



ВОЛГОГРАДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Предмет и задачи коллоидной химии. Методы
получения и очистки коллоидных систем.
Молекулярно-кинетические и оптические
свойства коллоидных систем. Строение
коллоидных частиц. Электрокинетические
явления. Кинетическая и агрегативная
устойчивость коллоидных систем. Коагуляция и
ее теории. Кинетика коагуляции

д.х.н., заведующий кафедрой химии Брель А.К.

к.х.н., доцент кафедры химии Будаева Ю.Н.

к.фарм.н., доцент кафедры химии Атапина Н.В.



Коллоидная химия («коллоид» — от греческого κόλλα — клей) — наука, изучающая физико-химические свойства гетерогенных высокодисперсных систем и ВМВ в твердом состоянии и в растворах.

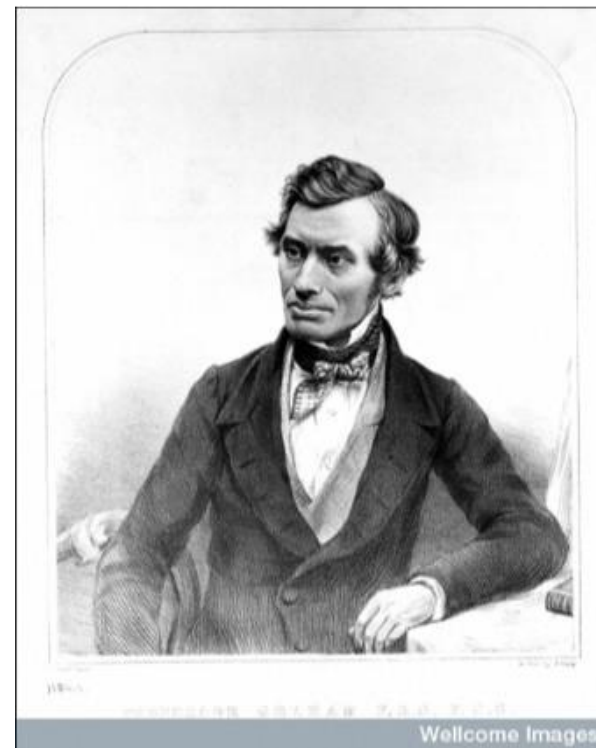
Коллоидная химия изучает состав, внутреннее строение и превращения дисперсных систем, а также поверхностные явления на границе раздела фаз.



История развития коллоидной химии

Томас Грэм (Грэхэм)
английский/шотландский химик
впервые использовал термин
«коллоид» для описания
растворов с необычными
свойствами.

В развитие этой науки
внесли вклад Т. Юнг,
П. Лаплас, Д. Гиббс,
Г. Гельмгольц, Д. Рэлей
И. Ленгмюр и др.



Т. Грэм (1805-1869)



Н. П. Песков (1880-1940)

Николай Петрович Песков - российский и советский химик и физик. Основатель современной коллоидной химии как науки о поверхностных явлениях и дисперсных системах. Ввел понятие об агрегативной и седиментационной устойчивости дисперсных систем.



Основные понятия

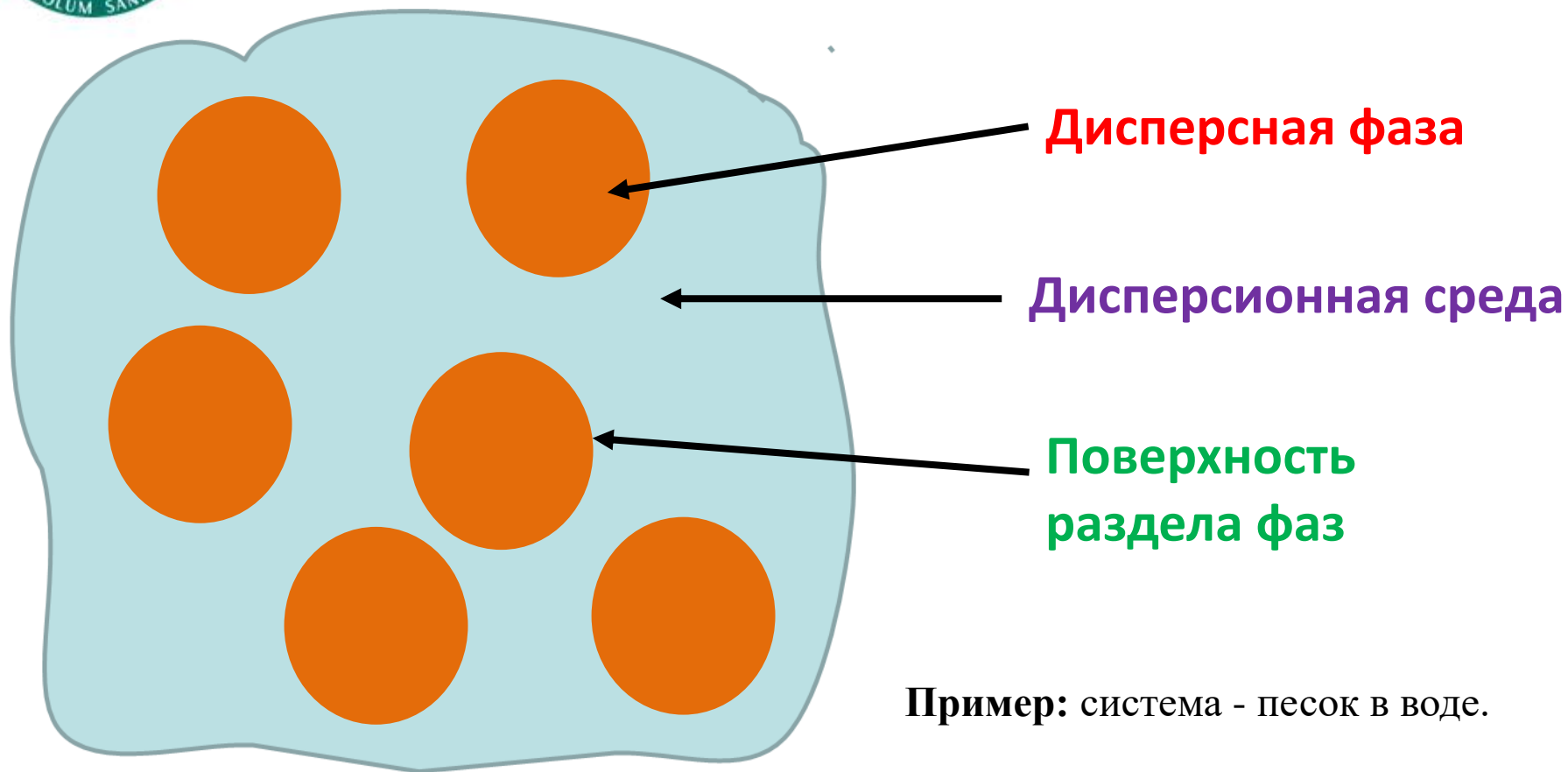
Коллоидные растворы — высокодисперсные системы у которых частицы имеют размер 1-100 нм.

Дисперсные системы — неоднородные, гетерогенные физико-химические системы. Состоят из 2 и более фаз.

Дисперсная фаза представляет собой частицы и **дисперсионной среды** - сплошная среда, в которой находится раздробленная дисперсная фаза.



Дисперсная система



Песок - дисперсная фаза,
вода - дисперсионная среда.



Классификация коллоидных систем по размеру частиц

Тип системы	Размер частиц, м
1. грубодисперсные	$10^{-4} - 10^{-7}$
2. коллоидно-дисперсные	$10^{-7} - 10^{-9}$
3. молекулярные и ионные растворы	$<10^{-9}$

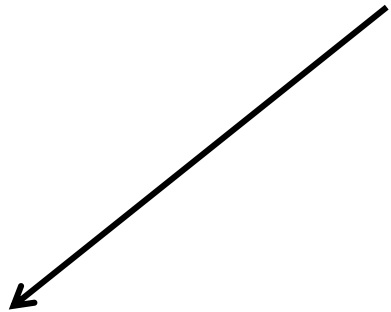


Классификация по агрегатному состоянию дисперсионной среды и дисперсной фазы

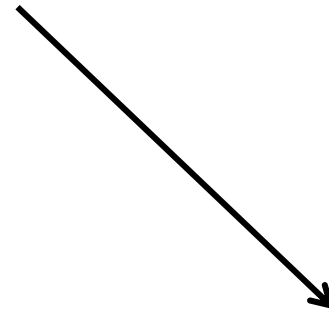
Дисперсионная среда	Дисперсные системы для дисперсных фаз		
	твердых	жидких	газовых
Жидкая (лиозоли)	Т/Ж естественные водоемы, краски, красители для тканей	Ж/Ж нефть, теплое молоко, майонез, краски, лаки	Г/Ж мыльная пена, игристые вина, газированная вода
Твердая (солидозоли)	Т/Т уголь, драгоценные камни, бетон, цемент, асфальт	Ж/Т древесина, растительный мир	Г/Т хлеб, сыр, пенопласт, пемза
Газовая (аэрозоли)	Т/Г мука и сыпучие пищевые массы, пыль и дым в атмосфере	Ж/Г туман, облака, бытовые средства в аэрозольном состоянии	Г/Г маловероятны (образуются за счет флуктуации плотности)



Методы получения коллоидных растворов



конденсационные



дисперсионные



Конденсационные методы (от лат. – укрупнять) – получение частиц дисперсной фазы путем объединения атомов, молекул, ионов.

Различают *физическую* и *химическую* конденсацию.

Физическая конденсация – это метод замены растворителя.

Сначала готовят истинный раствор вещества в летучем растворителе (например, канифоль в спирте) и добавляют к жидкости, в которой вещество нерастворимо (вода).

В результате происходит резкое понижение растворимости и молекулы вещества конденсируются в частицы коллоидных размеров.

Химическая конденсация – для получения коллоидных растворов используют любые реакции, в результате которых образуются малорастворимые соединения (реакции обмена, гидролиза, восстановления и др.).



Чтобы в ходе реакции образовался коллоидный раствор, необходимо соблюдение, по крайней мере, **трех условий**:

1. чтобы вещество дисперсной фазы было нерастворимо в дисперсионной среде;
2. чтобы скорость образования зародышей кристаллов дисперсной фазы была гораздо больше, чем скорость роста кристаллов;
3. чтобы одно из исходных веществ было взято в избытке, именно оно является стабилизатором.



Примеры реакций химической конденсации

Реакция восстановления	$\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2 \rightarrow 2\text{Ag}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$
Реакция окисления	$2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \rightarrow 3\text{S}\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$
Реакция гидролиза	$\xrightarrow{100^\circ} \text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{HCl}$
Реакция обмена	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + 2\text{CuCl}_2 \rightarrow \text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]\downarrow + 4\text{KCl}$



Методы диспергирования (от лат. — измельчать) — получение частиц ДФ путем дробления крупных частиц на более мелкие.

Применяют:

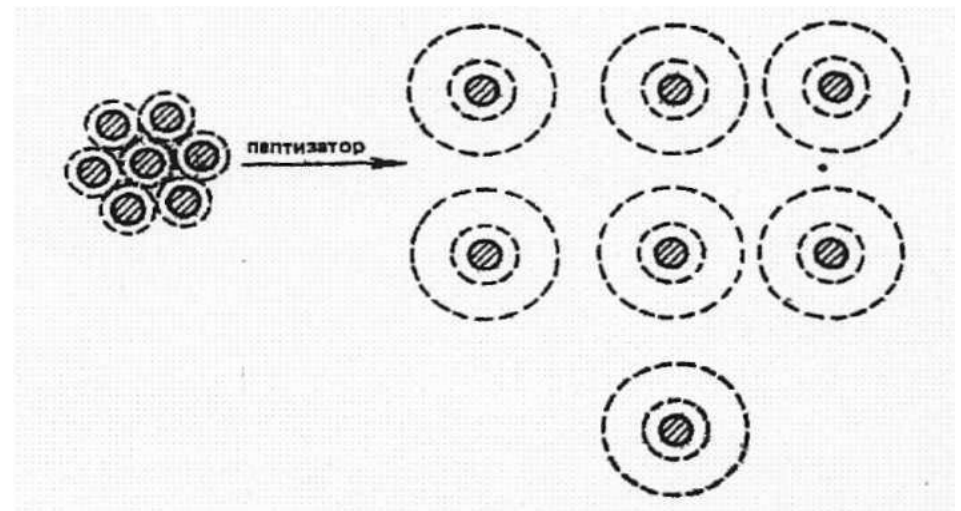
механическое дробление (с помощью шаровых или коллоидных мельниц)

ультразвуковое (под действием ультразвука) электрическое (при использовании электродов).

Химическое

диспергирование—

пептизация (заключается в химическом воздействии на осадок).





Методы очистки коллоидных растворов

Низкомолекулярные примеси (чужеродные электролиты) разрушают коллоидные системы.

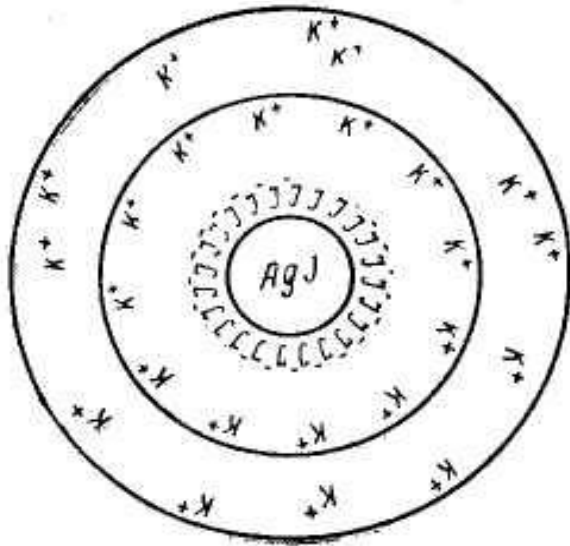
Диализ — отделение зольей от низкомолекулярных примесей с помощью полупроницаемой мембраны.

Электродиализ — диализ, ускоренный внешним электрическим полем.

Ультрафильтрация — электродиализ под давлением (гемодиализ).



Строение коллоидных мицелл



Мицелла — частица дисперсной фазы вместе с двойным электрическим слоем (ДЭС).

Внутренняя часть мицеллы - агрегат, состоящий из большого числа молекул или атомов малорастворимого вещества (м.р.с.)

Агрегат электронейтрален, но адсорбирует на своей поверхности ионы из раствора — потенциалопределяющие ионы (ПОИ).

Правило Панета-Фаянса:

«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.»

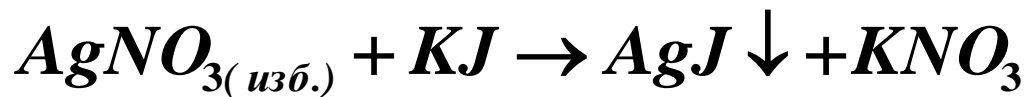


Агрегат вместе с ПОИ составляет ядро мицеллы. Заряженное ядро мицеллы, притягивает противоионы (ПИ) из раствора. Часть ПИ образует адсорбционный слой.

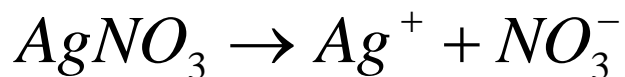
Ядро с ПИ плотной части ДЭС образуют гранулу или коллоидную частицу. Знак заряда коллоидной частицы определяется знаком заряда ПОИ.

Коллоидную частицу окружают ПИ диффузной слоя – оставшая часть ПИ, подвергающихся броуновскому движению и менее прочно связанная с ядром.

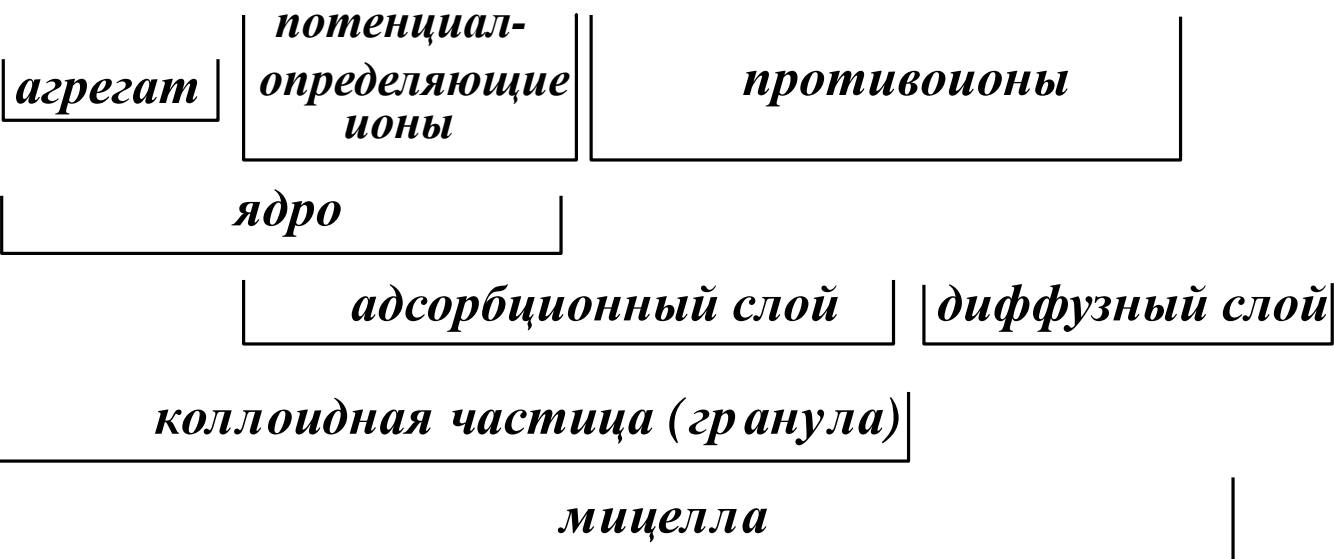
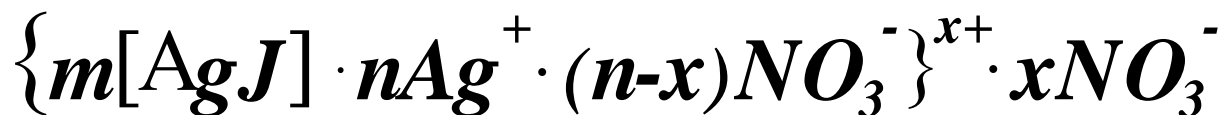
В целом образуется мицелла. Мицелла в отличие от коллоидной частицы электронейтральна.

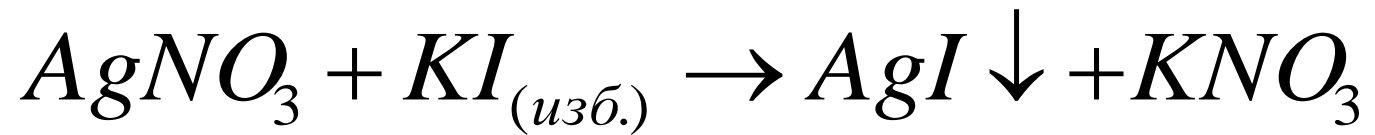


$AgNO_3$ – электролит-стабилизатор



Ag^+ – ПОИ, NO_3^- – ПИ

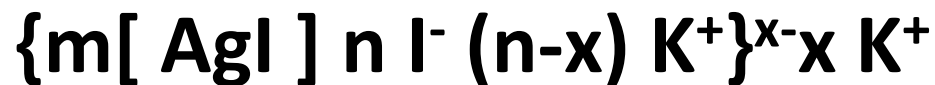




KI – электролит-стабилизатор



I^{-} – ПОИ, K^{+} – ПИ





Молекулярно-кинетические войства коллоидных растворов

1. **Броуновское движение** – а) поступательное движение - суммарная направленность и скорость 10^{14} м/с; б) вращение, в) колебательные движения. Частицы < 5 мкм – не двигаются.
2. **Диффузия** – процесс самопроизвольного уравнивания концентрированных коллоидных частиц по всему объему за счет броуновского движения.



3. Осмотическое давление – давление частиц раствора на полупроницаемую мембрану пропорционально концентрации частиц и t .

$$P=cRT$$

С увеличением частиц осмотическое давление уменьшается. Онкотическое давление крови 0,03-0,04 АТМ.

4. Седиментация – оседание частиц дисперсной фазы под влиянием гравитации или центробежной силы.

В коллоидных растворах седиментация может наступить в результате укрупнения частиц.

Коллоидные растворы в стадии броуновского движения практически не оседают — седиментационное равновесие.

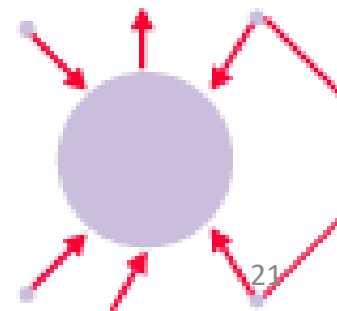
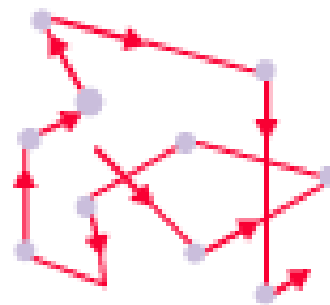


Броуновское движение

Броуновское движение – непрерывное хаотическое движение малых частичек, взвешенных в жидкой или газовой среде, вызываемое тепловыми движениями молекул окружающей среды. Броуновское движение зависит от размеров частичек, температуры и вязкости среды.

Количественной мерой перемещения частицы при броуновском движении является величина среднего смешения (или сдвига) частицы Δ за некоторый промежуток времени t .

$$\overline{\Delta} = \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}{n}},$$





Уравнение Эйнштейна - Смолуховского

$$\bar{\Delta}^2 = \frac{RT}{3\pi r\eta N_A} \cdot t$$

Где:

Δ – среднеквадратичный сдвиг, м **R** – универсальная газовая постоянная, 8,314 кПа·л/(моль·К); **T** – абсолютная температура, К;
 η – вязкость дисперсионной среды, Па·с ; **r** – радиус взвешенных частиц, м ; **N_A** – постоянная Авогадро $6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹; **t**-время, с.



Диффузия

Диффузия – процесс самопроизвольного выравнивания концентрации диспергированного вещества под влиянием теплового хаотичного движения частиц.

Скорость диффузии коллоидных частиц (из-за больших размеров) во много раз меньше скорости диффузии молекул и ионов низкомолекулярных веществ.

Поэтому по скорости диффузии можно определить радиус и степень дисперсности коллоидных частиц.



Количественно диффузия может быть выражена уравнением первого **закона Фика** в дифференциальной форме:

$$\frac{dm}{dt} = -DS \frac{dc}{dx}$$

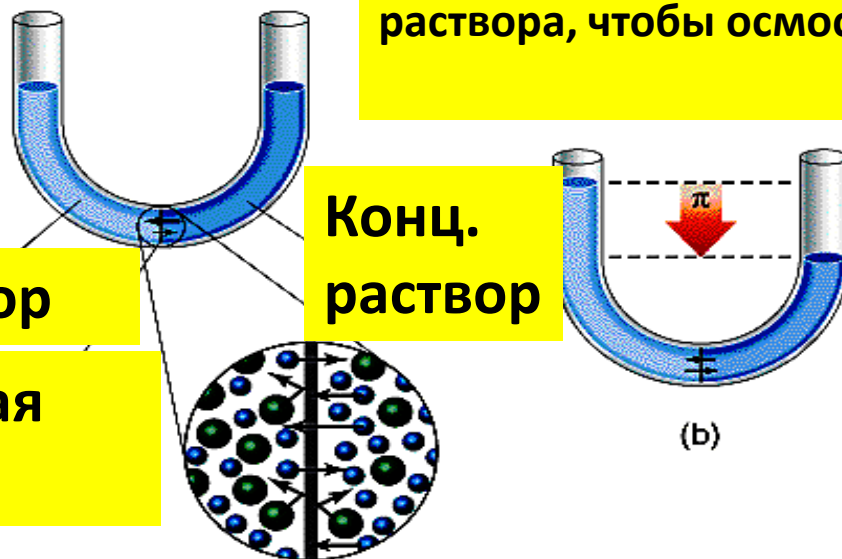
где **dm** — масса вещества (в молях или граммах), продифференцированное за бесконечно малое время **dt** через площадь **S**; **dc** — падение концентрации на бесконечно малом отрезке диффузионного пути **dx**, **D** — коэффициент диффузии, индивидуально характеризующий диффузионную способность данной дисперсной системы.



Осмотическое давление

Осмос – это односторонняя диффузия молекул чистого растворителя через полупроницаемую мембрану из раствора с меньшей концентрацией в более концентрированный раствор.

Осмотическим давлением раствора измеряется минимальным гидростатическим давлением, которое нужно приложить к мембране со стороны раствора, чтобы осмос прекратился.



Разб.раствор

Конц.
раствор

Полупроницаемая
мембрана

(a)

(b)



Осмотическое давление определяется законом Вант-Гоффа:

$$\pi = cRT$$

где c – молярная концентрация, моль/л; T – температура, К; R – газовая постоянная, 8,314 кПа·л / (моль·К).

$$c = \frac{\nu}{N_A}$$

где ν – частичная концентрация, моль/л; N_A – постоянная Авогадро, постоянная Авогадро $6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹.

Под частичной концентрацией понимают число частиц (ионов, молекул, коллоидных частиц) в единице объема раствора.

В связи с этим уравнение Вант-Гоффа можно записать так:

$$\pi = \frac{\nu}{N_A} RT$$



Осмотическое давление коллоидных растворов имеет особенности:

- **является низким** (из-за больших размеров частиц и низкой концентрации);
- **меняется во времени** (из-за агрегации коллоидных частиц).



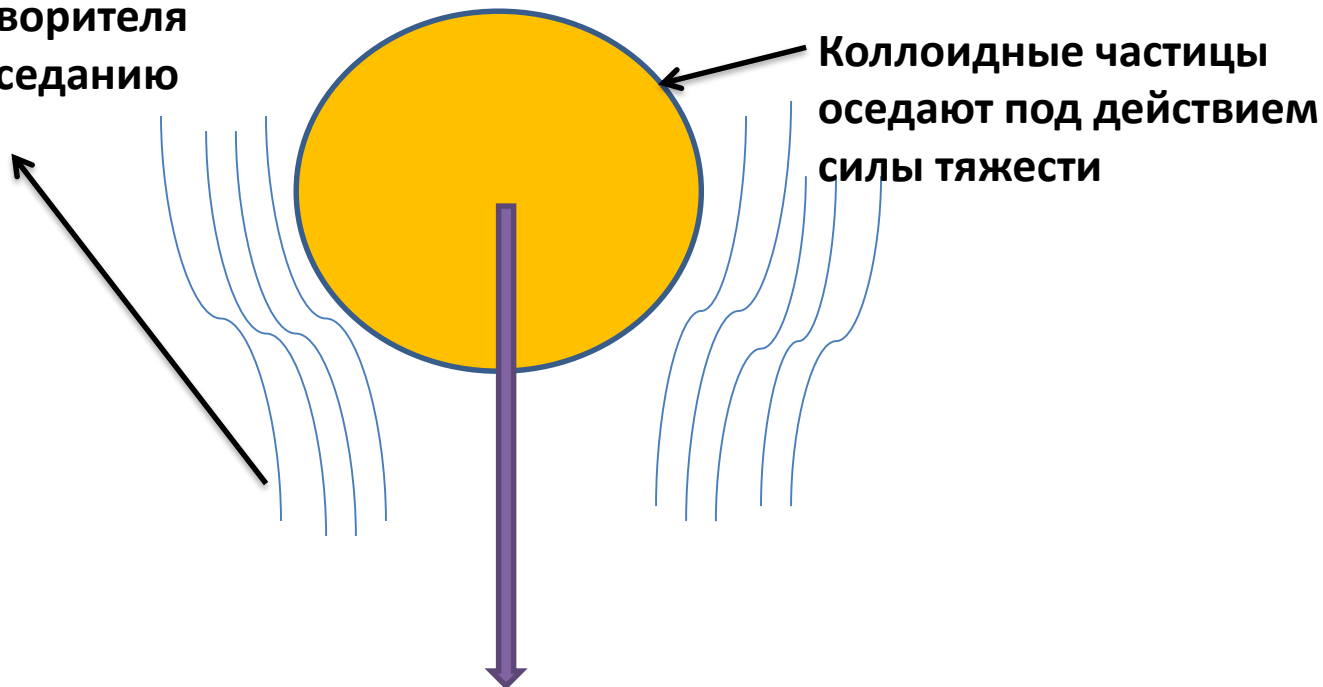
Седиментация и седиментационное равновесие

Седиментация (от лат. sedimentum – оседание) – оседание частичек дисперсной фазы в жидкости или газе под влиянием гравитационного поля или центробежных сил. В коллоидных растворах седиментация наступает лишь при укрупнении частичек в результате перекристаллизации или их коагуляции.



Состояние системы, при котором сила тяжести и сила диффузии уравниваются друг друга называется седиментационным равновесием.

Молекулы растворителя
препятствуют оседанию





Скорость оседания частиц не зависит от их природы, а определяется размером частиц, разностью плотностей частиц и среды, вязкостью среды.

По **закону Стокса**, скорость оседания шарообразных частиц с радиусом равна

$$v = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2 (d - d_0) \cdot g}{\eta}$$

где v – скорость оседания частиц,

r – радиус частиц, d и d_0 – плотности диспергированного вещества и растворителя, η – вязкость среды, g – ускорение силы тяжести.



Оптические свойства коллоидных растворов

Для коллоидных растворов диаметр частиц примерно равен длине волны падающего света.



В этом случае преобладает дифракционное рассеяние света, так как каждая коллоидная частица становится вторичным источником света.



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

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 ,

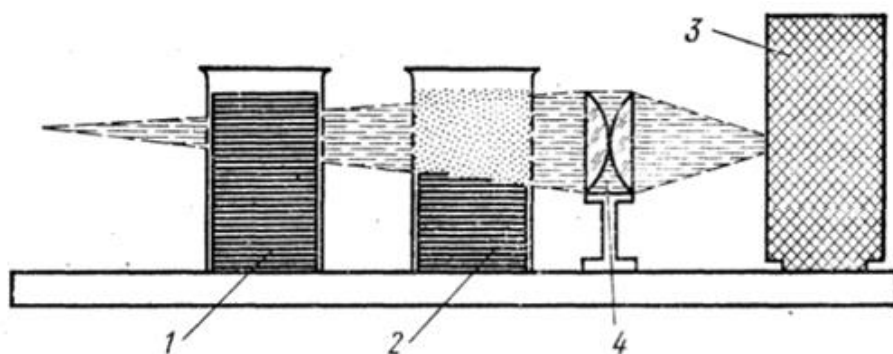
Сапфир - коллоидный раствор Ti в Al_2O_3 ,

Аметист – коллоидный раствор Mn в SiO_2 .

Эффект Фарадея - Тиндала

Оптический эффект, рассеяние света при прохождении светового пучка через оптически неоднородную среду. Обычно наблюдается в виде светящегося конуса (конус Фарадея - Тиндала), видимого на тёмном фоне.

Характерен для растворов коллоидных систем (например, золь, металлов, табачного дыма), в которых частицы и окружающая их среда различаются по показателю преломления. На эффекте Фарадея - Тиндала основан ряд оптических методов определения размеров, формы и концентрации коллоидных частиц.



1-стакан с раствором NaCl;

2-стакан с гидрозолем яичного белка;

3-настольная лампа со светонепроницаемым футляром; 4-оптическая линза.





Математически рассеяние света выражают уравнением Рэлея:

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

где **I** – интенсивность рассеянного света в направлении, перпендикулярном к лучу падающего света, **K** – константа, зависящая от показателей преломления дисперсионной среды и дисперсной фазы, **n**-число частиц в единице объема золя, λ – длина волны падающего света, **V** – объем каждой частицы.



Из уравнения Рэлея следует, что интенсивность светорассеяния обратно пропорционально длине волны.

Какая часть спектра лучше рассеивается?

Ответ: Лучше рассеивается коротковолновая часть спектра (синяя и фиолетовая),
хуже — длинноволновая (оранжево-красная).

Визуально наблюдают *опалесценцию*, т.е. окраска коллоидных растворов в рассеянном свете (при рассмотрении сбоку) и в проходящем свете неодинакова.



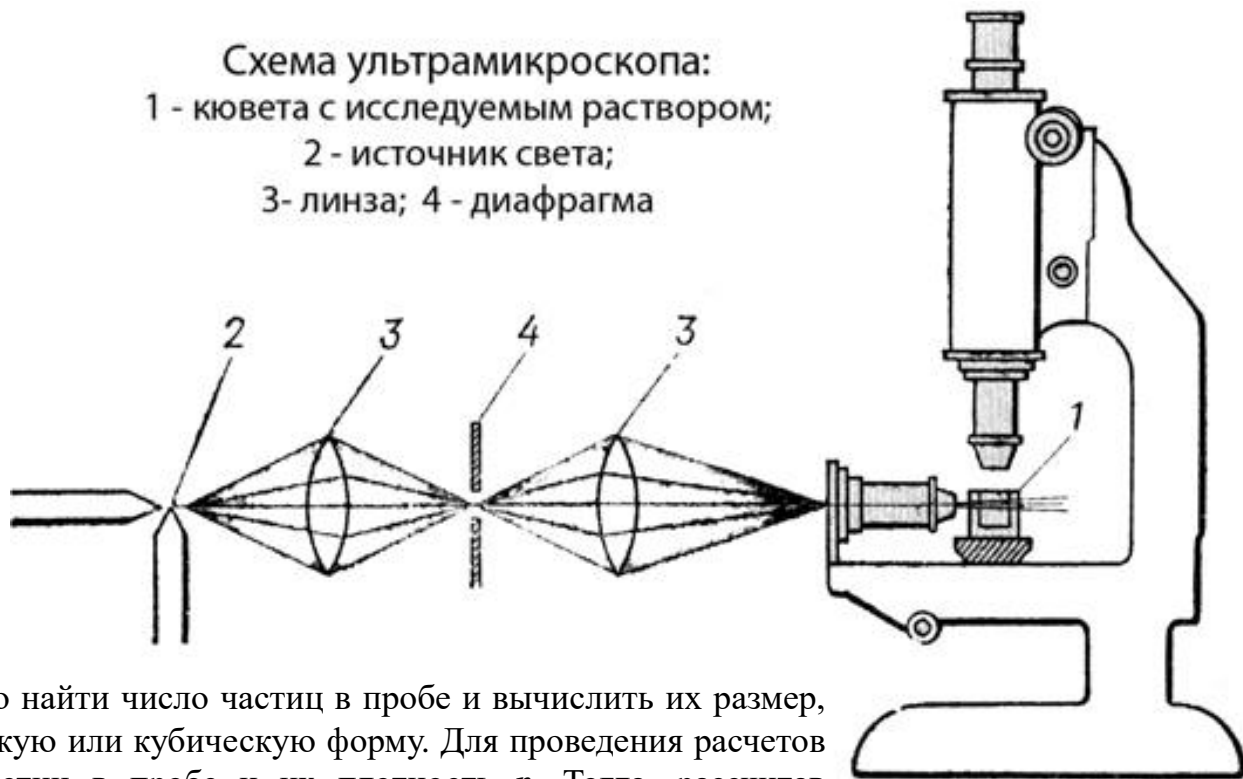
Ультрамикроскопия

Дифракционное светорассеяние коллоидных систем используется в ультрамикроскопе. В обычном микроскопе луч света попадает в глаз наблюдателя, в ультрамикроскопе - лучи от источника света падают на исследуемый раствор под прямым углом к тубусу, не попадая в глаз.

$$r = \sqrt[3]{\frac{3c}{4\pi\nu\rho}}$$

$$l = \sqrt[3]{\frac{c}{\nu\rho}}$$

Схема ультрамикроскопа:
1 - кювета с исследуемым раствором;
2 - источник света;
3 - линза; 4 - диафрагма



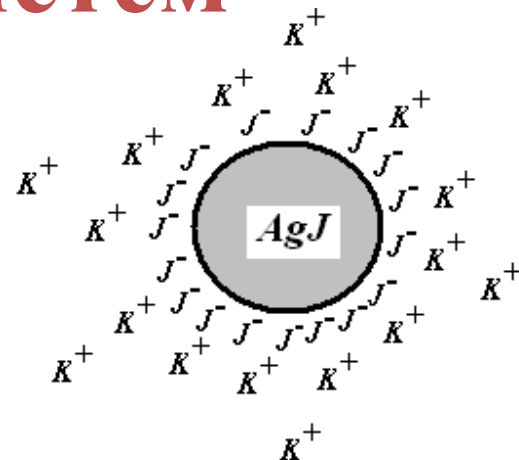
С помощью ультрамикроскопа можно найти число частиц в пробе и вычислить их размер, условно приняв для частиц сферическую или кубическую форму. Для проведения расчетов необходимо знать общую массу частиц в пробе и их плотность ρ . Тогда, рассчитав предварительно массовую c и частичную ν концентрации, определяют размеры частиц r и l по формулам



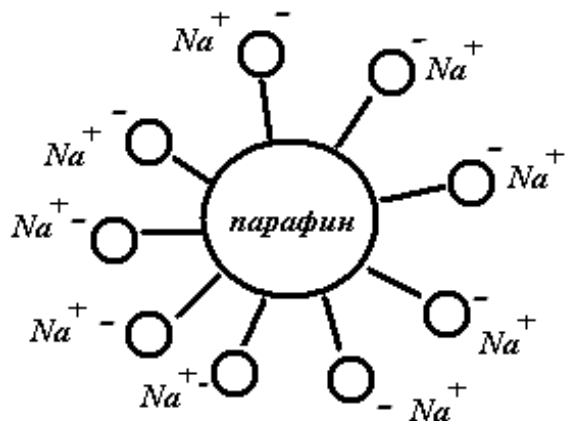
Электрические свойства дисперсных систем

Причины возникновения ДЭС

1. Неравенство электрохимических потенциалов ионов в кристаллической решетке тв. тела и ионов в растворе: $\tilde{\mu}_{тв} \neq \tilde{\mu}_{р-р}$



2. Образование ДЭС за счет специфической адсорбции ионов, не входящих в кристаллическую решетку твердой фазы.



3. Образование ДЭС за счет ориентированной адсорбции ПАВ.

4. Образование ДЭС за счет внешней разности потенциалов



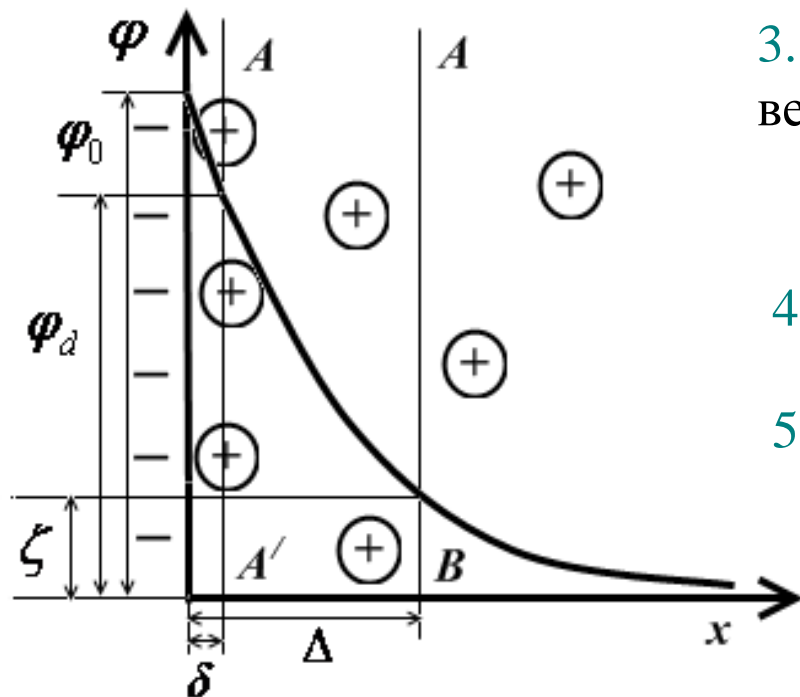
Теории строения ДЭС

Экспериментальные факты, послужившие основой для создания теорий строения ДЭС

1. Существует электрический (термодинамический) потенциал поверхности относительно жидкой дисперсионной среды φ_0 .

$$\varphi_0 = \varphi_0^0 + \frac{RT}{zF} \ln C_{\text{пои}}$$

2. Существует электрокинетический потенциал (дзета – потенциал ζ).



3. Обнаружено, что $\varphi_0 > \zeta$ по абсолютной величине: $\varphi_0 > 0, \zeta > 0$; $\varphi_0 < 0, \zeta < 0$.

4. Оказалось, что φ_0 и ζ могут иметь разные знаки: $\varphi_0 > 0, \zeta < 0$.

5. Электролиты могут по-разному влиять на величину и знак заряда φ_0 и ζ .



Основные положения, лежащие в основе всех теорий ДЭС

1. ДЭС плоский ($\delta \ll r$).
2. ДЭС состоит из относительно прочно связанных с поверхностью дисперсной фазы ПОИ и эквивалентного числа ПИ в жидкой дисперсионной среде.
3. ПОИ равномерно распределены по поверхности дисперсной фазы.
4. Между ПИ и коионами, существует динамическое равновесие. (коионы – ионы, имеющие тот же знак заряда что и ПИ).
5. Дисперсионная среда непрерывна и ее влияние на ДЭС определяется величиной диэлектрической проницаемости (ϵ).

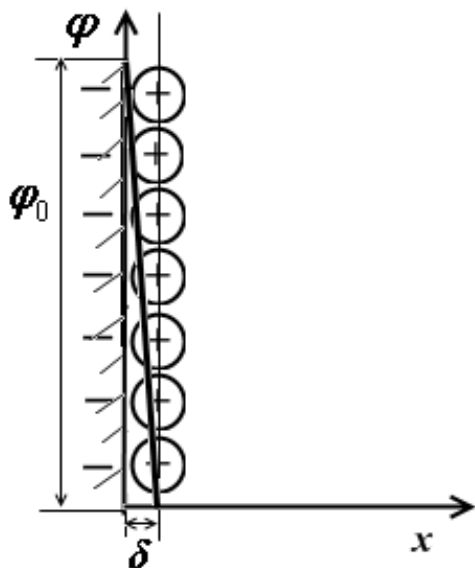
Отличие теорий в том, что их авторы давали различные толкования структуры слоя ПИ, то есть строению внешней обкладки ДЭС.



Теория строения ДЭС Гельмгольца

1. ДЭС – плоский конденсатор: внутренняя обкладка состоит из ПОИ, прочно связанных с поверхностью твердой фазы, а внешняя обкладка расположена в жидкости параллельно поверхности на расстоянии межмолекулярного порядка от нее.

Поверхностный заряд (потенциал) – уменьшается линейно с расстоянием от поверхности в соответствии с теорией плоского конденсатора.



Подобное строение ДЭС вполне возможно при отсутствии теплового движения ионов.

Недостатки теории

1. Теория не объясняет электрокинетических явлений (разрыв ДЭС по плоскости скольжения происходит на сравнительно большом расстоянии от межфазной поверхности, а не на расстоянии ионного радиуса, как по теории).

2. По теории значение электрокинетического потенциала ζ всегда должно быть равно значению φ_0 , а это не так.



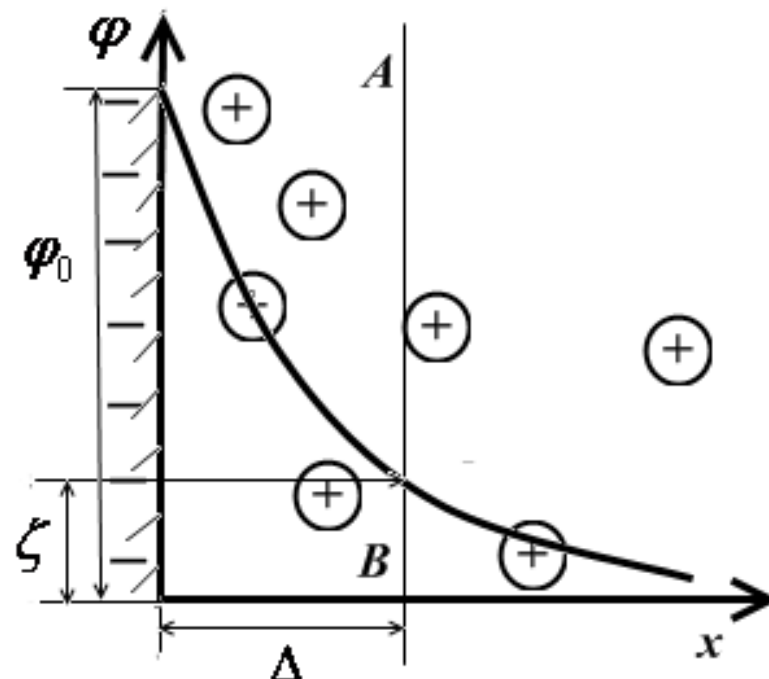
Теория строения ДЭС Гуи – Чепмена

Основные положения

1. ПИ вблизи заряженной стенки находятся под действием двух сил: электростатических и сил теплового движения, то есть на некотором расстоянии от поверхности.
2. ПИ рассматриваются как материальные точки, имеющие заряд, но не имеющие объема.
3. Распределение ПИ в поле электростатических сил поверхности твердой фазы подчиняется закону Больцмана.
4. По мере удаления ПИ от поверхности, кулоновские силы ослабевают, а силы теплового движения возрастают. Это приводит к тому, что концентрация ПИ уменьшается и становится равной концентрации ионов в глубине раствора, возникает диффузный слой ПИ.
5. Дисперсионная среда непрерывна и характеризуется величиной диэлектрической проницаемости ϵ .



где: φ_0 – электрический потенциал, AB – плоскость скольжения (плоскость вдоль которой происходит разрыв ДЭС под действием электрического поля).



ДЭС имеет диффузное строение: ПИ находятся в жидкой фазе на некотором расстоянии от поверхности.

Потенциал φ_0 уменьшается по экспоненте.

Плоскость скольжения AB находится в жидкости на некотором расстоянии Δ от межфазной границы. Толщина слоя Δ не известна, но примерно составляет около 1 нм.

Пересечение AB с кривой падения потенциала дает величину ζ .



Современные представления о строении ДЭС

Теория Штерна

Основные положения

1. Ионы имеют определенные размеры и не могут подходить к заряженной поверхности ближе, чем на расстоянии ионного радиуса.

2. Учитывается специфическое взаимодействие ионов с поверхностью твердой фазы, обусловленное действием адсорбционных сил.

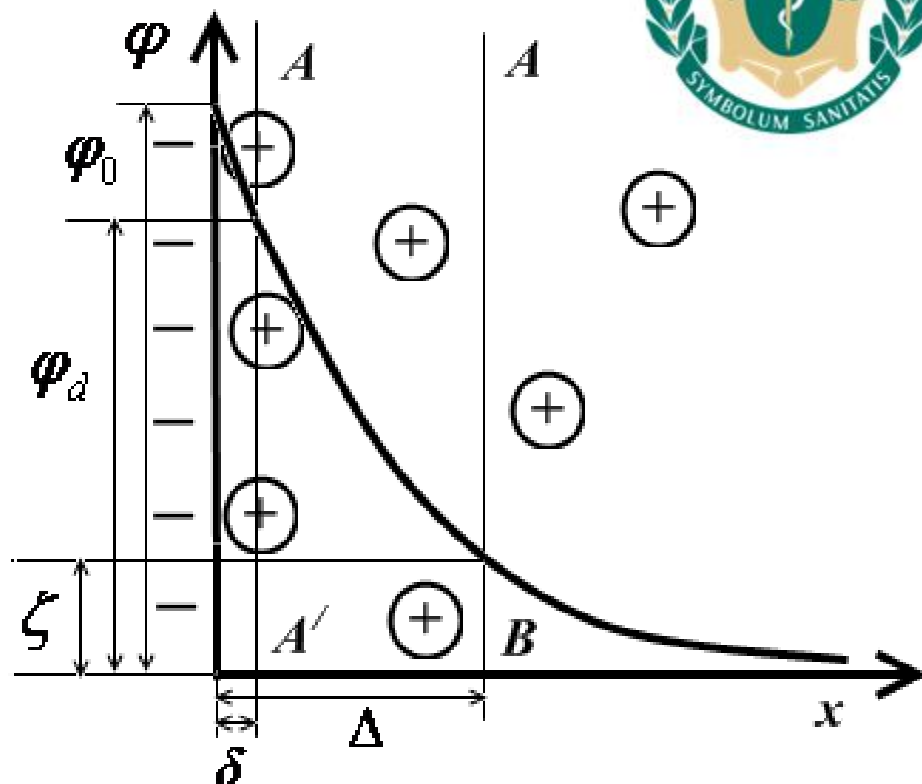
Некоторые многозарядные ионы или ионы органических соединений, обладая высокой адсорбционной способностью, могут притягиваться к поверхности даже если она не заряжена.

Вводится понятие *адсорбционного потенциала* – работы перемещения 1 моль ПИ из объема раствора в плотный слой при условии, что поверхность не заряжена.

3. Учитывается природа ПИ в ДЭС.

По Штерну *первый слой* ПИ удерживаются у поверхности под действием как *электростатических*, так и *адсорбционных сил*, образуя плоский конденсатор толщиной δ , предусмотренный теорией Гельмгольца – Перрена.

Этот слой, в котором наблюдается резкое падение φ_0 по прямой называют *адсорбционным (плотным, гельмгольцевским) слоем*.



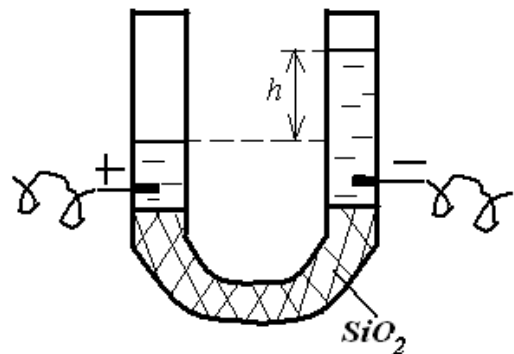
Остальные ПИ, необходимые для компенсации заряда ПОИ, в результате теплового движения *образуют диффузную часть ДЭС*. Эту часть ДЭС, где потенциал убывает по экспоненте, называют *диффузным слоем или слоем Гуи*.

Полное падение общего электрического потенциала φ_0 складывается из падения *адсорбционного* потенциала $(\varphi_0 - \varphi_d)$ в плотной части ДЭС (линия *AA'*) и падения *потенциала диффузного слоя* φ_d в его диффузионной части.

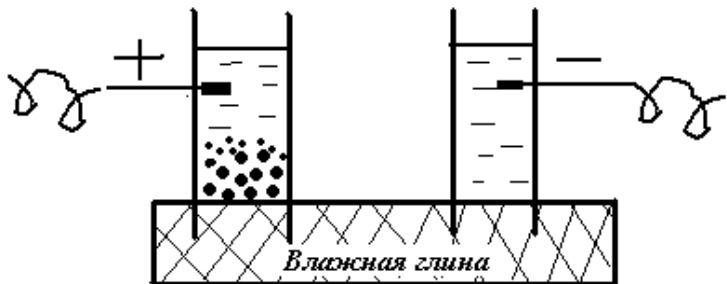


Электрокинетические явления

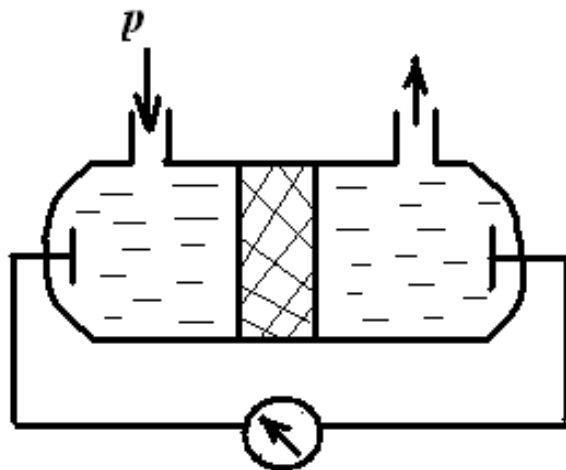
Электрокинетические явления были открыты профессором ского университета Ф.Ф.Рейсом в 1808 г.



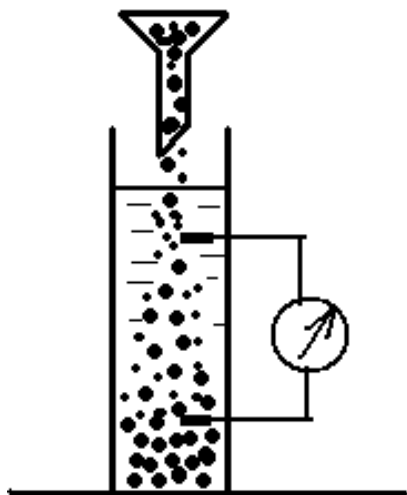
Электроосмос - явление перемещения жидкой дисперсионной среды относительно неподвижной дисперсной фазы под действием электрического поля.



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



Потенциал течения
возникновение разности потенциалов при движении дисперсионной среды относительно неподвижной дисперсной фазы.



Потенциал оседания - 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.

Причиной электрокинетических явлений является наличие на границе раздела фаз *двойного электрического слоя (ДЭС)*.



Измерение электрокинетического потенциала из явлений электрофореза и электроосмоса

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

Электрокинетический потенциал отражает свойства ДЭС и определяется экспериментально из ЭКЯ.

Скорость перемещения коллоидной частицы в электрическом поле зависит:

- напряженности внешнего электрического поля H ;
- от строения ДЭС коллоидной частицы – величины ζ ;
- от свойств дисперсионной среды (вязкости η , диэлектрической проницаемости ε).

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.

Уравнение Гельмгольца - Смолуховского для электрофореза:

$$\zeta = \frac{U \cdot \eta}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot H} = \frac{h \cdot \eta \cdot l}{t \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E}$$



Практическое значение электрокинетических явлений

Электрофорез применяют для: очистки, разделения медицинских препаратов, пищевых продуктов; нанесения тонких слоев неметаллических покрытий; получения изоляционных пленок, изготовления прорезиненных тканей и т.д.

❖ **Электроосмос** применяют для: обезвоживания грунта при возведении гидротехнических сооружений (плотин, дамб); при сушке торфа и дерева; сушке стен и фундаментов сырых зданий; добыче нефти и т.д.

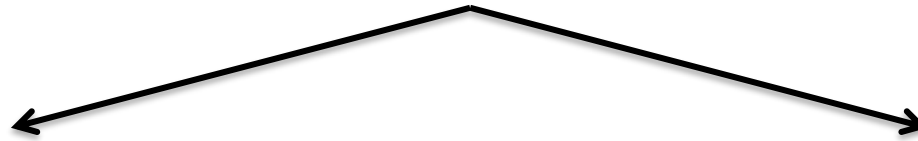
❖ **Потенциал оседания** является причиной грозовых разрядов в атмосфере.

❖ **Потенциал течения** — основа многих биологических процессов: течение крови через капилляры кровеносной системы дает биопотенциал. Потенциал течения возникают при транспортировке жидкого топлива (при протекании нефти вместе с водой образуется огромный заряд, приводящий к взрывам).



Устойчивость коллоидных растворов

Виды устойчивости растворов (по Пескову)



Седиментационная

Агрегативная



Коагуляция —

- ❖ ... процесс слипания частиц, образование крупных агрегатов с потерей седиментационной и фазовой устойчивости и последующим разделением фаз.
- ❖ ... процесс уменьшения степени дисперсности ДФ под действием тех или иных факторов.



Устойчивость коллоидных растворов

Агрегация – самопроизвольное слипание частиц стремление системы перейти в состояние с низкой свободной энергией.

Коагуляция – самопроизвольное слипание частиц коллоидного раствора при их столкновении при броуновском движении.

Скорость коагуляции зависит от:

- 1) природы дисперсной фазы и дисперсионной среды,
- 2) t ,
- 3) присутствие других веществ влияющих на ИЭС,
- 4) форма частиц,
- 5) концентрации,
- 6) перемешивание.

Коагуляция может быть скрытой и явной.

Величина обратная коагуляции называется седиментационной устойчивостью.



Факторы агрегатной устойчивости

Гидрофобные коллоиды имеют 1 фактор агрегативной устойчивости: одноименный заряд у всех частиц. В результате эти частицы электростатически отталкиваются друг от друга, что препятствует агрегации – склеиванию, слипанию этих частиц и их последующему осаждению. Точнее, фактором устойчивости является электростатический потенциал коллоидов.

Гидрофильные коллоиды имеют 2 фактора агрегативной устойчивости: одноименный заряд и гидратационную оболочку (сольватную). Чтобы их осадить, надо сначала снять гидратационную оболочку, затем нейтрализовать заряд и только после этого гидрофильные коллоиды (растворы ВМС) коагулируют.



Коагуляция

В ходе коагуляции изменяется степень дисперсности системы, например с 5 до 3 и ниже.

Скорость коагуляции измеряется числом частиц дисперсной фазы, слипающихся за единицу времени в единице объема.

Зависит от: природы дисперсной фазы и среды, t , других веществ и прочее.

Седиментационная устойчивость – величина обратная коагуляции, мера стабильности.

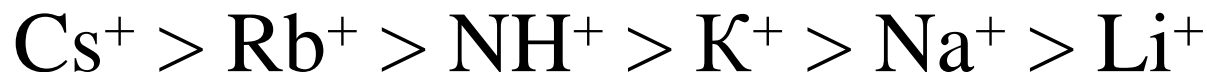
Наибольшая скорость в ИЭС, когда дзета потенциал = 0.
Скорость считают под ультрамикроскопом по количеству частиц.



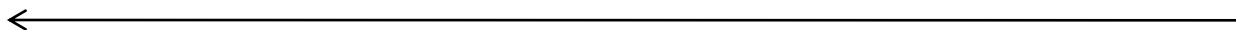
У гидрофильных коллоидов существует 2 вида коагуляции :

- Высаливание — это обратимая коагуляция белковых коллоидов, вызванная добавлением к ним концентрированных растворов щелочных металлов (например, NaCl , KCl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и др.).
- Денатурация — это необратимая коагуляция белковых коллоидов, в ходе которой разрушается гидратационная оболочка, снимается заряд, а также разрушается сложная пространственная структура белков (четвертичная, третичная, вторичная, а иногда, при действии H_2SO_4 (конц.) и первичная структура).

Лиотропные ряды

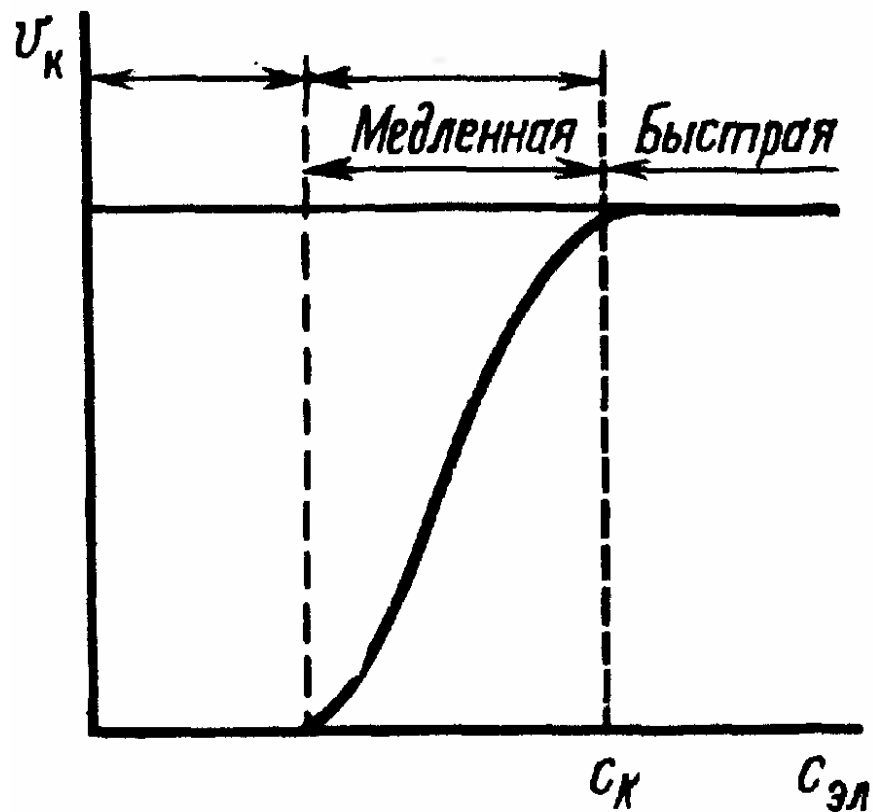


возрастание степени гидратации



возрастание коагулирующей активности

Коагуляция



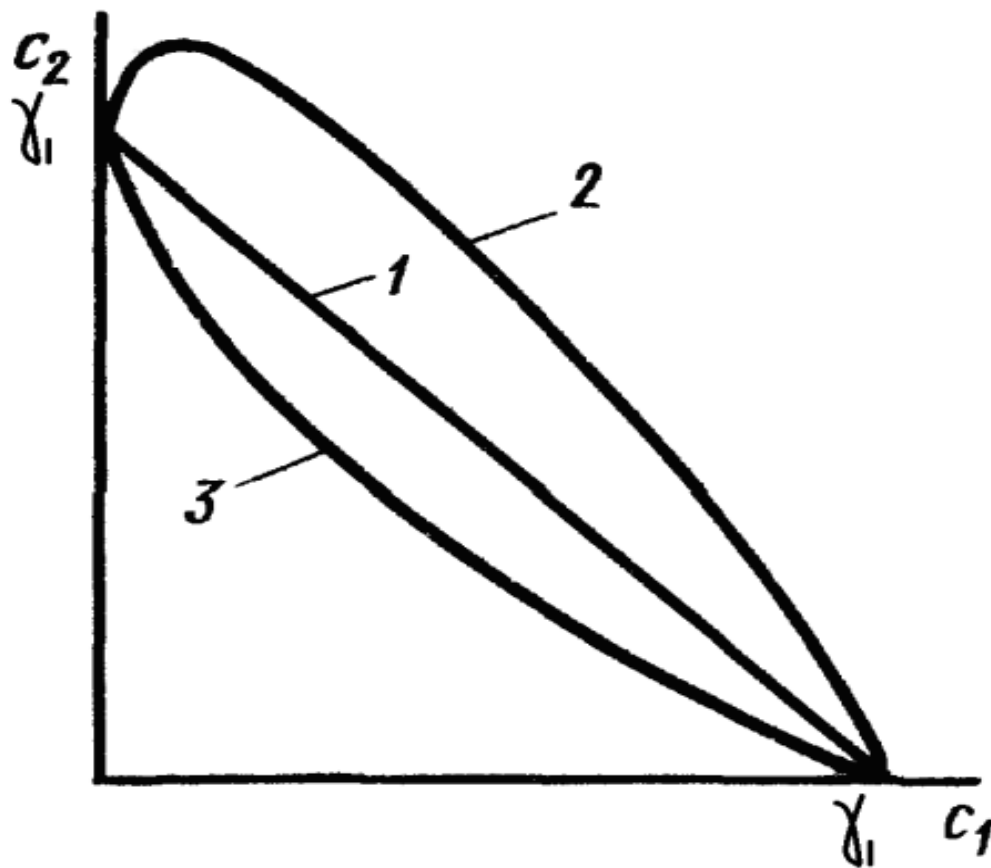
$$n_i = n_0 \frac{(\tau / \tau_{0.5})^{i-1}}{(1 + \tau / \tau_{0.5})^{i+1}}$$

$$\Sigma n = \frac{n_0}{1 + \tau / \tau_{0.5}}$$

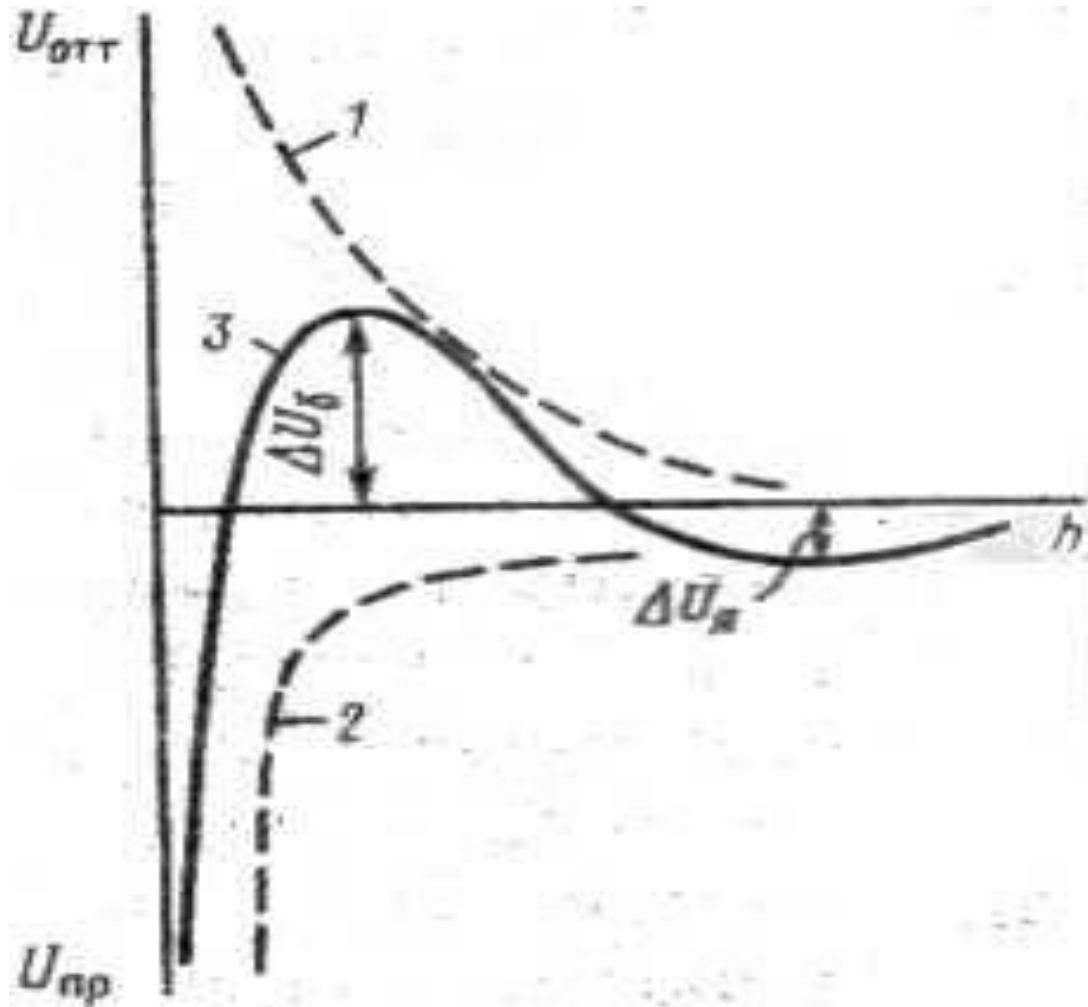
$$\tau_{0.5} = \frac{1}{kn_0}$$

$$K_{теор} = \frac{4RT}{3N_A \eta}$$

Коагуляция золь смесями электролитов



Теория устойчивости гидрофобных дисперсных систем ДЛФО



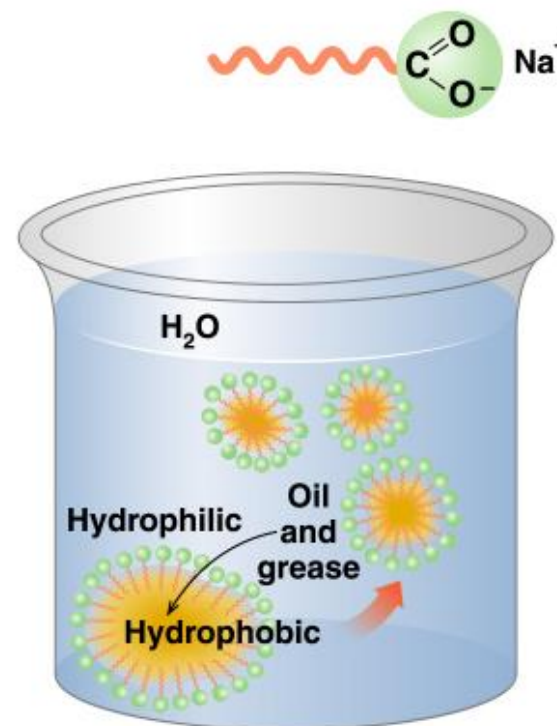
$$E = U_{отт} + U_{пр}$$



Коллоидная защита

Большое значение коллоидная защита имеет для животных организмов.

Белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды и др. соединения адсорбируются на коллоидных частицах и переводят их в устойчивое состояние.





ВОЛГОГРАДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



Благодарю
за внимание!