодический закон открыт Д.И.МЕНДЕЛЕЕВЫМ в 1869 году	
	Li ЛИТИЙ 6,94	Be БЕРИЛЛИЙ 9,01218	B БОР 10,81	C УГЛЕРОД 12,011	N АЗОТ 14,0067	O КИСЛОРОД 15,999	F ФТОР 18,998403	Ne НЕОН 20,17												
	Na НАТРИЙ 22,98977	Mg МАГНИЙ 24,305	Al АЛЮМИНИЙ 26,98154	Si КРЕМНИЙ 28,085	P ФОСФОР 30,97376	S СЕРА 32,06	Cl ХЛОР 35,453	Ar АРГОН 39,94												
	K КАЛИЙ 39,098	Ca КАЛЬЦИЙ 40,08	Sc СКАНДИЙ 44,9558	Ti ТИТАН 47,88	V ВАНАДИЙ 50,9415	Cr ХРОМ 51,996	Mn МАРГАНЕЦ 54,938	Fe ЖЕЛЕЗО 55,84	Co КОБАЛЬТ 58,9332	Ni НИКЕЛЬ 58,70										
	Cu МЕДЬ 63,54	Zn ЦИНК 65,38	Ga ГАЛЛИЙ 69,72	Ge ГЕРМАНИЙ 72,5	As АРСЕН 74,9216	Se СЕЛЕН 78,96	Br БРОМ 79,904	Kr КРИПТОН 83,80												
	Rb РУБИДИЙ 85,467	Sr СТРОНЦИЙ 87,62	Y ИТРИЙ 88,9059	Zr ЦИРКОНИЙ 91,22	Nb НИОБИЙ 92,9064	Mo МОЛИБДЕН 95,94	Tc ТЕХНЕЦИЙ 98,9062	Ru РУТЕНИЙ 101,0	Rh РОДИЙ 102,9055	Pd ПАЛЛАДИЙ 106,4										
Ag СЕРЕБРО 107,8682	Cd КАДМИЙ 112,41	In ИНДИЙ 114,82	Sn ОЛОВО 118,6	Sb СУРЬМА 121,7	Te ТЕЛЛУР 127,6	I ИОД 126,9045	Xe КСЕНОН 131,30													
7	Cs ЦЕЗИЙ 132,9054	Ba БАРИЙ 137,33	La-Lu * ЛАНТАНОИДЫ	Hf ГАФИЙ 178,4	Ta ТАНТАЛ 180,947	W ВОЛЬФРАМ 183,8	Re РЕНИЙ 186,207	Os ОСМИЙ 190,2	Ir ИРИДИЙ 192,2	Pt ПЛАТИНА 195,0										
	Au ЗОЛОТО 196,9665	Hg РУТУТЬ 200,5	Tl ТАЛЛИЙ 204,3	Pb СВИНЕЦ 207,2	Bi ВИСМУТ 208,9804	Po ПОЛОНИЙ (209)	At АСТАТ (210)	Rn РАДОН (222)	Обозначение элемента Атомный номер											
	Fr ФРАНЦИЙ (223)	Ra РАДИЙ 226,0254	Ac-Lr ** ЛАНТАНОИДЫ	Ku КУРЧАТОВИЙ (261)	Ns НИЛЬСБОРИЙ (261)															
* ЛАНТАНОИДЫ																				
La ЛАНТАН 138,905	Ce ЦЕРИЙ 140,12	Pr ПРАЗЕОДИЙ 140,9077	Nd НЕОДИМ 144,24	Pm ПРОМЕТИЙ (145)	Sm САМАРИЙ 150,4	Eu ЕВРОПИЙ 151,964	Gd ГАДОЛИНИЙ 157,25	Tb ТЕРБИЙ 158,9254	Dy ДИСПРОЗИЙ 162,50	Ho ГОЛЬМИЙ 164,9304	Er ЭРБИЙ 167,259	Tm ТУЛИЙ 168,9342	Yb ИТТЕРБИЙ 173,054	Lu ЛУТЕЦИЙ 174,967						
** ЛАНТАНОИДЫ																				
Ac АКТИНИЙ (227)	Th ТОРИЙ 232,0381	Pa ПРОТАКТИНИЙ 231,0369	U УРАН 238,0289	Np НЕПУТНИЙ 237,0482	Pu ПУТОНИЙ (244)	Am АМЕРИЦИЙ (243)	Cm КЮРИЙ (247)	Bk БЕРКЛИЙ (247)	Cf КАЛИФОРНИЙ (251)	Es ЭЙНШТЕЙНИЙ (254)	Fm ФЕРМИЙ (257)	Md МЕНДЕЛЕВИЙ (258)	No НОБЕЛИЙ (259)	Lr ЛОУРЕНСИЙ (262)						

Одновалентные анионы по их возрастающей способности адсорбироваться располагаются в следующей последовательности:

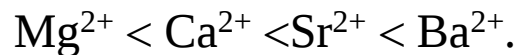
$$\text{Cl}^- < \text{Br}^- < \text{NO}_3^- < \text{I}^- < \text{CNS}^-$$

Одновалентные катионы можно поставить в следующий ряд по возрастающей адсорбционной способности:



В этой же последовательности возрастает и их коагулирующая способность.

Для двухвалентных катионов этот ряд будет представлен следующими ионами:





Сильное влияние электролита на коагуляцию коллоидных растворов надо учитывать при введении растворов солей в живые организмы. Имеет значение не только концентрация вводимых ионов, но и их заряд.

Например, изотонический раствор NaCl нельзя заменить раствором MgSO_4 , поскольку в этой соли имеются ионы Mg^{2+} и SO_4^{2-} , обладающие более высокой коагулирующей способностью, чем ионы Na^+ и Cl^- .

При инъекциях электролита надо вводить его медленно, чтобы не вызвать коагуляцию биологических коллоидных систем.

5. Влияние электролитов на двойной электрический слой

Электролитная коагуляция

По влиянию на двойной электрический слой все электролиты делятся на две группы: **индифферентные и неиндифферентные**.

Индифферентными называются электролиты, **не содержащие потенциал - определяющих ионов**. Эти электролиты не способны достраивать кристаллическую решетку, адсорбироваться на поверхности и изменять величину потенциала поверхности

Неиндифферентные электролиты – это электролиты, не безразличные к поверхности агрегата мицеллы, они **содержат потенциалопределяющие ионы**, которые могут достраивать кристаллическую решетку поверхности и поэтому влияют на потенциал поверхности, а также на толщину ДЭС и на потенциал.



Укажите какие электролиты будут индифферентными для золя состав мицеллы которой

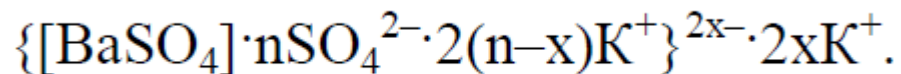


Водные растворы KCl, FeOCl и Na₂SO₄

Индифферентными называются электролиты, **не содержащие потенциал - определяющих ионов.**



Укажите какие электролиты будут неиндифферентными для золя состав мицеллы которой



Водные растворы KCl, AgNO₃, BaCl₂ и Na₂SO₄

Неиндифферентные электролиты – это электролиты, не безразличные к поверхности агрегата мицеллы, они **содержат потенциалопределяющие ионы**.

Влияние электролитов на φ - и ξ –потенциалы.

Механизм коагуляции.

При быстрой коагуляции коллоидных систем электролитами возможны два механизма:

- 1) **концентрационная коагуляция**, при которой потеря устойчивости коллоидов вызывается сжатием диффузной части ДЭС при постоянном φ -потенциале поверхности;
- 2) **нейтрализационная коагуляция**, происходящая в результате снижения поверхностного φ -потенциала, и, как следствие, ξ –потенциала частиц.

Тип коагуляции зависит от свойств коллоида и от характера прибавляемого электролита.

Основные механизмы действия электролитов

Индиifferentные электролиты	Неиндиifferentные электролиты
Концентрационная коагуляция	Нейтрализационная (адсорбционная) коагуляция
Основным фактором является повышение ионной силы, что приводит к уменьшению толщины диффузного слоя противоионов и переходу части противоионов из диффузного слоя в плотный адсорбционный. И то и другое приводит к уменьшению ζ-потенциала при неизменяющемся φ-потенциале поверхности.	Данный механизм реализуется лишь тогда, когда заряд частиц невелик. При этом слои противоионов малы и возможна непосредственная адсорбция коагулирующих ионов на поверхности частиц. Основные механизмы: <i>специфическая адсорбция</i> по правилу Панета – Фаянса, т. е. ионы остраивают кристаллическую структуру твердой фазы частиц; <i>замещение в плотном (адсорбционном) слое</i> одних противоионов другими, у которых плотность заряда больше.

Действие индифферентных электролитов

1. Вызывают только концентрационную коагуляцию
2. Возможно два случая

(А)	(В)
заряд иона-коагулятора не превышает (равен или меньше) по модулю величину заряда <i>потенциалопределяющих ионов (ПОИ), входящих в состав исходного гидрозоля.</i>	заряд иона-коагулятора больше заряда ПОИ
$\{[AgCl]_m nCl^- (n - x)K^+\}^- xK^+$	
KNO ₃ , NaF и любой другой индифферентный электролит с однозарядным катионом	Al(NO ₃) ₃ (и любой другой индифферентный электролит, в состав которого входят многозарядные катионы)
Для гидрозоля с отрицательно заряженной коллоидной частицей ионом-коагулятором является катион	

Действие индифферентных электролитов

(A)	(B)
$\{[AgCl]_m nCl^- (n - x)K^+\}^- xK^+$	
KNO ₃ , NaF и любой другой индифферентный электролит с однозарядным катионом	Al(NO ₃) ₃ (и любой другой индифферентный электролит, в состав которого входят многозарядные катионы)
Увеличение концентрации противоионов – ионов K ⁺ – в дисперсной системе приведет к сжатию диффузного слоя противоионов и уменьшению <i>электрокинетического потенциала (ζ), который при определенной концентрации KNO₃ в дисперсной системе (в изоэлектрической точке (ИЭТ)) станет равным нулю.</i>	
$\{[AgCl]_m nCl^- nK^+\}^0$.	$\{[AgCl]_m nCl^- (n / 3)Al^{3+}\}^0$ (ИЭТ 1), $\{[AgCl]_m nCl^- (n / 3 + y)Al^{3+} 3yNO_3^-\}^0$ (ИЭТ 2).
свежий осадок можно перевести во взвешенное состояние (обратно в золь) путем <i>диссолюционной пептизации, просто добавляя в дисперсную систему воду</i>	
$\{[AgCl]_m nCl^- (n - x)K^+\}^- xK^+$	$\{[AgCl]_m nCl^- (n / 3 - y)Al^{3+}\}^{3y-} yAl^{3+},$ $\{[AgCl]_m nCl^- (n / 3 + y)Al^{3+} (3y - z)NO_3^-\}^{z+}$ zNO_3^-

Действие неиндифферентных электролитов

1. Вызывают только нейтрализационную коагуляцию
2. Возможно два случая

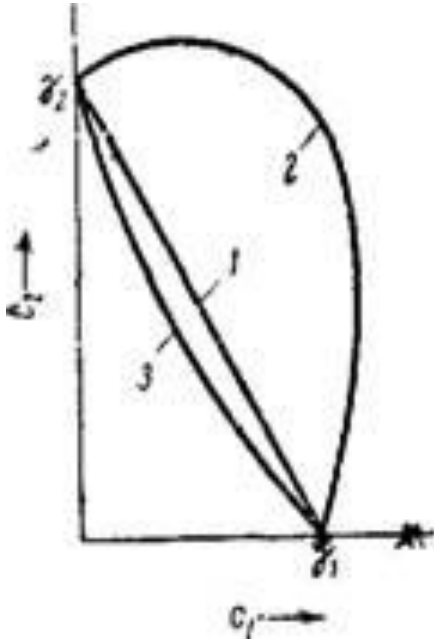
(А)	(В)
знак заряда неиндифферентного иона совпадает со знаком потенциалопределяющих ионов гидрозоля.	знак заряда неиндифферентного иона противоположен знаку заряда ПОИ
$\{[AgCl]_m nCl^- (n - x)K^+\}^- xK^+$	
KCl или любой другой электролит, который содержит анионы, способные образовывать осадки с ионами серебра.	AgNO₃ (или любой электролит, который содержит катионы, способные образовывать осадок с ионами хлора).
Происходит так называемое донасыщение поверхности компактного агрегата ПОИ. увеличение концентрации ИЭ приводит к сжатию диффузного слоя ПИ, переходу всех ПИ в адсорбционный слой и уменьшению электрокинетического потенциала (в изоэлектрической точке – до нулевого значения).	Неиндифферентные ионы Ag⁺ связывают ПОИ Cl⁻ в труднорастворимое соединение AgCl, нейтрализуют потенциал поверхности; при этом происходит Нейтрализационная коагуляция гидрозоля При дальнейшем повышении концентрации AgNO₃ в дисперсной системе происходит концентрационная коагуляции гидрозоля за счет сжатия ДСПИ.

Действие неиндифферентных электролитов

(A)	(B)
$\{[AgCl]_m nCl^- (n - x)K^+\}^- xK^+$	
KCl	AgNO ₃
$\{[AgCl]_m (n + x)Cl^- (n + x)K^+\}^0$.	$\{[AgCl]_{m+n}\}^0$ (ИЭТ 1), $\{[AgCl]_{m+n} kAg^+ kNO_3^-\}^0$ (ИЭТ 2).
свежий осадок можно перевести во взвешенное состояние (обратно в золь) путем <i>диссолюционной пептизации</i> , просто добавляя в дисперсную систему воду	Осадок, полученный после коагуляции в первой ЗК, можно перевести во взвешенное состояние путем <i>адсорбционной пептизации</i> .
$\{[AgCl]_m (n + x)Cl^- (n + x - z)K^+\}^{z+} zK^+$	(KCl) $\{[AgCl]_{m+n} kCl^- (k - z)K^+\}^{z-} zK^+$ (AgNO ₃) $\{[AgCl]_{m+n} kAg^+ (k - z)NO_3^-\}^{z+} zNO_3^-$

6. Частные случаи электролитной коагуляции

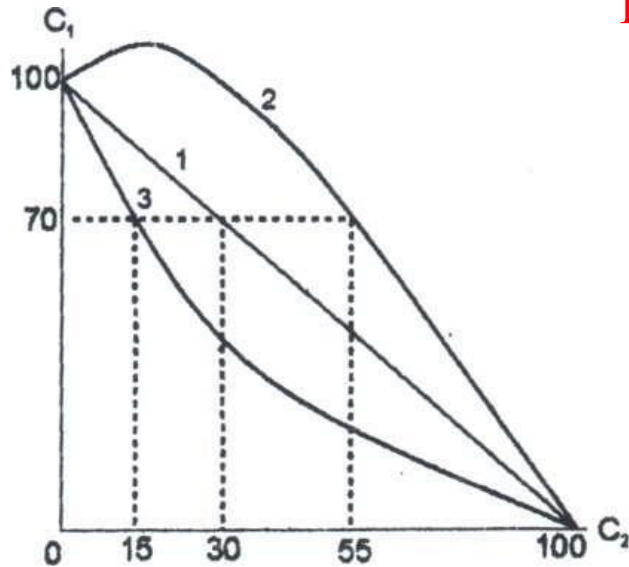
Коагуляция смесью электролитов имеет большое практическое значение, т.к. в любых растворах всегда есть смесь электролитов.



(на оси абсцисс нанесены значения концентрации одного электролита, на оси ординат — значения концентрации другого).

1. **Аддитивное действие** электролитов (кривая 1) - Электролиты действуют как бы независимо друг от друга.
2. **Антагонизм** электролитов (кривая 2), Электролиты как бы противодействуют друг другу и для коагуляции золь их нужно до-бавить больше, чем это требуется по правилу аддитивности.
3. **Синергизм** электролитов (кривая 3). Электролиты как бы способствуют друг другу и для коагуляции золь их требуется меньше, чем это нужно по правилу аддитивности.

Коагуляция смесью электролитов



На осях: относительные концентрации коагуляции (%)

В случае **аддитивности** – (прямая 1) - 1-го электролита -70%, то 2-го- 30% (100%).

При **антагонизме** (кривая 2) - на 70% концентрации 1-го электролита нужно уже больше, например 55%. Таким образом, сумма их концентраций станет больше 100%.

При **синергизме** (кривая 3) для 70% достаточно добавить, например, только 15% от концентрации коагуляции второго электролита (в сумме меньше 100%).



При введении в организм лекарственных веществ в виде инъекций они могут быть антагонистами, синергистами или проявлять аддитивность.

Явление привыкания - это повышение устойчивости золя к коагулирующему действию электролита при уменьшении скорости его поступления

Это наблюдается, если электролит добавлять к золю малыми порциями через большие интервалы времени. В этом случае $C_{\text{пор}}$ будет больше, чем при добавлении сразу большого количества электролита.

В организме это явление проявляется в привыкании к некоторым лекарствам, курению, наркотикам.

Взаимная коагуляция - это коагуляция, которая наблюдается при смешивании двух коллоидных растворов с противоположными зарядами гранул

.

1. Частный случай электролитной коагуляции:

один из зольей - это электролит с огромным ионом-коагулятором.

2. Однако между обычной электролитной коагуляцией и взаимной коагуляцией имеется существенное различие:

При определенном соотношении количеств смешиваемых зольей при взаимной коагуляции всегда наступает перезарядка.

Чтобы вызвать полную коагуляцию, т.е. полное выпадение дисперсной фазы обоих зольей, они должны быть взяты в количествах, обеспечивающих эквивалентность положительных и отрицательных зарядов, т.е. ξ -потенциал = 0.



Положительно заряженная частица золя $\text{Fe}(\text{OH})_3$ по отношению к отрицательному золю As_2S_3 – ион-коагулятор, прибавление которого снижает величину ξ -потенциала. (Золь-коагулятор должен быть добавлен к коагулируемому золю в определенном количестве.)

При взаимной коагуляции зольей $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и As_2S_3 , :

- в объемном соотношении 9:1 - коагуляция не наблюдается;
- при 7:3; 5:5 - частичное осаждение, но с сохранением положительного заряда частиц;
- при 3:7 - полное осаждение, ξ -потенциал = 0.
- при дальнейшем увеличении объема в пользу As_2S_3 происходит перезарядка смеси с (+) на (-) и неполное выпадение осадка;
- при 1:100 коагуляция опять не обнаруживается.

Возникло много теорий, которые пытались объяснить **три вопроса:**

- 1) Почему коагуляция наступает при определенной концентрации электролита-коагулятора?
- 2) Почему при этом основную роль играет концентрация иона, несущего заряд, противоположный заряду частицы?
- 3) Почему влияние заряда иона-коагулятора подчиняется закономерности, выраженной правилом Шульце-Гарди?

Все теории коагуляции можно подразделить на ***адсорбционные и электростатические.***

Адсорбционная теория коагуляции Фрейндлиха

Положения теории:

- ионы-коагуляторы адсорбируются коллоидными частицами в соответствии с изотермой адсорбции:

$$\Gamma = K \cdot C^{1/n}$$

- коагуляция наступает при одинаковом понижении ξ –потенциала, которое достигается при адсорбции эквивалентных количеств различных ионов
- снижение ξ – потенциала до критического значения связано с уменьшением числа зарядов **ПОИ** из-за **нейтрализации** их адсорбирующимися ионами-коагуляторами.
- Позднее было показано, что теория имеет ограниченное применение, т.к. не всегда происходит эквивалентность адсорбции разных электролитов и совпадение изотерм адсорбции различных ионов.
- Коагуляция также может быть связана с изменениями лишь в диффузном слое, а заряд в слое ПОИ остается постоянным.

Электростатическая теория коагуляции Г. Мюллера

Положения теории:

- введение электролита в золь не изменяет общего заряда в ДЭС частицы, а вызывает сжатие диффузного слоя.
- это приводит к снижению ξ – потенциала, что и уменьшает стабильность золя.

Теория Мюллера не учитывала адсорбцию введенных ионов и их вхождение в структуру ДЭС.

Теория коагуляции Дерягина и Ландау, Фервея и Овербека (ДЛФО) (1937-1941г.)

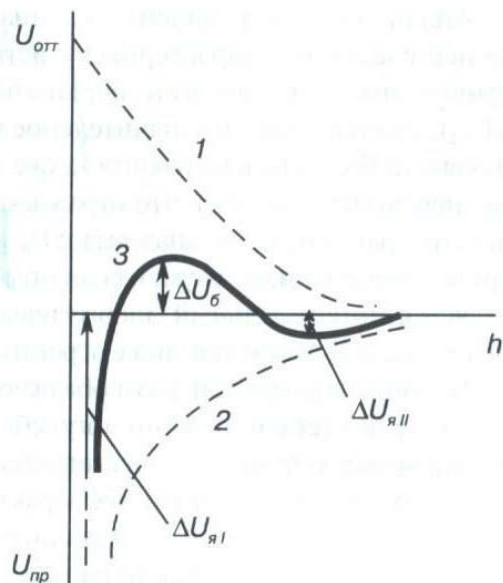
Положения теории ДЛФО:

- между любыми частицами при их сближении возникает расклинивающее давление разделяющей жидкой прослойки в результате действия сил притяжения и отталкивания.
- состояние системы зависит от баланса энергии притяжения и энергии отталкивания.
- преобладание энергии отталкивания приводит к устойчивости систем, наблюдается положительное расклинивающее давление.
- преобладание энергии притяжения вызывает нарушение агрегативной устойчивости, т.е. коагуляцию за счет создания отрицательного расклинивающего давления.

Составляющие расклинивающего давления имеют различную природу:

- а)** электростатическую, обусловленную взаимным перекрыванием ДЭС;
- б)** адсорбционную, связанную с адсорбцией молекул стабилизатора;
- в)** структурную, возникающую при образовании граничных слоев растворителя и обуславливающую создание адсорбционно-сольватного барьера в лиофильных системах;
- г)** молекулярную, обусловленную ван-дер-ваальсовыми силами притяжения.

Составляющие а), б), в) вносят положительный вклад в *расклинивающее давление*, составляющая г) – отрицательное значение



Потенциальные кривые взаимодействия двух частиц:

- 1 - энергия отталкивания;
- 2 - энергия притяжения;
- 3 - результирующая кривая

Расклинивающее давление проявляется в энергии взаимодействия между частицами.

Данную зависимость можно представить графически.

На оси абсцисс откладывают расстояние между частицами (h).

Кривая 1. - Энергию отталкивания ($U_{отт.}$) принимают за положительную и откладывают на оси ординат вверх от начала координат. Изменение этой энергии

Кривая 2. - Энергию притяжения $U_{пр.}$, как отрицательную, откладывают вниз от оси абсцисс. Изменение энергии притяжения от расстояния.

Кривая 3 - Суммарную энергию системы из двух частиц получают сложением $U_{отт.}$ и $U_{пр.}$

Суммарная энергия системы из двух частиц

$$U = U_{\text{отт.}} + U_{\text{пр.}} = B \cdot e^{-\frac{h}{\delta}} - \frac{A}{h^2}$$

где B – множитель, зависящий от значений электрических потенциалов ДЭС, свойств среды, температуры;

e – основание натурального логарифма;

δ – толщина диффузного слоя;

h – расстояние между частицами частицами;

A – константа молекулярных сил притяжения

Положения теории ДЛФО хорошо согласуются с поведением гидрофобных золь и корректно объясняют влияние электролитов на коагуляцию.

а) Если частицы золя имеют высокий электрический потенциал и достаточной толщины диффузный слой (большой ξ – потенциал), то при перекрывании ДЭС двух частиц энергия электростатического отталкивания преобладает над энергией межмолекулярного притяжения. Возникает энергетический барьер, препятствующий сближению частиц и они отдаляются друг от друга. Система является агрегативно устойчивой.

б) Сжатие диффузного слоя при добавлении электролитов, приводит к уменьшению ξ –потенциала, снижению сил отталкивания.

в) При определенном значении ξ –потенциала и концентрации электролита – полное исчезновение потенциального барьера ($\Delta U_{\text{б.}} = 0$). Наблюдается быстрая коагуляция.

Подход по теории ДЛФО к устойчивости системы через энергетические кривые и расклинивающее давление - универсален. Дисперсная система агрегативно устойчива при высоком энергетическом барьере сил отталкивания. Факторы, снижающие $\Delta U_{\text{б.}}$, понижают агрегативную устойчивость системы.

6. коллоидная защита

Устойчивость лиофобных золей к коагуляции возрастает в присутствии мыл и ВМС: белков, полисахаридов, синтетических полимеров, растворимых в воде, и т.д. Это проявляется в повышении значений порогов коагуляции у защищенного золя и невыполнении правила Шульце-Гарди.

Если к золю $\text{Fe}(\text{OH})_3$ добавить небольшое количество раствора желатина, то для коагуляции такого золя потребуется намного больше электролита, чем для коагуляции незащищенного золя.

Характеризуют же данное защитное действие белка с помощью **защитного числа** — это минимальная концентрация белка, предотвращающая коагуляцию частиц в присутствии пороговой концентрации коагулирующего электролита.

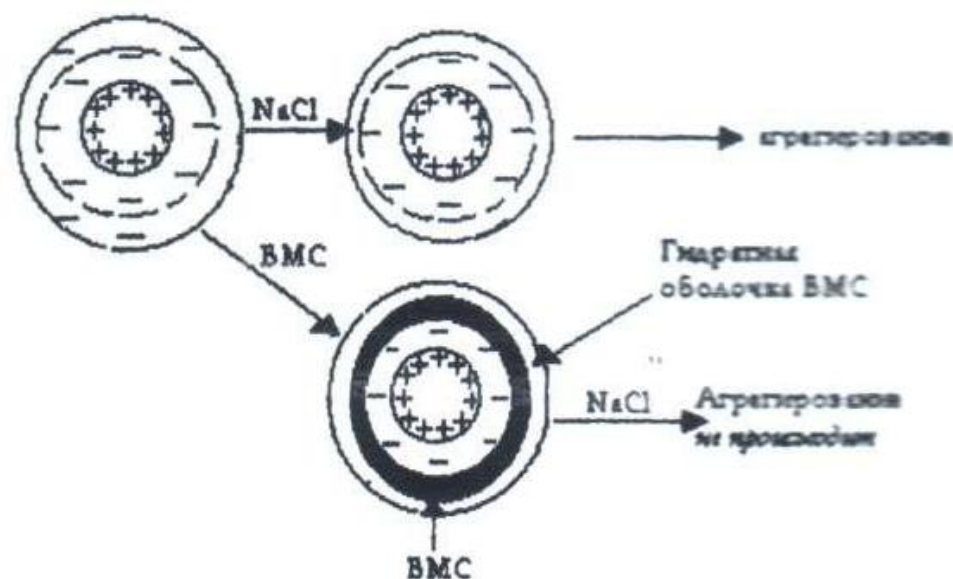
защитное число равно числу миллиграммов сухого ВМС, защищающего 10 мл золя от коагуляции при приливании к золю 1 мл 10%-ного раствора NaCl .

Защитное действие высокомолекулярных веществ на различные золи

Для характеристики защитного действия различных высокомолекулярных веществ Зигмонди предложил так называемое «золотое число». Под золотым числом подразумевают число миллиграммов высокомолекулярного вещества, которое необходимо добавить к 10 мл красного золотого золя для того, чтобы предотвратить его посинение при введении в систему 1 мл 10%-ного раствора хлорида натрия.

	Золотое	Серебряное	Рубиновое	Железное	Серное	Для берлинской лазурн
Желатин	0,01	0,035	2,5	5	0,00012	0,05
Крахмал картоф.	20	—	~20	—	—	—
Яичный альбумин	2,5	1,5	2,0	15	0,025	2
Декстрин	20	100	—	20	0,125	250
Гуммиарабик	0,5	1,25	—	25	0,024	5

Схема защитного действия макромолекул ВМС на частицы коллоидного раствора



Объясняется коллоидная защита адсорбцией защитных веществ на поверхности коллоидных частиц. Коллоидные ПАВ и ВМС ориентируются на поверхности коллоидных частиц: гидрофобными участками к частицам дисперсной фазы, а гидрофильными наружу, к воде. Система при этом лиофилизуется, мицеллы приобретают дополнительный фактор агрегативной устойчивости за счет гидратных оболочек защищающих веществ

Основными условиями защитного действия являются:

- хорошая растворимость ВМС в дисперсионной среде коллоидного раствора;
- хорошая адсорбируемость молекул ВМС на коллоидных частицах;
- достаточно большая концентрация ВМС, которая обеспечивает образование мономолекулярного адсорбционного слоя из макромолекул ВМС, полностью покрывающего всю поверхность мицелл золя.

Наибольшее защитное действие отмечается при одноименных зарядах ВМС и коллоидной частицы.

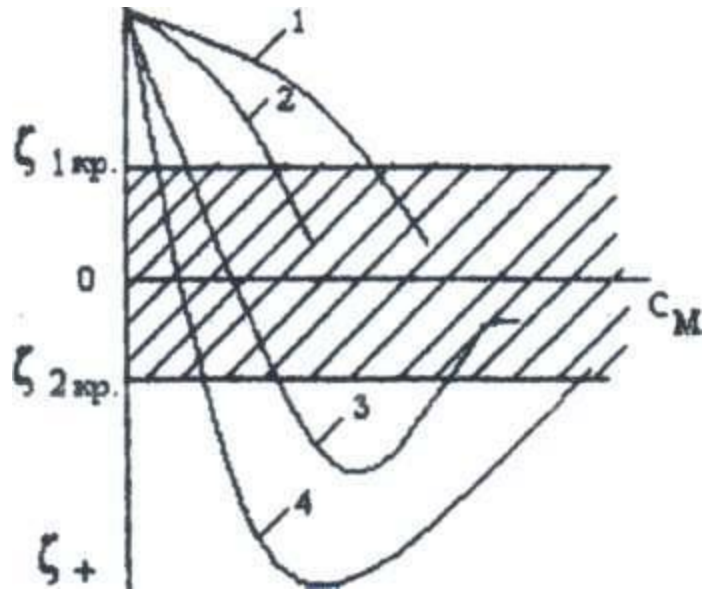


Коллоидная защита играет большую роль в физиологических процессах. Так, содержание кальция карбоната и фосфата в крови значительно превышает их растворимость в воде. Отложению этих солей препятствуют защитные вещества крови, которые не позволяют коллоидным частицам объединяться в крупные агрегаты и осаждаться.

В медицинской практике применяют препараты защищенных коллоидов: протаргол, колларгол, ихтиол, которые содержат определенное количество серебра, к которому добавлен белок.

Существует теория, согласно которой гидрофильность белков и их способности к адсорбции на холестерине понижается с возрастом; как следствие, холестерин откладывается на стенках сосудов, вызывая в них возрастные изменения. Ослабление защитных свойств белков крови приводит к образованию камней в почках, печени, выпадение солей мочевой кислоты при подагре.

Чередование зон коагуляции.



Зависимость ξ -потенциала золя от концентрации введенных электролитов.

1 - KNO_3 , 2 - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$,
3 - $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, 4 - $\text{Th}(\text{NO}_3)_4$;

заштрихованная область - неустойчивое состояние золя.

Рассмотрим зависимость ξ -потенциала коллоидного раствора с отрицательным зарядом частиц от концентрации введенных электролитов:

KNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Th}(\text{NO}_3)_4$.

При добавлении K^+ и Ca^{2+} к золю (**кривые 1 и 2**) – постепенное понижение ξ – потенциала; при $\xi_{1\text{кр.}}$ - золь коагулирует. На них две зоны – устойчивого золя и коагуляции (заштрихованная область).

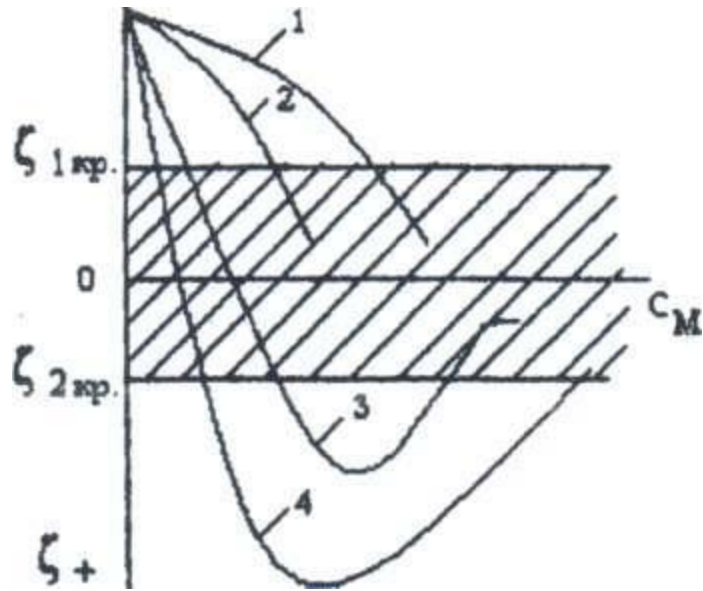
При добавлении Al^{3+} и Th^{4+} (**кривые 3 и 4**) - 2 зоны стабильности и 2 зоны коагуляции.

- отрицательный ξ -потенциал постепенно понижается, доходит до критического значения ($\xi_{1\text{кр.}}$).

- I зона коагуляции.

- Затем ξ -потенциал переходит через изоэлектрическую точку ($\xi = 0$).

Чередование зон коагуляции.



Зависимость ξ -потенциала золя от концентрации введенных электролитов.

1 - KNO_3 , 2 - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$,
3 - $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, 4 - $\text{Th}(\text{NO}_3)_4$;

заштрихованная область -
неустойчивое состояние золя.

При добавлении Al^{3+} и Th^{4+} (кривые 3 и 4) - 2 зоны стабильности и 2 зоны коагуляции.

- отрицательный ξ -потенциал постепенно понижается, доходит до критического значения ($\xi_{1\text{кр.}}$).

- I зона коагуляции.

- Затем ξ -потенциал переходит через изоэлектрическую точку ($\xi = 0$).

Отсутствие коагуляции (незаштрихованная область). При $\uparrow$ концентрации - перезарядка.

Образуется золь с положительным зарядом гранул и отмечается повышение положительного ξ -потенциала

Который достигает max, а потом понижается до второго критического значения ($\xi_{2\text{кр.}}$). Золь при этом коагулирует уже под действием ионов NO_3^- (2-я зона коагуляции).

- Чередование состояний электронейтральности и заряженности частиц золя называют чередованием зон коагуляции.

Виды коагуляции электролитами

концентрационная	нейтрализационная
происходит под действием индифферентных электролитов, т. е. электролитов, не способных к специфической адсорбции.	вызывается неиндифферентными электролитами, содержащими ионы, способные адсорбироваться твердой поверхностью агрегата мицеллы и нейтрализовать заряды потенциалообразующего слоя.
ионы этих электролитов не являются потенциалоопределяющими	происходит нейтрализация потенциалоопределяющих ионов Нейтрализация - неиндифферентный электролит следует добавить в строго эквивалентном количестве <i>При избытке электролита происходит перезарядка коллоидных частиц</i>
изменяют толщину диффузного слоя. сжимают ДЭС, что связано с перемещением ионов из диффузного в адсорбционный слой и уменьшением ξ-потенциала и коагуляции	снижается потенциал поверхности (ϕ_0) и величина ξ-потенциала. В результате ослабляются силы электростатического отталкивания и происходит слипание частиц.

Частные случаи электролитной коагуляции

Гетерокоагуляция наблюдается при смешивании золь с разноименно заряженными частицами.

Механизм: при перекрывании двойных слоев коллоидных частиц с разными знаками происходит электростатическое притяжение и быстрая агрегация золя.

Наиболее полно взаимная коагуляция происходит тогда, когда заряды коллоидов, противоположные по знаку, равны между собой. Явление взаимной коагуляции играет важную роль в процессах образования почв, очистки воды и т.п.

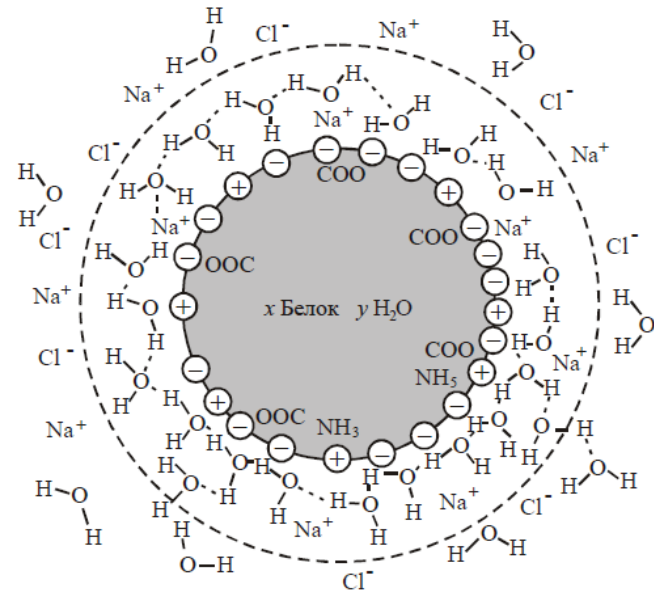
Так, взаимная коагуляция применяется при осветлении плодово-ягодных экстрактов. Осветление, как полагают, происходит вследствие взаимодействия положительно заряженных коллоидных частичек сока с коллоидными отрицательно заряженными частицами бентонита, вводимого в систему.

Частные случаи электролитной коагуляции

Привыкание. Эффект проявляется в том, что для достижения определенной степени коагуляции при медленном прибавлении электролита требуется большее количество этого электролита, чем при быстром разовом введении. Общепринятого объяснения этому явлению пока нет.

Сенсибилизация. Эффект заключается в понижении порога коагуляции золя электролитом в присутствии небольших добавок ВМС. Существует два объяснения этому процессу. В первом варианте предполагается взаимная коагуляция в системе из противоположно заряженных частиц золя и макромолекул ВМС. Во втором варианте принимают, что молекула ВМС адсорбируется одновременно на нескольких коллоидных частичках и как бы склеивает их, образуя при этом флокулы – рыхлые хлопьевидные частицы.

КОЛЛОИДНАЯ ЗАЩИТА



Механизм защитного действия можно объяснить тем, что макромолекулы ВМС адсорбируются на поверхности коллоидных частиц, создавая адсорбционные сольватные слои, которые повышают гидрофильность коллоидных частиц. Вследствие этого усиливается взаимодействие частица – растворитель. Сольватные слои обеспечивают большое расклинивающее давление при сближении двух частиц и препятствуют их слипанию. Защитное действие усиливается, если в адсорбционном слое ВМС образуются гелеобразные структуры, обладающие повышенной прочностью и упругостью (это относится, например, к желатине).

Защита коллоидных частиц применяется при изготовлении лекарственных препаратов. В организм часто необходимо вводить лекарственные вещества в мелкораздробленном, коллоидном состоянии с тем, чтобы они равномерно распределились в нем и постепенно растворяясь, оказывали нужное воздействие. Для этого как раз и пригодны защищенные золи или суспензии лекарственных веществ. В качестве примера такого препарата можно привести высокодисперсное серебро, стабилизированное белком, называемое в медицине колларголом.

Химические и физико-химические факторы, влияющие на устойчивость дисперсных систем

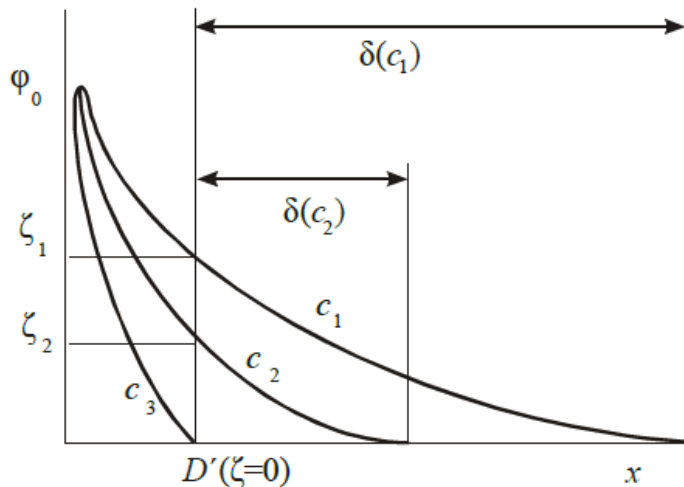
Воздействие	Механизм действия	
	при стабилизации	при коагуляции
Посторонний электролит	Образуется ДЭС, обеспечивающий расклинивающее давление	Разрушается ДЭС
Дисперсии другого состава	Формируют в отдельных случаях защитные слои	Возникают эффекты гетерокоагуляции, гетероадагуляции, ИПДС
Броуновское движение	Поддерживает непрерывное хаотичное движение частиц дисперсной фазы	Способствует столкновениям частиц дисперсной фазы
Повышение температуры	Увеличивает кинетическую энергию частиц дисперсной фазы	Сообщает энергию активации коагуляции
Понижение температуры	—	Приводит к вымораживанию растворителя из сольватного слоя
Механическое перемешивание	Усиливает непрерывное движение частиц	Способствует частому столкновению частиц дисперсной фазы, сообщает энергию активации коагуляции
Диализ	Удаляет ионы примесей, способные разрушить ДЭС	Удаляет ионы ДЭС
Концентрирование золя	—	Уменьшаются толщина диффузного слоя и дзета-потенциал частицы

Электрокинетический потенциал

для граничных условий от $\varphi_x = \xi$ при $x = \delta$
до $\varphi = 0$ при $x = 0$,

$$\zeta = \phi_1 \exp \left(-x \sqrt{\frac{2F^2 I}{\varepsilon \varepsilon_0 RT}} \right).$$

диэлектрическая проницаемость среды, ионная сила, температура влияют на величину дзета-потенциала



величина электрокинетического потенциала определяется толщиной диффузного слоя δ и находится в обратной зависимости от концентрации растворенного электролита.

Кривые падения потенциала в ДЭС в присутствии добавок индифферентного электролита $c_1 < c_2 < c_3$