



Кафедра общей и биологической химии

# ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ

1

## ВОПРОСЫ, РАССМАТРИВАЕМЫЕ НА ЛЕКЦИИ:

- Классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды. Классификация свободнодисперсных систем по размерам частиц.
- Строение мицеллы лиофобного золя
- Устойчивость коллоидных растворов (лиофобных зольей). Электролитная коагуляция.
- Получение дисперсных систем. Методы диспергирования и конденсации.
- Методы очистки коллоидных растворов.
- Электрокинетические и оптические свойства
- Коллоидная защита

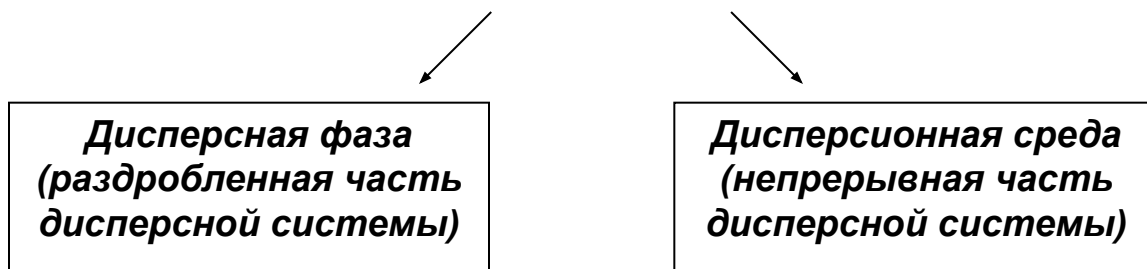


**Коллоидная химия** – наука о поверхностных явлениях и дисперсных системах.

**Поверхностные явления** – совокупность явлений, связанных с физическими особенностями границ раздела между соприкасающимися фазами.

**Дисперсные системы** – гетерогенные системы, в которых одна из фаз находится в дисперсном (раздробленном состоянии).

### **Дисперсная система**



# Признаки объектов коллоидной химии

*1. Гетерогенность (многофазность).*

*2. Дисперсность (раздробленность).*

## Меры дисперсности

**Поперечный размер частицы ( $a$ )** – диаметр для сферических частиц ( $d$ ) и длина ребра для кубических частиц ( $l$ ).

**Дисперсность ( $D$ )** – величина, обратная поперечному размеру частицы:  $D=1/a$ .

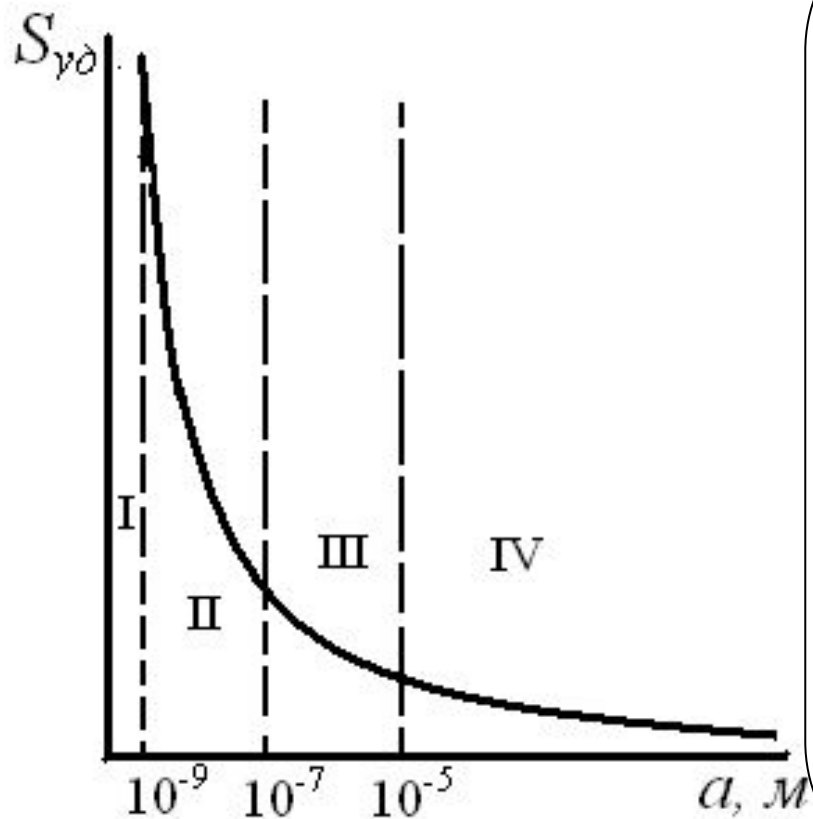
**Удельная поверхность ( $S_{y\partial}$ )** – межфазная поверхность, приходящаяся на единицу объема или массы дисперсной фазы:

$$S_{y\partial} = \frac{\sum S_{\partial.ф}}{\sum V_{\partial.ф}}$$

$$S_{y\partial} = \frac{\sum S_{\partial.ф}}{m_{\partial.ф}}$$

Частицы сферической формы	$S_{y\partial} = 6 / d = 6D$
Частицы цилиндрической формы	$S_{y\partial} = 4 / d = 4D$
Частицы кубической формы	$S_{y\partial} = 6 / l = 6D$

## Зависимость удельной поверхности от размера частиц



**I – молекулярные системы  
(истинные растворы)**

$$a < 10^{-9}$$

**II – высокодисперсные,  
коллоидные (наносистемы)**

$$10^{-9} < a < 10^{-7}$$

**III – среднедисперсные  
(микроретерогенные)**

$$10^{-7} < a < 10^{-5}$$

**IV – грубодисперсные**

$$a > 10^{-5}$$

## *Виды дисперсных систем*

<b>ДФ</b>	<b>ДС</b>	<b>Обозначение</b>	<b>Примеры</b>
<b>Твердая</b>	<b>Газообразная</b>	<b>Т/Г</b>	<b>Аэрозоли (пыль, дым, смог)</b>
	<b>Жидкая</b>	<b>Т/Ж</b>	<b>Золи (золи металлов в воде, взвеси в природных водах), суспензии, пульпы, пасты, бактерии</b>
	<b>Твердая</b>	<b>Т/Т</b>	<b>Твердые коллоидные растворы (сплавы, цветные стекла, минералы)</b>
<b>Жидкая</b>	<b>Газообразная</b>	<b>Ж/Г</b>	<b>Аэрозоли (туман, облака)</b>
	<b>Жидкая</b>	<b>Ж/Ж</b>	<b>Эмульсии (молоко, сырая нефть, кремы)</b>
	<b>Твердая</b>	<b>Ж/Т</b>	<b>Капиллярные системы: жидкость в пористых телах (адсорбенты в растворах, почвы, жемчуг, гели)</b>
<b>Газообразная</b>	<b>Газообразная</b>	<b>Г/Г</b>	<b>Газовые смеси (Не являются гетерогенными)</b>
	<b>Жидкая</b>	<b>Г/Ж</b>	<b>Газовые эмульсии, пены, мыльные, противопожарные</b>
	<b>Твердая</b>	<b>Г/Т</b>	<b>Пористые и капиллярные тела (адсорбенты, катализаторы, гемостатические губки, пемза, активированный уголь)</b>

# Свойства систем различной степени дисперсности

<b>Грубодисперсные системы</b>	<b>Коллоидно-дисперсные системы</b>	<b>Истинные растворы</b>
<p data-bbox="57 435 473 499"><b>Гетерогенные</b></p> <p data-bbox="19 592 589 728"><b>Термодинамически неустойчивы</b></p> <p data-bbox="77 821 415 956"><b>Стареют со временем</b></p> <p data-bbox="28 1049 666 1263"><b>Частицы не проходят через бумажный фильтр</b></p>	<p data-bbox="772 435 1188 499"><b>Гетерогенные</b></p> <p data-bbox="724 592 1304 728"><b>Термодинамически неустойчивы</b></p> <p data-bbox="801 821 1149 956"><b>Стареют со временем</b></p> <p data-bbox="801 1049 1091 1113"><b>Проходят</b></p>	<p data-bbox="1449 435 1825 499"><b>Гомогенные</b></p> <p data-bbox="1449 592 1825 649"><b>Устойчивые</b></p> <p data-bbox="1449 821 1806 885"><b>Не стареют</b></p> <p data-bbox="1458 1049 1767 1113"><b>Проходят</b></p>





**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**



СВОЙСТВА  
ЛИОФОБНЫХ ЗОЛЕЙ  
(КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ)



# ЛИОФОБНЫЕ ЗОЛИ

- *Золи (коллоидные растворы)* – высокодисперсные системы с жидкой дисперсионной средой.  
Размер частиц дисперсной фазы –  $10^{-7}$ - $10^{-5}$  м.
- *Лиофобные золи* – это золи в которых дисперсная фаза не способна взаимодействовать с дисперсионной средой, т.е. растворяться в ней.



## УСЛОВИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА КОНДЕНСАЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ

---

1. Золи получают в результате химической реакции;
2. В реакции должны участвовать 2 электролита;
3. Один из электролитов должен быть взят в избытке. Это электролит называют **стабилизатором**;
4. В результате реакции должен быть получен осадок - золь (мелкие твердые частицы – кристаллы).



# **Мицеллярная теория строения КОЛЛОИДНЫХ ЧАСТИЦ**

**МИЦЕЛЛА -**

**это отдельная частица дисперсной  
фазы коллоидного раствора с жидкой  
дисперсионной средой.**



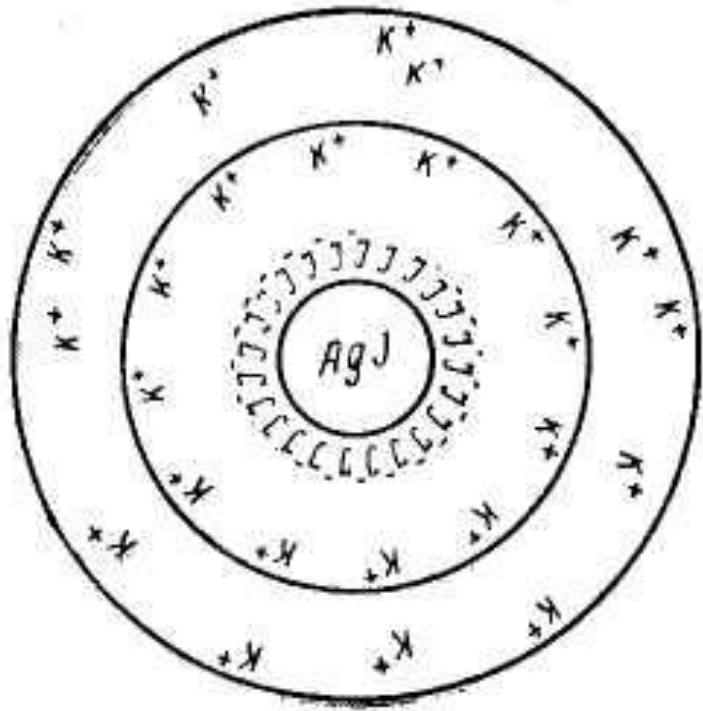
# Образование ДЭС путем ионной адсорбции

---

При выборе ПОИ пользуются **правилом Фаянса-Панета-Пескова**: «На твердой поверхности агрегата в первую очередь адсорбируются ионы, которые:

- входят в состав агрегата;
- способны достраивать кристаллическую решетку агрегата;
- образуют малорастворимое соединение с ионами агрегата;
- изоморфны с ионами агрегата.»





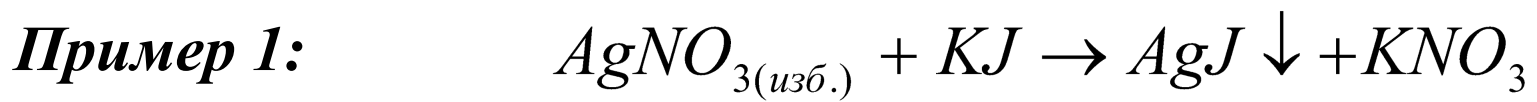
Агрегат вместе с ПОИ составляет **ядро мицеллы**. Заряженное ядро мицеллы, притягивает ПИ из раствора. Часть ПИ образует адсорбционный слой.

Ядро с ПИ плотной части ДЭС образуют **гранулу** или **коллоидную частицу**. Знак заряда коллоидной частицы определяется знаком заряда ПОИ.

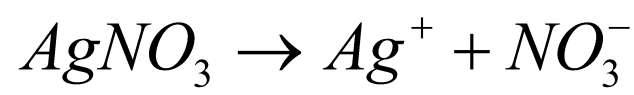
Коллоидную частицу окружают **ПИ диффузной слоя** – остальная часть ПИ, подвергавшихся броуновскому движению и менее прочно связанная с ядром.

В целом образуется **мицелла**. Мицелла в отличие от коллоидной частицы электронейтральна.

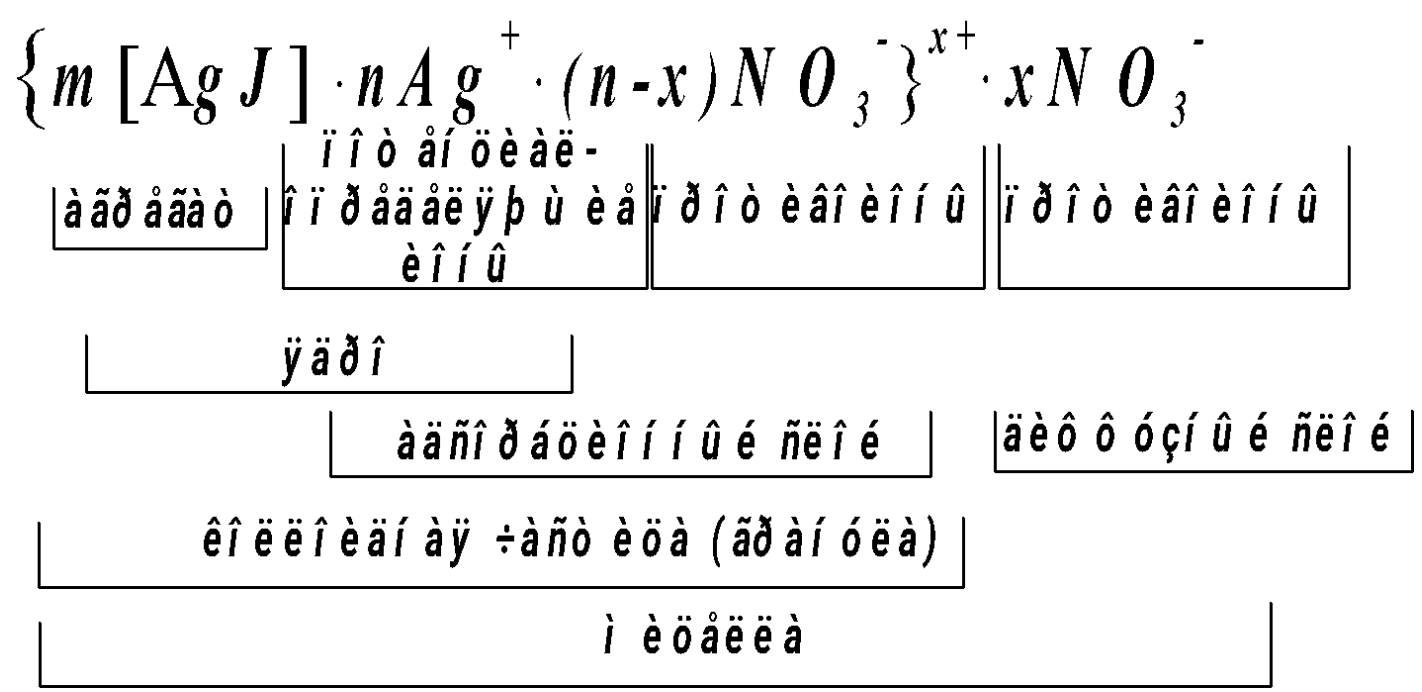




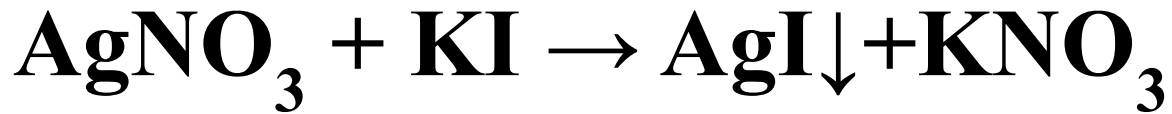
$AgNO_3$  – электролит-стабилизатор, ионы которого образуют ДЭС:



По правилу Фаянса - Пескова, ионы  $Ag^+$  – ПОИ, ионы  $NO_3^-$  – ПИ.  
 Формула мицеллы:







агрегат

m моль

KI взят в избытке- n моль:



**мицелла**

гранула



# Строение ДЭС

---

1. ДЭС образован *потенциалопределяющими* ионами (ПОИ), находящимися на поверхности кристалла и эквивалентным количеством *противоионов* (ПИ), находящихся в дисперсионной среде.
2. ПОИ прочно связаны с кристаллом хемосорбционными силами и равномерно распределены по ее поверхности, придавая ей свой заряд.
3. Слой ПИ имеет сложное строение и состоит из двух частей: *адсорбционного* слоя (АС) и *диффузного* слоя (ДС).



4. Адсорбционный слой примыкает к заряженной поверхности твердой частицы и имеет толщину  $d$ . ПИ, находящиеся в адсорбционном слое, называются *ПИ адсорбционного слоя*. Они прочно связаны с твердой частицей, перемещаясь вместе с ней и образуя *коллоидную частицу*. ПИ распределены в слое равномерно, поэтому падение потенциала происходит линейно и равно  $\varphi_d$ .
5. Диффузный слой имеет толщину  $\delta$ , его образуют те ПИ, которые находятся от поверхности кристалла на расстоянии больше  $d$ , но меньше  $\delta$ . Эти ПИ связаны с кристаллом менее прочно, поэтому при его движении они отрываются. ПИ распределены в диффузном слое неравномерно, поэтому падение потенциала происходит нелинейно и равно  $\varphi_\delta$ .



6. Полное падение потенциала в ДЭС называется *термодинамическим потенциалом  $\varphi^0$* :

$$\varphi^0 = \varphi_d + \varphi_\delta$$

Таким образом, в ДЭС происходит полная компенсация зарядов твердой поверхности и противоионов и на границе ДЭС потенциал равен 0.

7. При движении коллоидной частицы ДЭС разрывается. Место разрыва называется *границей скольжения*.

8. На границе скольжения возникает потенциал, который называют *электрокинетическим потенциалом* или *дзета-потенциалом  $\zeta$* .



# Виды электролитов

---

По отношению к кристаллу мицеллы электролиты могут быть:

- ✓ индифферентными
- ✓ неиндифферентными



# Индифферентные электролиты («безразличные»)

---

- это электролиты, ионы которых:

- *не могут достроить* кристаллическую решетку твердой частицы (т.е. не содержат ионы, образующие кристалл)

По этой причине ионы этих электролитов:

□ *не могут быть потенциалопределяющими,*

- а значит *не могут поменять* термодинамический потенциал поверхности  $\phi^0$ .



# Неиндифферентные электролиты («небезразличные»)

---

- это электролиты, ионы которых:

□ *могут достроить* кристаллическую решетку твердой частицы (т.е. содержат ионы, образующие кристалл);

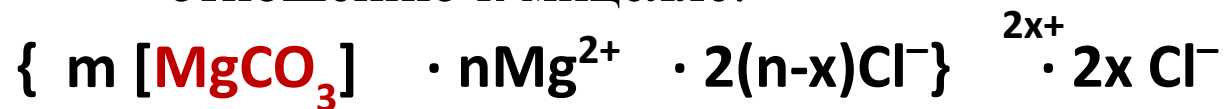
Поэтому ионы этих электролитов:

□ *могут быть потенциалопределяющими,*

□ а значит *могут изменить* термодинамический потенциал поверхности  $\varphi^0$ .



Например. Определить вид следующих электролитов по отношению к мицелле:



Электролит	Тип электролита	Объяснение
$\text{MgCl}_2$	<b>Н</b>	Содержит $\text{Mg}^{2+}$
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	<b>Н</b>	Содержит $\text{Mg}^{2+}$
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	<b>Н</b>	Содержит $\text{CO}_3^{2-}$
$\text{K}_2\text{CO}_3$	<b>Н</b>	Содержит $\text{CO}_3^{2-}$
$\text{AgF}$	<b>И</b>	Не содержит $\text{Mg}^{2+}$ и $\text{CO}_3^{2-}$
$\text{CuCl}_2$	<b>И</b>	Не содержит $\text{Mg}^{2+}$ и $\text{CO}_3^{2-}$
$\text{K}_2\text{SO}_4$	<b>И</b>	Не содержит $\text{Mg}^{2+}$ и $\text{CO}_3^{2-}$
$\text{Na}_3\text{PO}_4$	<b>И</b>	Не содержит $\text{Mg}^{2+}$ и $\text{CO}_3^{2-}$





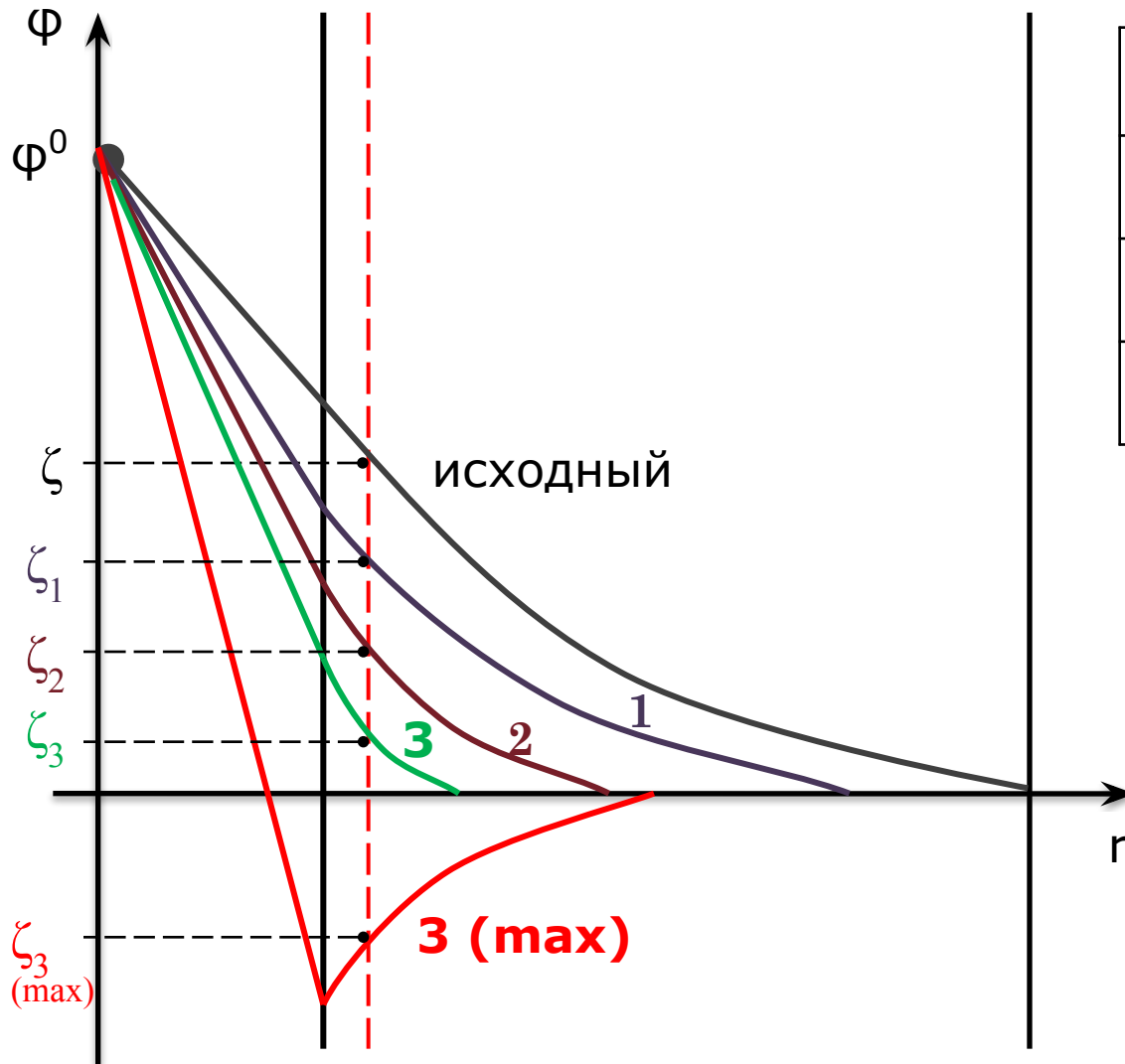
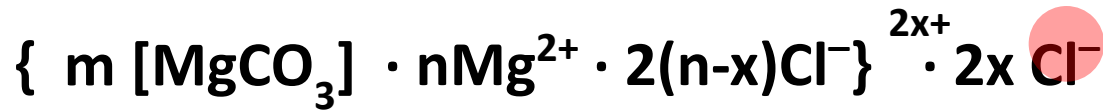
# **Влияние электролитов на $\zeta$ - потенциал**

## **1. Влияние индифферентных электролитов**



- добавление индифферентного электролита *не изменяет  $\varphi^0$* ;
- добавление индифферентного электролита приводит к сжатию ДЭС, т.е. *уменьшению  $\zeta$ -потенциала*;
- сжимает ДЭС тот ион электролита, у которого знак такой же как у **противоиона** мицеллы. Этот ион называется *ионом-конкурентом*;
- чем больше заряд иона-конкурента, тем сильнее он сжимает ДЭС;
- ион-конкурент *с зарядом 3 и более* и добавленный в **БОЛЬШОМ** количестве, *вызывает перезарядку коллоидной частицы* (адсорбционную перезарядку):  
*изменяет  $\zeta$  – потенциал, при неизменном  $\varphi^0$*





№	Эл-т	Ион-конкурент
1	$\text{CuCl}_2$	$\text{Cl}^-$
2	$\text{K}_2\text{SO}_4$	$\text{SO}_4^{2-}$
3	$\text{Na}_3\text{PO}_4$	$\text{PO}_4^{3-}$

В случае **3 (max)**  
изменился знак  
 $\zeta$ -потенциала  
(произошла **перезарядка**  
**коллоидной частицы**).



## 2. Влияние неиндифферентных электролитов

- добавление неиндифферентного электролита *изменяет  $\varphi^0$* ;
- Добавление неиндифферентного электролита приводит к сжатию ДЭС, т. е. *уменьшению  $\zeta$ -потенциала*;

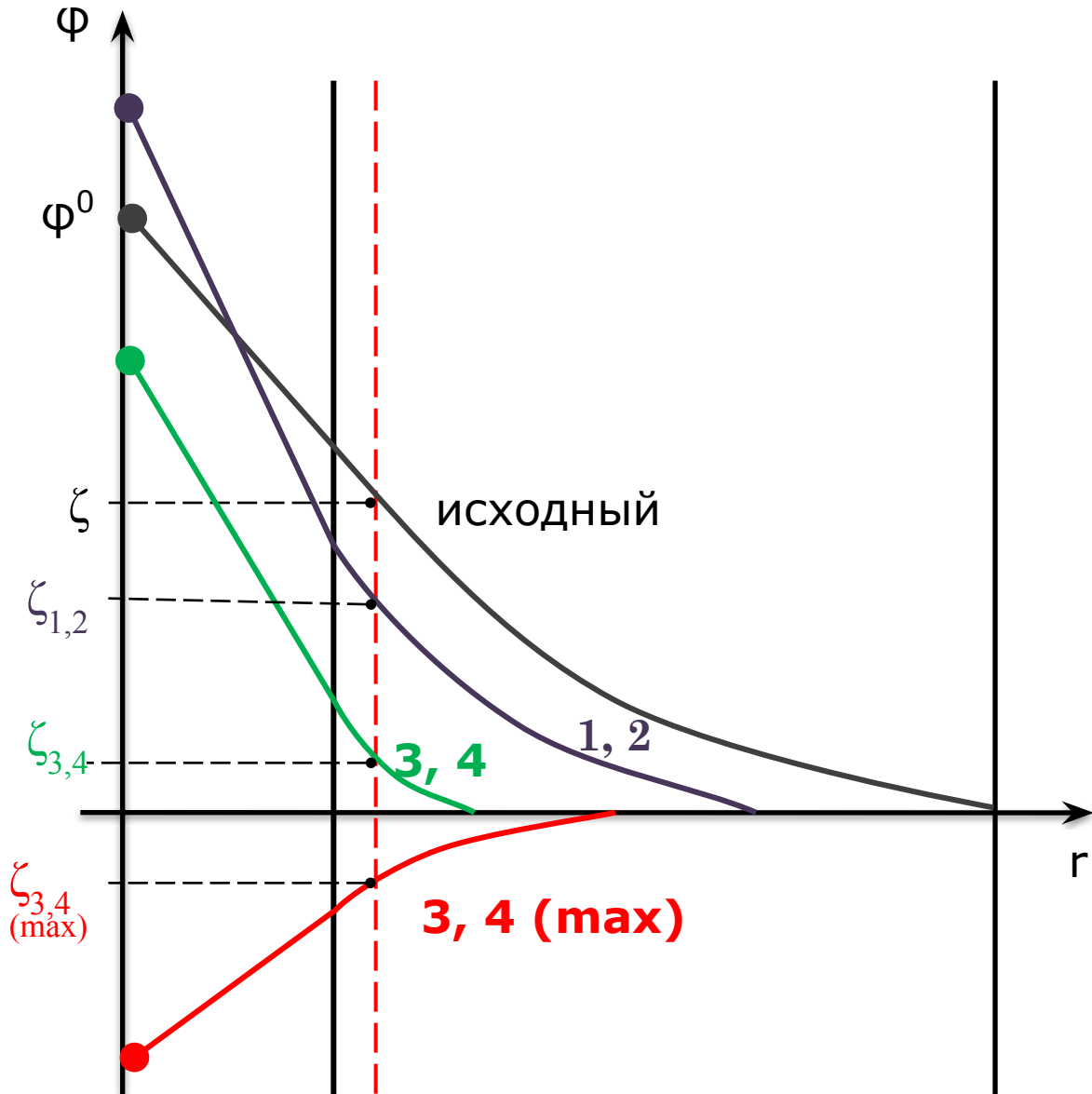
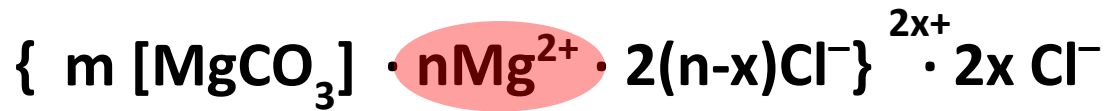
Неиндифферентный электролит

← тот, который образовал ДЭС  
(стабилизатор)

- ✓ повышает  $\varphi^0$
- ✓ при добавлении в большом количестве снижает  $\zeta$ -потенциал вплоть до 0

→ тот, который был **в недостатке** или имеет ПОИ противоположного знака

- ✓ понижает  $\varphi^0$
- ✓ при добавлении в **большом** количестве вызывает **перезарядку поверхности частицы – химическую перезарядку** (меняется знак  $\varphi^0$  и  $\zeta$ -потенциал на противоположный)



№	Эл-т
1	$\text{MgCl}_2$
2	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$
3	$\text{Na}_2\text{CO}_3$
4	$\text{K}_2\text{CO}_3$

В случае 3, 4 (max) изменились знаки потенциалов  $\phi^0$  и  $\zeta$  (произошла перезарядка поверхности частицы).



# Основные факторы устойчивости коллоидных растворов

1. Величина  $\zeta$ -потенциала

2. Величина электротермодинамического потенциала ( $\phi$ )

3. Толщина диффузного слоя

4. Величина заряда гранулы



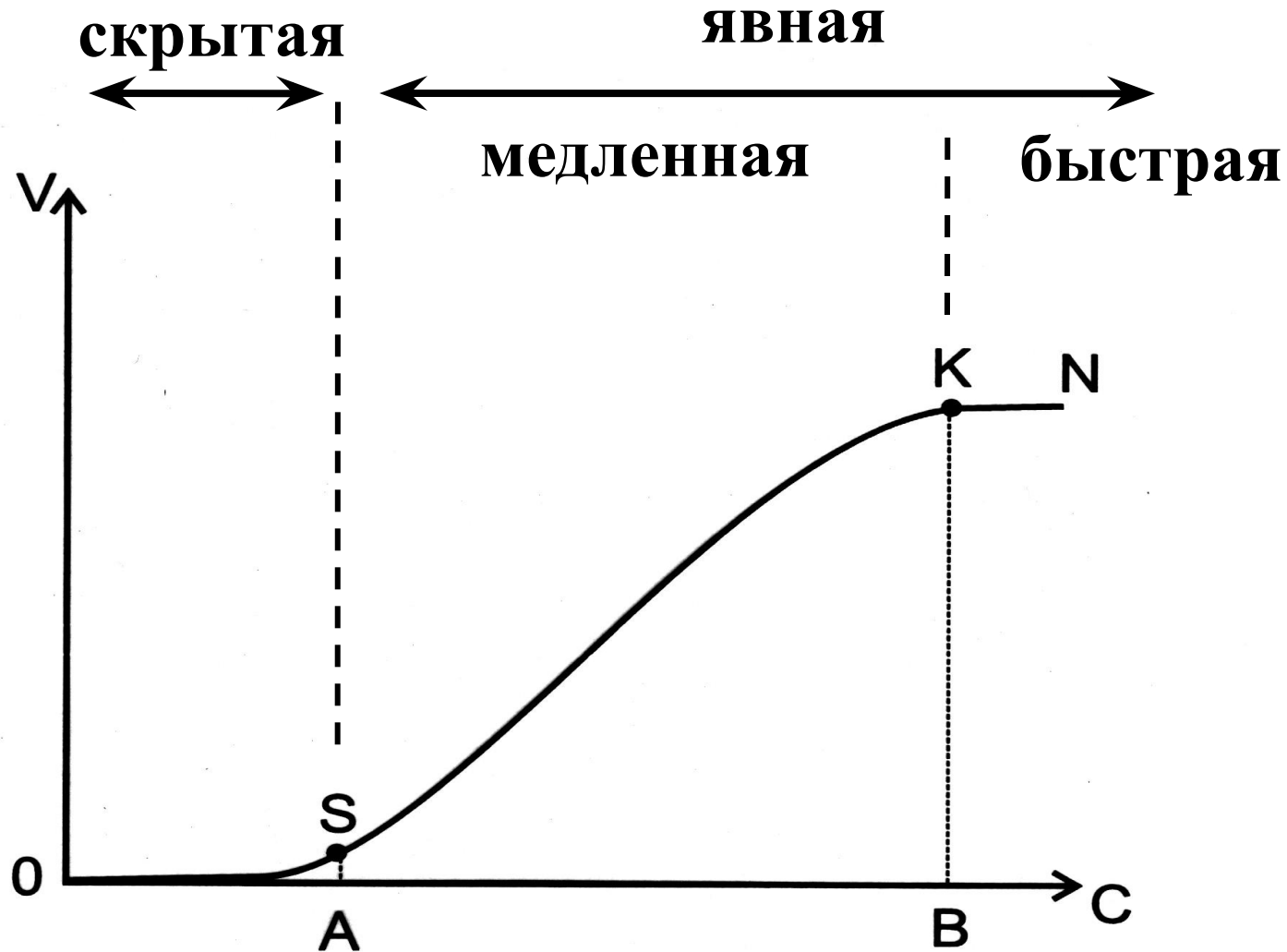
**КОАГУЛЯЦИЯ** - процесс укрупнения частиц дисперсной фазы золя с последующим выпадением в осадок.

**Факторы, вызывающие коагуляцию:**

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



# Зависимость скорости коагуляции от концентрации электролита





# КООГУЛЯЦИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

- ▣ **Порог коагуляции** – это минимальное количество электролита, которое надо добавить к коллоидному раствору, чтобы вызвать явную коагуляцию – помутнение раствора или изменение его окраски.

$$C_{нк} = \frac{C_{эл} V_{эл}}{V_{кр} + V_{эл}}$$

- ▣  $C_{нк}$  – порог коагуляции
- ▣  $C_{эл}$  – исходная концентрация раствора электролита
- ▣  $V_{эл}$  – объем раствора электролита, добавленного к коллоидному раствору
- ▣  $V_{кр}$  – объем коллоидного раствора



## КОАГУЛИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ

$$\gamma = \frac{1}{C_{нк}} \quad \gamma\text{- коагулирующее действие}$$

### Правило Шульце-Гарди:

- Коагуляцию коллоидных растворов вызывают любые ионы, которые имеют знак заряда, противоположный заряду гранул.
- Коагулирующее действие тем сильнее, чем выше заряд иона-коагулянта

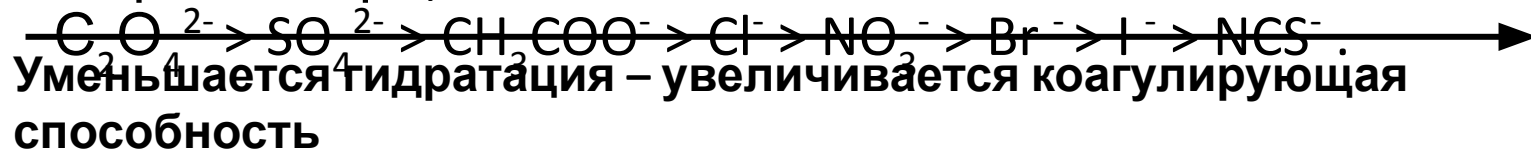
Коагулирующее действие иона-коагулянта прямо пропорционально его заряду в шестой степени:  $\gamma = f(z^6)$

$$\gamma(\text{Na}^+) : \gamma(\text{Ca}^{2+}) : \gamma(\text{Al}^{3+}) = 1 : 64 : 729$$

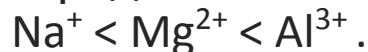


**В ряду одинаково заряженных ионов, чем больше размер, тем меньше гидратируемость иона и тем больше коагулирующее действие.**

- По уменьшению степени гидратации ионы можно расположить в ряды (лиотропные ряды Гофмейстера):



- Если изменение заряда и изменение гидратирующей способности несогласованны, то предпочтение отдаётся величине заряда:



Именно по заряду  $\text{Mg}^{2+}$  более сильный коагулянт, чем  $\text{Na}^+$  или  $\text{K}^+$ .

- Практический вывод:**

физиологический раствор  $\text{NaCl}$  нельзя заменить изотоничным ему, а значит и крови, раствором  $\text{MgCl}_2$ , поскольку  $\text{Mg}^{2+}$ -ион обладает более сильной коагулирующей способностью, чем  $\text{Na}^+$ .  
**Замена приведет к нарушению коллоидного состояния плазмы.**



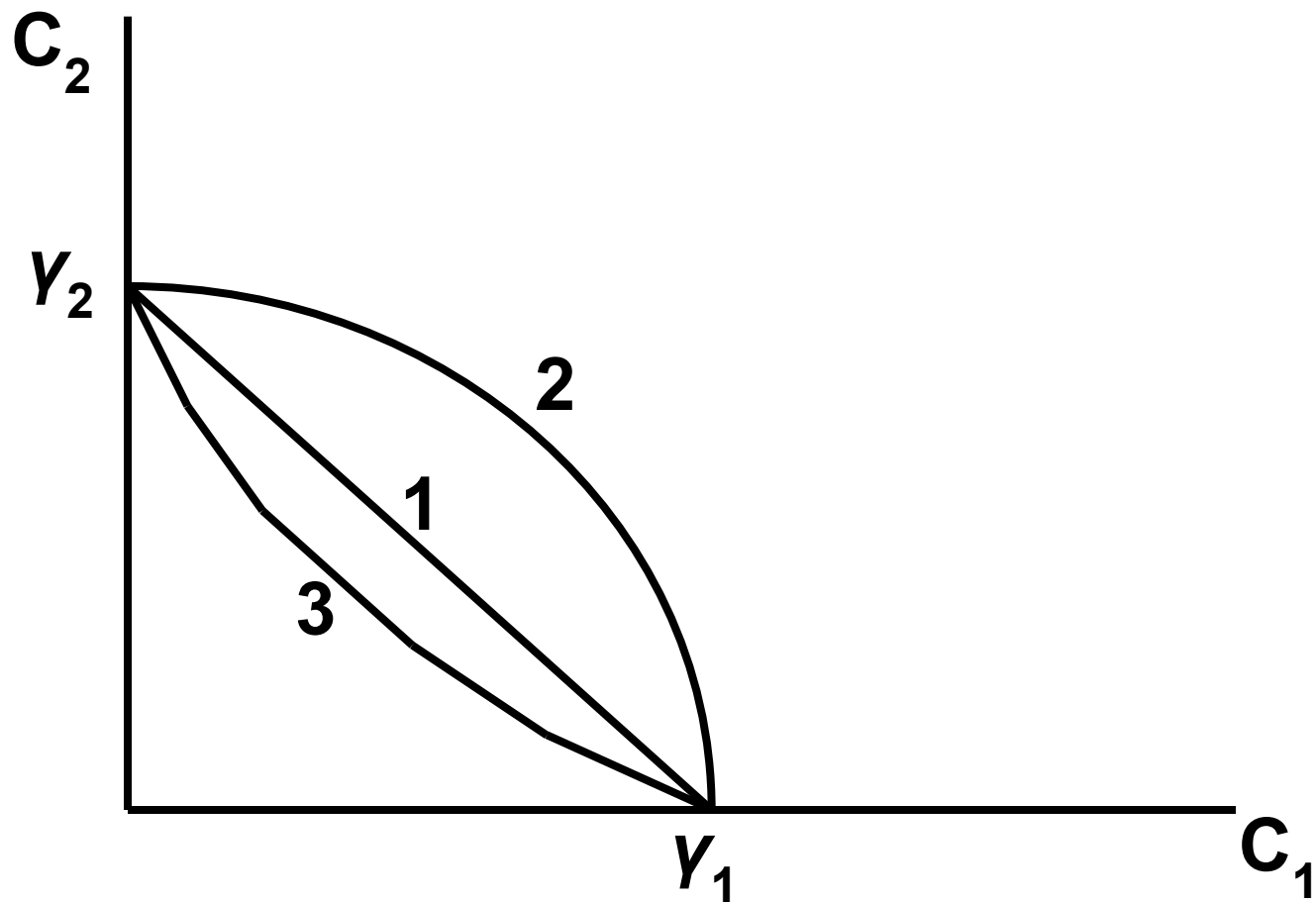
# При коагуляции смесями электролитов возможны 3 случая:

1) аддитивность –

2) антагонизм –

3) синергизм –





## Коагуляция смесями электролитов:

1 – аддитивность; 2 – антагонизм; 3 – синергизм



# Механизм коагуляции зольей электролитами

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



# *Получение дисперсных систем*

## *Диспергационные методы*

- измельчение крупных образцов вещества до частиц дисперсных размеров;
- химический состав и агрегатное состояние вещества не меняется;
- затрачивается внешняя работа;
- используют для получения грубодисперсных систем.

## ***Конденсационные методы***

- **основаны на ассоциации молекул в агрегаты из истинных растворов;**
- **используют для получения высокодисперсных систем;**
- **не требуют затраты внешней работы;**
- **появление новой фазы происходит при пересыщении среды.**



## *Стадии конденсации*

**1. Зародышеобразование** - возникновение центров кристаллизации в пересыщенном растворе; зародыши образуются тем легче, чем больше чужеродных частиц.

**2. Рост зародышей.**

**3. Формирование слоя стабилизатора (ДЭС).**

## **Физические конденсационные методы**

**1. Метод конденсации из паров** – образование тумана в газовой фазе при понижении температуры.

Образование тумана, облаков, производство  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

**2. Метод замены растворителя** – раствор вещества приливают к жидкости, в которой это вещество практически не растворимо.

Получение гидрозолей серы, канифоли и др.

# Химические конденсационные методы

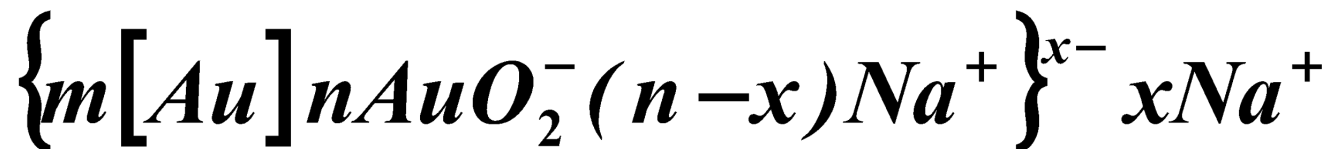
Методы основаны на образовании малорастворимых соединений в результате протекания химических реакций.

**1. Реакции восстановления** (получение золей Au, Ag, Pt).

Восстановление аурата натрия формальдегидом.

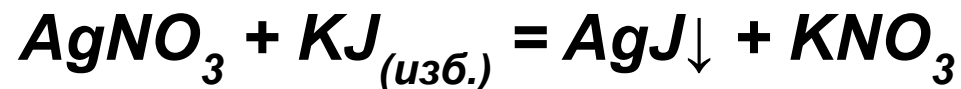


Строение мицеллы :

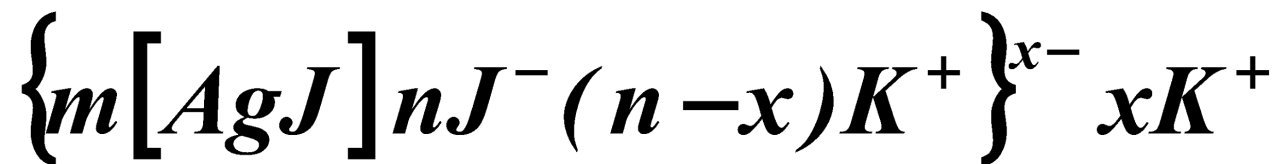


## 2. Реакции обмена.

Получение золя иодида серебра.

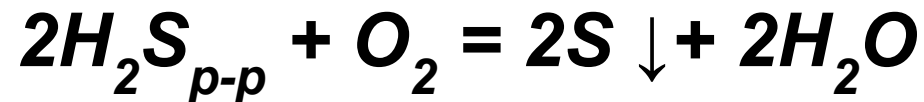


Строение мицеллы:

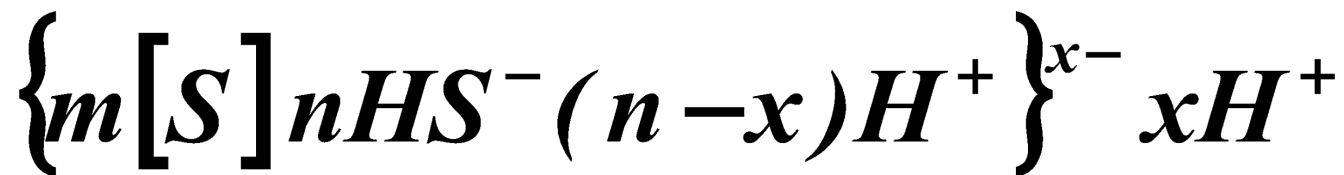


### 3. Реакции окисления

Образование золя серы.



Строение мицеллы:

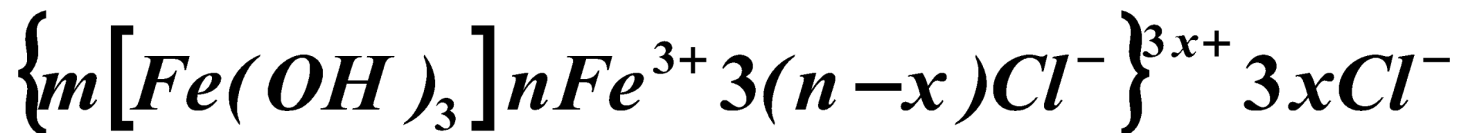


#### 4. Реакции гидролиза

Получение золя гидроксида железа.



Строение мицеллы:



## **Метод пептизации**

**Пептизация** – метод, основанный на переводе в коллоидный раствор осадков, первичные размеры которых уже имеют размеры высокодисперсных систем.

Суть метода: свежавыпавший рыхлый осадок переводят в золь путем обработки пептизаторами (растворами электролитов, ПАВ, растворителем).

## ***Методы очистки дисперсных систем***

**Низкомолекулярные примеси (чужеродные электролиты) разрушают коллоидные системы.**

***Диализ*** – отделение золь от низкомолекулярных примесей с помощью полупроницаемой мембраны.

***Электродиализ*** – диализ, ускоренный внешним электрическим полем.

***Ультрафильтрация*** – электродиализ под давлением (гемодиализ).



# МЕТОДЫ ОЧИСТКИ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ:

## РАСТВОРОВ:

### Диализ

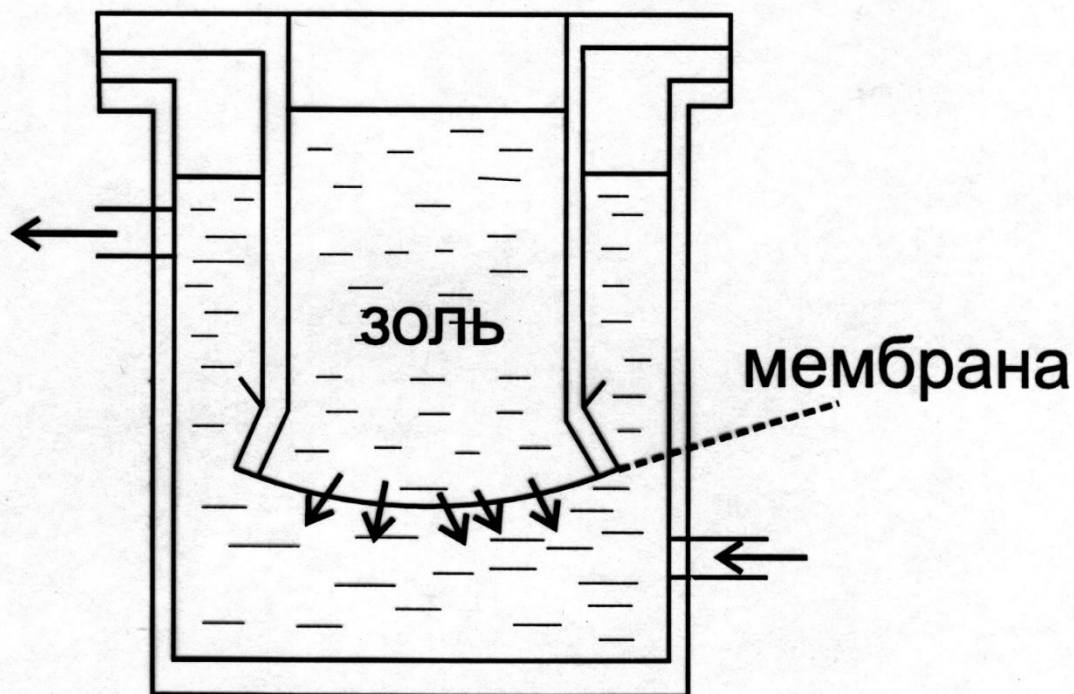


Схема диализатора



# Электродиализ

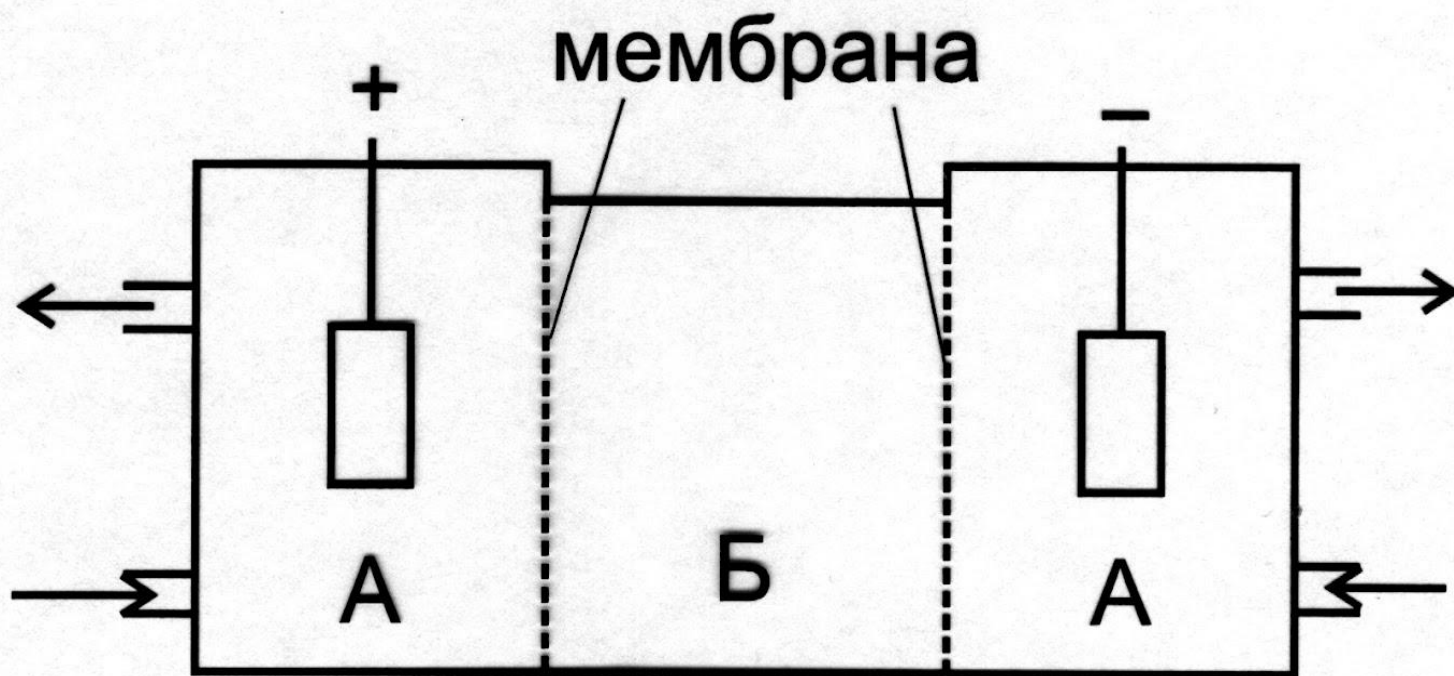


Схема электродиализатора



# Ультрафилтрация

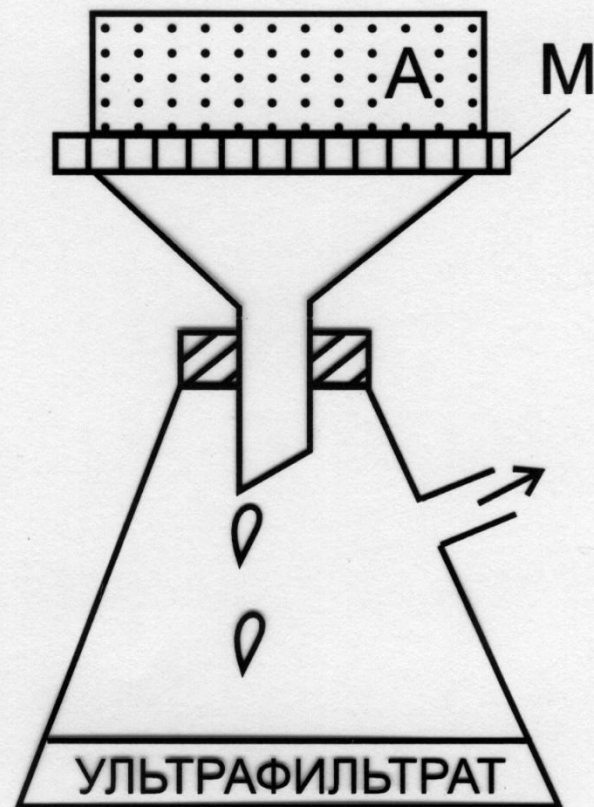
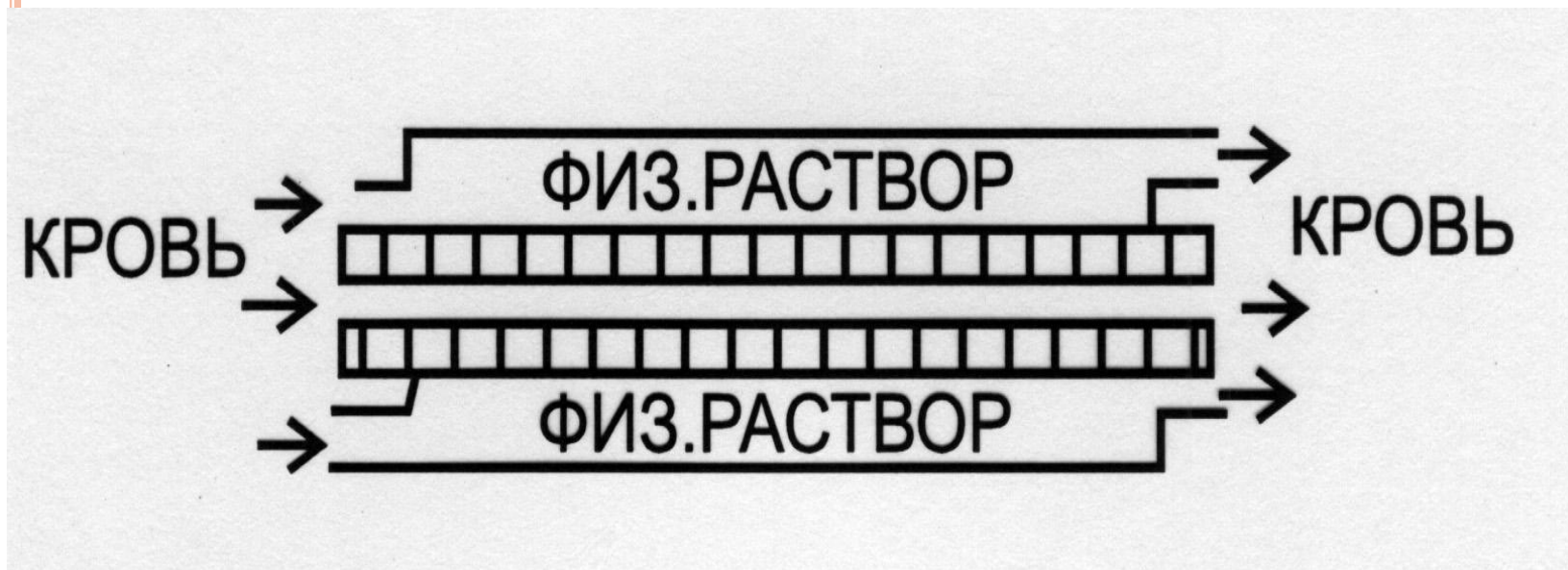


СХЕМА УСТАНОВКИ ДЛЯ  
УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ



# Компенсационный диализ (вивидиализ) - АИП

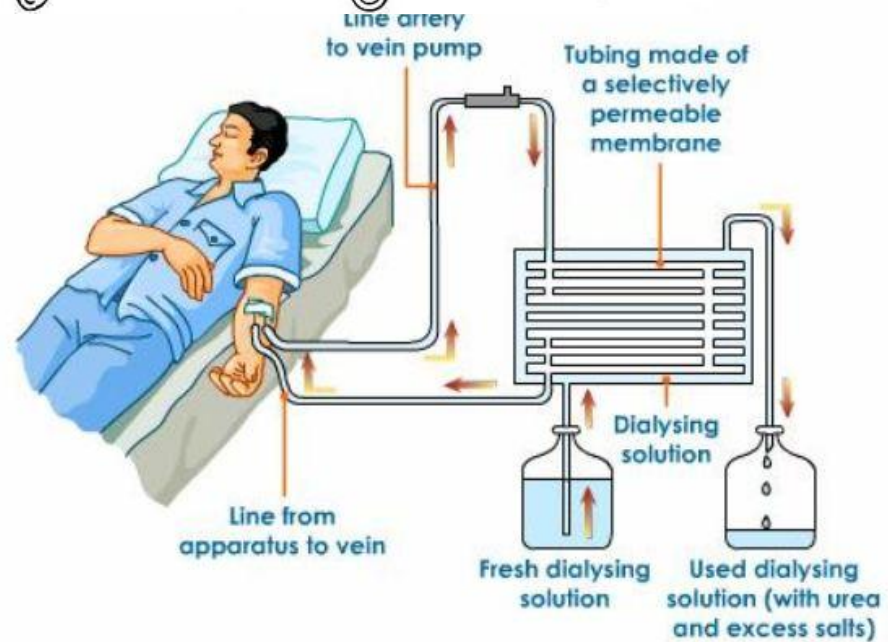
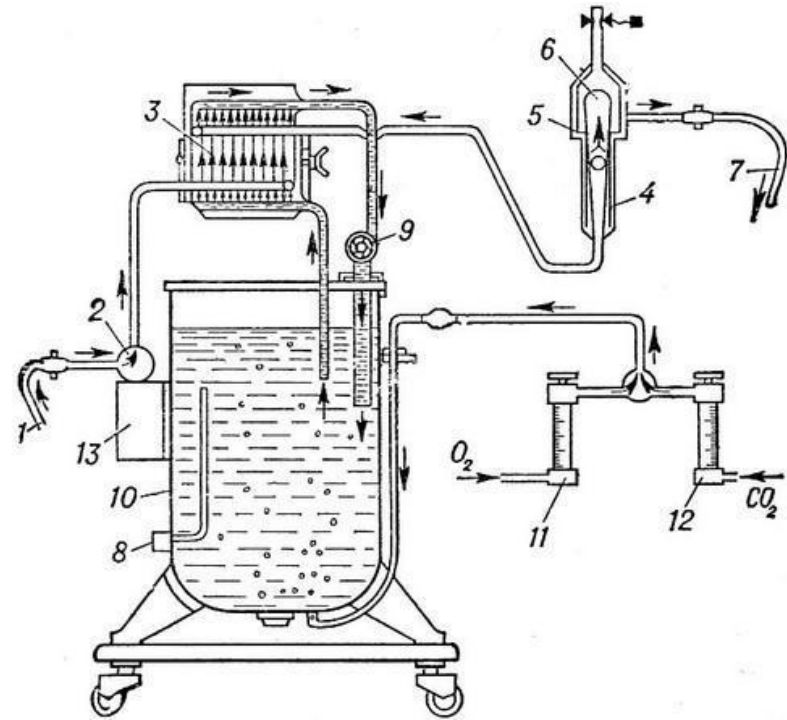


**Искусственная почка** - аппарат для временного замещения выделительной функции почек.

### Назначение

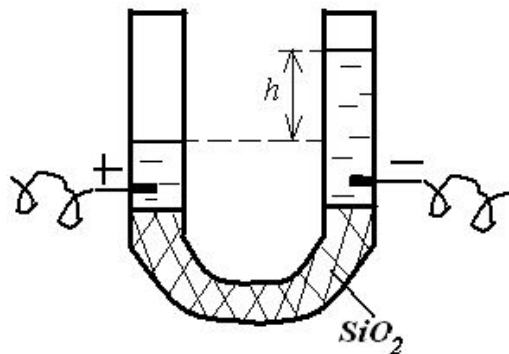
- освобождение крови от продуктов обмена
- коррекция электролитно-водного и кислотно-щелочного балансов при острой и хронической почечной недостаточности
- выведение токсических веществ при отравлениях и избытка воды при отёках.

Основная задача аппарата - очищение крови от токсичных веществ, в том числе продуктов метаболизма. При этом объём крови в пределе организма остаётся постоянным.

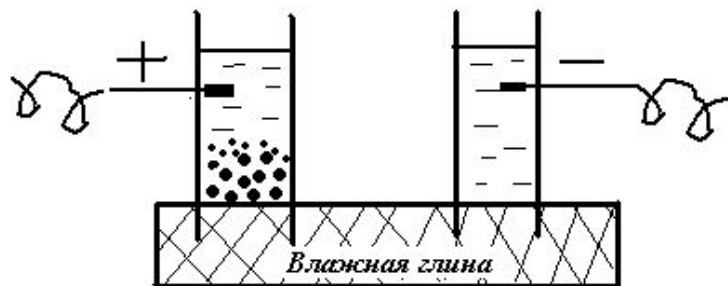


## Электрокинетические явления

Электрокинетические явления были открыты профессором Московского университета Ф.Ф.Рейсом в 1808 г.



**Электроосмос** - явление перемещения жидкой дисперсионной среды относительно неподвижной дисперсной фазы под действием электрического поля.



**Электрофорез** - явление перемещения дисперсной фазы относительно неподвижной жидкой дисперсионной среды под действием электрического поля




## Измерение электрокинетического потенциала из явлений электрофореза и электроосмоса

*Электрокинетический потенциал* – потенциал, возникающий на границе скольжения фаз при их относительном перемещении в электрическом поле.

Скорость перемещения коллоидной частицы в электрическом поле зависит:

- напряженности внешнего электрического поля  $H$ ;
- от строения ДЭС коллоидной частицы – величины  $\zeta$ ;
- от свойств дисперсионной среды (вязкости  $\eta$ , диэлектрической проницаемости  $\varepsilon$ ).

Отношение линейной скорости перемещения частиц дисперсной фазы (дисперсионной среды)  $U$ , отнесенная к напряженности электрического поля  $H$ , называется *электрофоретической (электроосмотической) подвижностью*  $U_0$ :

$$U_0 = \frac{U}{H}$$


Электрокинетический потенциал связан с электрофоретической подвижностью, *уравнением Гельмгольца – Смолуховского*:

$$\zeta = \frac{\eta}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0} \cdot U_0 = \frac{\eta \cdot U}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot H}$$

$$U = \frac{h}{t}$$

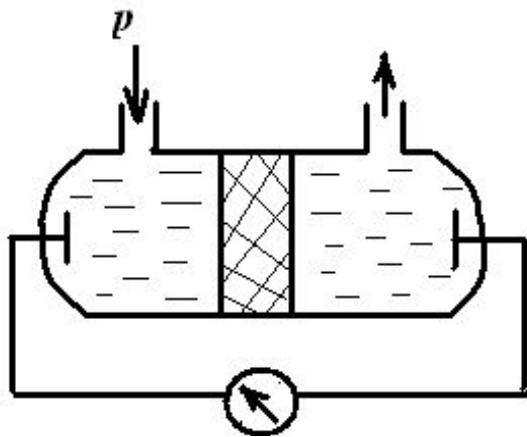
где:  $h$  – смещение границы золь - боковая жидкость за время электрофореза;  $t$  – время электрофореза.

$$H = \frac{E}{l}$$

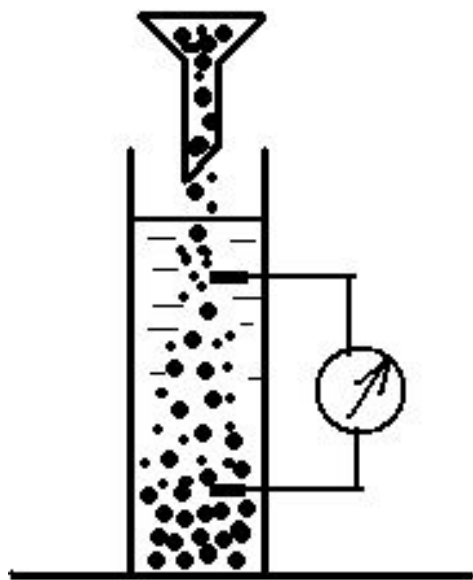
где:  $E$  – приложенная разность потенциалов;  
 $l$  – расстояние между электродами.







**Потенциал течения** (Квинке, 1859г) – возникновение разности потенциалов при движении дисперсионной среды относительно неподвижной дисперсной фазы.



**Потенциал оседания** (Дорн, 1879) – возникновение разности потенциалов при движении дисперсной фазы относительно неподвижной дисперсионной среды.

Открытые явления были названы **электрокинетическими**, так как в них обнаруживалась связь между скоростью протекания (кинетикой) и электрическим полем.



## Особенности коллоидных растворов

**Опалесценция (светорассеяние)** наблюдается когда  $\lambda > d$ .

$$I_p \approx \frac{1}{\lambda^4}$$

Чем короче длина волны падающего света, тем больше рассеяние.

400 нм - синий, 780 нм - красный

При боковом свечении дисперсные системы имеют голубоватую окраску (атмосфера Земли), а в проходящем свете – красноватую (восход и закат Солнца).

**Светомаскировка** - синий свет.

**Сигнализация** – красный, оранжевый свет.

### Окраска драгоценных камней и самоцветов

**Рубин** – коллоидный раствор *Cr* или *Au* в  $Al_2O_3$ ,

**Сапфир** - коллоидный раствор *Ti* в  $Al_2O_3$ ,

**Аметист** – коллоидный раствор *Mn* в  $SiO_2$ .

# **Защита коллоидов от коагуляции**

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.

**Спасибо за внимание !**

