



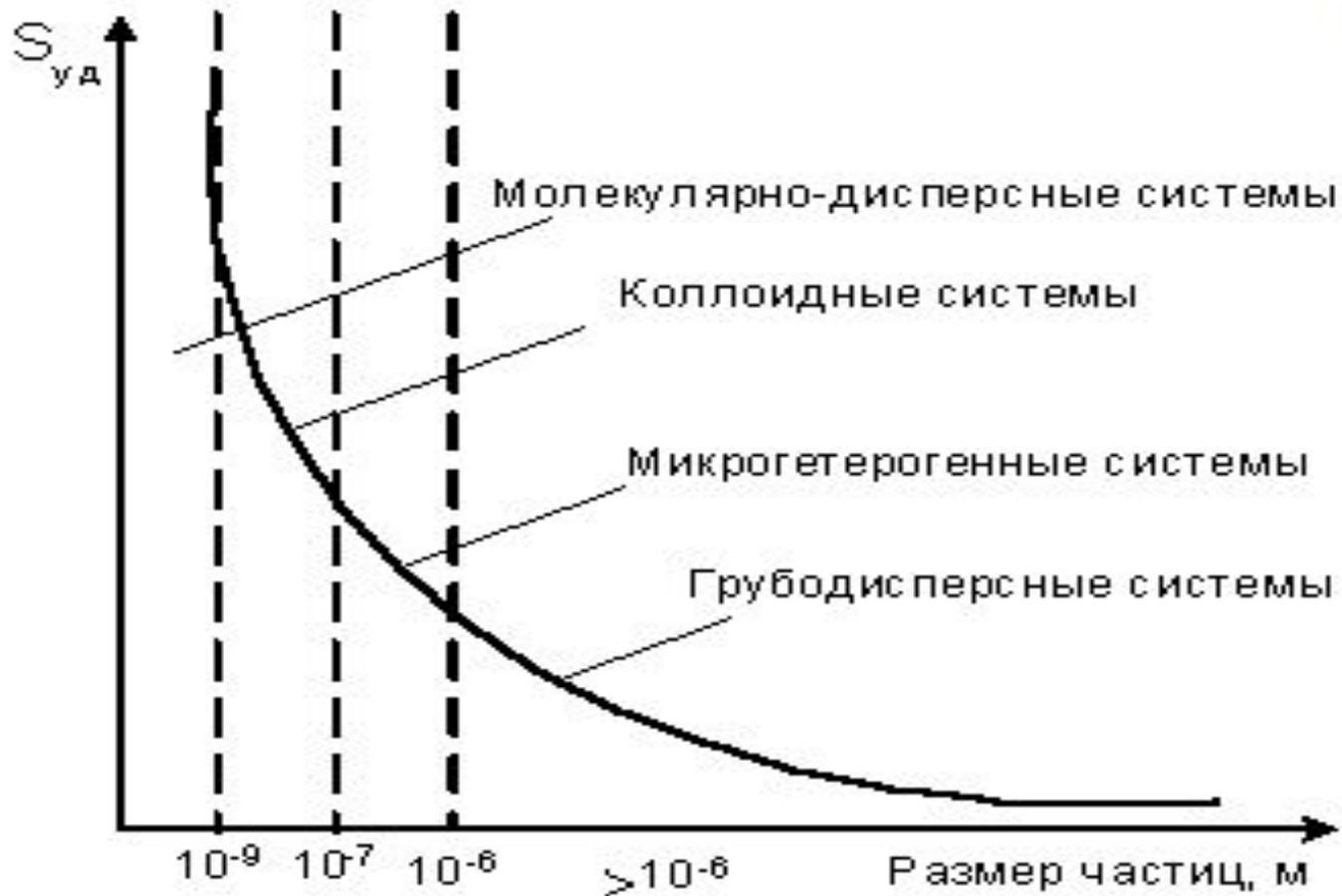
# Дисперсные СИСТЕМЫ

## Основные понятия

- *Дисперсные системы (ДСи) – это такие многофазные системы, где, по крайней мере одна фаза является раздробленной (т.е. представлена более или менее крупными частицами) и распределена во второй (непрерывной) среде.*
- Эти две фазы соответственно называются дисперсной фазой (ДФ) и дисперсионной средой (ДС).
- Размер частиц ДФ:  $10^{-9} \text{ м} \leq d \leq 10^{-4} \text{ м}$ .
- Дисперсность:  $D = 1/d$ .
- Структурной единицей ДФ (частицей) является мицелла.

# Классификации ДСи

- По размеру частиц



## • По агрегатному состоянию ДФ и ДС

Дисперсная фаза	Дисперсионная среда	Условное обозначение системы	Тип системы	Примеры дисперсной системы
Газ	Газ	Г/Г	Системы с флуктуациями плотности	Атмосфера Земли
Жидкость	Газ	Ж/Г	Аэрозоли (туманы)	Туман, облака, аэрозоли жидких лекарств
Твердое тело	Газ	Т/Г	Аэрозоли (пыли, дымы)	Табачный дым, пыль, порошки, аэрозоли твердых лекарств
Газ	Жидкость	Г/Ж	Газовые эмульсии, пены	Мыльная пена, косметические пенки
Жидкость	Жидкость	Ж/Ж	Эмульсии	Молоко, майонез, лекарственные эмульсии, сырая нефть
Твердое тело	Жидкость	Т/Ж	Золи, суспензии	Дисперсии в природных водах, бактерии, лекарственные суспензии и золи
Газ	Твердое тело	Г/Т	Пористые и капиллярные системы, ксерогели	Твердые пены, хлеб, силикагель, активные угли, пемза
Жидкость	Твердое тело	Ж/Т	Пористые тела, капиллярные системы, гели	Адсорбенты, почвы, влажные грунты, гели, опал, жемчуг
Твердое тело	Твердое тело	Т/Т	Твердые коллоидные растворы	Цветные стекла, минералы, сплавы (сталь, чугун), самоцветы

- *По взаимодействию между частицами ДФ*

1) *свободнодисперсные системы.* Частицы ДФ не связаны между собой и могут свободно перемещаться, т.е. обладают текучестью (золи, суспензии, эмульсии).

2) *связнодисперсные системы.* Частицы ДФ соединены между собой, образуют пространственные структуры – решетки, сетки и т.д., – малая текучесть (гели, кремы, студни, пены).

- *По взаимодействию между частицами ДФ и ДС*

- Системы, в которых сильно выражено взаимодействие (сродство) частиц ДФ с ДС, называют *лиофильными* (по отношению к воде – гидрофильными) (растворы ВМС, ПАВ).
- Если частицы ДФ состоят из вещества, слабо взаимодействующего со средой, системы являются *лиофобными* (гидрофобными) (золи).

# Получение коллоидных растворов

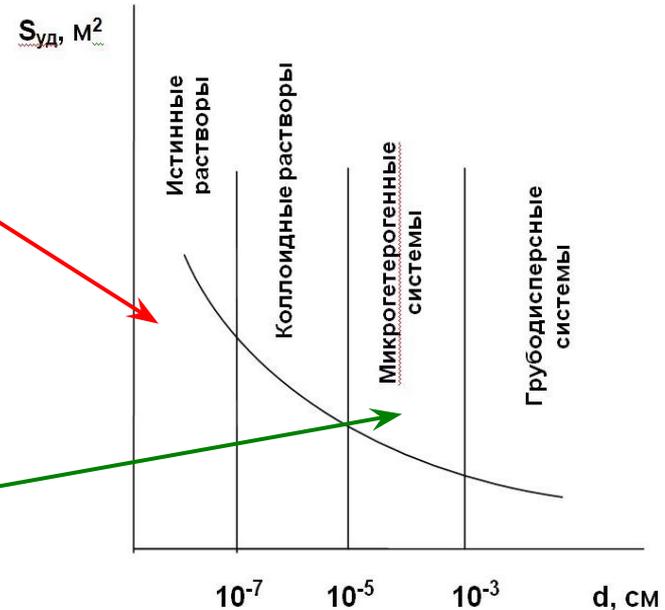
Все методы получения коллоидов можно разделить на две группы:

## **Конденсационные методы**

состоящие в укрупнении частиц при агрегации молекул или ионов.

## **Методы диспергирования**

которые заключаются в измельчении крупных частиц до коллоидной дисперсности.



Зависимость величины удельной поверхности от размера частиц

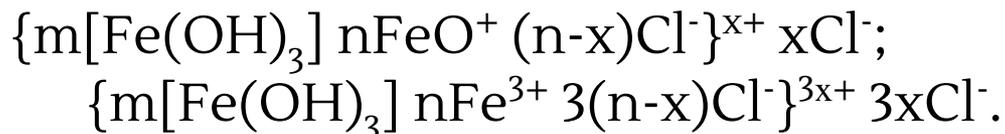
## Конденсационные методы получения

- *К химическим методам конденсации* относят любые химические реакции, в которых можно получить золи.

Например:

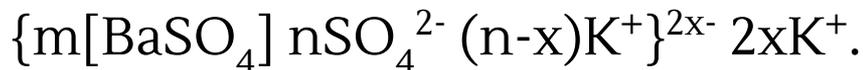
*Реакции гидролиза* применяют для получения золь гидроксидов тяжелых металлов.  $\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl}$ .

Возможны следующие схемы строения мицелл:



*Реакции двойного обмена* позволяют получать золи труднорастворимых соединений.  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{KNO}_3$ .

Мицелла золя будет иметь вид:



- *К физическим методам конденсации* относят:

1. *Метод замены растворителя.* Он основан на том, что раствор вещества прибавляют понемногу к жидкости, которая хорошо смешивается с растворителем, но не смешивается с растворенным веществом, которое и выделяется в виде высокодисперсной фазы.
2. *Метод конденсации паров.* Стойкие золи образуются в результате пропускания паров какого-либо простого вещества в жидкость через вольтовую дугу.

# Методы диспергирования

- Методы измельчения крупных образований до коллоидного состояния подразделяются на

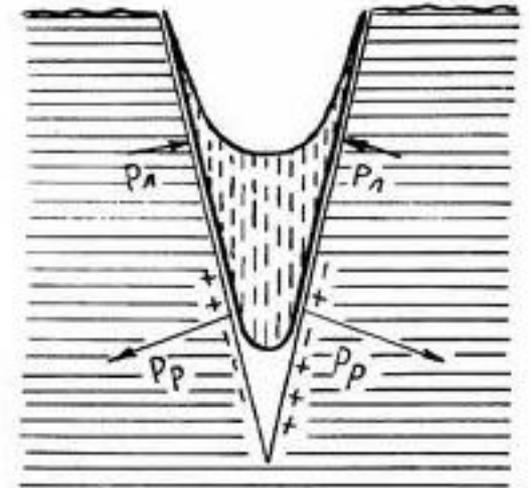
*Механические* (дробление, истирание)

*физические* (электрическое и ультразвуковое)

*физико-химические* (пептизация)

# Механическое диспергирования

- Осуществляется под действием внешней механической работы. Размер частиц большой, не менее 100 нм. Энергоемкий процесс.
- Для повышения эффективности проводят в жидкой среде. Жидкости (растворы ПАВ, электролитов), смачивающие твердое тело, адсорбируются на нем и снижают прочность при механической обработке - эффект Ребиндера.



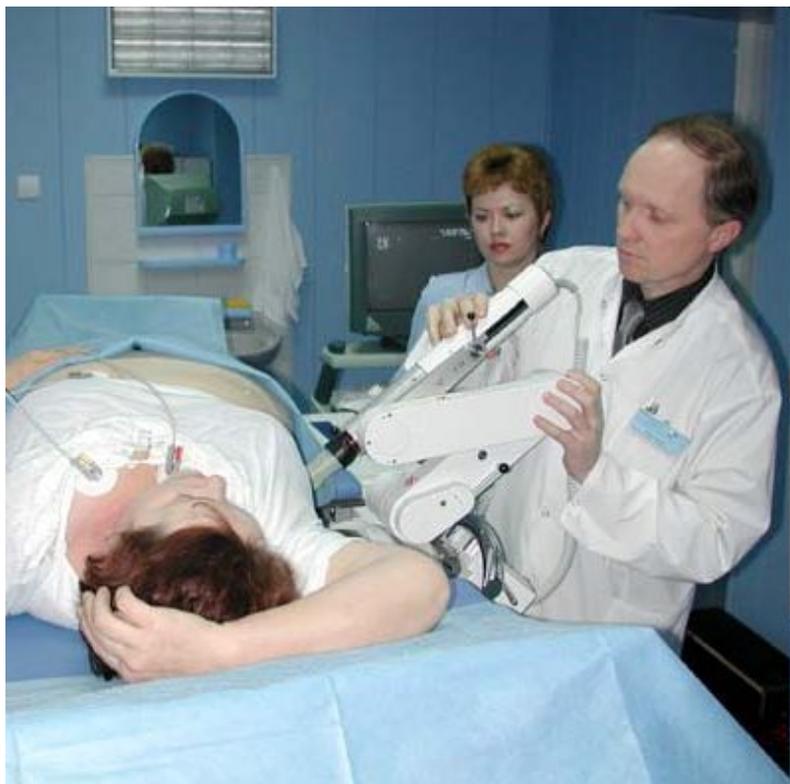
# Электрическое и ультразвуковое диспергирование

- Электрическое и ультразвуковое (сверхтонкое) диспергирование связано с тем, что при прохождении тока (вольтова дуга) или ультразвуковых колебаний (частота  $> 20$  тыс/с) в жидкости происходят быстро сменяющиеся сжатия и растяжения, которые создают разрывающие усилия и разрушают частицы.

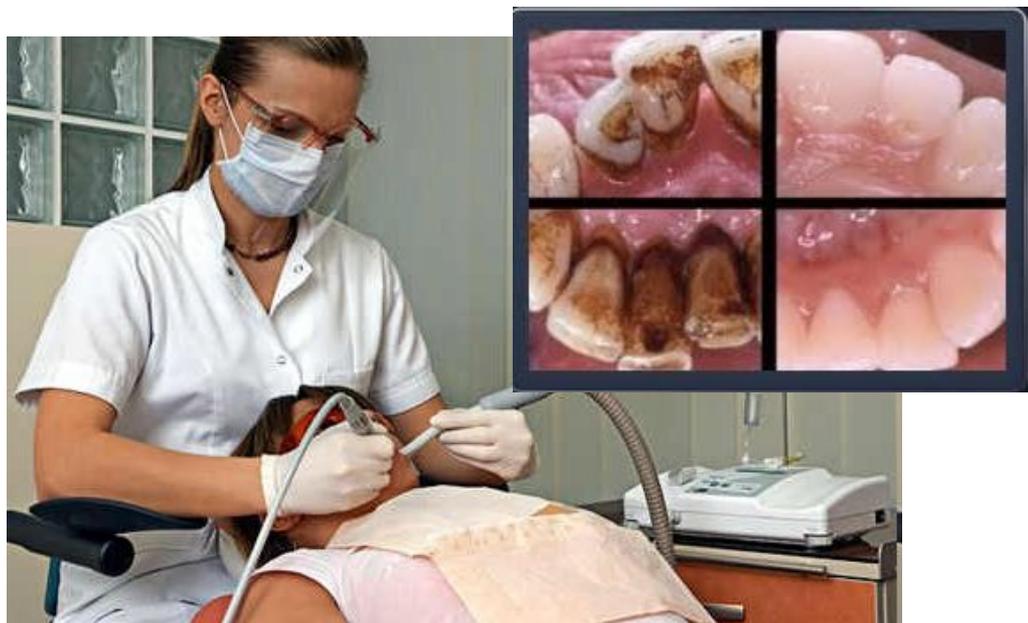


- В медицине сверхтонкое диспергирование позволяет получать лекарства, обладающие повышенной физиологической доступностью (усвояемостью), высокой терапевтической эффективностью и высокой стабильностью при хранении.

Схема ультразвукового небулайзера



Ультразвуковое дробление камней  
в почках



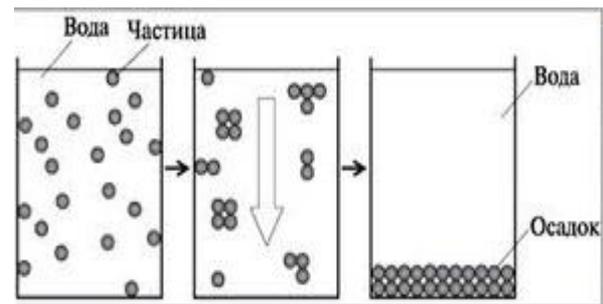
Снятие зубного камня ультразвуком



Ультразвуковая эпиляция

# Физико-химическое диспергирование (пептизация)

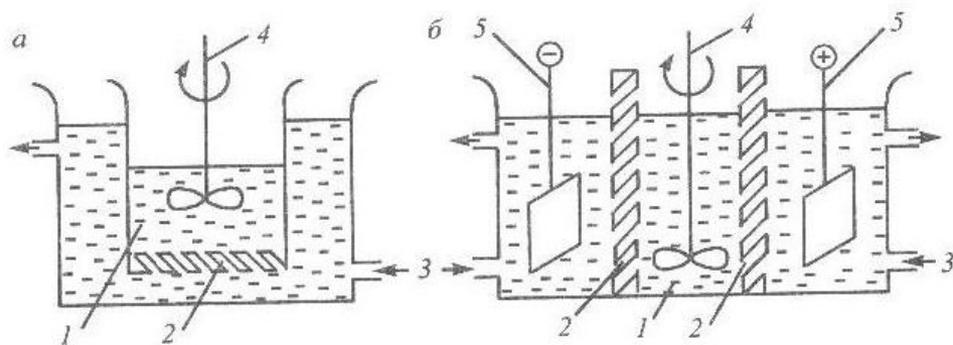
- Пептизация - процесс дезагрегации частиц. Свежий осадок (рыхлый) переводят в золь путем обработки пептизаторами: растворами электролита, раствором ПАВ или растворителем.
- Различают 3 способа пептизации:
  - 1) Адсорбционная пептизация.
  - 2) Диссолюционная или химическая пептизация.
  - 3) Промывание осадка.



Агрегация и дезагрегация  
тромбоцитов

# Методы очистки коллоидных растворов

- ❖ **Диализ** – процесс очистки коллоидных растворов от ионов и молекул низкомолекулярных примесей в результате их диффузии в чистый растворитель, через полупроницаемую перегородку (мембрану). В обычных условиях диализ протекает очень медленно (сутки, месяцы).
- ❖ **Электродиализ** – это процесс диализа, в условиях наложения постоянного электрического поля, под действием которого катионы и анионы приобретают направленное движение к электродам. Продолжительность – минуты, часы.



Схемы диализатора (а) и электродиализатора (б):

1 – диализуемый коллоидный раствор; 2 – мембрана; 3 – подача растворителя; 4 – мешалка; 5 – электроды

❖ **Ультрафильтрация** — фильтрование коллоидного раствора через полупроницаемую мембрану, пропускающую дисперсионную среду с низкомолекулярными примесями и задерживающую частицы дисперсной фазы или макромолекулы. Для ускорения этого процесса, его проводят при перепаде давления по обе стороны от мембраны: под разряжением снизу от мембраны (вакуум) и повышением давления сверху от мембраны.

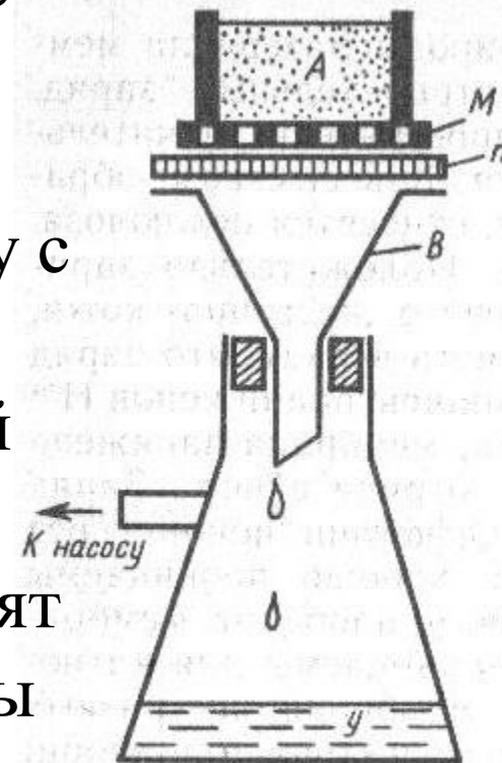


Схема установки для ультрафильтрации:  
А — коллоидный раствор;  
В — воронка; М — мембрана;  
П — пластина с отверстиями; У — ультрафильтрат

❖ *Компенсационный диализ и вивидиализ* — методы, разработанные для количественного исследования биологических жидкостей, представляющих собой коллоидные системы.

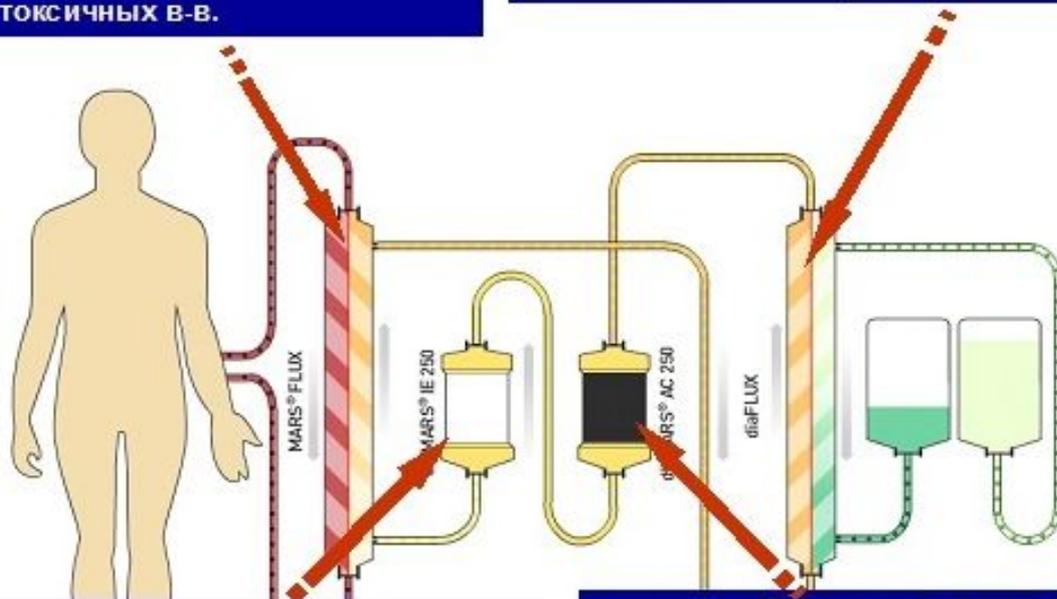
Принцип метода компенсационного диализа состоит в том, что в диализаторе, вместо чистого растворителя используют растворы определенных низкомолекулярных веществ различной концентрации.

- Используется для прижизненного определения в крови низкомолекулярных составных частей.

# По принципу компенсационного вивидиализа работает аппарат «искусственная почка» (АИП).

**Мембрана MarsFlux®** - полисульфоновая высокопоточная мембрана специального гемофильтра. Предназначена для выведения водо-растворимых и альбумин-связанных токсичных в-в.

**Мембрана DiaFlux®** - полисульфоновая низкопоточная мембрана. Предназначена для выведения водо-растворимых токсичных в-в из HAS-диализата (альбуминового диализата).



**Картридж diaMARS IE 250**  
Содержит анионообменную смолу. Служит для удаления ионизированных анионных соединений (билирубина).

**Картридж diaMARS AC 250**  
Содержит активированный непокрытый древесный уголь. Служит для удаления из HAS-диализата (альбуминового диализата) низкомолекулярных неполярных соединений (жирных кислот).



# Свойства КОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМ

# Молекулярно-кинетические свойства

Под термином *молекулярно-кинетические свойства* понимают такие свойства ДС, которые связаны с движением частиц и подобны аналогичным свойствам молекулярных растворов неэлектролитов.

К ним относят:

- **Броуновское движение** - это непрерывное, хаотичное, тепловое движение частиц под влиянием ударов других частиц и молекул (растворителя – ДС). Оно тем интенсивнее, чем выше температура и меньше масса частицы и вязкость ДС.
- **Диффузия**. Это самопроизвольное *направленное* перемещение частиц в область с более низкой их концентрацией в результате *теплового движения*.

• **Осмотическое давление коллоидных растворов.**

Осмотическое давление вычисляется по закону Вант-Гоффа:

$$\pi = CRT = \frac{C_v}{N_A} RT$$

где  $C_v$  - частичная концентрация.

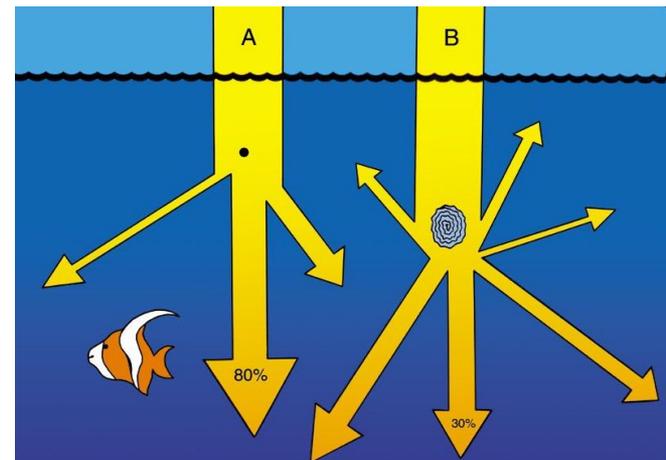
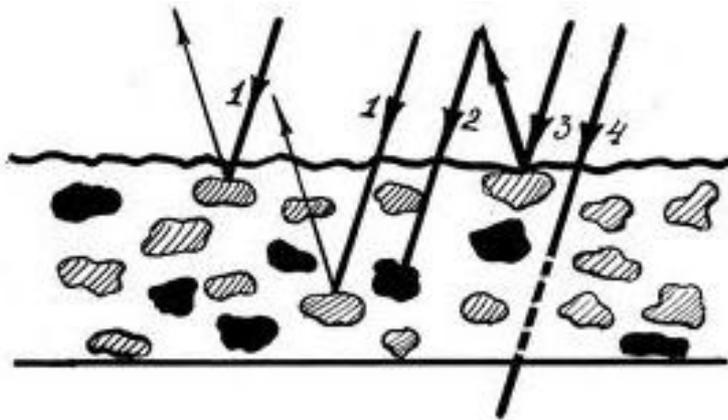
Величина  $\pi$  золей не поддается измерению, т.к. очень мала и непостоянна во времени:

во-первых маскируется или искажается неизбежно присутствующими в долях электролитами;

во-вторых в золях непрерывно протекают процессы агрегации и дезагрегации.

# Оптические свойства дисперсных систем

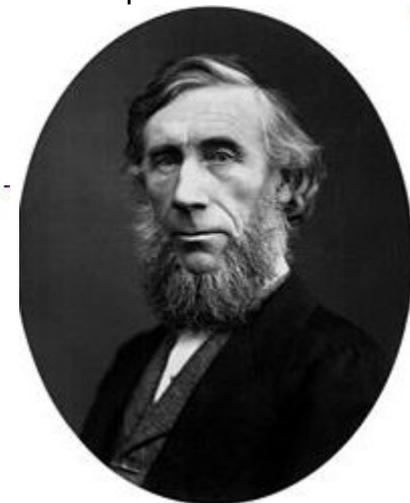
- Особые оптические свойства дисперсных систем обусловлены их главными признаками: *дисперсностью и гетерогенностью*.
- Прохождение света через ДСи сопровождается такими явлениями, как преломление (1), поглощение (2), отражение (3) и рассеяние.



- В грубодисперсных системах размер частиц ( $d$ ) превышает длину волны ( $\lambda$ ) видимой части спектра. Это способствует **отражению** света от поверхности частиц.
- В ультрамикрорегетерогенных системах ( $d \approx \lambda$ ) наблюдается рэлеевское **рассеяние**.
- В коллоидных растворах светорассеяние проявляется в виде **опалесценции** — *матового свечения, чаще всего голубых оттенков, которое можно наблюдать при боковом освещении золя на темном фоне (эффект Тиндаля).*



Джон Уильям Стретт  
(лорд Рэлей)  
1842-1919  
Нобелевская премия по  
физике - 1904



Джон Тиндаль  
1820-1893



## Электрические свойства дисперсных систем

### Прямые:

Явление перемещения ДС относительно неподвижной дисперсной фазы в постоянном электрическом поле называется **электроосмосом**.

Явление перемещения частиц ДФ в постоянном электрическом поле называется **электрофорезом**.

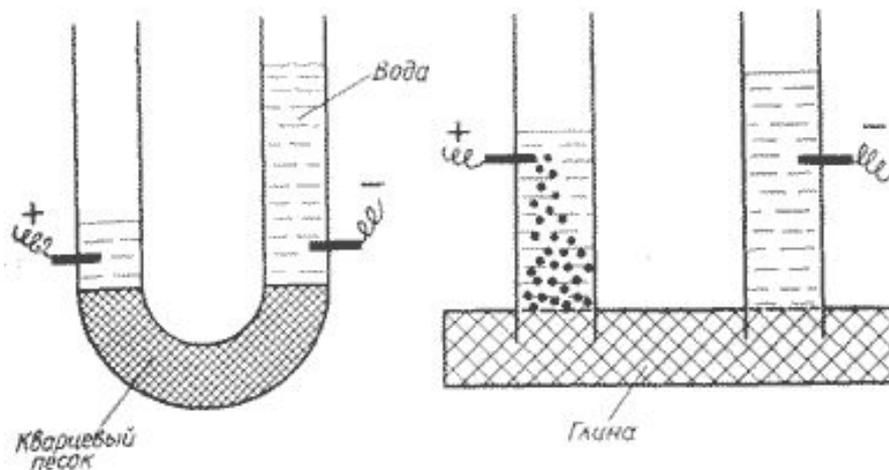


Схема опытов Ф.Ф. Рейсса по электроосмосу и электрофорезу

## Обратные:

- Возникновение разности потенциалов (тока) в результате движения ДС относительно неподвижной ДФ - **потенциал протекания** (Квинке).
- Возникновение разности потенциалов (тока) в результате движения ДФ (под действием силы тяжести) относительно неподвижной ДС - **потенциал седиментации** (Дорн).

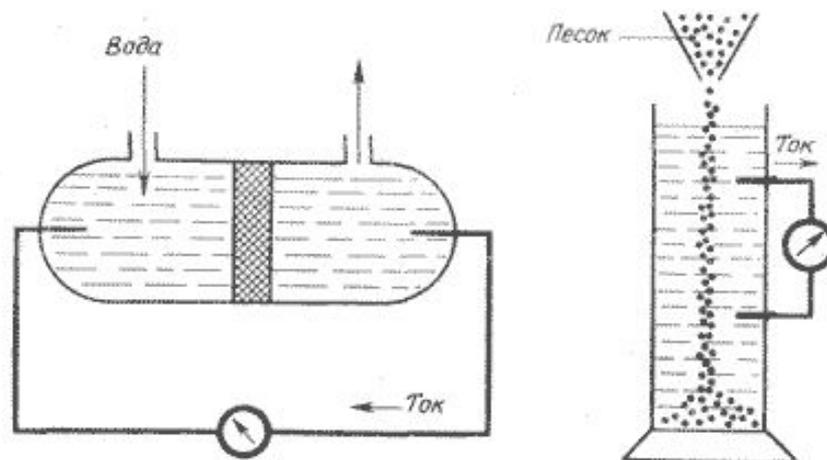


Схема возникновения потенциалов течения и оседания