

Лекция № 6

Адсорбция на границе твердое тело – раствор

Теплота адсорбции

При адсорбции процесс накопления вещества на твердом адсорбенте может быть чисто физическим (физическая адсорбция), а так же может сопровождаться химической реакцией на поверхности адсорбента (хемосорбция). О природе протекающего процесса адсорбции можно судить по теплоте адсорбции.

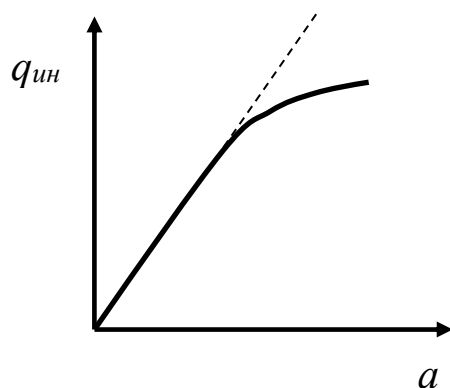
Адсорбция, как правило, является экзотермическим процессом. Теплота физической адсорбции близка к теплотам фазовых переходов (5-50 Дж/моль), при хемосорбции теплота может составлять десятки тысяч Дж/моль и соизмерима с теплотой химической реакции.

Различают интегральную и дифференциальную теплоту адсорбции.

$$q_{\text{инт}} = \frac{q}{M} \left[\frac{\text{кал}}{\text{дж}}; \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right],$$

где q – общая теплота;

M – масса адсорбента.



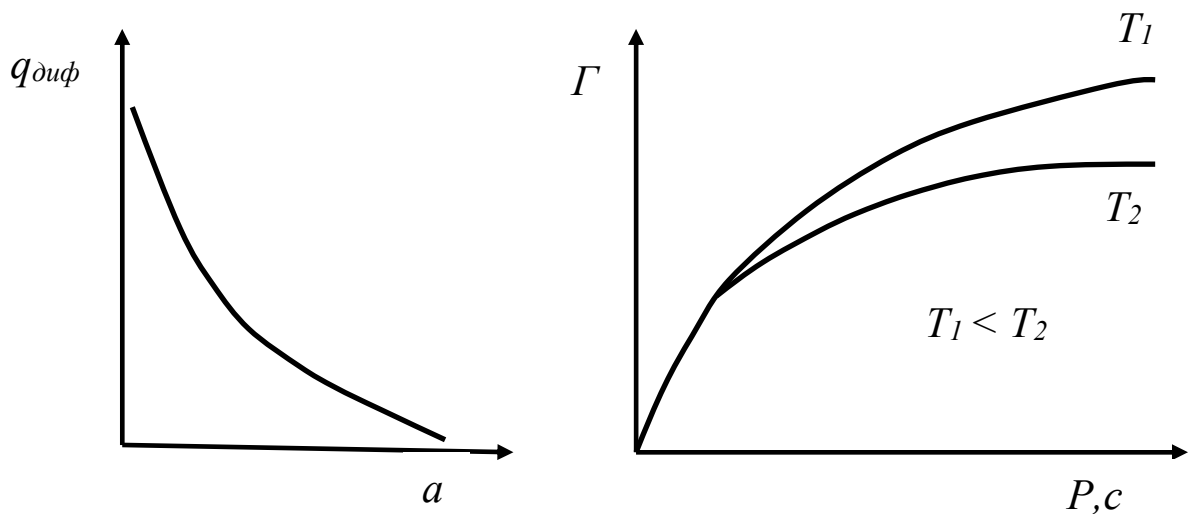
a – количество адсорбированного вещества.

Прямая линия на графике была бы в том случае, если бы все активные центры на адсорбенте были бы равноценны.

$$q_{\text{диф}} = \frac{dq}{dn},$$

где dq - дополнительно выделившееся тепло;

dn – дополнительно адсорбированное количество адсорбтива (n – число его молей)



При повышении температуры адсорбция уменьшается, так как повышение температуры интенсифицирует процесс десорбции.

Адсорбция на границе твердое тело – раствор является наиболее сложным видом адсорбции, так как здесь участвуют три тела: адсорбент, растворитель, растворенное вещество. При адсорбции растворителя и растворенного вещества лучше адсорбируется то, у которого энергия взаимодействия с поверхностью больше.

Адсорбция из растворов осложнена тем, что кроме межмолекулярного взаимодействия адсорбент-адсорбтив имеет место межмолекулярное взаимодействие: растворенное вещество-растворитель.

Поэтому нельзя вывести полную аналитическую зависимость для адсорбции растворенного вещества из растворов. Большинство зависимостей являются эмпирическими.

Величина адсорбции весьма мала и измеряется в ммоль/г-адсорбента.

a – величина адсорбции, определяемая по разности концентраций вещества до и после адсорбции:

$$a = \frac{(c_0 - c) \cdot v}{m} \cdot 100 \left[\frac{\text{ммоль}}{\text{г}} \right],$$

где c и c_0 – концентрация вещества после и до адсорбции;

v – объем раствора из которого происходит адсорбция;

m – масса адсорбента.

Адсорбцию из растворов делят на:

- 1) молекулярную – когда адсорбтив извлекается в виде отдельных молекул;
- 2) ионную – адсорбтив извлекается в виде ионов.

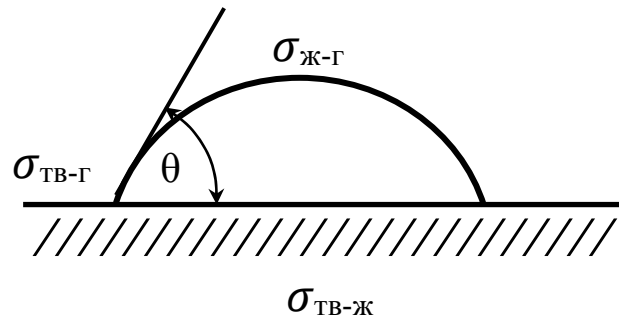
Явление смачивания

При нанесении на твердую поверхность капли жидкости могут быть два случая:

- а) жидкость полностью растекается на поверхности твердого тела;
- б) жидкость образует на поверхности твердого тела линзу.

Таким образом, имеем полное и неполное смачивание.

Критерием смачивания является краевой угол (θ) смачивания, а точнее его косинус.



$\cos\theta$ образованный касательной к поверхности капли, проведенной из любой точки периметра смачивания и твердой поверхностью.

Периметр смачивания – линия, на которой соприкасаются три среды – твердая, жидкая, газообразная. Эта линия ограничивает основание капли.

В любой точке периметра смачивания действуют три силы, силы поверхностного натяжения: $\sigma_{Ж-Г}$; $\sigma_{ТВ-Г}$; $\sigma_{ТВ-Ж}$.

Условие равновесия достигается при $\Sigma\sigma=0$.

$$\sigma_{ТВ-Г} = \sigma_{ТВ-Ж} + \sigma_{Г-Ж} \cdot \cos \theta \text{ - уравнение Юнга}$$

Отсюда

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{ТВ-Г} - \sigma_{ТВ-Ж}}{\sigma_{Ж-Г}}$$

В литературе часто приводят, что

$$\cos\theta=W \text{ – и называют его смачиваемость.}$$

Если:

- 1) $\theta < 90^\circ$ - смачивание происходит;
- 2) $\theta > 90^\circ$ - смачивание не происходит;
- 3) $\theta = 0^\circ$ - полное смачивание ($\cos\theta=1$);
- 4) $\theta = 180^\circ$ - полное несмачивание ($\cos\theta=-1$).

Четвертого случая в природе не встречается, так как под действием силы тяжести очень малое смачивание все же происходит.

Еще одним **критерием смачивания** является также работа адгезии:

$$W_{\text{ТВ-Ж}} = \sigma_{\text{ТВ-Г}} + \sigma_{\text{Ж-Г}} + \sigma_{\text{ТВ-Ж}} - \text{уравнение Дюпре}$$

где $W_{\text{ТВ-Ж}}$ – работа адгезии. Из этого уравнения нельзя определить W , так как нельзя поверхностное натяжение твердой поверхности определить экспериментально.

Подставив уравнение Юнга в уравнение Дюпре, получим:

$$W_{\text{ТВ-Ж}} = \sigma_{\text{ТВ-Ж}} + \sigma_{\text{Ж-Г}} \cdot \cos \theta + \sigma_{\text{Ж-Г}} - \sigma_{\text{ТВ-Ж}}$$

Далее

$$W_{\text{ТВ-Ж}} = \sigma_{\text{Ж-Г}} \cdot (1 + \cos \theta)$$

Если угол $\theta=0^\circ$, то $W_{\text{ТВ-Ж}} = 2\sigma - \text{max}$;

если угол $\theta=180^\circ$, то $W_{\text{ТВ-Ж}} = 0 - \text{min}$.

Следующим критерием смачиваемости является теплота смачивания (чем лучше происходит смачивание, тем больше выделяется тепла).

Теплота смачивания определяется, если твердый адсорбент представлен в виде порошка (то есть невозможно определить краевой угол смачивания). При определении получается очень небольшая величина и поэтому для ее измерения пользуются высокочувствительными калориметрами.

В зависимости от того смачивает ли вода поверхность того или иного материала различают гидрофильные (силикагель, глина, мел, гипс, стекло) и гидрофобные (металлы, уголь, парафин) поверхности.

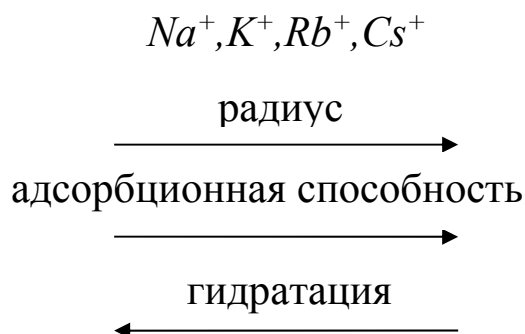
Для того чтобы изменить характер поверхности, необходимо использование ПАВ.

Влияние природы адсорбента на адсорбцию из раствора

Если вести адсорбцию на полярном адсорбенте из водного раствора, то адсорбции не произойдет из-за дезориентации молекул на границе раздела адсорбент-вода (и адсорбент и вода притягивают молекулы их полярной частью, следовательно, часть молекул повернется в одну сторону, часть – в другую). Таким образом, *адсорбцию на полярных адсорбентах необходимо вести из неполярных сред, и наоборот.*

Адсорбция электролитов (ионная)

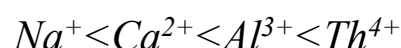
Зависит от природы адсорбента и ионов электролита. Чем более полярен адсорбент, тем лучше происходит адсорбция ионов на нем. Адсорбция зависит от радиуса ионов и их валентности. Чем больше радиус иона, тем больше его адсорбционная способность:



Ряды ионов, расположенные в порядке увеличения радиусов ионов, называются лиотропными (рядами Гофмейстера).

С увеличением радиуса уменьшается гидратационная способность ионов (так как уменьшается плотность заряда), что дает им возможность подойти ближе к адсорбенту и прореагировать с ним. Увеличивается так же поляризуемость иона, следовательно, энергия взаимодействия так же увеличивается, что приводит к возрастанию адсорбционной способности ионов.

Чем больше валентность ионов, тем они лучше адсорбируются:



адсорбционная способность



Адсорбция ионов на поверхности кристаллов

Экспериментально установлено правило Пескова-Фаянса: На поверхности кристалла будут адсорбироваться те ионы, которые входят в состав кристаллической решетки или изоморфны ионам, входящим в состав кристаллической решетки. Они будут образовывать с ионами кристалла труднорастворимые прочные соединения.

Обменная адсорбция

Если на поверхности адсорбента имеется слой (ранее адсорбированных) ионов, то находясь в растворе эти ионы могут вступать в обменные взаимодействия (а именно в обменную адсорбцию) с ионами раствора. Этот процесс называется ионообменной адсорбцией. Она имеет ряд специфических свойств:

- 1) протекает медленнее, чем обычная адсорбция;
- 2) обмен ионов идет в эквивалентном соотношении;
- 3) нередко изменяется рН среды.

Ионообменная адсорбция находит большое практическое применение при умягчении воды (использование ионообменных смол), производстве минеральных удобрений, хроматографии.

Хроматография – разделение веществ в результате сорбционных процессов при направленном движении одной из фаз. Впервые открыта Цветом в 1903 году. Опыт Цвета: Растворенный хлорофилл пропускается через стеклянную колонну, заполненную мелом. Через некоторое время стали видны зоны, окрашенные различным образом. Хлорофилл бесцветное сплошное вещество, а его компоненты имеют различную окраску. В результате одни его компоненты адсорбировались быстрее (верхние зоны) имели одну окраску, а другие – медленнее, (нижние зоны) другая окраска из-за различной адсорбционной способности.

Такое разделение веществ называется фронтальной хроматографией.

Если же компоненты по окраске не различимы, то разделение производится с помощью растворителя, вымывающего определенный компонент – элюгативная адсорбция.

Лекция № 7

Электрокинетические свойства дисперсных систем

К электрокинетическим явлениям относятся:

Электрофорез – это явление перемещения частиц твердой фазы относительно жидкой фазы в электрическом поле.

Электроосмос – это явление перемещения жидкой фазы относительно твердой фазы в электрическом поле.

Эти явления открыты Рейссом.

Потенциал седиментации (эффект Дорна) – это явление возникновения скачка потенциала при движении твердой фазы относительно неподвижной жидкой среды.

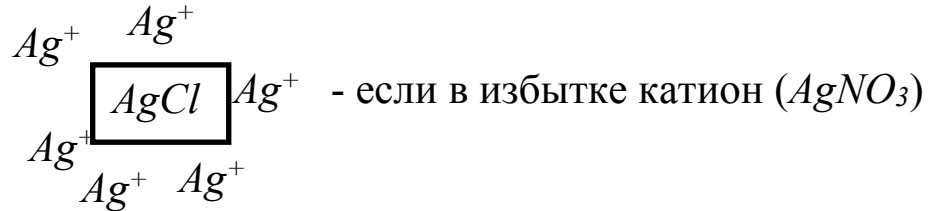
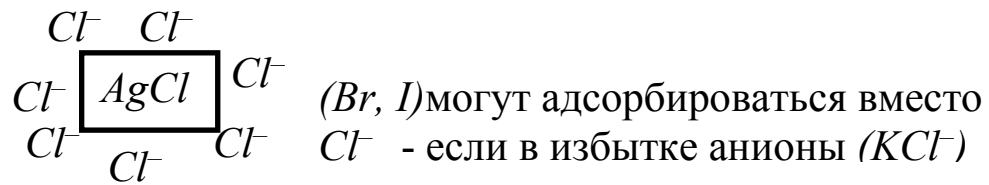
Потенциал течения (эффект Квинке) – это явление возникновения скачка потенциала при движении жидкой среды относительно неподвижной фазы.

Все указанные четыре явления имеют общее название – *электрокинетические*.

Причины возникновения зарядов на межфазной поверхности

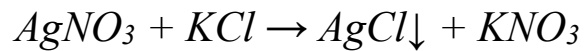
а) *Избирательная адсорбция ионов на поверхности твердой фазы.*

Согласно *правилу Пескова-Фаянса* на поверхности кристаллов адсорбируются те ионы, которые входят в состав кристаллической решетки или изоморфны ионам, входящим в состав кристаллической решетки.



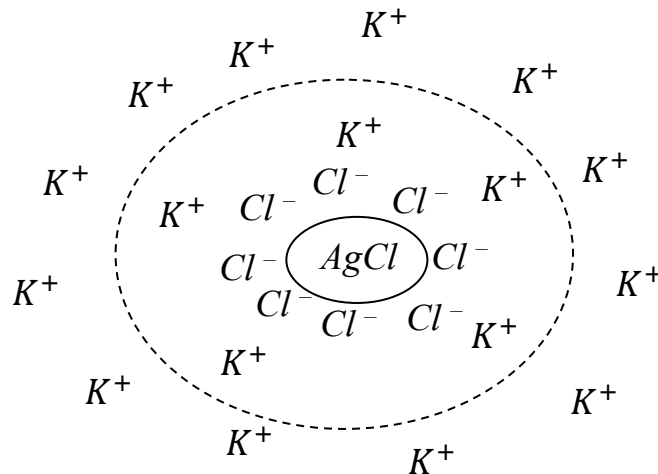
Адсорбируются те ионы, которые образуют прочные соединения, труднорастворимые с ионами, входящими в состав кристаллической решетки.

Рассмотрим реакцию:

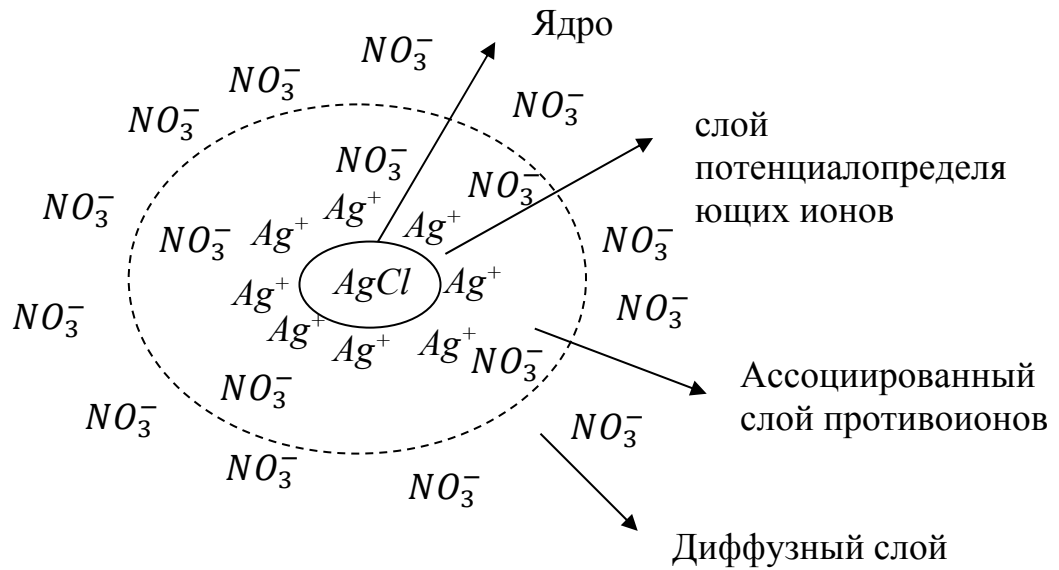


Посмотрим как происходит на кристалле AgCl адсорбция если:

1) KCl в избытке;



2) $AgNO_3$ в избытке.



Исключение: на поверхности кристаллов могут адсорбироваться ионы, которые обладают большой поляризуемостью (большой поверхностной активностью): OH^- , H^+ , крупные ионы органических красителей.

б) поверхностная диссоциация молекул (ионизация поверхностных молекул)



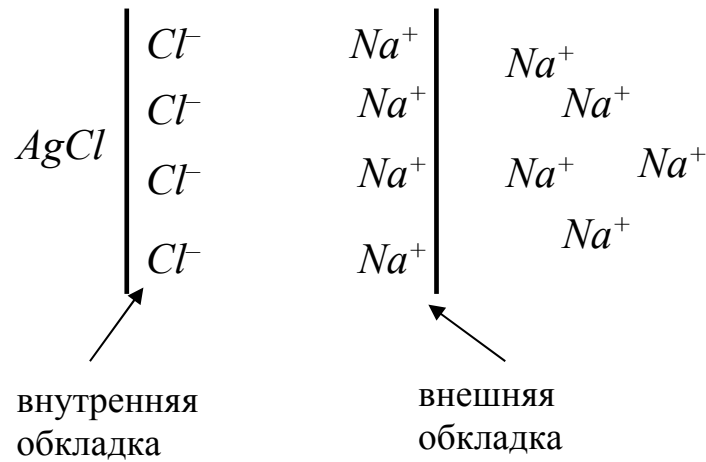
В результате образуется двойной электрический слой (ДЭС), вокруг непрореагировавших частиц SiO_2 .

Ионы, непосредственно адсорбирующиеся на поверхности называются **потенциалобразующими ионами**, а ионы, которые окружают их называют **противоионами**.

Строение ДЭС

Вначале существовала теория **Гельмгольца-Перрела**, согласно которой ДЭС устроен наподобие плоского конденсатора, где

потенциалоопределяющие ионы составляли внутреннюю обкладку, а противоионы – внешнюю:



Но на практике оказалось, что потенциал, измеренный при электрокинетических явлениях не равен потенциалу, рассчитанному по уравнению Нернста. И поэтому указанная теория нуждалась в существенной доработке, исходя из следующих соображений: внешняя обкладка не может быть плоской, так как есть диффузия. Это распределение подчиняется формуле распределения Больцмана:

$$c = c_0 \cdot e^{-\frac{w}{kT}},$$

где c_0 – концентрация ионов при нулевой потенциальной энергии E ;

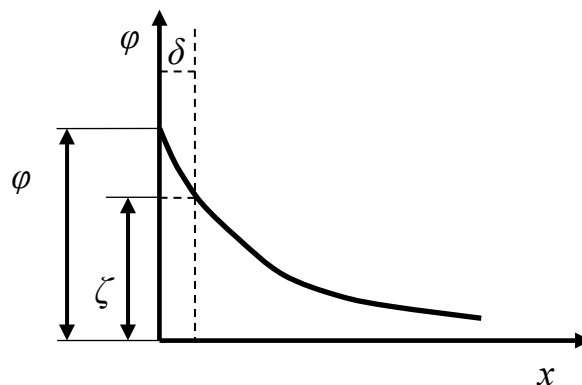
а c – концентрация ионов с $E_{\text{потенц}} = W$.

Вместе с тем, это распределение не распространяется на ионы, которые плотно прилегают к границе раздела.

Согласно теории **Гуи-Чемпена**, которая была создана в начале двадцатого века и существует до настоящего времени, внешний слой противоионов построен не *плоско*, а *диффузионно*, то есть имеет определенную толщину. Так как на противоионы действуют две противоположные силы: электрического притяжения к поверхности и

сила диффузии (направленная вглубь). *Слой противоионов, который близко примыкает к поверхности и движется вместе с ней, называется ассоциированным слоем, а слой противоионов, который находится дальше – называется диффузионным слоем. Между ними плоскость скольжения; здесь происходит разрыв между фазами во время электрокинетических явлений.*

На границе твердой фазы и среды возникает скачок потенциала (потенциал Нернста). Термодинамический (φ) потенциал – это работа переноса единицы заряда из бесконечности на данную точку поверхности раздела; он определяется плотностью и валентностью зарядов, приходящихся на единицу поверхности раздела фаз.



Потенциал φ меняется линейно в плоской части двойного слоя, ее толщина δ .

В диффузионной части φ изменяется по экспоненциальному закону:

$$\varphi = \varphi_0 \cdot e^{-x/\lambda},$$

где $1/\lambda$ - толщина диффузионного слоя (характеристический радиус).

ζ -Потенциал – часть общего потенциала, приходящегося на диффузионный слой, он называется **электрокинетическим потенциалом**. Это работа перенесения зарядов из бесконечности в данную точку плоскости скольжения. Это плотность зарядов, приходящаяся на единицу поверхности плоскости скольжения. **ζ -Потенциал** – истинный эффективный заряд частицы, проявляющийся во время электрокинетических явлений. Знак ζ -потенциала определяется знаком потенциал определяющих ионов. Величина ζ -потенциала определяется толщиной диффузионного слоя $1/\kappa$.

$$\frac{1}{\kappa} = \frac{K}{\sqrt{c_i^2 Z_i}}$$

где c – концентрация ионов;

Z – заряд ионов.

Когда толщина диффузионного слоя равна нулю, то и $\zeta=0$. Такое состояние системы называется **изоэлектрическим**.

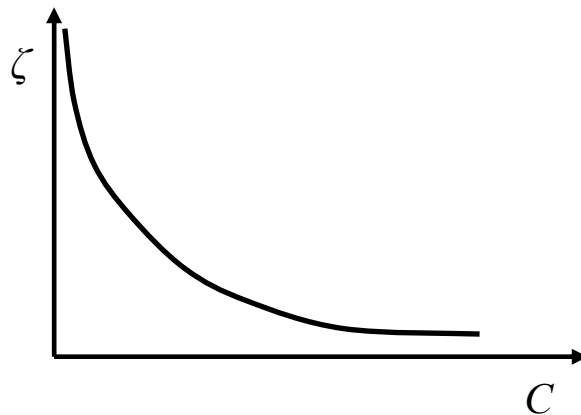
Влияние различных факторов на величину ζ -потенциала

На величину ζ -потенциала влияют:

- 1) Концентрация ионов в растворе;
- 2) Валентность ионов;
- 3) Радиус ионов;
- 4) Температура;
- 5) pH среды.

Рассмотрим **влияние концентрации ионов в растворе**.

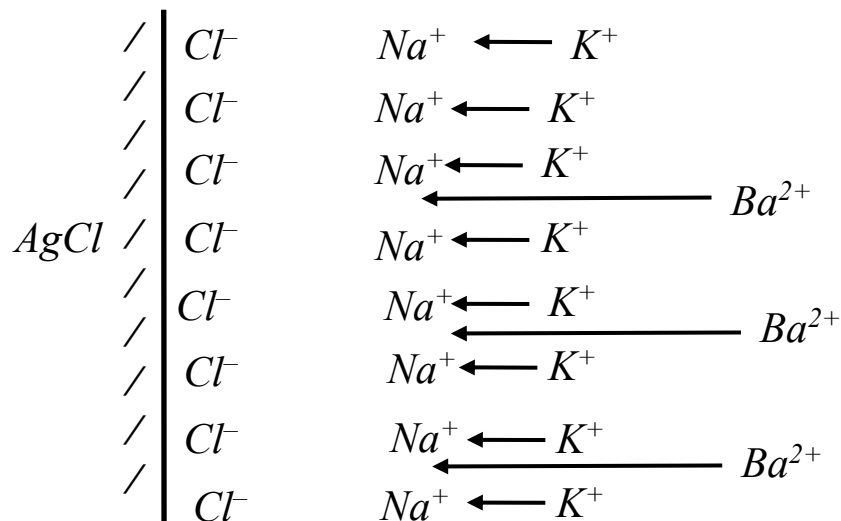
В общем виде графически можно представить, что с увеличением концентрации ионов в растворе величина ζ -потенциала падает



Объясняется это тем, что при повышении концентрации ионов в растворе уменьшается интенсивность диффузии, что приводит к уменьшению толщины диффузионного слоя и как следствие к уменьшению толщины ζ -потенциала.

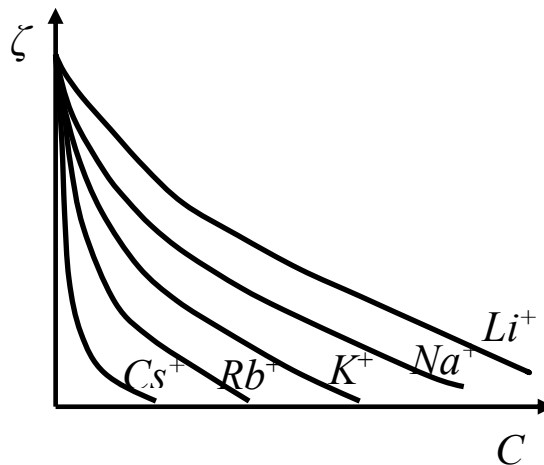
Влияние радиуса ионов:

Предположим, что в раствор добавили ионы, имеющие радиус больший, чем радиус ионов диффузионного слоя, то есть, например, ионы K^+ :



При этом произойдет обменная адсорбция в эквивалентном соотношении, то есть один ион K^+ вытеснит один ион Na^+ из диффузионного слоя.

Обменная адсорбция обладает таким свойством, что в обмен вступают определенные ионы: один ион вытесняется другим, у которого радиус больше, так как последний менее гидратирован и гидратная оболочка ему меньше мешает приблизиться к плоскости скольжения и проникнуть за нее. Толщина диффузионного слоя при этом уменьшается и величина ζ -потенциала также уменьшается.

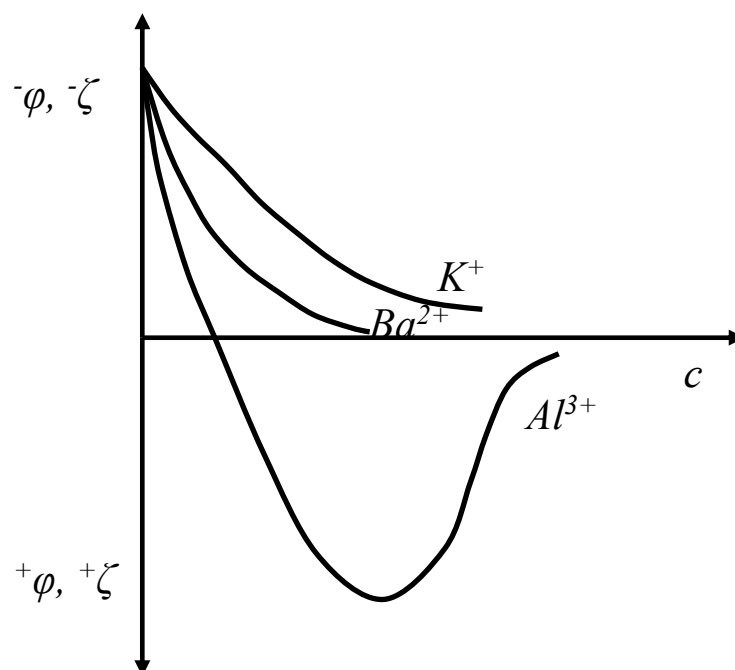


Влияние валентности ионов:

Введем в раствор ионы Ba^{2+} , которые будут обменно адсорбироваться в эквивалентном соотношении с ионами Na^+ ($Ba^{2+} \rightarrow 2Na^+$). При этом толщина диффузионного слоя уменьшается, так как ионы, обладающие большей валентностью обладают большей поляризуемостью, действие электростатических сил притяжения у них больше, следовательно величина диффузного слоя меньше и ζ -потенциал меньше.

При добавлении в раствор многозарядных ионов (например Al^{3+}) толщина диффузного слоя не только уменьшается, а может произойти перезарядка частиц и образоваться новый ДЭС, так как многовалентные ионы обладают способностью адсорбироваться в сверхэквивалентном количестве, то есть ионы Al^{3+} будут переходить за плоскость скольжения, и вытеснять потенциалопределяющие ионы (например Cl^-). Происходит перезарядка частицы.

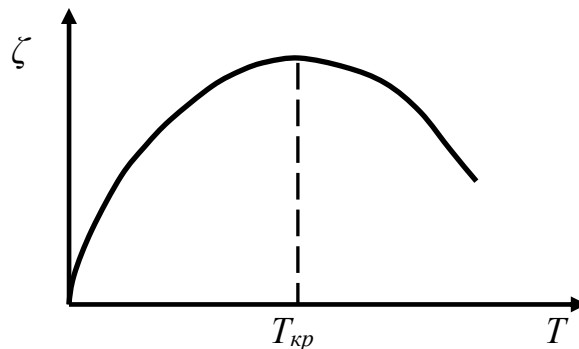
У ионов Al^{3+} возникает наведенный индуцированный момент. Они проникают за плоскость скольжения и идет взаимодействие типа диполь-диполь, которое складывается с кулоновскими силами. Меняется знак φ и ζ -потенциалов.



Как а уже ранее говорила, при ζ -потенциале равном нулю состояние системы называется *изоэлектрическим* и система при этом не устойчива.

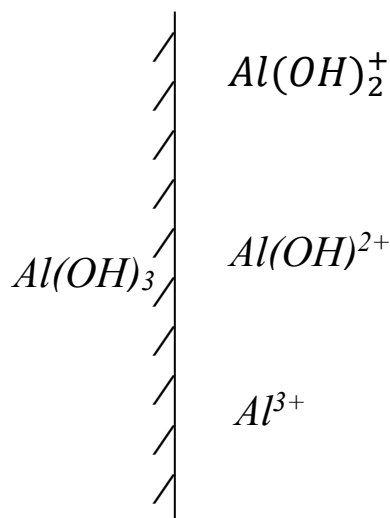
Влияние температуры

При повышении температуры растет интенсивность диффузии и толщина диффузного слоя увеличивается, следовательно увеличивается ζ -потенциал. Однако при достижении определенной температуры $T_{кр}$ (она для каждой пары адсорбент-адсорбтив своя) происходит десорбция потенциалопределяющих ионов с поверхности частиц и заряд системы в целом (то есть ϕ -потенциал) будет падать, и как следствие будет падать величина ζ -потенциала, так как при прочих равных условиях ζ -потенциал является частью ϕ -потенциала.



Влияние pH среды

Рассмотрим на примере взаимодействия $Al(OH)_3$ с HCl .

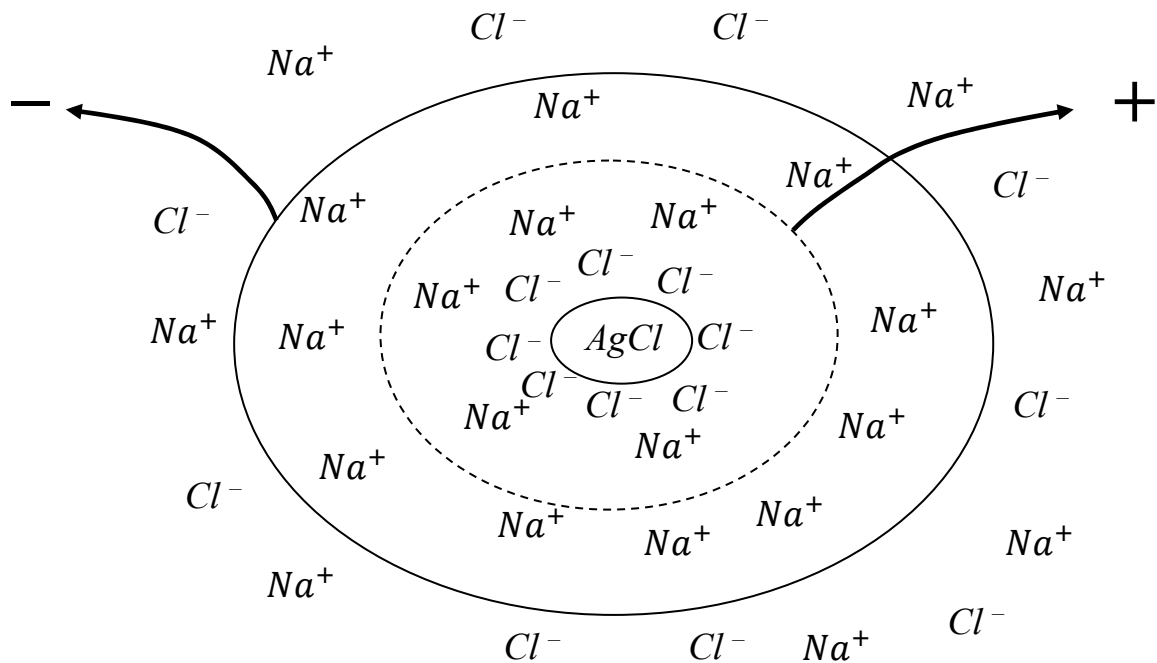


При малом количестве HCl образуется однозамещенная соль $Al(OH)_2^+Cl^-$, которая диссоциирует на ионы и адсорбируется

однозарядный ион $Al(OH)_2^+$. При большом количестве HCl образуется двухзамещенная соль $Al(OH)_2Cl_2$ и адсорбируется ион двухзарядный $Al(OH)_2^+$. При дальнейшем увеличении количества HCl образуется соль $AlCl_3$ и адсорбируется ион Al_3^+ .

Таким образом, изменение pH среды приводит к тому, что вначале адсорбируется одновалентный потенциалопределяющий ион, затем – двухвалентный и далее трехвалентный. Это обстоятельство приводит к изменению общего ϕ -потенциала (ранее мы говорили, что ϕ -потенциал определяется плотностью и валентностью потенциалопределяющих ионов) и как следствие к изменению ζ -потенциала, так как при прочих равных условиях, ζ -потенциал является частью ϕ -потенциала.

Механизм электрофореза



Электрофорез – движение частиц дисперсной фазы, относительно дисперсионной среды в электрическом поле.

Вначале при наложении электрического поля происходит деформация ДЭС. При достаточном напряжении, происходит явление электрофореза (разрыв происходит на границе двух фаз, а в жидкости, то есть разрыв частицы с диффузным слоем). При электрофорезе наблюдаются:

- 1) *явление электрической релаксации;*
- 2) *электрофоретическое торможение.*

Электрорелаксация тормозит процесс, так как частицы стремятся восстановить ДЭС (свою симметрию). Частицы движутся в движущейся в противоположном направлении жидкости. Это так же тормозит и изменяет траекторию движения частиц.

ζ -Потенциал для электрофореза считают по формуле Гельмгольца-Смолуховского:

$$\zeta = \frac{4\pi\eta}{D} \cdot U \cdot 9 \cdot 10^4 (\text{В}),$$

где η – вязкость дисперсионной среды;

D – диэлектрическая проницаемость;

U – электрофоретическая подвижность.

$$U = \frac{s}{\tau \cdot H}, \text{ где}$$

$$H = \frac{v}{l},$$

s – расстояние, которое проходит частица;

H – градиент потенциала;

v – напряженность поля;

l – расстояние между электродами.

Отличие электрофореза от электролиза: электрофорез подчиняется первому закону Фарадея, а второму закону – нет (то есть если при

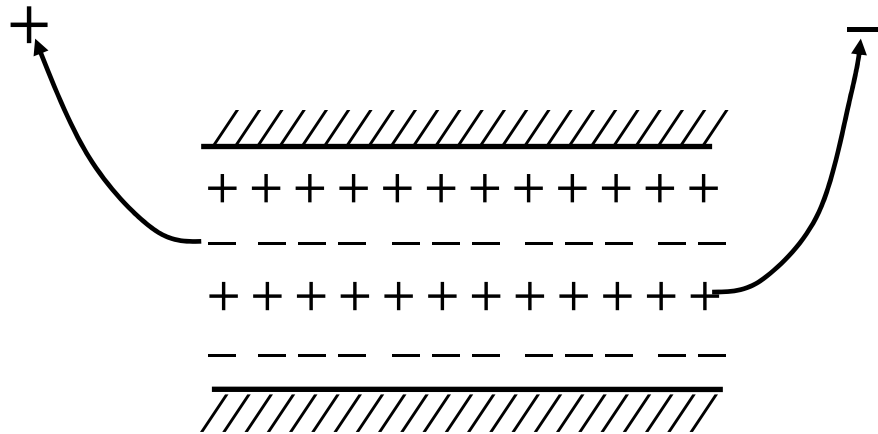
электролизе на электродах выделяется эквивалентное количество вещества, то при электрофорезе этого нет).

Электрофорез используется в медицине, для нанесения тонких покрытий, для разделения сложных органических молекул, при получении оболочек для сложного литья.

Механизм электроосмоса

Электроосмос – движение жидкой дисперсионной среды относительно твердой фазы в электрическом поле.

Рассмотрим разрез капилляра почвы земли, внутри которого вода:



На стенках капилляра возникает ДЭС, вследствие избирательной адсорбции на поверхности капилляра. При помещении капилляра в электрическое поле происходит перемещение жидкости относительно стенок. На место ушедших противоионов из капилляров под действием электрического поля приходят новые из глубины за счет перепада концентраций между глубинными слоями и верхними.

С помощью электроосмоса можно определить величину ζ -потенциала:

$$\zeta = \frac{4\pi\eta\kappa}{IД} \cdot v \cdot 9 \cdot 10^4 (\text{В}),$$

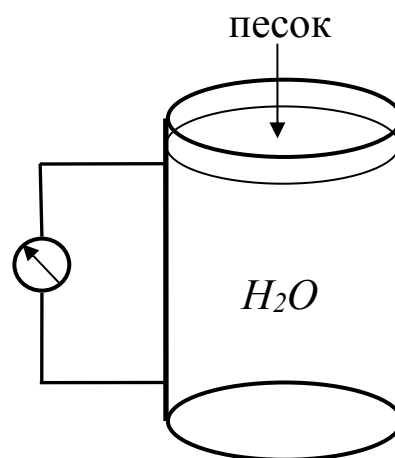
где v – объемная скорость движения жидкости;

I – сила тока;

κ – удельная электропроводность.

Электроосмос широко применяется при осушке дамб, плотины, торфа, в фильтрпрессах и др.

Потенциал седиментации (эффект Дорна)



При движении частиц песка в воде противоионы диффузного слоя отстают и возникает скачок потенциала, фиксирующийся гальванометром.

Потенциал течения (эффект Квинке)

При продавливании жидкости через пористую перегородку происходит вымывание противоионов и возникает скачок потенциала.

До настоящего времени практического применения указанных эффектов нет.

Лекция №8

Синтез дисперсных систем

Коллоидные частицы имеют размер $10^{-6} - 10^{-9}$ м и занимают промежуточное положение между грубодисперсными ($10^{-4} - 10^{-6}$ м) и молекулярно-ионными (менее 10^{-9} м). Поэтому они могут быть получены либо путем соединения отдельных молекул, либо в результате диспергирования сравнительно больших частиц.

Получают золи (золь – коллоидный раствор) двумя методами:

- 1) *методом диспергирования (измельчение более крупных частиц);*
- 2) *методом конденсации (укрупнение мелких частиц).*

Для получения золь необходимо, чтобы дисперсная фаза не растворялась или очень мало растворялась в дисперсионной среде. Дисперсные системы агрегативно неустойчивы, вследствие избытка свободной поверхностной энергии $F = \sigma \cdot S$. Для получения агрегативно устойчивых систем необходимо введение **стабилизатора**. Это может быть чужеродное вещество или вещество образующееся в самой системе.

Методы конденсации

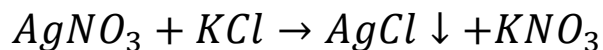
Конденсация – это метод, который создает условия для слипания (конденсации) молекул, ионов в частицы коллоидной степени дисперсности.

По теории русского ученого Веймарна конденсация происходит из пересыщенных систем. Пересыщенные системы можно создать двумя путями:

- 1) *физический способ конденсации;*
- 2) *химический способ конденсации.*

Химический способ

Необходимо провести химическую реакцию в результате которой образуется труднорастворимое вещество:



Чтобы получился коллоидный раствор, а не осадок, необходимо один из реагентов взять в избытке, который играет роль стабилизатора. Частицы стабилизатора образуют ДЭС и частицы AgCl не выпадут в осадок (будут находиться в растворе).

При этом должно быть соблюдено правило Веймарна: при конденсации образование коллоидной системы будет в том случае, если скорость образования зародышей кристалла будет больше скорости роста самих кристаллов:

$$V_1 > V_2;$$

$$V_1 = K \frac{C_n - C_n}{C_n};$$

где C_n – концентрация в пересыщенных растворах;

C_n - концентрация в насыщенных растворах;

разность $C_n - C_n$ представляет собой избыток вещества, способного образовывать кристаллы, следовательно в известной степени может служить мерой скорости выделения вещества из раствора.

Физический способ

Заключается в получении пересыщенной системы с помощью изменения физических параметров: температуры, давления и растворимости вещества. Охлаждая перегретый пар, можно провести конденсацию пара с получением капель размера коллоидных частиц.

Методы диспергирования

Существуют три вида измельчения:

- 1) *механическое;*
- 2) *электрическое;*
- 3) *ультразвуковое.*

Механическое дробление вещества осуществляется в мельницах, работающих на трех основных принципах: удар, трение, вибрация (а так же различное их сочетание).

При механическом измельчении для снижения энергетических затрат используют добавки ПАВ. Этот процесс называется адсорбционным понижением твердости (или эффект Ребиндера). При добавлении ПАВ происходит следующее: на поверхности вещества всегда есть дефекты: щели, трещины, расположенные на расстоянии до 100 нм. При вводе ПАВ, его молекулы оно будут адсорбироваться на стенках этих трещин и тем самым экранировать молекулярные силы сцепления этих трещин. То есть слои ПАВ не дают щелям срастаться, следовательно, чтобы деформировать этот кусок вещества нужно затратить меньше энергии.

В производственных условиях перед измельчением вещества, его обрабатывают растворами ПАВ. При механическом дроблении коллоидную степень дисперсности получить практически трудно.

Электрическое измельчение

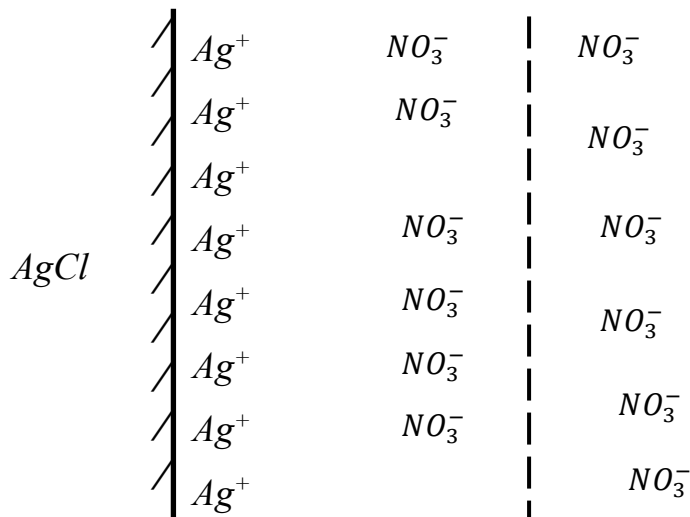
Электрическое распыление возможно при постоянном токе (метод Брэдига) и переменном токе (метод Светберга). Используется обычно для измельчения мягких материалов (в порошковой металлургии, при производстве добавок в ракетное топливо).

Ультразвуковой метод

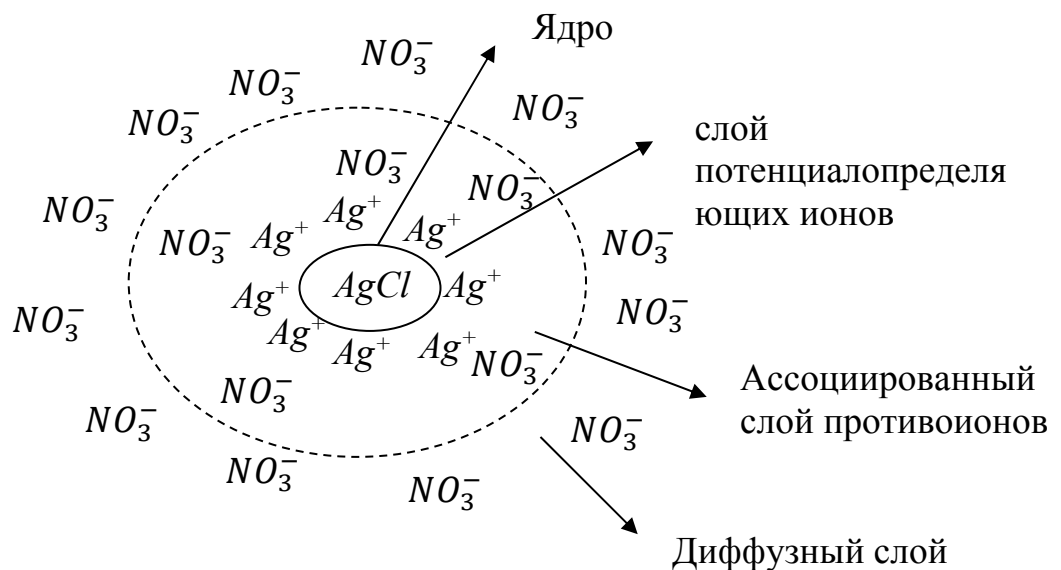
Применяется так же для дробления мягких материалов. Вещество в пробирке помещают в непроводящее масло (трансформаторное), в него помещают источник ультразвуковых волн (кварцевый генератор), которые распространяясь кавитацией (в виде локальных сжатий и растяжений) дробят вещество.

Строение мицеллы

Схема строения мицеллы в плоскости:

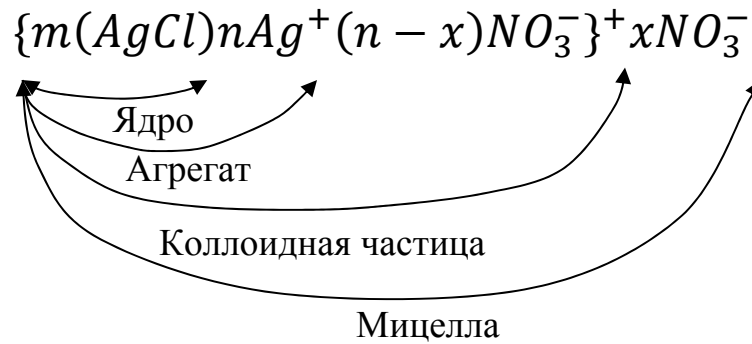


Мицелла состоит из:



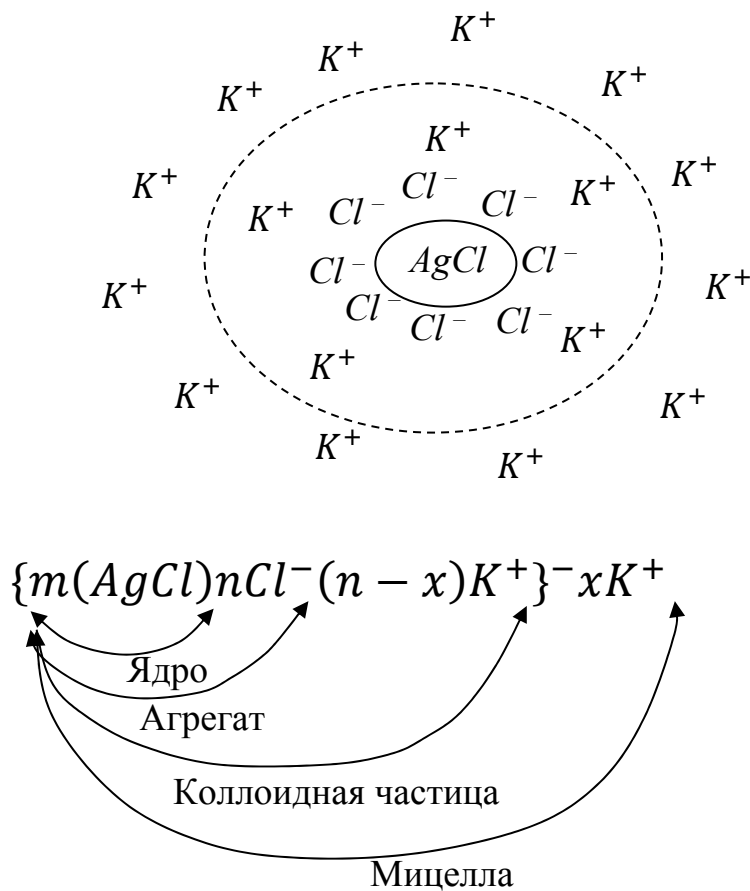
Без стабилизатора образуются кристаллы.

Формула мицеллы AgCl, стабилизированная избытком AgNO₃

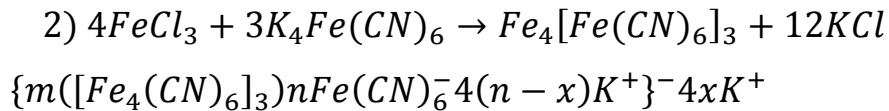
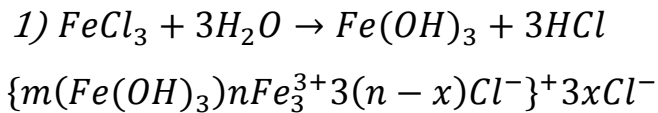


Коллоидная частица всегда имеет заряд. Заряд частицы определяется зарядом потенциалопределяющих ионов. В целом мицелла нейтральна.

При избытке KCl:



Еще примеры:



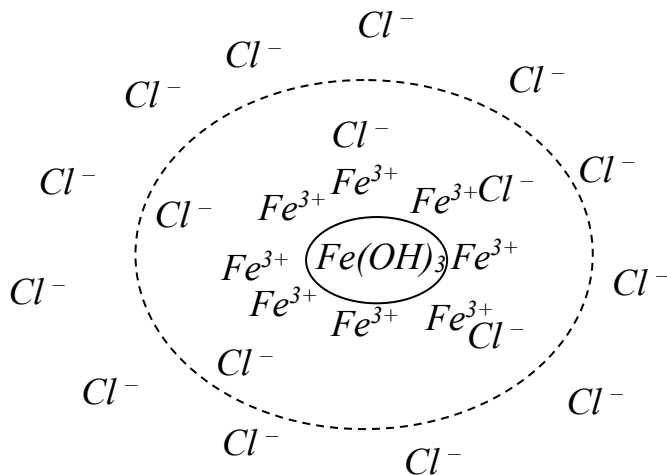
Методы пептизации

Пептизация – это перевод рыхлых осадков в коллоидный раствор с помощью физико-химических воздействий. Существуют:

- 1) Пептизация адсорбционная;
- 2) Пептизация путем поверхностного растворения осадка;
- 3) Пептизация путем промывания осадка.

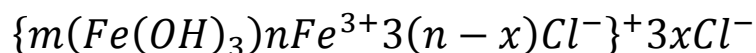
Пептизация адсорбционная

Имеем рыхлый осадок $FeOH_3$. Рыхлый осадок – осадок, частицы которого сохранили коллоидную степень дисперсности, отделены друг от друга прослойкой дисперсионной среды и имеют величину ζ -потенциала равную нулю. Прибавляем пептизатор $FeCl_3$, который образует ДЭС вокруг частиц $FeOH_3$:



Частицы получают одноименный заряд и отталкиваясь друг от друга под влиянием теплового движения переходят в раствор.

Запишем формулу образования мицеллы:



Пептизация путем поверхностного растворения

Имеем осадок $Fe(OH)_3$, к нему добавим HCl в недостатке. В результате происходит реакция на поверхности $Fe(OH)_3$ с образованием $FeCl_3$, который будет в дальнейшем стабилизатором (пептизатором) к остальной части непрореагировавшего осадка $Fe(OH)_3$. То есть, далее происходит адсорбционная пептизация.

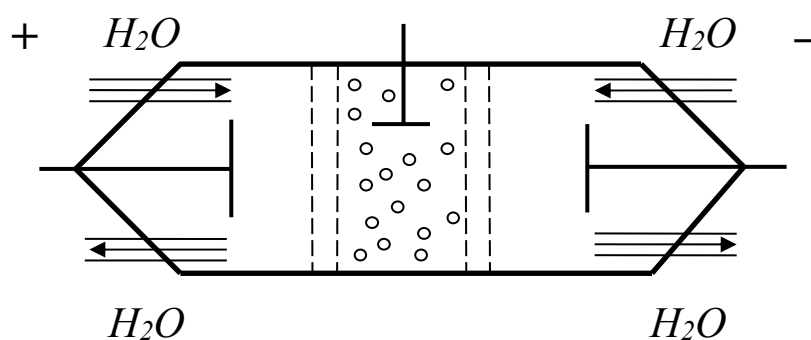
Пептизация путем промывания осадка

На фильтре осадок $Fe(OH)_3$, который промывают водой. Через некоторое время частицы $Fe(OH)_3$ переходят в раствор. Происходит это вследствие того, что водой уносится избыток электролита, который сжимал ДЭС, в результате чего частицы находились в изоэлектрическом состоянии (то есть $\zeta=0$). Вспомним, из определения, что рыхлый осадок – это осадок, частицы которого сохранили коллоидную степень дисперсности, отделены друг от друга прослойками дисперсионной среды и имеют величину ζ -потенциала равную нулю. В процессе вымывания часть противоионов, сжимающих ДЭС, уходят, диффузионный слой расширяется и частицы приобретают заряд, что позволяет им переходить в раствор.

Очистка дисперсных систем от примесей

Примеси бывают двух видов: *грубые и молекулярно-ионные*. От первых избавляются путем фильтрования через обычный бумажный фильтр. От вторых – путем *диализа*.

Диализатор – полупроницаемая мембрана, через которую проходят молекулы, ионы, а коллоидные частицы задерживаются. Диализ проходит очень медленно, поэтому на производстве используют электродиализ. Электродиализатор состоит из трех камер, отделенных полупроницаемой мембраной (изготовленного из целлюлозы, пергамент, целлофана, бычьего пузыря, почек).



В среднюю камеру с мешалками помещают очищенный золь, в боковые – подводят источник напряжения. Ионы, находящиеся в золе начинают двигаться к соответствующему полюсу, проникая сквозь поры мембраны. Происходит быстрая очистка золя (от нескольких часов до нескольких минут).

Диализ можно проводить под давлением – это ультрафильтрация. Фракционирование зелей (разделение по фракциям по размерам частиц) проводят в центрифугах (около 1 млн. об/мин), получают силу тяжести, которая на два порядка больше силы земного тяготения. В результате происходит седиментация зелей и разделение частиц дисперсной фазы по фракциям.