

**Ставропольский государственный
медицинский университет**

Кафедра общей и биологической химии

Лекция 7

**Физическая химия дисперсных
систем**

ПЛАН ЛЕКЦИИ:

1. Дисперсные системы и их классификация.

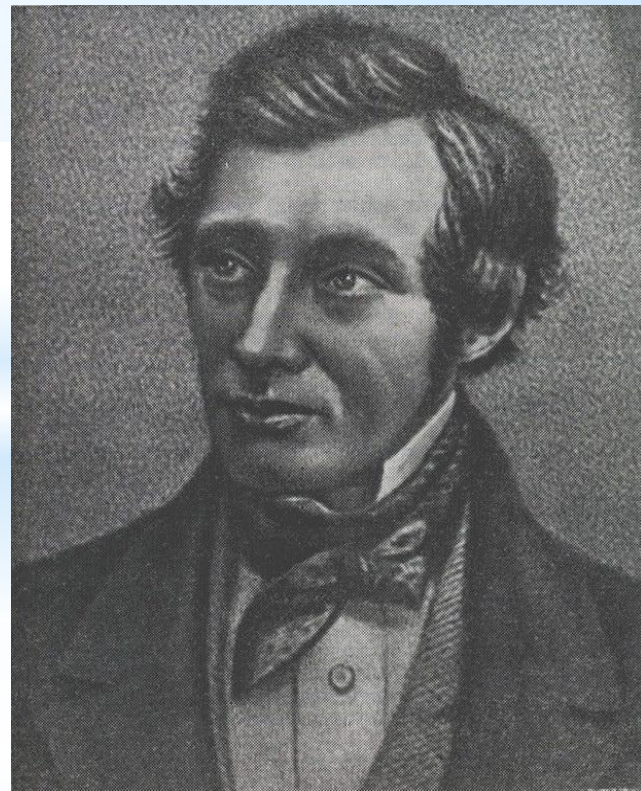
2. Методы получения и очистки коллоидных растворов.

3. Строение коллоидных частиц.

4. Устойчивость и коагуляция коллоидных систем.

**Коллоидная химия – наука, изучающая
физико-химические свойства
гетерогенных, высоко-дисперсных
систем и ВМС (высоко-молекулярных
соединений).**

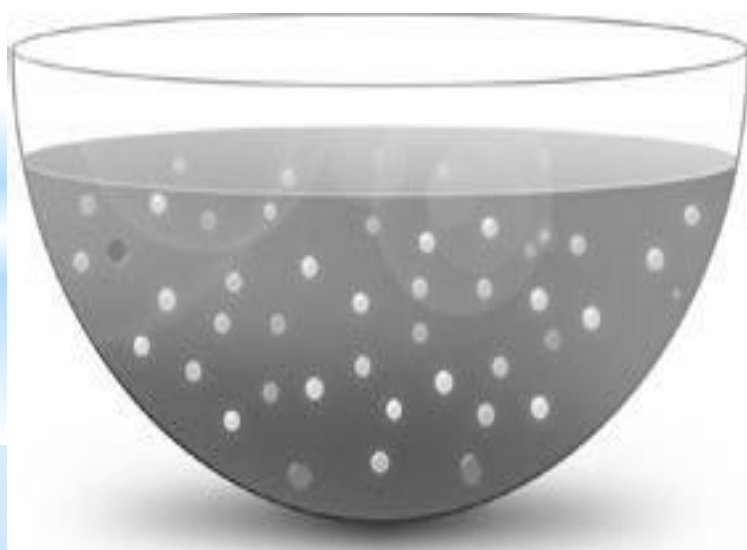
Томас Грэм (1862)



ДИСПЕРСНАЯ СИСТЕМА –

Дисперсная фаза (Д.Ф.) -

Дисперсионная среда (Д.С.) -



дисперсная фаза



дисперсионная среда

Классификация дисперсных систем

I. По агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды

II. По степени дисперсности дисперсной фазы

III . По характеру взаимодействия частиц дисперсной фазы между собой

IV. По характеру взаимодействия между фазой и средой

По агрегатному состоянию Д.Ф. и Д.С.

Д.С.		Д.Ф.	Условное обозначение	Примеры
Газ		Газ Жидкость Твердое тело	Г / Г Ж / Г Т / Г	Отсутствует Туман, облака Дым, пыль, порошки
Жидкость		Газ Жидкость Твердое тело	Г / Ж Ж ₁ / Ж ₂ Т / Ж	Пена Эмульсии Взвеси, суспензии
Твердое тело		Газ Жидкость Твердое тело	Г / Т Ж / Т Т ₁ / Т ₂	Пемза, хлеб Почва, грунт Минералы, сплавы

Коллоидно- дисперсные системы с твердой дисперсной фазой и жидкой дисперсионной средой называют коллоидными растворами (*золи, если растворитель вода- гидрозоль*)

Коллоидными системами являются многие биологические жидкости живого организма: кровь, плазма, лимфа, спинно-мозговая жидкость, моча и др.

II. По степени дисперсности Д.Ф.

1. Грубодисперсные системы

(микрогетерогенные, низкодисперсные системы системы):

$$>10^{-7} \text{ м или } >100 \text{ нм}$$

2. Коллоидно-дисперсные системы

(ультрамикрогетерогенные или высокодисперсные системы):

$$\approx 10^{-7} - 10^{-9} \text{ м, } 1 - 100 \text{ нм}$$

3. Молекулярно-ионные (истинные) растворы:

$$< 10^{-9} \text{ м, } < 1 \text{ нм}$$

Свойства систем различной степени дисперсности

Грубодисперсные системы	Коллоидно- дисперсные системы	Истинные растворы
Гетерогенные Термодинамически неустойчивы	Гетерогенные Термодинамически неустойчивы	Гомогенные Устойчивые
Стареют со временем Частицы не проходят через бумажный фильтр	Стареют со временем Проходят	Не стареют Проходят

**Грубодисперсные
системы**

**Коллоидно-
дисперсные
системы**

**Истинные
растворы**

**Частицы не
проходят через
ультрафильтры
(мембраны)**

Не проходят

Проходят

**Отражают свет,
поэтому
непрозрачны**

**Прозрачные, но
рассеивают свет,
поэтому
опалесцирующие
(дают конус
Тиндаля)**

Прозрачные

По структурно-механическим свойствам:

Свободнодисперсные системы:

лиозоли, суспензии,

кровь,

эмульсии, аэрозоли (туманы, пыли)

Частицы дисперсной фазы равномерно распределены в объеме дисперсионной среды и слабо связаны между собой

Дисперсная фаза подвижна

Связаннодисперсные системы:

гели, студни, волокнистые и пористые капиллярные системы (**косная ткань**), биомембраны

Между частицами дисперсной фазы существуют устойчивые связи, благодаря которым образуется сплошная структура (сетка), внутри которой заключена дисперсионная среда

Дисперсная фаза неподвижна

По характеру взаимодействия Д.Ф. с Д.С. :

Леофобные (гидрофобные) системы: золи, суспензии, эмульсии, пены, аэрозоли	Леофильные (гидрофильные) системы: коллоидные растворы ПАВ и ВМС
Слабое взаимодействие между дисперсной фазой и дисперсионной средой Образуются под действием затраты энергии извне Эндэргонический процесс Термодинамически неустойчивы Необходим стабилизатор	Сильное взаимодействие между дисперсной фазой и дисперсионной средой Образуются самопроизвольно Экзэргонический процесс Термодинамически устойчивы Стабилизатор не нужен

Природа коллоидного состояния

- 1. Гетерогенность**
- 2. Высокая степень дисперсности.**
- 3. Наличие высокоразвитой поверхности раздела фаз.**
- 4. Большой запас поверхностной энергии Гиббса.**
- 5. Агрегативная и кинетическая неустойчивость.**

Условия получения золя:

- 1. плохая растворимость Д.Ф. в Д.С., т. е. наличие границы раздела фаз;**
- 2. размер частиц 10^{-7} - 10^{-9} м (1-100 нм) ;**
- 3. наличие иона стабилизатора, который сорбируясь на ядре препятствует слипанию частиц (ион-стабилизатор определяется правилом Панетта-Фаянса)**

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ (золей):

- 1) диспергационные методы - измельчение крупных частиц до размеров коллоидных ;***
- 2) конденсационные методы - объединение молекул и ионов в истинных растворах в более крупные коллоидные частицы***

I. Методы диспергирования:

- 1. - механическое дробление с помощью шаровых и коллоидных мельниц в присутствии жидкой дисперсионной среды и стабилизатора;**
- 2. - дробление ультразвуком - под действием ультразвуковых колебаний на смесь нерастворимого вещества и растворителя (дробление камней в почках) ;**

Методы диспергирования:

3. - распыление под водой в **вольтовой дуге** благородных металлов с последующей конденсацией паров металла при охлаждении [метод Бредига].

4. - *химическое диспергирование (пептизация)*, заключается в химическом воздействии на осадок (лечение тромбофлебита гепарином)

II. Методы конденсации

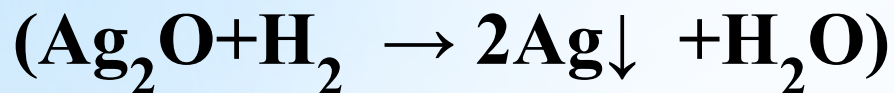
физические методы:

***а* - метод замены растворителя**

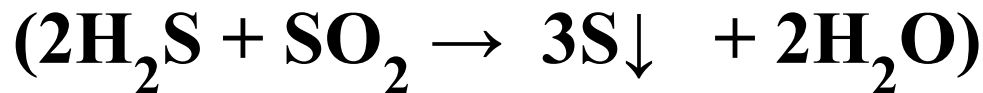
***б* - метод конденсации паров**

химические методы:

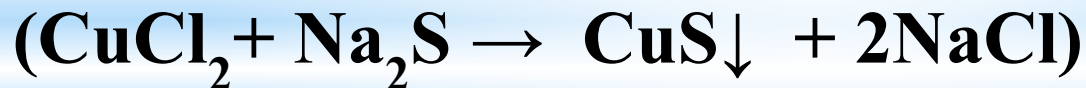
- реакции восстановления



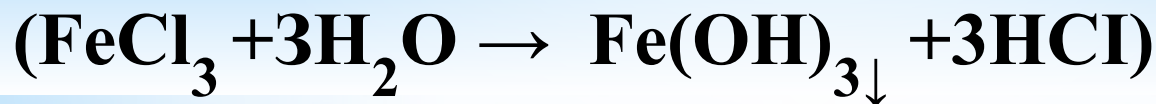
- реакции окисления



- реакции обмена



- реакции гидролиза



МЕТОДЫ ОЧИСТКИ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ:

Диализ- удаление низкомолекулярных соединений с помощью мембран

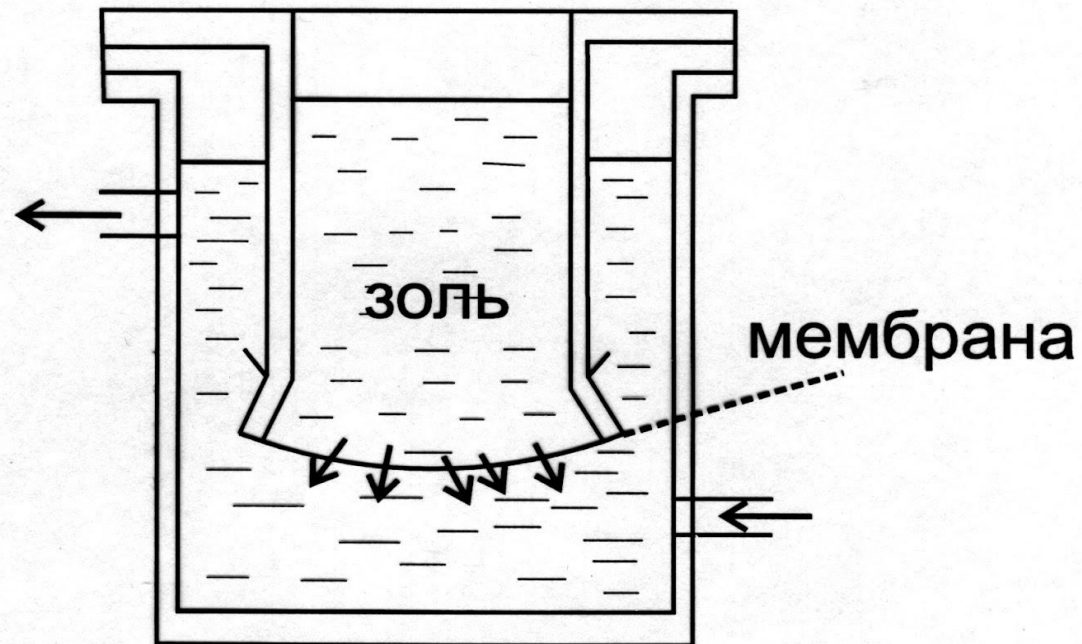


Схема диализатора

Электродиализ - это процесс диализа в условиях наложения постоянного электрического поля, под действием которого катионы и анионы приобретают направленное движение к электродам, и процесс очистки значительно ускоряется.

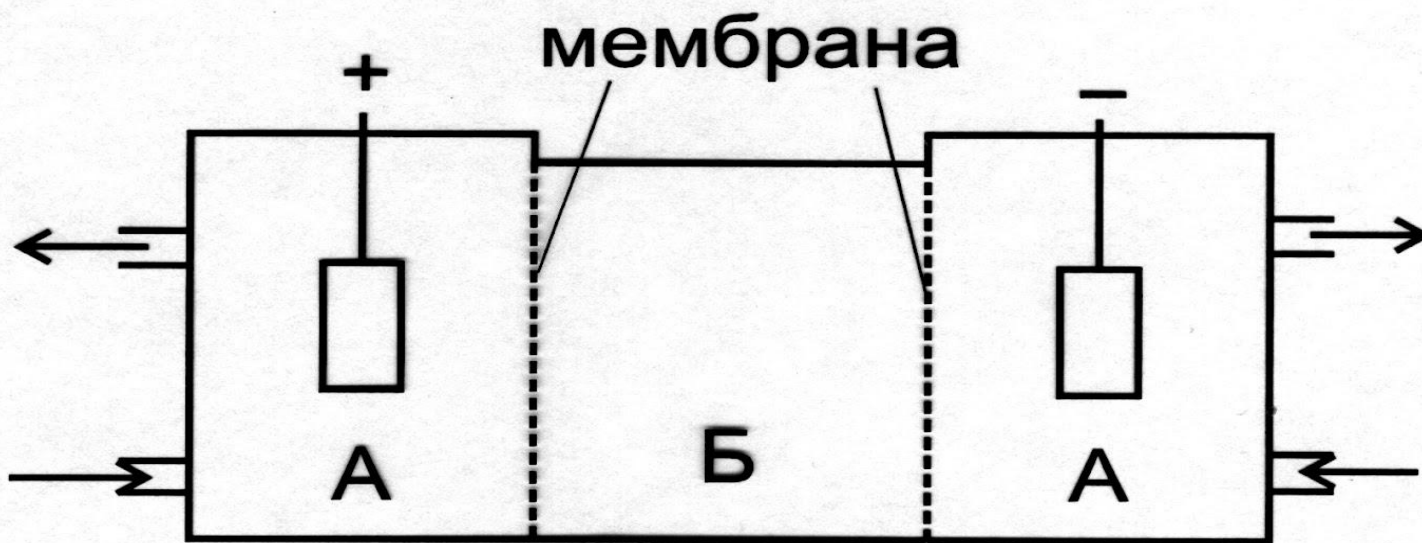


Схема электродиализатора

Ультрафильтрация

- это отделение дисперсной фазы от дисперсионной среды путем фильтрования через мембраны под давлением или в вакууме.

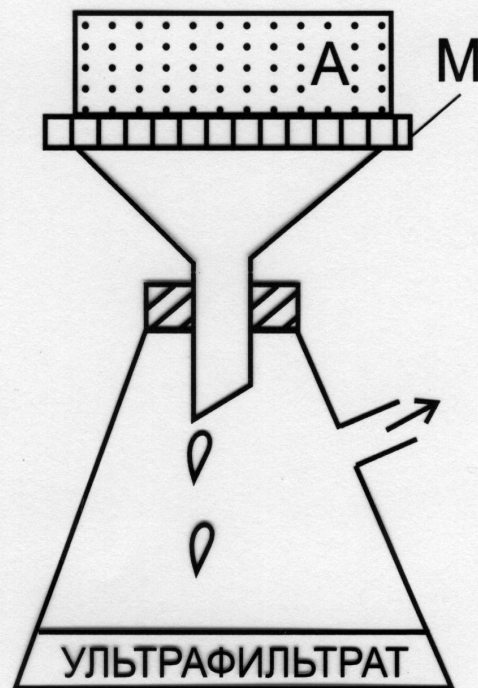
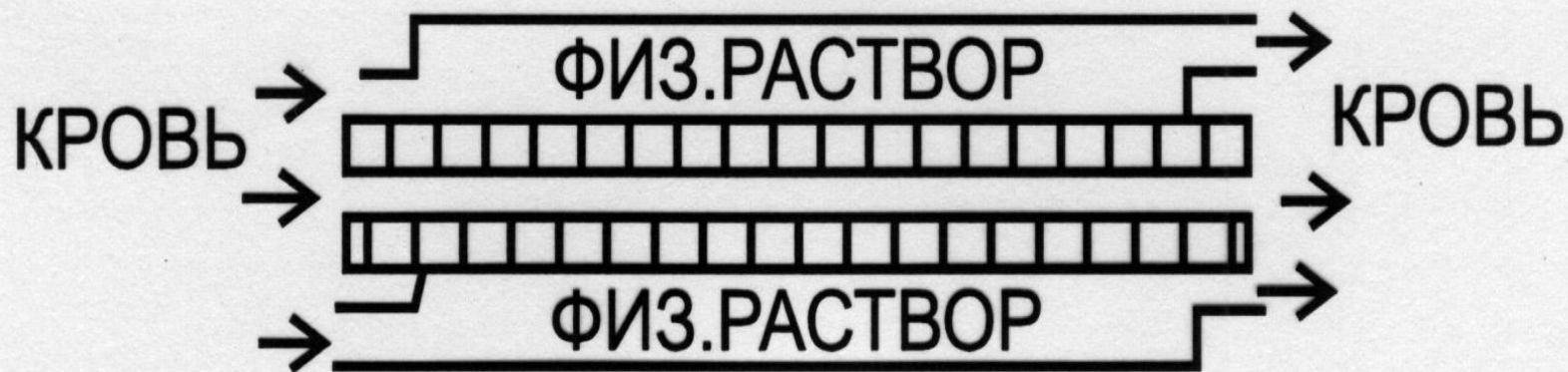


СХЕМА УСТАНОВКИ ДЛЯ
УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ

Компенсационный диализ (вивидиализ) - АИП



Компенсационный или *вивидиализ*

- применяют тогда, когда необходимо освободиться лишь от части низкомолекулярных примесей. В этом случае растворитель заменяют раствором НМВ, которые необходимо оставить в коллоидном растворе.

Мицеллярная теория строения коллоидных частиц

МИЦЕЛЛА (Лат. Misa -крошка) - это гетерогенная микросистема, которая состоит из микрокристалла дисперсной фазы, окруженного сольватированными ионами стабилизатора.

Мицелла состоит из:

- 1. ядра;**
- 2. адсорбционного слоя;**
- 3. диффузного слоя.**

Ядро состоит из:

- агрегата (микрокристаллы малорастворимого вещества);**
- потенциалопределяющих ионов (ПОИ).**

Правило ПАНЕТТА-ФАЯНСА:

**кристаллическую решетку ядра
достраивает тот ион, который находится в
растворе в избытке и содержится в агрегате
или родственен (изоморфен) ему.**

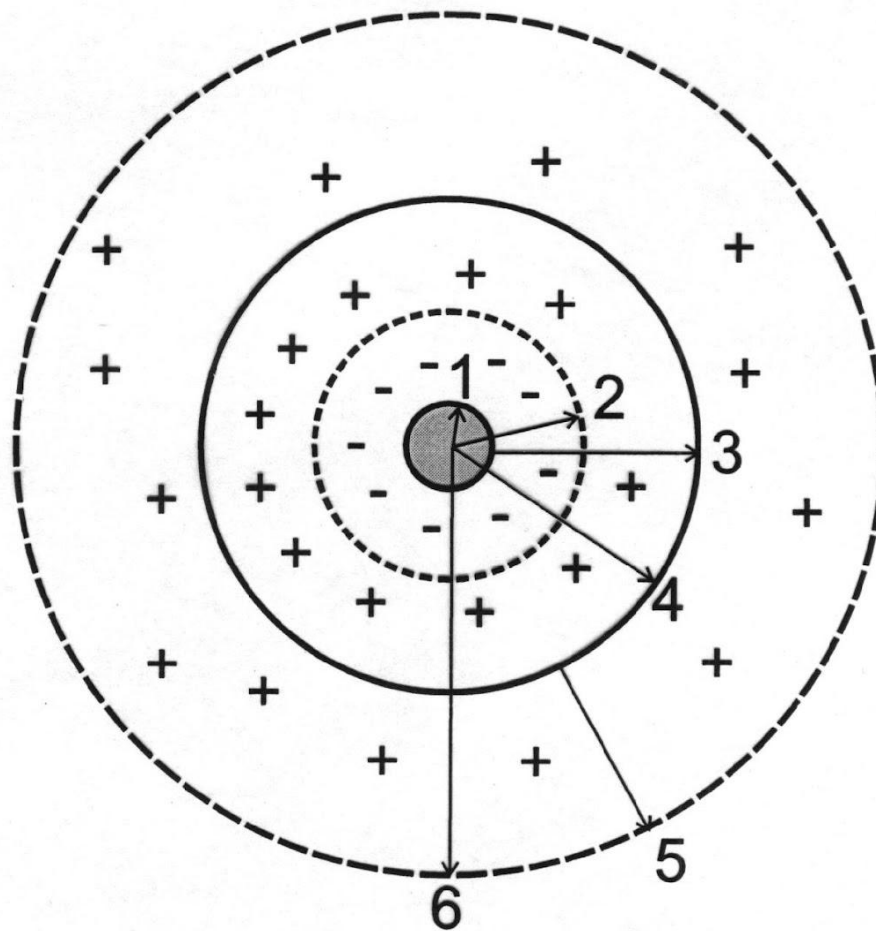
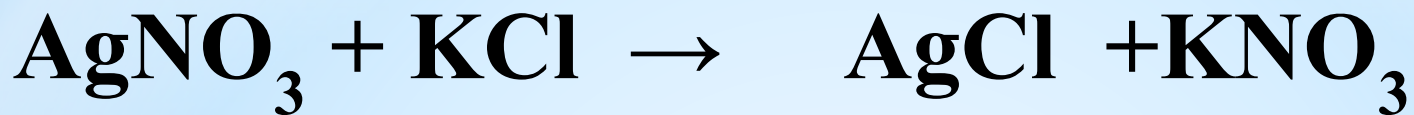


Схема строения мицеллы:

1 - агрегат; 2 - ядро; 3 - адсорбиционный слой;
4 - гранула; 5 - диффузный слой; 6 - мицелла



агрегат

m моль

KCl взят в избытке n моль:

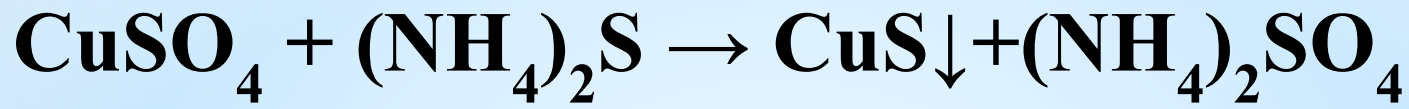


X – не вошли в
адсорбционный слой

мицелла

гранула





CuSO_4 взят в избытке n моль;



мицелла

гранула



агрегат

ПОИ

часть противоионов

ядро

адсорбционный слой

диффузный
слой

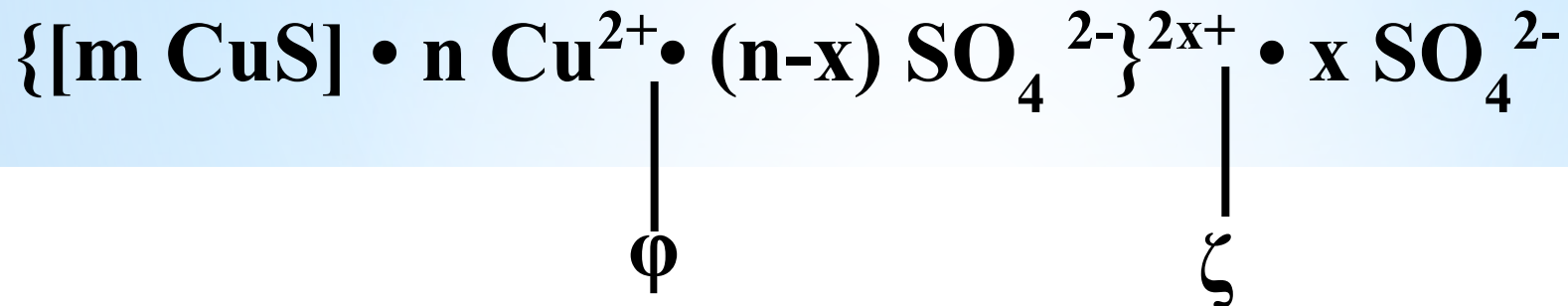
В мицелле существует 2 скачка потенциала:

1) ϕ - электротермодинамический –

$$\phi \sim 1 \text{ В.}$$

2) ζ (дзетта) - электрокинетический –

$$\zeta = 0,1 \text{ В}$$

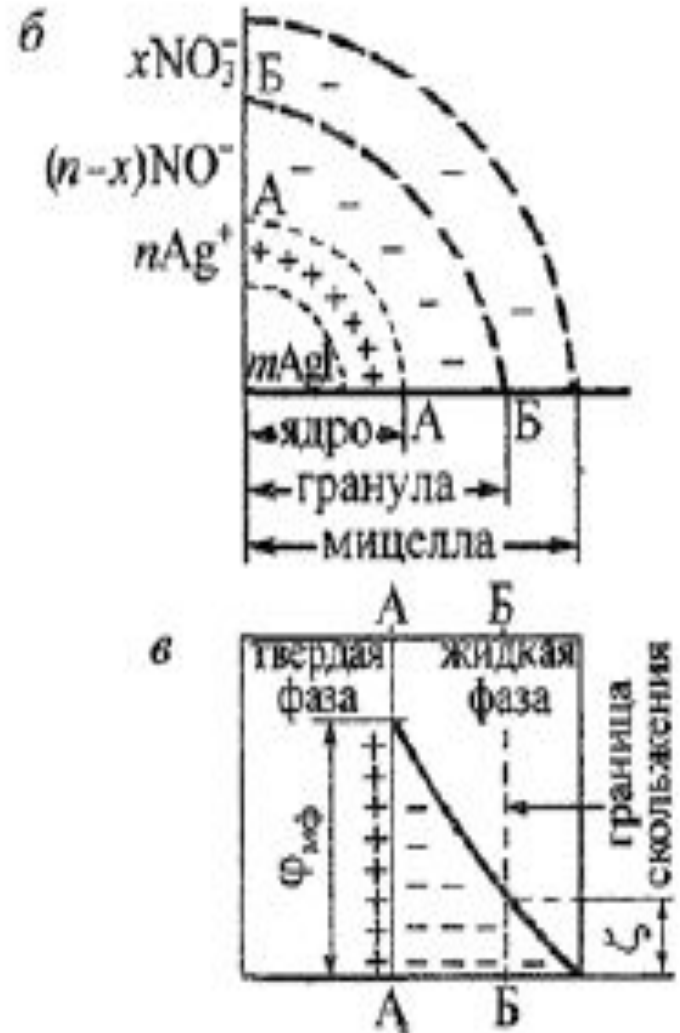


Состояние гранулы, когда все ионы диффузного слоя переходят в адсорбционный и $\zeta = 0$ - называется *изоэлектрическим*.

Схема строения мицеллы золя иодида серебра и ее двойного электрического слоя



АА – межфазная граница; ББ – граница скольжения



Межфазный (электродинамический)

(ϕ фи) потенциал -

потенциал ДЭС на границе раздела между твердой и жидкой фазами в мицелле (на схемах мицеллы - граница АА).

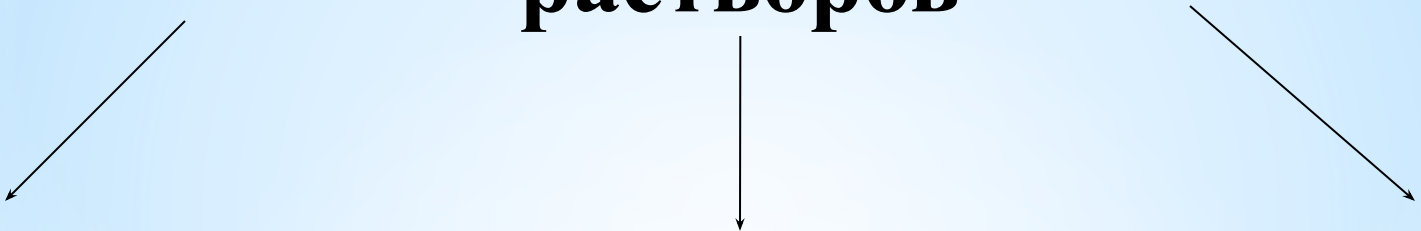
Зависит от природы твердой фазы, заряда и концентрации потенциалопределяющих ионов.

Знак $\phi_{\text{мф}}$ совпадает со знаком заряда ПОИ.

Электрокинетический (ζ дзета) потенциал

- потенциал на границе скольжения между адсорбционной и диффузионной частями ДЭС (на схемах мицеллы - граница ББ) Зависит от толщины диффузного слоя. Основной фактор агрегативной устойчивости. Мицеллы, образующие стабильные коллоидные растворы, имеют относительно высокое значение $\zeta=(50 - 70 \text{ мВ})$.

Свойства лиофобных коллоидных растворов



Молекулярно-кинетические

Броуновское движение

Диффузия

Осмотическое давление

Электро-кинетические

Электроосмос

Электрофорез

Потенциал течения

Потенциал седиментации

Оптические

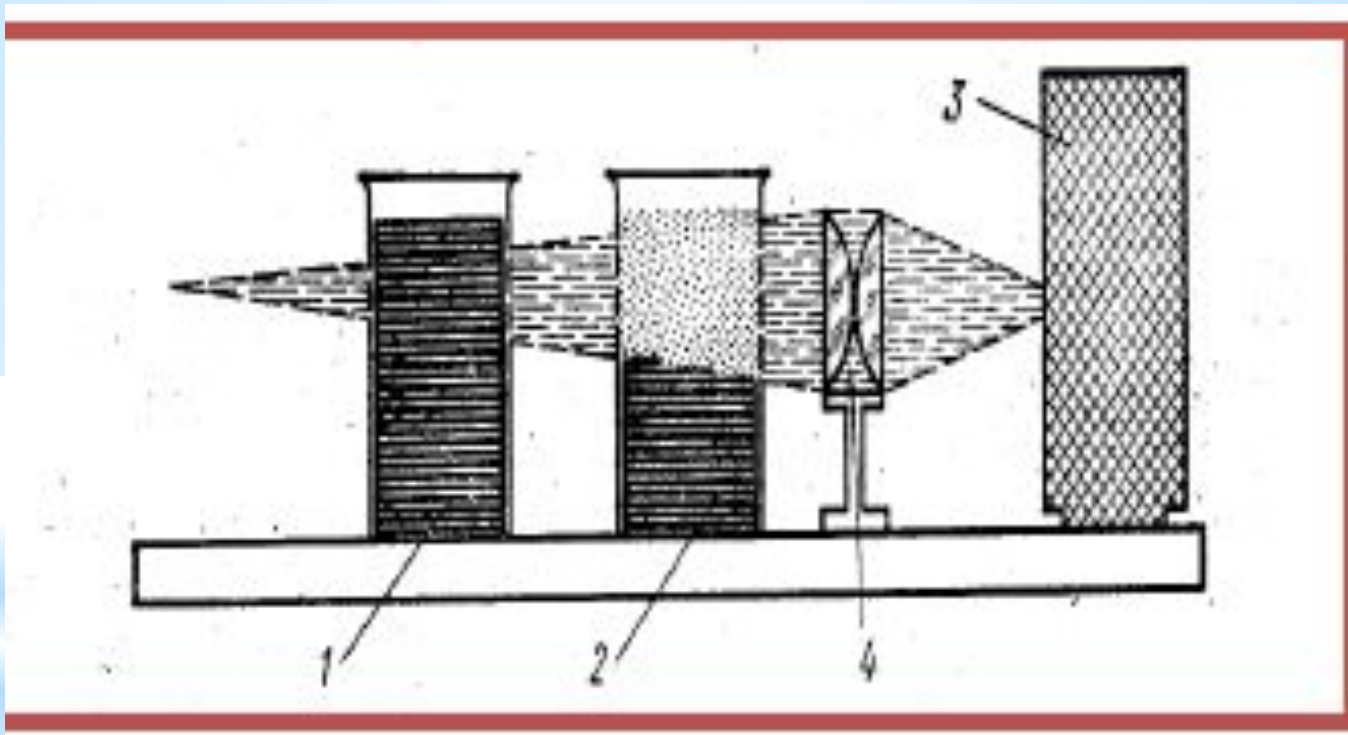
Эффект Тиндаля

Опалесценция

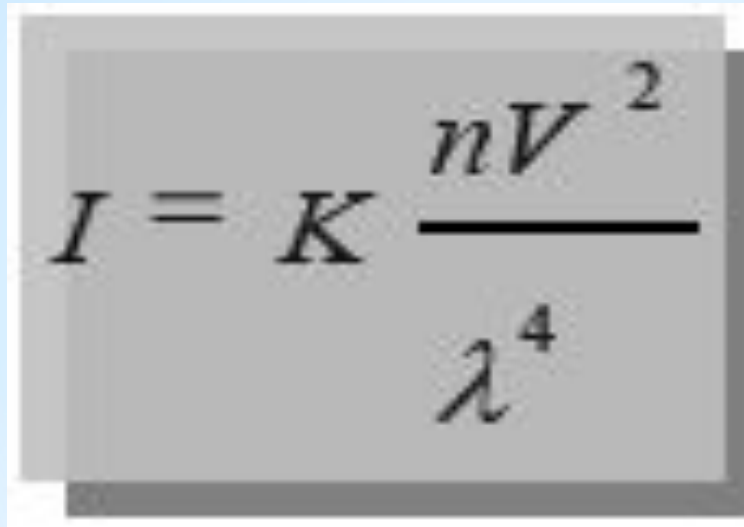
Абсорбция света

Конус Тиндаля-

*дифракционное рассеивание света в результате
огибания частиц световой волной*



Формула Рэля [1871 г.]:


$$I = K \frac{nV^2}{\lambda^4}$$

I – интенсивность рассеянного света в направлении, перпендикулярном к лучу падающего света; K – константа, зависящая от свойств показателей преломления фаз; n – число частиц в единице объема золя; λ – длина волны падающего света; V – объем каждой частицы.

Окраска золей

связана с избирательным поглощением световых лучей.

Если золь только рассеивает, а не поглощает световые лучи — он бесцветен.

Опалесценция- рассеяние света в коллоидных системах и изменение окраски коллоида

По Рэлею : светорассеяние обратно пропорционально длине волны падающего света

Дихроизм— наложение опалесценции на собственную окраску золя.

На сравнении интенсивности светорассеяния зольей, один из которых имеет известную концентрацию (степень дисперсности), основан метод определения концентрации либо степени дисперсности золя, называемый *нефелометрией*.

На использовании эффекта Тиндаля основывается *ультрамикроскоп* – прибор, позволяющий наблюдать коллоидные частицы размером более 3 нм в рассеянном свете (в обычном микроскопе можно наблюдать частицы с радиусом не менее 200 нм из-за ограничений, связанных с разрешающей способностью оптики).

Электрокинетические свойства лиофобных коллоидных растворов

прямые

возникают под действием внешнего электрического поля

Электроосмос

Электрофорез

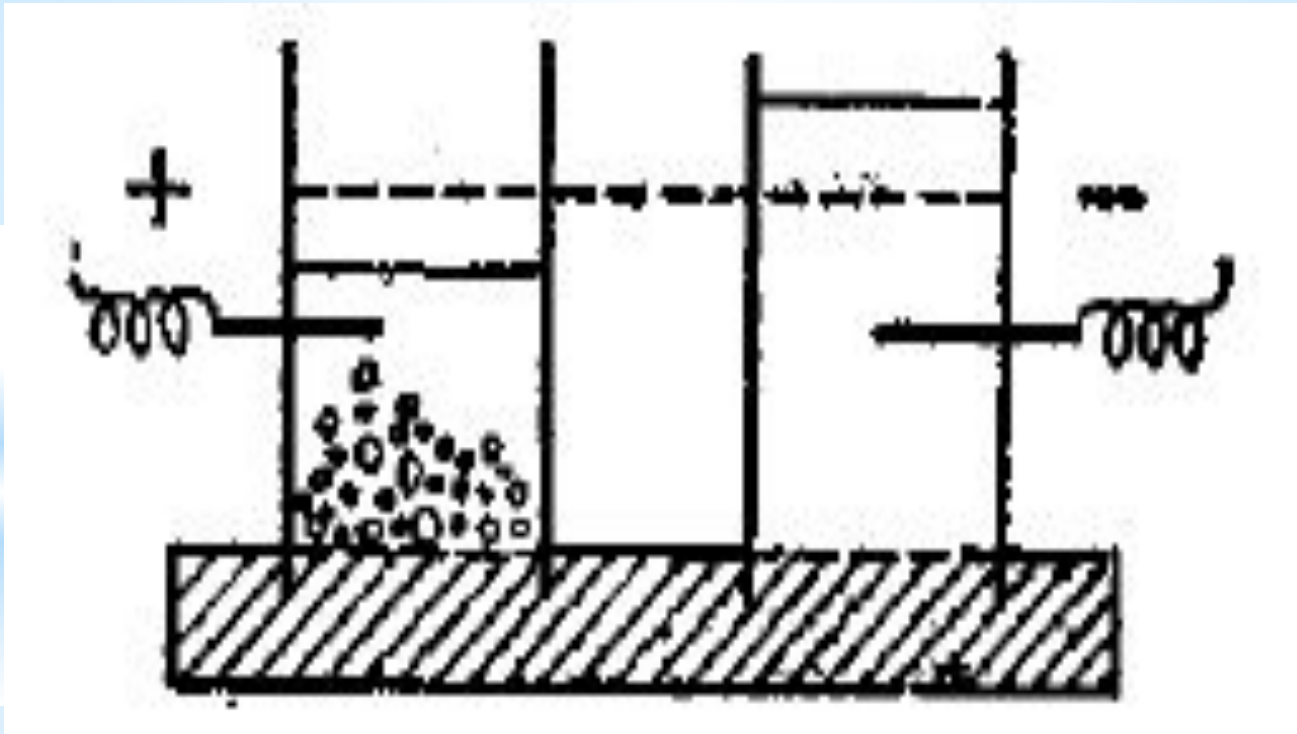
обратные

при перемещении одной фазы относительно другой возникает электрический потенциал

Потенциал течения

Потенциал седиментации

Электрофорез – направленное движение
заряженных частиц дисперсной фазы относительно
дисперсионной среды под действием
электрического тока



Уравнение Гельмгольца-Смолуховского

$$v = \frac{\varepsilon H \zeta}{4\pi\eta}$$

где v – электрофоретическая скорость,
 ε – диэлектрическая проницаемость раствора,
 H – напряженность внешнего электрического поля
(приложенный потенциал),
 ζ – электрокинетический потенциал,
 η – вязкость раствора.

Электрофоретическая подвижность коллоидных частиц рассчитывается по формуле:

$$v_0 = \frac{v}{H} = \frac{\varepsilon\zeta}{4\pi\eta}$$

Явление электрофореза в организме

Явление электрофореза наблюдается при миграции лейкоцитов в очаги воспаления, в которых происходит накопление кислых продуктов, в основном, органических кислот, рН снижается, на границе воспаленного и невоспаленного участков возникает разность потенциалов 100-150 мВ, причем лейкоциты, имеющие отрицательный заряд устремляются в зону очага воспаления, имеющего положительный заряд. Методом электрофореза установлено, что внутренняя поверхность биологических мембран заряжена отрицательно

Электрофорез применяют:

- для очистки различных фармацевтических препаратов, установления степени чистоты по электрофоретической однородности ряда антибиотиков, витаминов и других веществ.
- для локального введения лечебных препаратов в организм человека.
- при диагностике ряда заболеваний путем сравнения фракционного состава (по числу и интенсивности зон на электрофореграмме) нормальных и патологических биологических жидкостей.

В сравнении со многими видами терапии, электрофоретическая методика лечения является предпочтительнее в силу основных своих достоинств:

Минимальный риск развития нежелательных реакций.

Высокая продолжительность терапевтического действия.

Возможность одновременного введения нескольких препаратов. Примером может служить электрофорез с кальцием и фосфором, который часто назначают при патологии суставов.

Свойственна длительная задержка препарата в организме.

Воздействие тока повышает чувствительность тканей организма даже к малым дозам лекарственного средства.

Основное действие электрофореза – местное, противовоспалительное. Препарат вводится непосредственно в воспалительный очаг.

- для разделения и выделения различных лекарственных веществ и биологически активных соединений

Электроосмос – направленное движение дисперсионной среды (жидкости) в капиллярной системе относительно неподвижной дисперсной фазы под действием электрического тока.

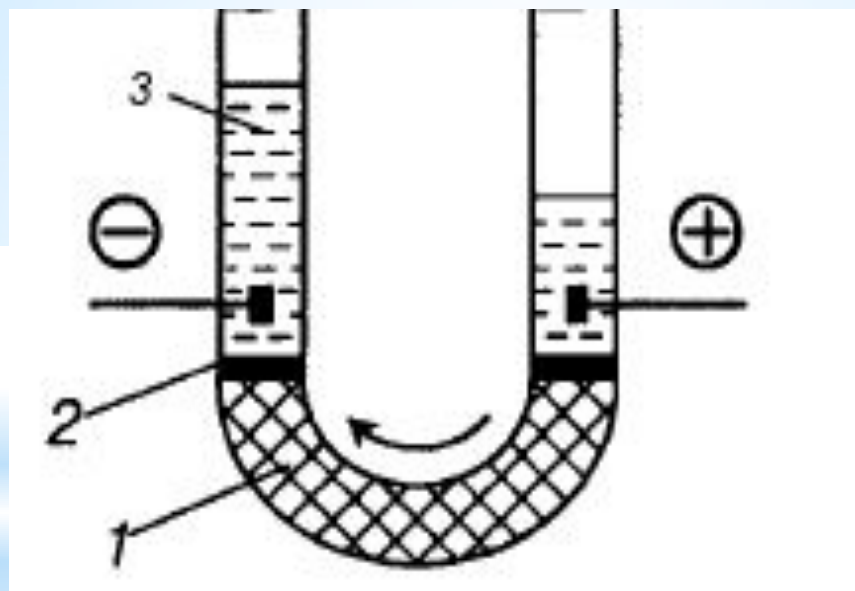


Схема опыта Рейса по изучению электроосмоса 1 – дисперсная фаза; 2 – перегородка; 3 – дисперсионная среда

Электроосмос в организме

Электроосмотическое движение жидкости может происходить через поры брыжейки млекопитающих, через капилляры, стенки которых обладают электрическим зарядом. В организме электроосмос возникает при работе секретирующих клеток, а также в канальцах почек при образовании мочи. В клетках проксимального канальца нефрона за счет механизма активного переноса ионов Na^+ и K^+ , а также за счет пассивного движения ионов между апикальной и базальной поверхностями клеток канальца возникает разность потенциалов величиной 50–60 мВ. Поэтому через стенку проксимального канальца наряду с обычным осмосом происходит и электросмотический ток жидкости.

Электроосмос в медицине:

На явлении электроосмоса один из широко используемых физиотерапевтических методов лечения многих заболеваний – *ионофорез*, сущность которого заключается в проникновении жидкости, содержащей лечебные ионы и молекулы через капиллярную систему под действием электрического тока.

Метод электроосмоса имеет большое практическое применение в процессах обезвоживания и сушки многих пористых материалов или весьма концентрированных коллоидных систем.

Потенциал седиментации (Ф. Дорн, нем., 1878) – это разность потенциалов, возникающая при оседании частиц дисперсной фазы в жидкой дисперсионной среде.

Потенциал течения (Г. Квинке, нем., 1859)
– это разность потенциалов, возникающая на концах капиллярной системы при протекании через систему жидкой дисперсионной среды под действием гидростатического давления.

Величина потециала седиментации (оседания) влияет на скорость оседания эритроцитов (СОЭ). Удельная масса эритроцитов превышает удельную массу плазмы крови, поэтому эритроциты оседают медленно.

При течении крови по капиллярам возникают потенциалы течения (протекания). При сокращении сердечной мышцы кровь проталкивается через капилляры, при этом возникает потенциал течения, как компонент суммарного электрического потенциала, регистрируемого при электро-кардиографии. Зубец Q на ЭКГ обусловлен потенциалами течения в коронарной системе.

Устойчивость коллоидных растворов:

I. Седиментационная (кинетическая) устойчивость -

Критерии:

- 1. броуновское движение;**
- 2. степень дисперсности;**
- 3. вязкость дисперсионной среды (чем ↑,
тем ↑ уст-сть);**
- 4. температура (чем ↑, тем ↑ уст-сть).**

II. Агрегативная устойчивость –

способность системы противостоять слипанию частиц дисперсной фазы.

Критерии:

- 1. ионная оболочка, т.е. наличие двойного электрического слоя; ДЭС = адсорбционный + диффузный слой**
- 2. сольватная (гидратная) оболочка растворителя (чем $\uparrow$, тем $\uparrow$ уст-сть);**
- 3. величина ζ – потенциала гранулы (чем $> \zeta$, тем $<$ вероятность слипания и тем $>$ уст-сть) Коллоидные растворы с ионным стабилизатором устойчивы, если ζ - потенциал превышает 50 мВ, относительно устойчивы при $30 < \zeta < 50$ мВ и неустойчивы при $\zeta < 30$ мВ.**
- 4. температура.**

Агрегативная устойчивость - способность частиц дисперсной фазы противодействовать их слипанию между собой и тем самым сохранять неизменными свои размеры.

Причина а.у. - наличие на поверхности частиц "рыхлой" ионной атмосферы из гидратированных противоионов, которая увеличивает сродство коллоидных частиц к дисперсной среде, препятствует их слипанию

В результате:

- электростатического отталкивания одноименно заряженных частиц за счет большого скопления противоионов в области контакта ионных атмосфер;**
- расклинивания за счет упругих свойств гидратных оболочек, окружающих противоионы и состоящих из ориентированных (упорядоченных) диполей воды;**
- расклинивания за счет осмотического всасывания молекул растворителя в область контакта ионных атмосфер, т. е. в область большого скопления противоионов.**

Основные факторы устойчивости коллоидных растворов

1. Величина ζ -потенциала
2. Величина электродинамического
потенциала (φ)
3. Толщина диффузного слоя
4. Величина заряда гранулы

КОАГУЛЯЦИЯ - процесс объединения коллоидных частиц с образованием более крупных агрегатов из-за потери коллоидным раствором агрегативной устойчивости.

Факторы, вызывающие коагуляцию:

- 1. увеличение концентрации золя;**
- 2. действие света;**
- 3. изменение температуры;**
- 4. облучение;**
- 5. добавление электролитов.**

Примером коагуляции коллоидной системы служит процесс свертывания крови. Ему способствует наличие в крови катионов кальция, поэтому для длительного хранения крови, предназначенной для консервирования, эти ионы удаляют из крови различными физико-химическими методами.

Теории коагуляции

1. Теория Фрейндлиха:

а/ коагуляция наступает, когда заряд коллоидной частицы понижен до критического значения;

б/ понижение заряда обусловлено адсорбцией и замещением компенсирующих ионов на ионы коагулятора.

2. Теория Мюллера: коагуляция обязана понижению заряда двойного электрического слоя в результате сжатия двойного электрического слоя и перехода ионов из диффузного слоя в адсорбционный..

3. из современных теорий коагуляции – теория Б.В.Дерягина и Л.Д.Ландау.

сближению частиц, препятствует расклинивающее давление, препятствуют сближению частиц также прилегающие к частице молекулы воды, обладающие повышенной вязкостью и упругостью.

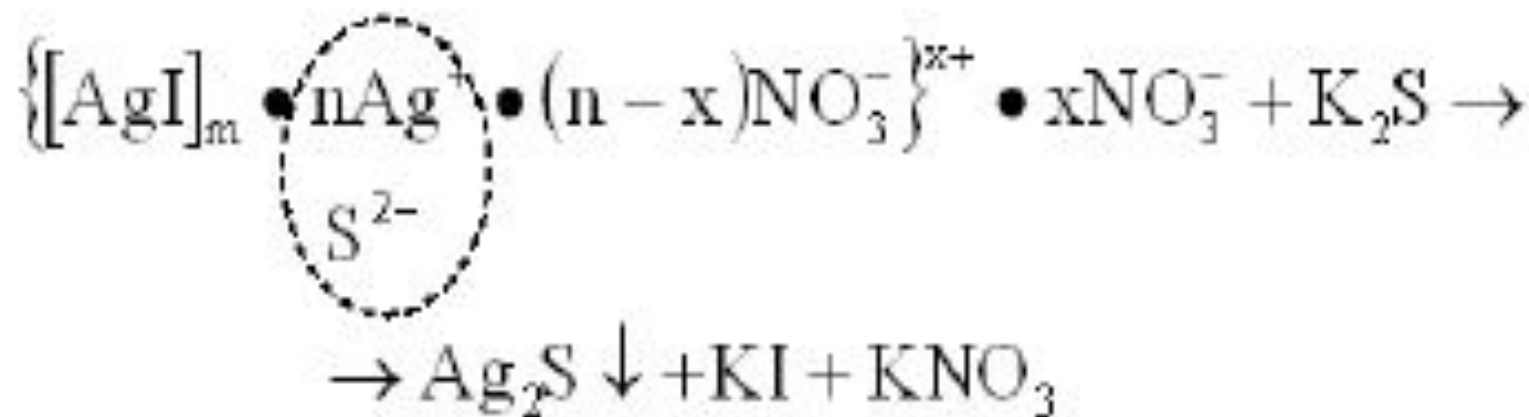
Механизм коагуляции.

Роль электролитов при коагуляции заключается в уменьшении расклинивающего давления между сближающимися коллоидными частицами. Это может происходить двумя путями:

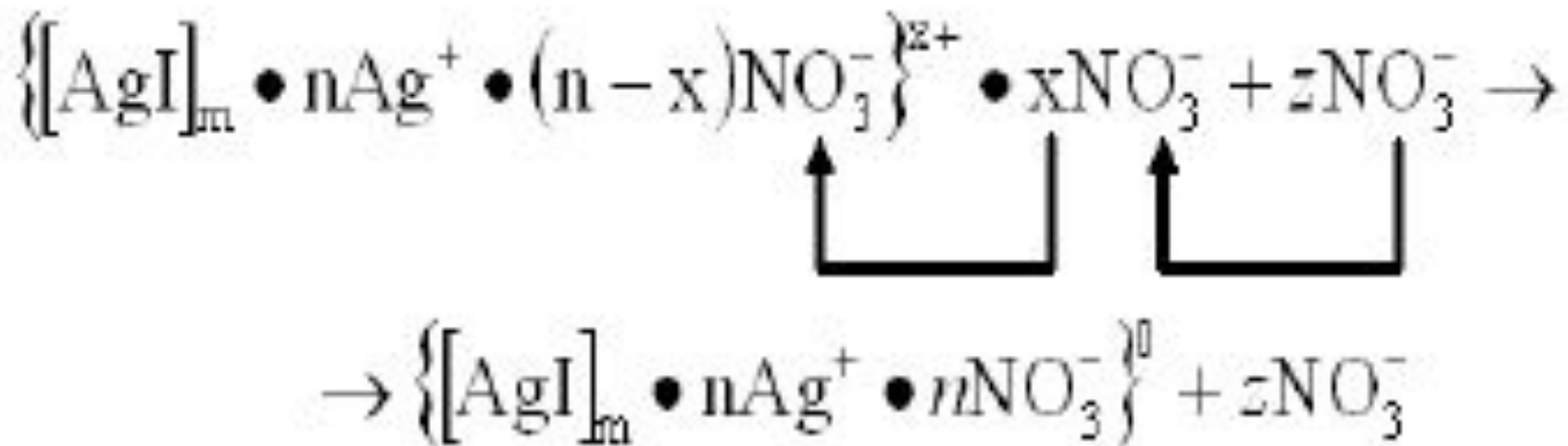
- за счет уменьшения заряда поверхности ядра, т. е. за счет снижения межфазного потенциала**
- за счет уменьшения толщины (сжатия) ионных атмосфер мицелл**

Виды коагуляции

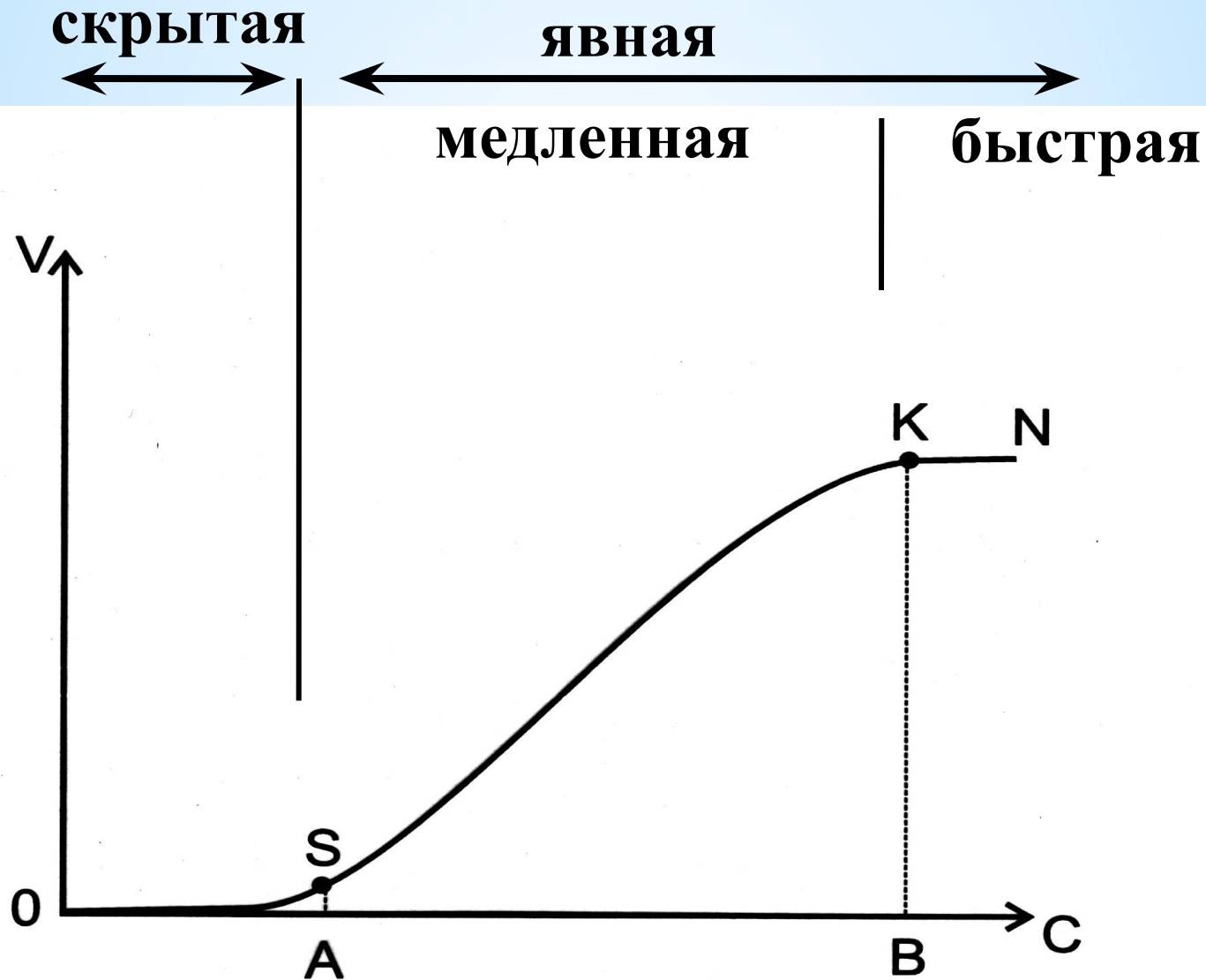
Нейтрализационная коагуляция - наступает под действием электролита, который химически взаимодействует с потенциалопределяющими ионами, связывая их в прочное соединение и уменьшая заряд поверхности ядра.



Концентрационная коагуляция – наступает за счет ионов добавленного электролита, которые являются противоионами для данных мицелл, они проникают внутрь гранулы, сжимая (уплотняя) ионную атмосферу мицеллы вокруг ядра



Зависимость скорости коагуляции от концентрации электролита



Скрытая коагуляция:

образование частиц низших (I, II, III) порядков протекает незаметно для невооруженного глаза.

Явная коагуляция :

повышение скорости коагуляции, появление частиц более высоких порядков, золь претерпевает видимые изменения: мутнеет или изменяется окраска. При этом величина ξ -потенциала частиц уменьшается.

Явная коагуляция делится на два периода:

1. *медленную коагуляцию* - всякое увеличение концентрации электролита ускоряет коагуляцию
2. *быструю коагуляцию* - повышение концентрации электролита не влияет на ее скорость, т.е. коагуляция протекает с максимальной быстротой.

Порог коагуляции - наименьшее количество электролита, которое вызывает явную коагуляцию 1л золя

$$C_{\text{пк}} = \frac{1000 C_{\text{эл}} V_{\text{эл}}}{V_{\text{кр}} + V_{\text{эл}}}$$

$C_{\text{пк.}}$ - порог коагуляции, ммоль/л;

$C_{\text{эл.}}$ - концентрация электролита, моль/л;

$V_{\text{эл.}}$ - объем раствора электролита, л;

$V_{\text{золя}}$ - объем золя, л.

$\gamma = 1 / C_{\text{пк.}}$ - коагулирующее действие электролита

Правило Шульце-Гарди:

1.Коагуляцию вызывают любые ионы, которые имеют знак заряда, противоположный заряду гранул.

2.Коагулирующее действие ионов (γ) тем сильнее, чем выше заряд иона-коагулянта - прямо пропорционально его заряду в шестой степени:

$$\underline{\gamma = f(z^6)}$$

Гранула (-)

$$\gamma(\text{Al}^{+3}): \gamma(\text{Ca}^{+2}): \gamma(\text{K}^{+1}) \approx 3^6 : 2^6 : 1^6 \approx 729 : 64 : 1$$

Гранула (+)

$$\gamma(\text{PO}_4^{3-}): \gamma(\text{SO}_4^{2-}): \gamma(\text{Cl}^-) \approx 3^6 : 2^6 : 1^6$$

**При коагуляции смесями
электролитов возможны 3 случая:**

1) аддитивность —

2) антагонизм —

3) синергизм —

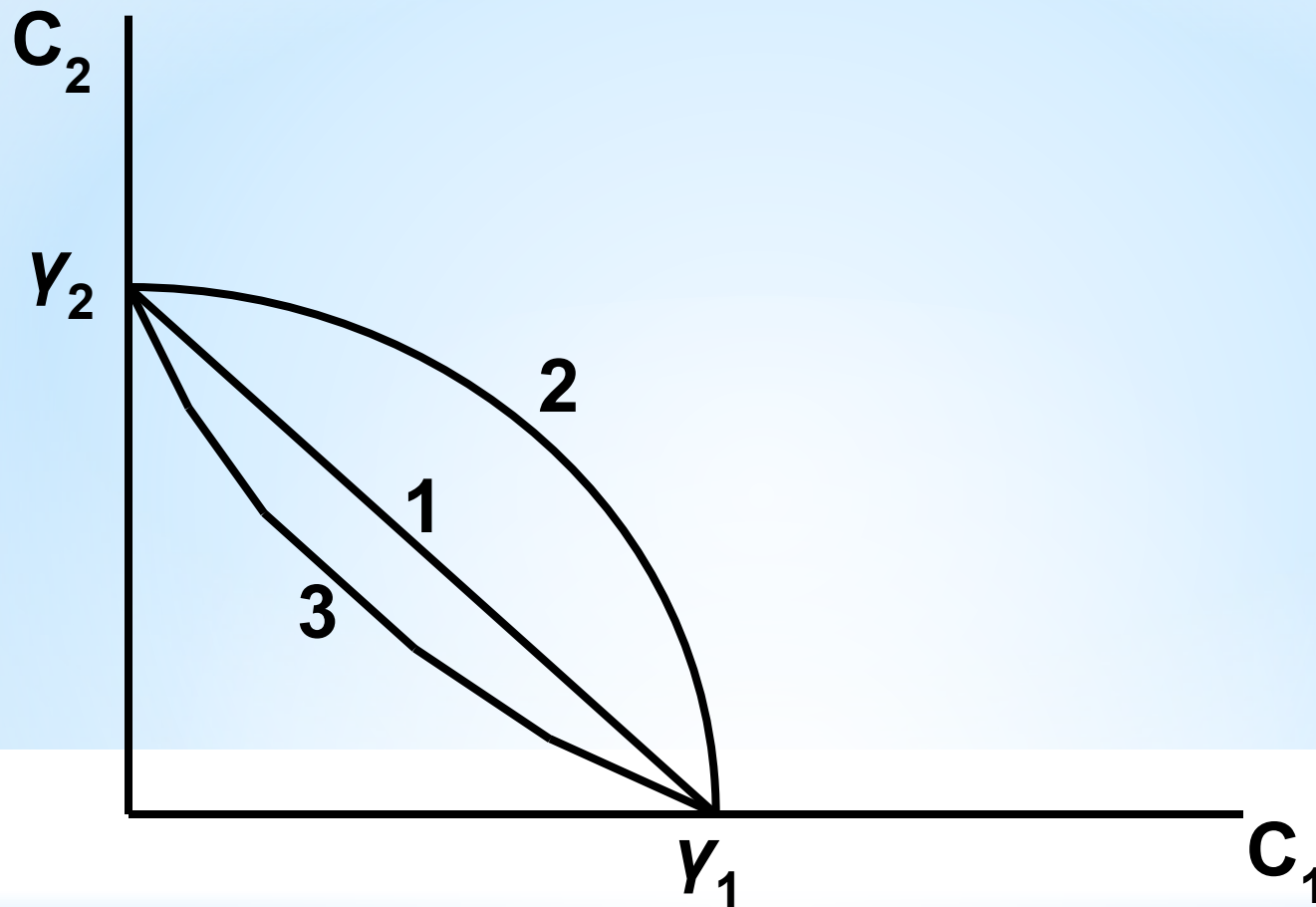
1) аддитивность —это суммирование коагулирующего действия ионов, вызывающих коагуляцию - не взаимодействуют химически между собой. Например, смесь солей KCl и $NaNO_3$

2) антагонизм —это ослабление у электролита в присутствии другого - ионы связываются в нерастворимое соединение. Например, у Pb^{2+} по отношению к отрицательно заряженным гранулам ослабляется в присутствии $NaCl$:

$$Pb^{2+} + 2Cl^- = PbCl_2$$

Синергизм — это усиление у одного электролита в присутствии другого - химическое взаимодействие с образованием многозарядного иона, обладающего очень высокой коагулирующей способностью.





Коагуляция смесями электролитов:

1 – аддитивность; 2 – антагонизм; 3 – синергизм

Взаимная коагуляция -

это слипание разноименно заряженных гранул коллоидных растворов

Привыкание золя —

при медленном добавлении электролита коагуляция может не наступить, а если этот же электролит добавлять быстро, то коагуляция наступит.

Пептизация -

процесс, обратный коагуляции - превращение осадка, образовавшегося в результате коагуляции, в устойчивый коллоидный раствор.

Условия пептизации:

- свежеполученные осадки;
- необходимо добавление небольших количеств электролита- пептизатора, в ином случае может вновь наступить коагуляция;
- пептизации способствуют перемешивание и нагревание

Процесс пептизации лежит в основе лечения многих заболеваний:

- рассасывания атеросклеротических бляшек на стенках кровеносных сосудов,
- почечных и печеночных камней.

Не пептизируются застарелые тромбы и уплотнившиеся камни

Механизм коагуляции зольей электролитами

- 1. Сжатие диффузного слоя**
- 2. Избирательная адсорбция
ионов с зарядом,
противоположным заряду
гранулы**
- 3. Ионообменная адсорбция**

Защита коллоидов от коагуляции (коллоидная защита)

Устойчивость коллоидов к действию электролитов повышается при добавлении к ним ВМС (белков, полисахаридов: желатин, крахмал, казеин натрия).

Механизм защитного действия ВМС:

1. Макромолекулы ВМС адсорбируются на коллоидных частицах золя. Т.к. молекулы ВМС гидрофильны, то гидрофобные части золя, окруженные молекулами ВМС, становятся более гидрофильными и устойчивость их в водном растворе увеличивается.
2. Увеличиваются сольватные оболочки вокруг гидрофобных частиц, что препятствует сближению и слипанию частиц золя.