



**ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ХИМИИ**

Коллоидные растворы (часть 1)

- 1. Основные понятия. Классификация дисперсных систем.**
 - 2. Методы получения коллоидных растворов.**
 - 3. Методы очистки коллоидных растворов.**
 - 4. Строение мицеллы гидрофобных систем.**
 - 5. Электрокинетический потенциал.**
- Изоэлектрическое состояние мицеллы.**

Лектор: Ирина Петровна Степанова, доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой химии

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



**Коллоидный раствор золота
(экспонат музея Фарадея в
Королевском институте)**

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)

История развития коллоидной химии



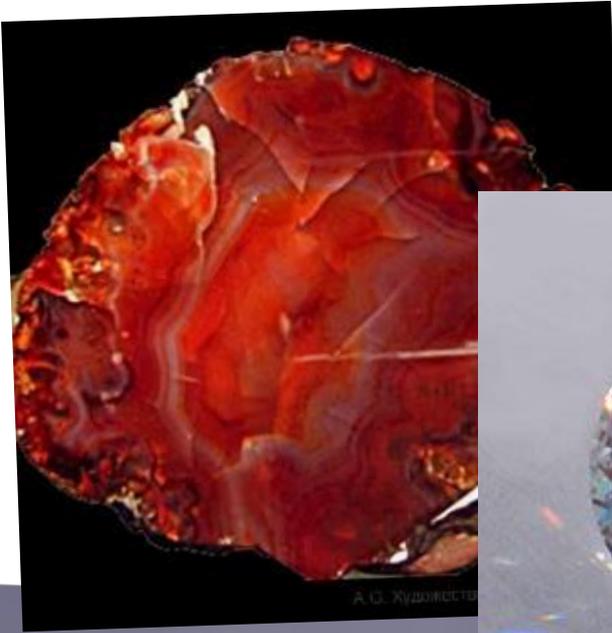
Николай Петрович Песков - основатель современной коллоидной химии как науки о поверхностных явлениях и дисперсных системах. Ввел понятие об агрегативной и седиментационной устойчивости дисперсных систем.

Н. П. Песков (1880-1940)

Медико-биологическое значение темы



Медико-биологическое значение темы



Медико-биологическое значение темы



Медико-биологическое значение темы

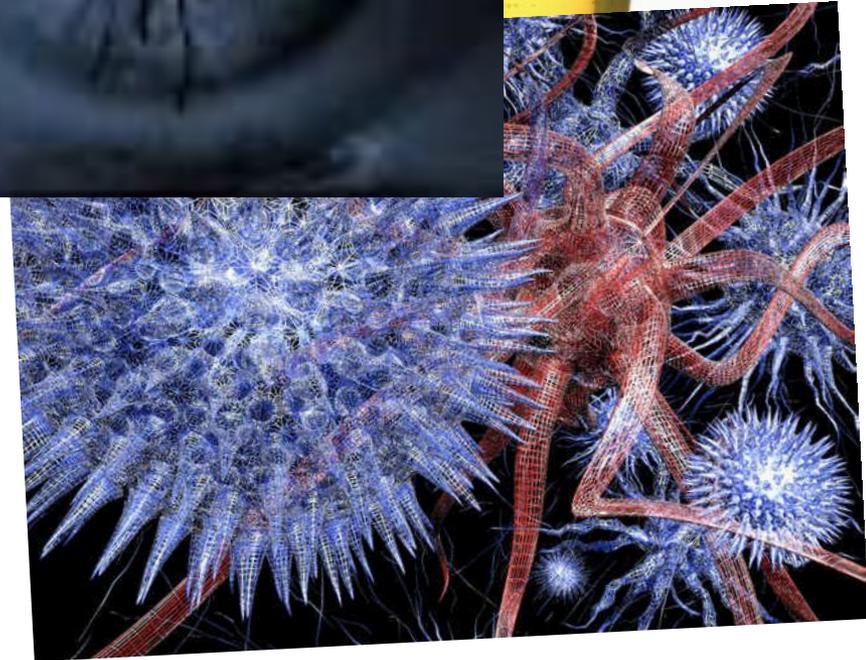
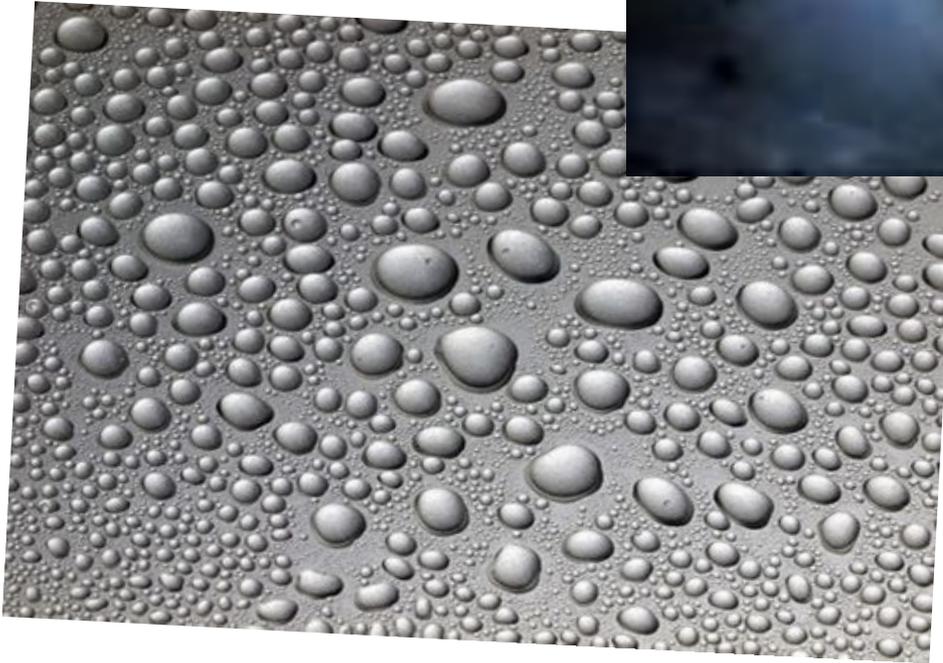
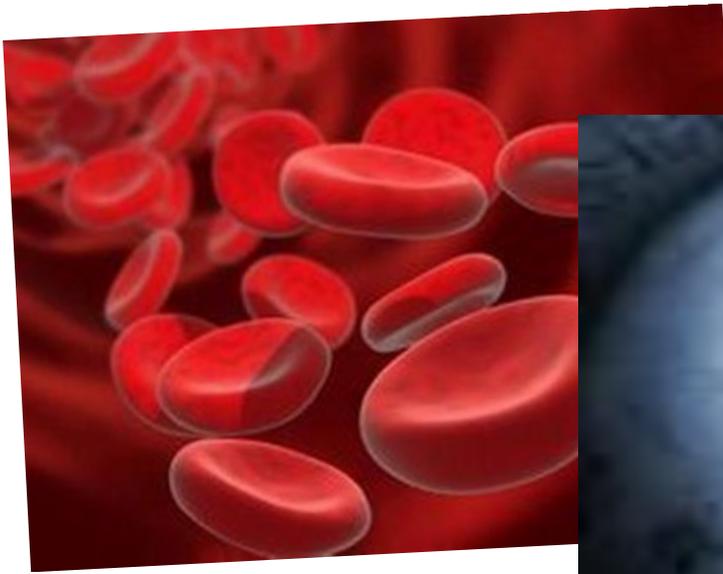


«Человек – это ходячий КОЛЛОИД»

И.И. Жуков

**В любом животном или растительном организме представлены практически все коллоидные дисперсные системы:
как лиофильные, так и лиофобные, связаннодисперсные и свободнодисперсные.**

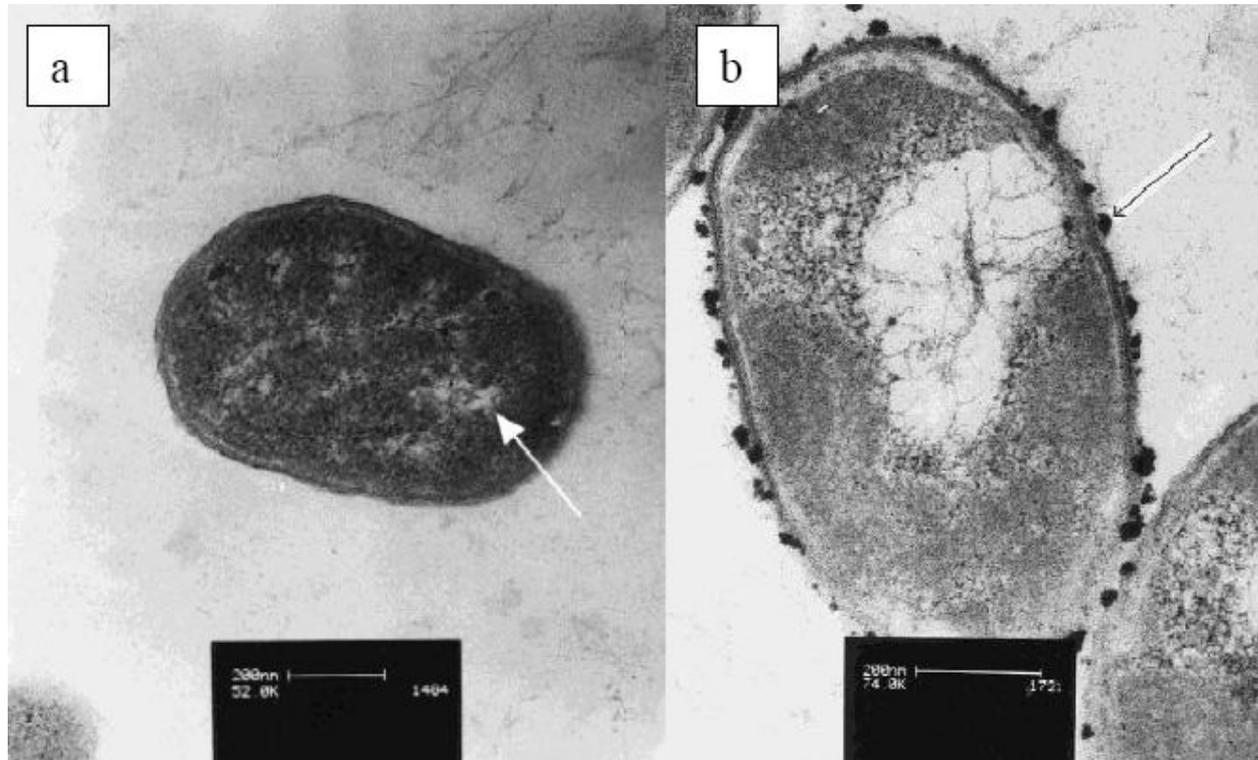
Медико-биологическое значение темы



Медико-биологическое значение темы



Медико-биологическое значение темы
Бактерицидная активность коллоидного раствора серебра

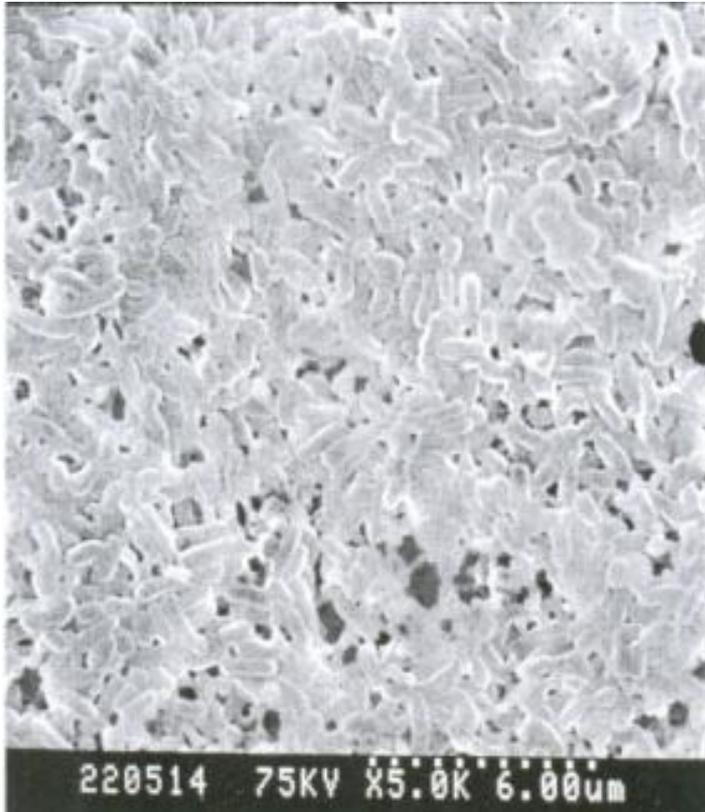


а – клетка E.Coli

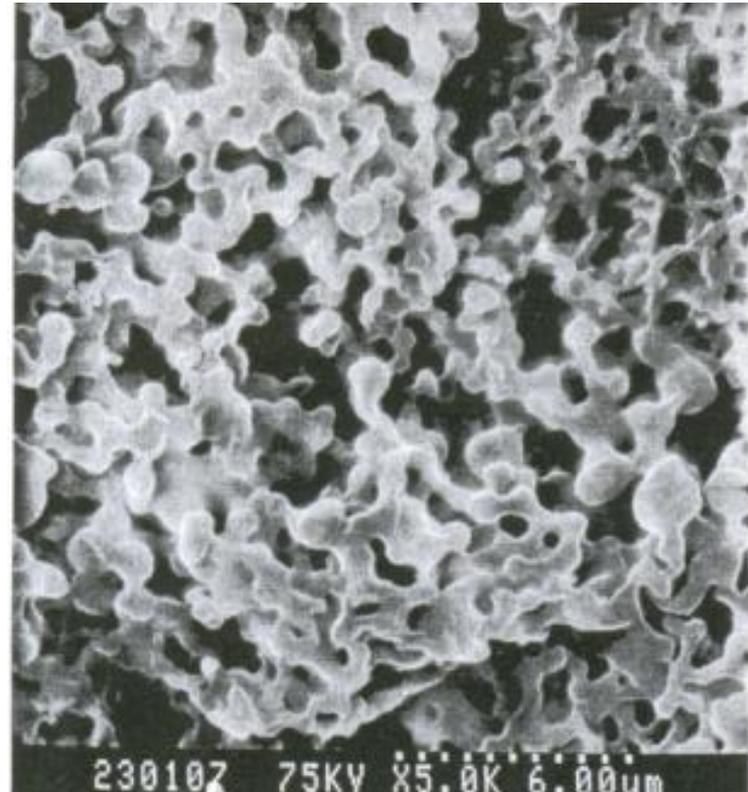
б – клетка E.Coli, подвергнутая воздействию наночастиц серебра

Медико-биологическое значение темы
*Бактерицидная активность коллоидного
раствора серебра*

Популяции of *Listeria*



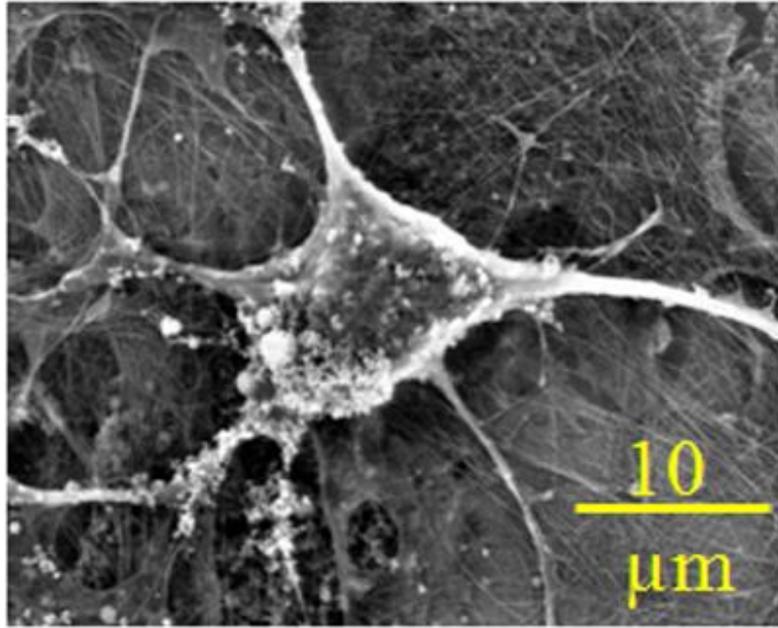
До обработки



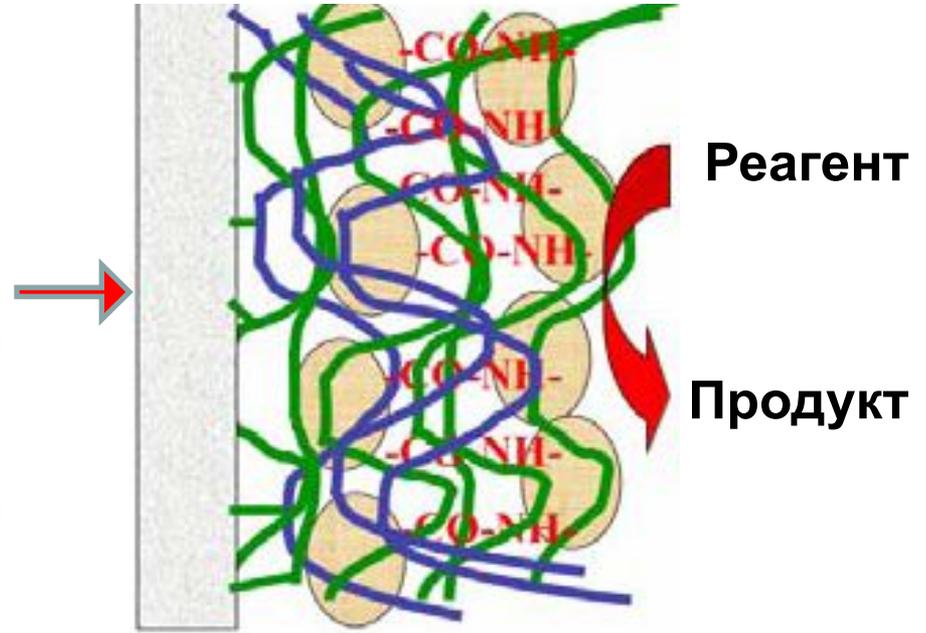
**После обработки
через 1.5 часа**

Медико-биологическое значение темы

Бионаноматериалы



*Клетки костной ткани
на пористом кремнии*

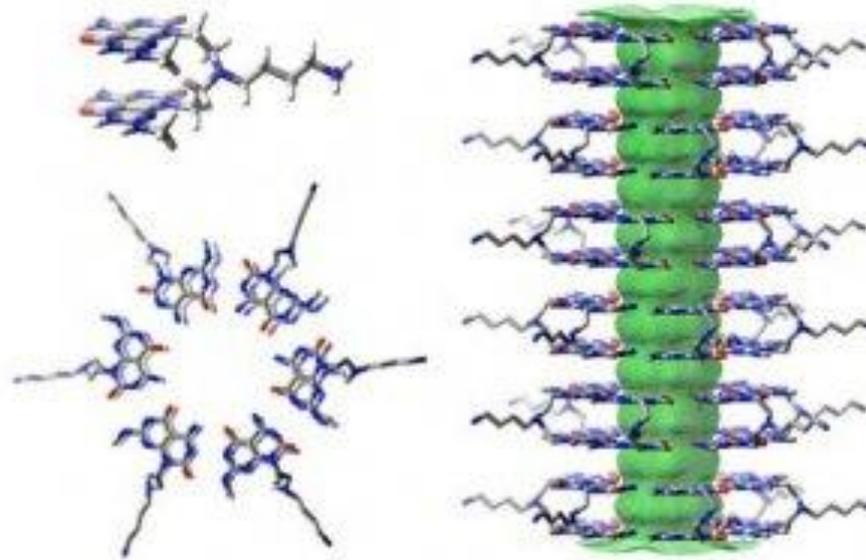


Сшитые ферменты

Медико-биологическое значение темы

Наноматериалы

Быстрозастывающая наножидкость состоит из шестимолекулярных колец, которые формируют трубчатые структуры. Предполагается, что этой жидкостью будут лечить переломы.



Основные понятия

Два общих признака дисперсных систем: гетерогенность и дисперсность.

Дисперсной системой (ДС) называется система, в которой одно вещество в более или менее раздробленном (дисперсном) состоянии равномерно распределено в массе другого вещества.

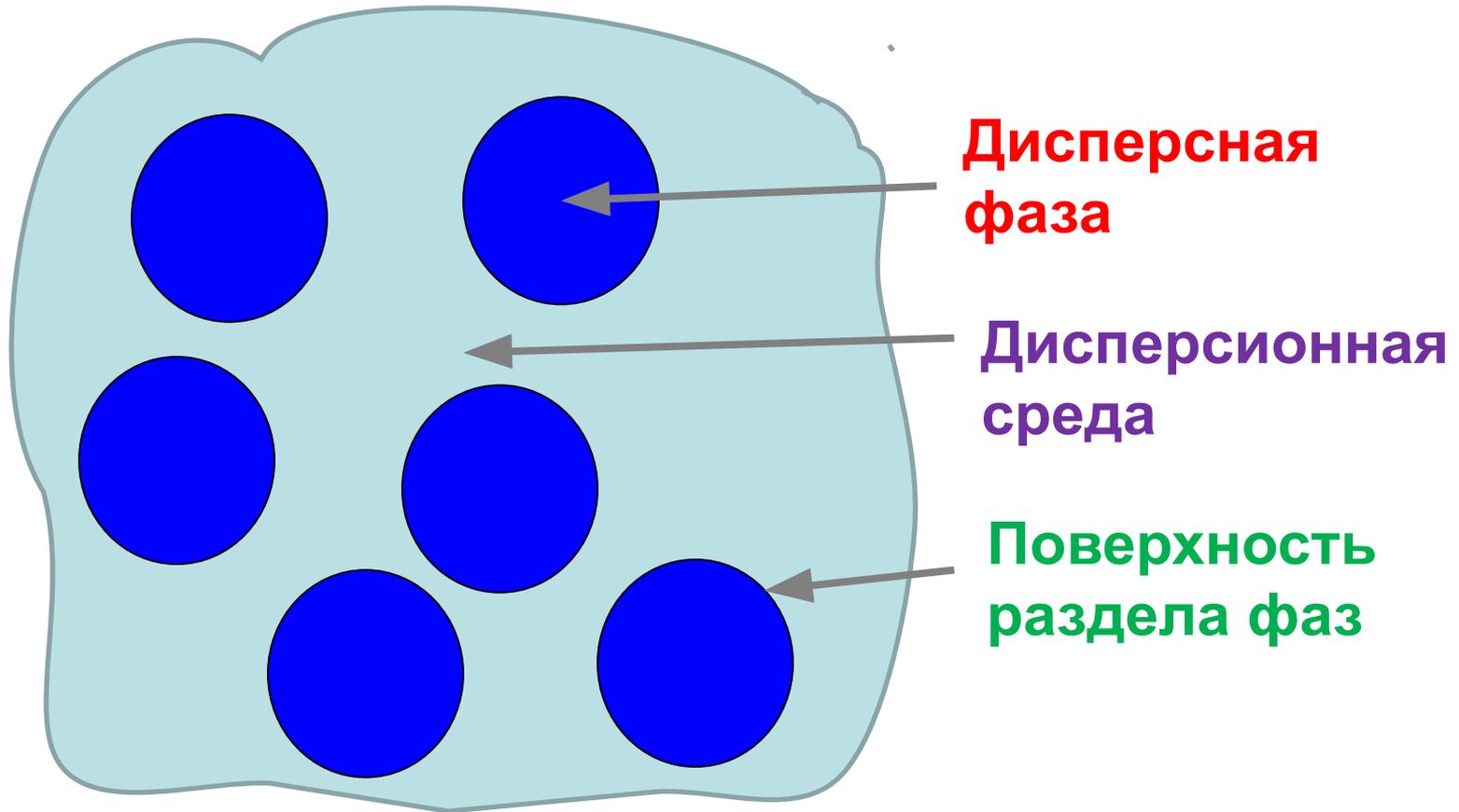
Классификация дисперсных систем

Дисперсная фаза (ДФ) представляет собой частицы, а *дисперсионная среда (ДСр)* - сплошная среда, в которой находится раздробленная дисперсная фаза.

Степень дисперсности (D) определяется величиной, обратной диаметру частиц (d):

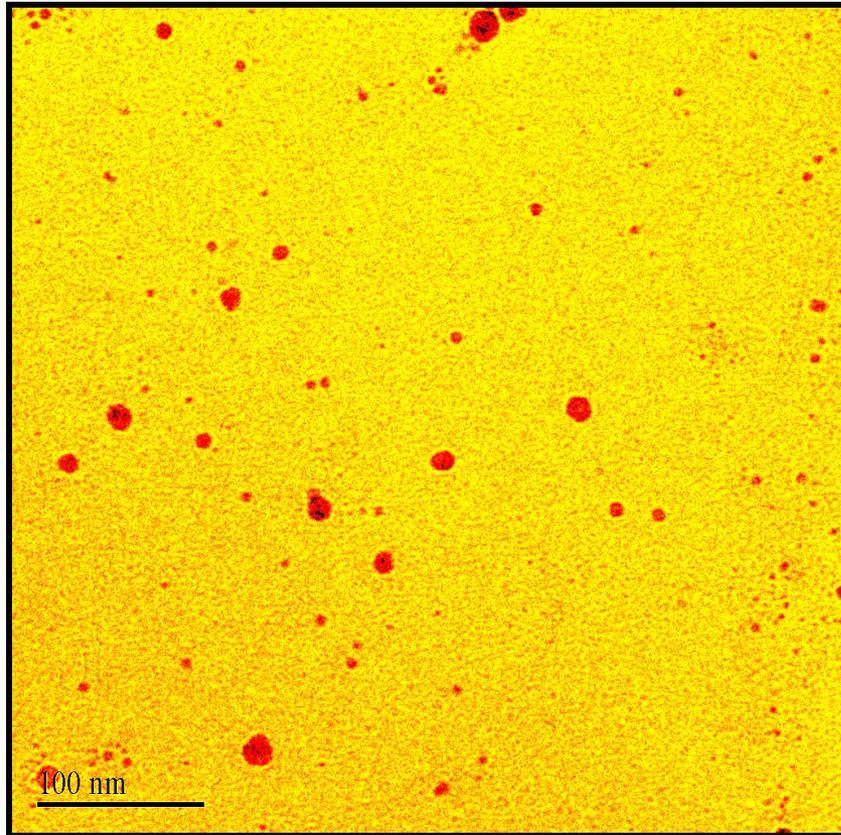
$$D = 1 / d.$$

Дисперсные системы



Пример: система - глина в воде.
Глина - *ДФ*, вода - *ДСр*.

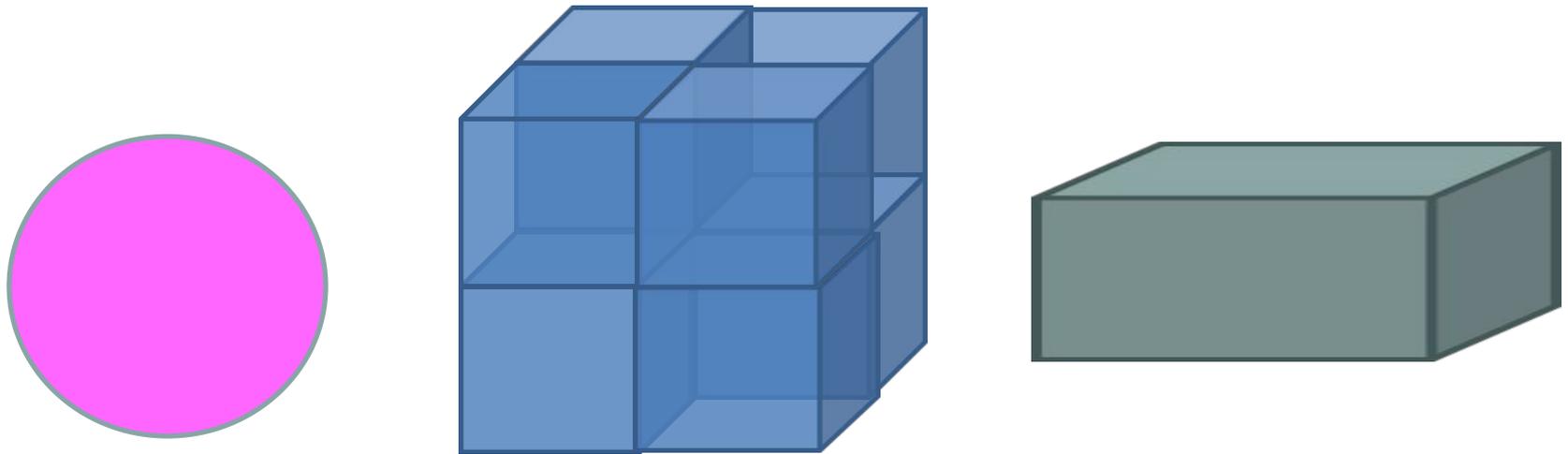
Основные понятия. Классификация дисперсных систем



Коллоидный раствор серебра

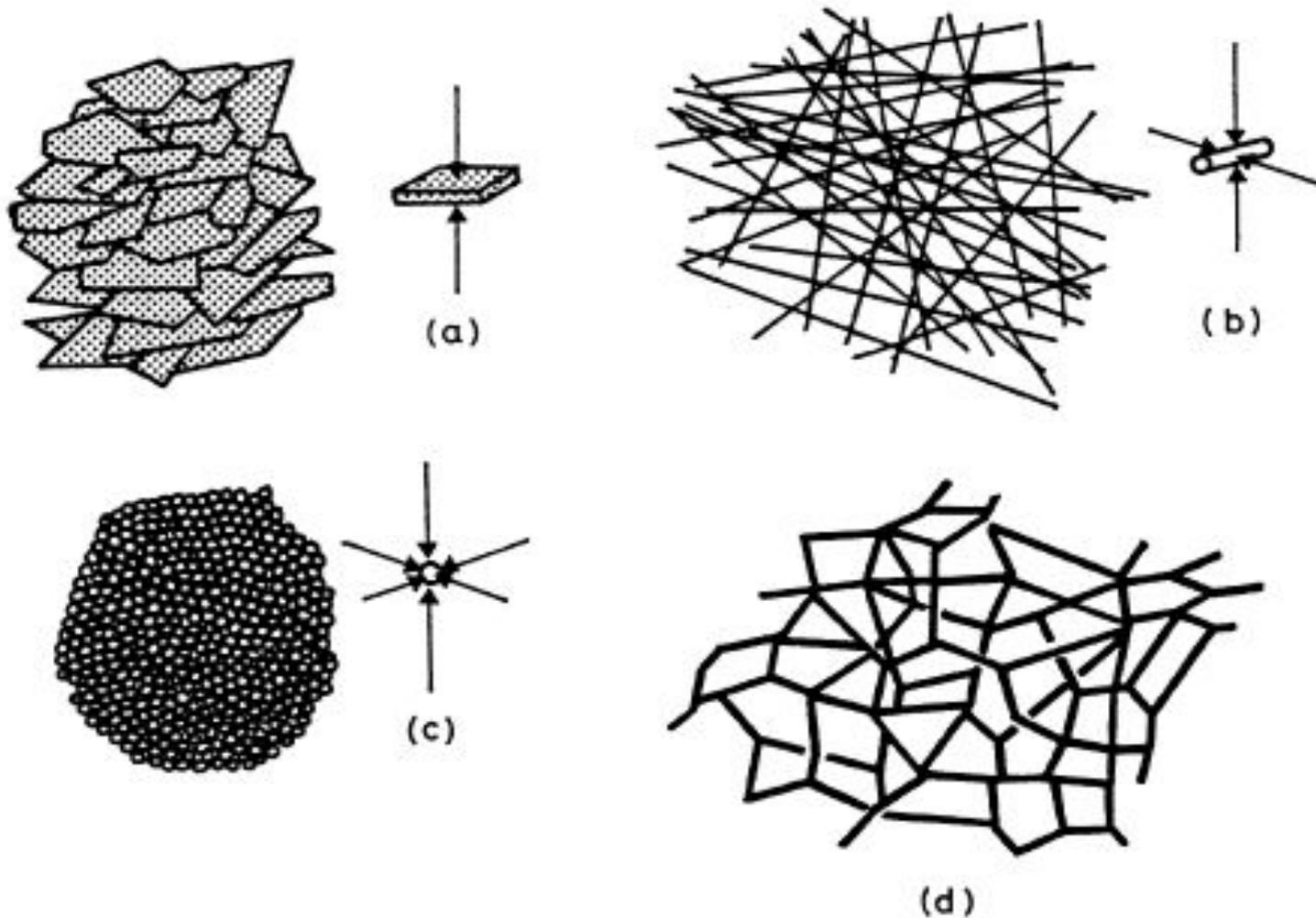
Основные понятия. Классификация дисперсных систем
Количественные характеристики ДФ

Поперечный размер частиц ДФ



Для сферических частиц это диаметр сферы d ,
для кубических частиц - ребро куба L (m^{-1} ; cm^{-1}) или
дисперсность ($D = 1/d$, m^{-1} , cm^{-1}).

Формы дисперсной фазы



Основные понятия. Классификация дисперсных систем
Количественные характеристики ДФ

Удельная поверхность $S_{y\partial}$ - это межфазная поверхность, приходящаяся на единицу объема ДФ (V) или ее массы (m).

$$S_{y\partial} = \frac{S}{V}$$

$$S_{y\partial} = \frac{4\pi r^2}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{3}{r} = \frac{6}{d} = 6D$$

$$S_{y\partial} = \frac{6l^2}{l^3} = \frac{6}{l} = 6D$$

- Удельная поверхность
- Удельная поверхность для сферической частицы с радиусом r
- Удельная поверхность для кубической частицы с ребром куба

Важным свойством ДС является наличие большой межфазной поверхности. Характерными являются процессы, протекающие на поверхности, а не внутри фазы.



По степени дисперсности дисперсные системы классифицируют на:

1. Грубодисперсные ($d > 10^{-5}$ см).
2. Коллоидно-дисперсные ($10^{-7} < d < 10^{-5}$ см).
3. Молекулярно-дисперсные (истинные растворы) ($d < 10^{-7}$ см).



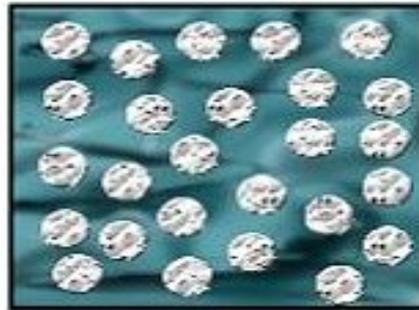
Основные понятия. Классификация дисперсных систем

$d < 10^{-7}$ см



**Истинный
раствор**

$d: 10^{-5} - 10^{-7}$ см



**Коллоидный
раствор**

$d > 10^{-5}$ см



Суспензия

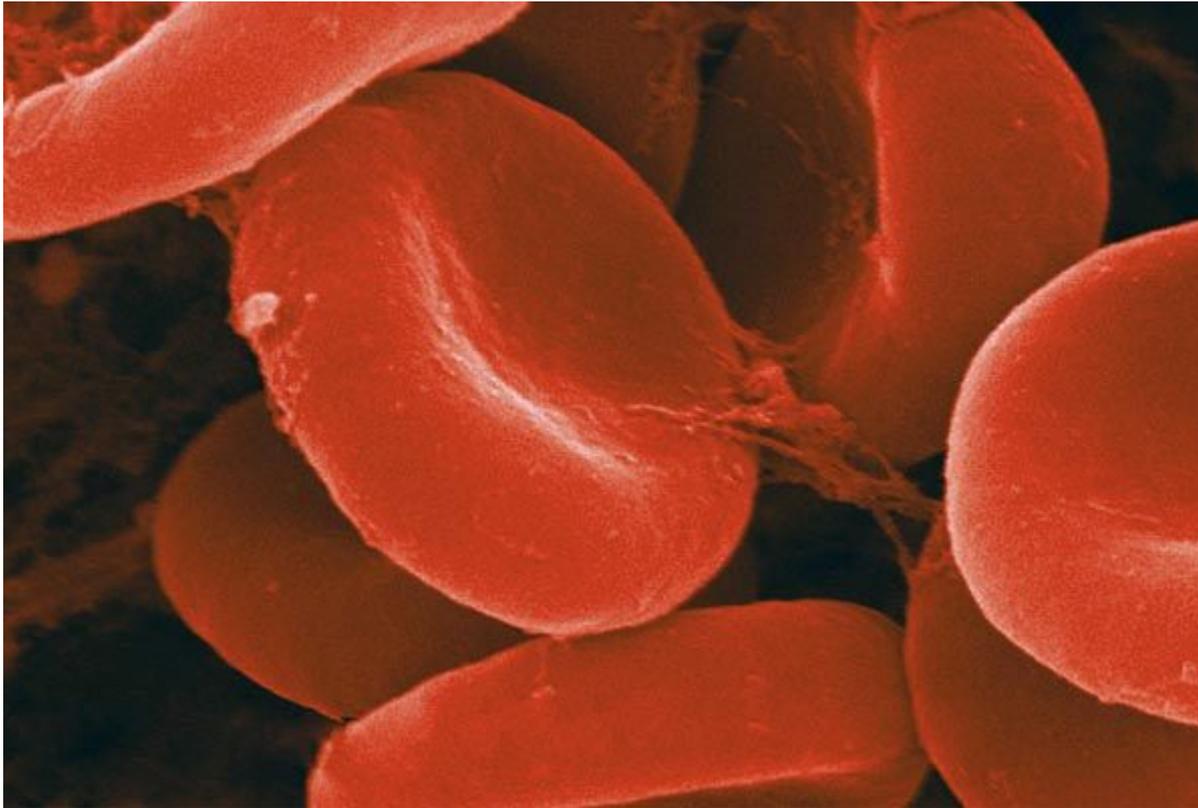
- **Грубодисперсные** ($d > 10^{-5}$ см) – не проходят через тонкие бумажные фильтры, быстро оседают, видимы в обычный микроскоп.
- **Коллоидно-дисперсные** ($10^{-7} < d < 10^{-5}$ см) – проходят через бумажные фильтры, но задерживаются на ультрафильтрах, видимы в ультрамикроскоп. Структурной единицей является мицелла.
- **Молекулярно-дисперсные** (истинные растворы) ($d < 10^{-7}$ см) – дискретными единицами в них являются молекулы или ионы. Образуются самопроизвольно.

Классификация по агрегатному состоянию ДСр и ДФ

<i>ДСр</i>	<i>ДФ</i>	Название системы
Г	Г	-----
	Ж	Аэрозоли (Туман)
	Т	Аэрозоли (Пыль, дым)
Ж	Г	Пены, газовые эмульсии
	Ж	Эмульсии
	Т	Суспензии, лиозоли
Т	Г	Твердые пены
	Ж	-----
	Т	Твердые золи

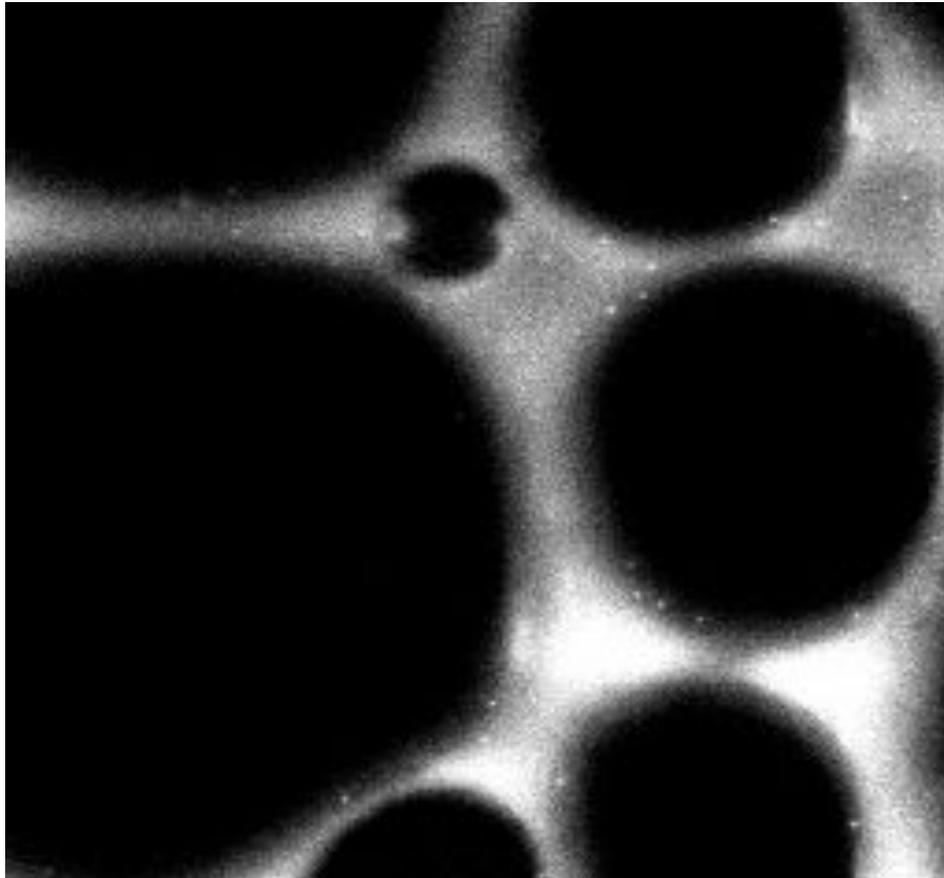
Основные понятия. Классификация дисперсных систем

Суспензии



Основные понятия. Классификация дисперсных систем

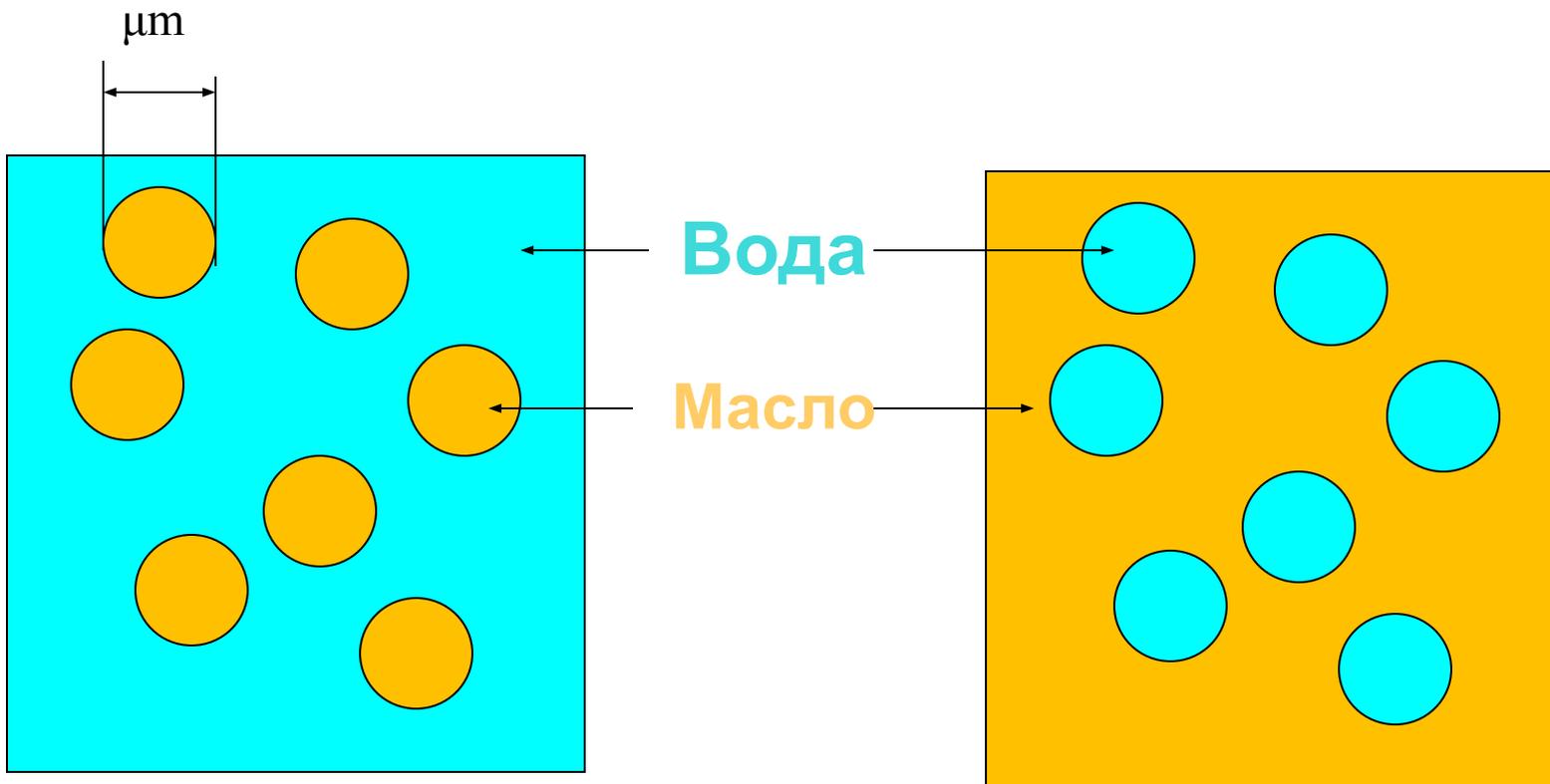
Эмульсии



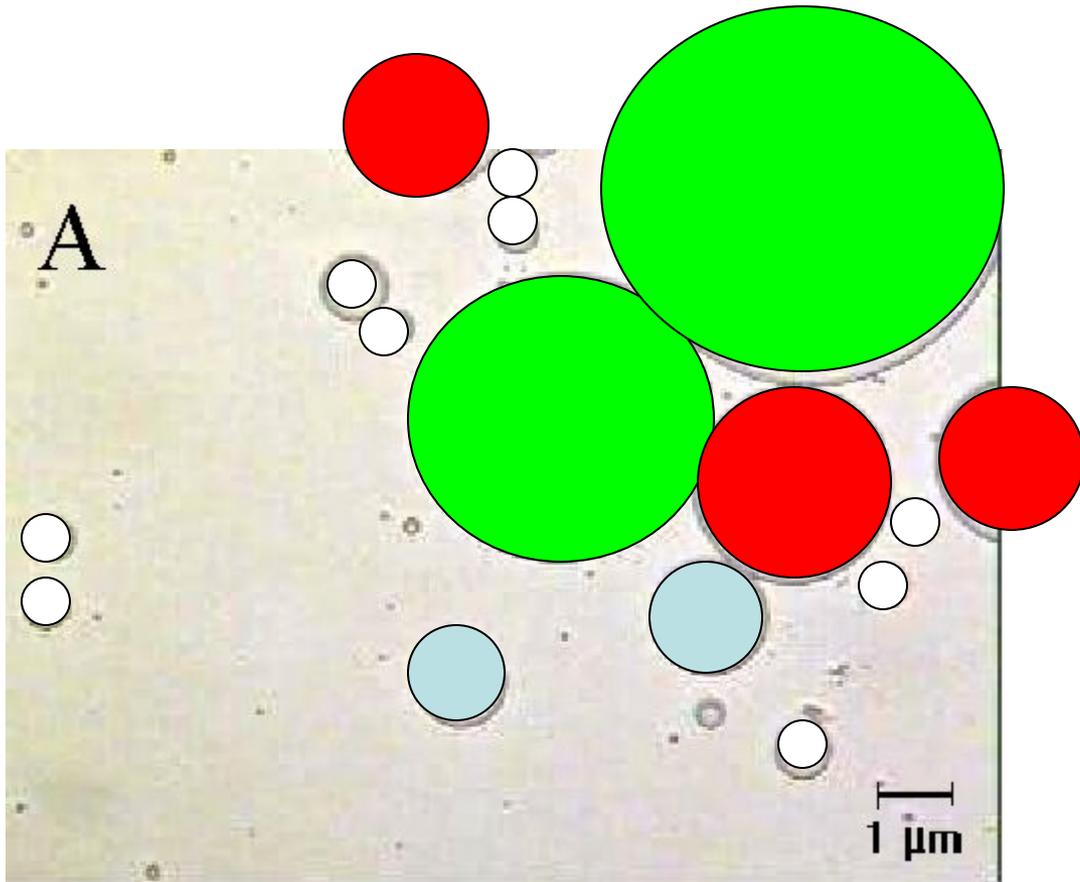
Виды эмульсий

Масло в воде

Вода в масле



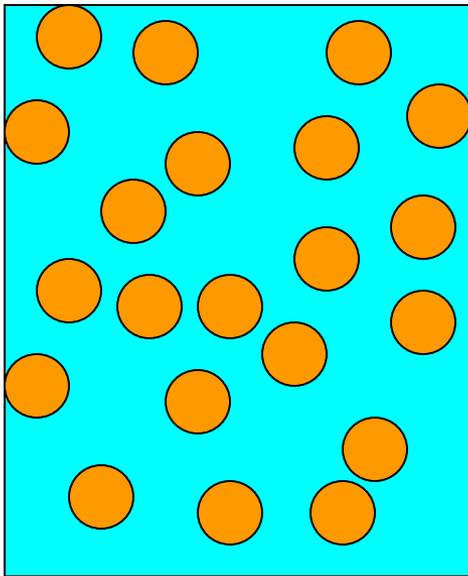
Диаметр частиц эмульсий



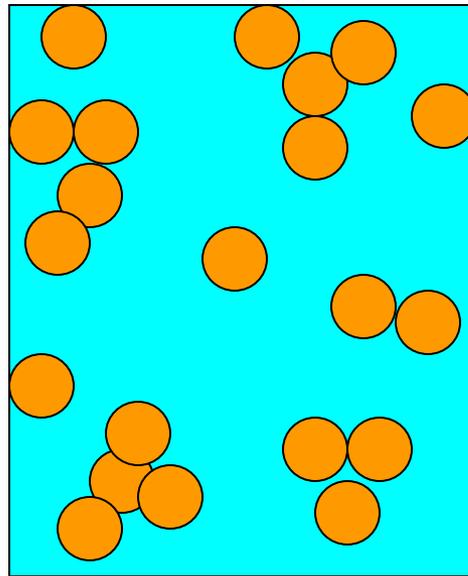
- $< 0.5 \text{ мм}$
- $0.5-1.5 \text{ мм}$
- $1.5-3 \text{ мм}$
- $>3 \text{ мм}$

Эмульсии

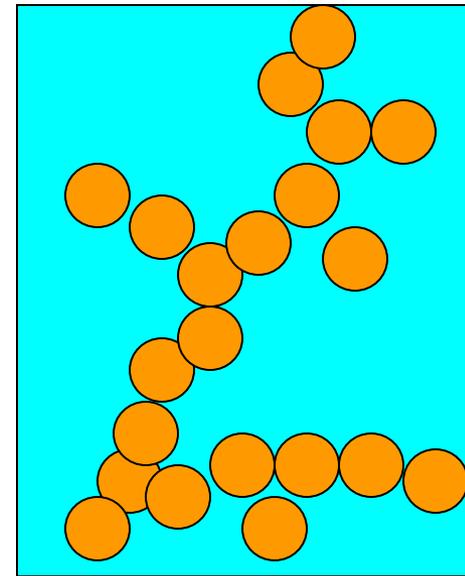
**Текучая
жидкость**



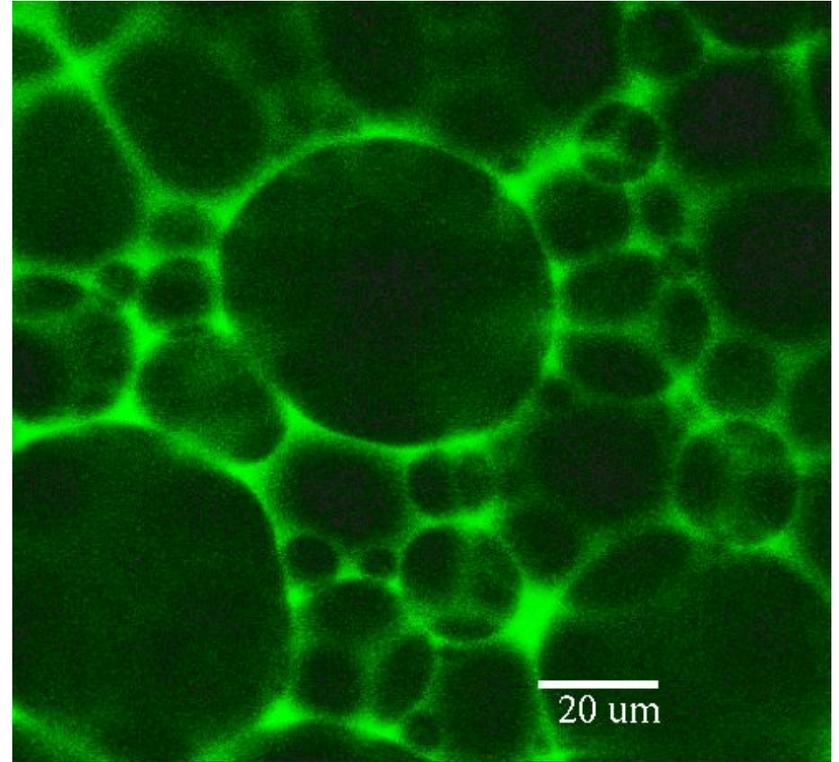
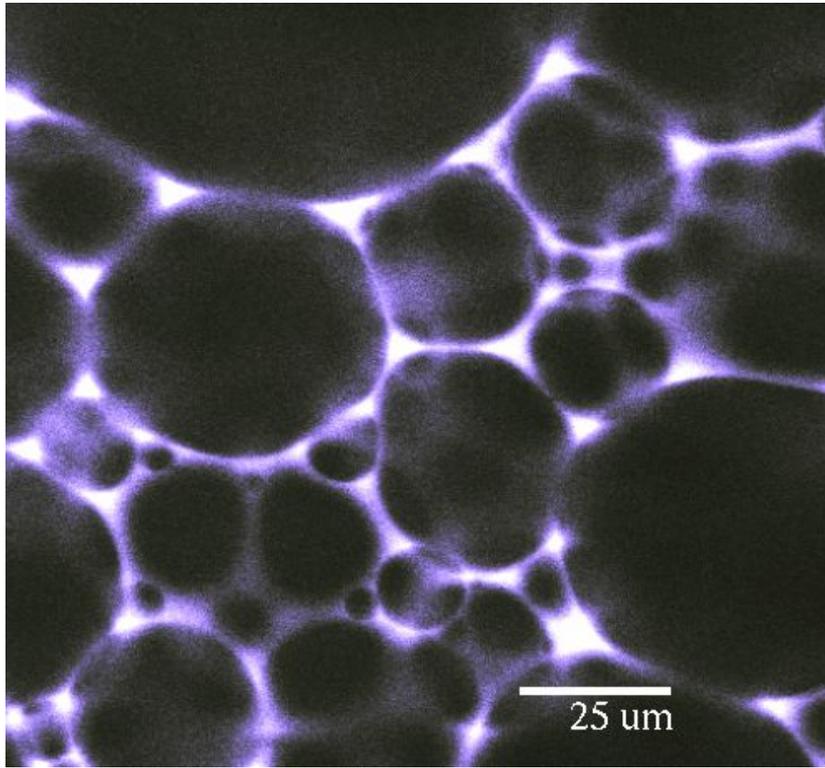
**Вязкая
жидкость**



**Гелеобразная
жидкость**

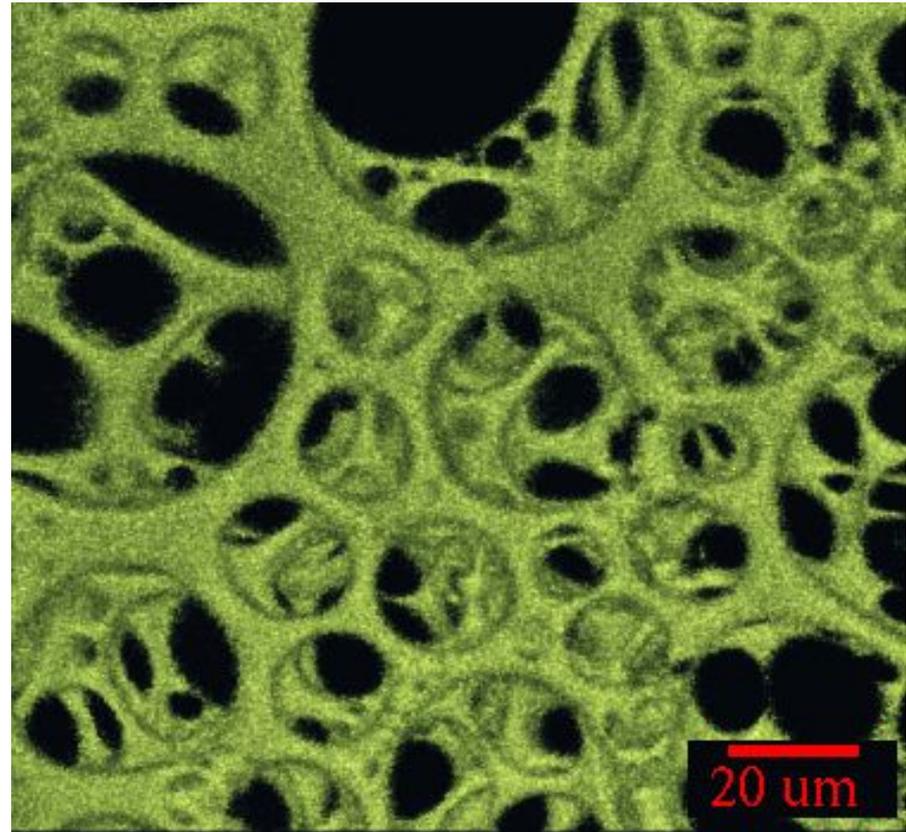
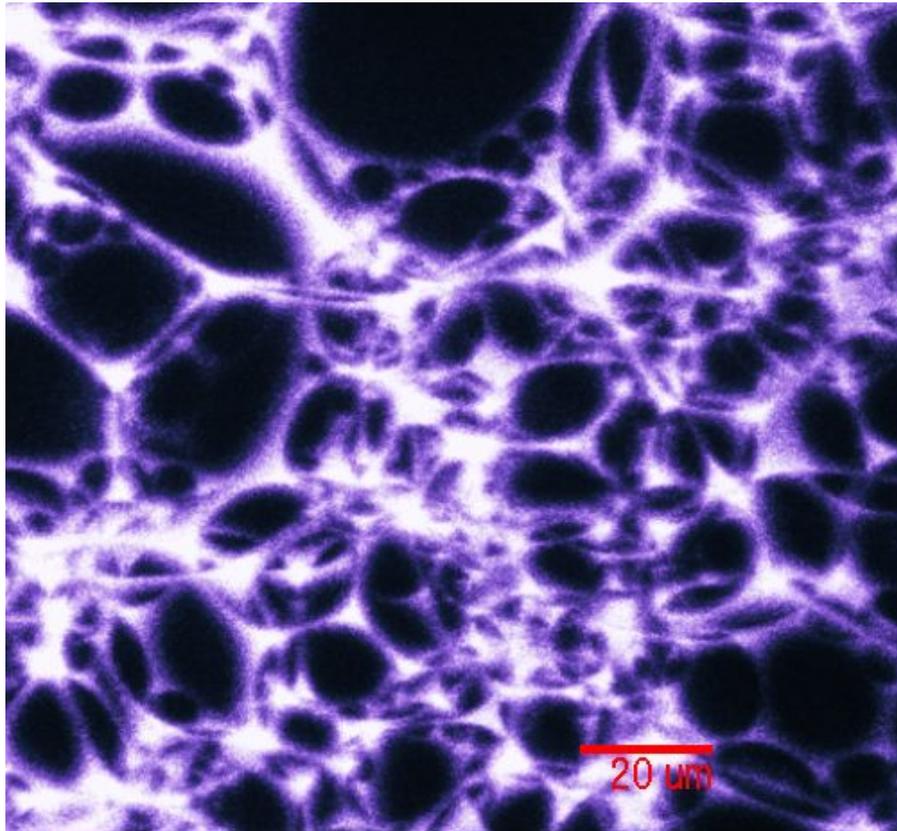


Эмульсии



Основные понятия. Классификация дисперсных систем

Эмульсии



Основные понятия. Классификация дисперсных систем

Пена



Основные понятия. Классификация дисперсных систем

Аэрозоль





По степени связи *ДСр* и *ДФ*:
системы со слабым
взаимодействием
между *ДФ* и *ДСр* называют
лиофобными коллоидами (золями),
с сильным взаимодействием –
лиофильными.

Если *ДСр* является вода, то системы соответственно
называются *гидрофобными* и *гидрофильными*.

Золи и гели



Кровь



Сухожилия

Золь – бесструктурный коллоидный раствор, в котором частицы ДФ слабо взаимодействуют между собой и свободно передвигаются друг относительно друга (например, золь серебра – колларгол).

По внешнему виду золи напоминают истинные растворы.



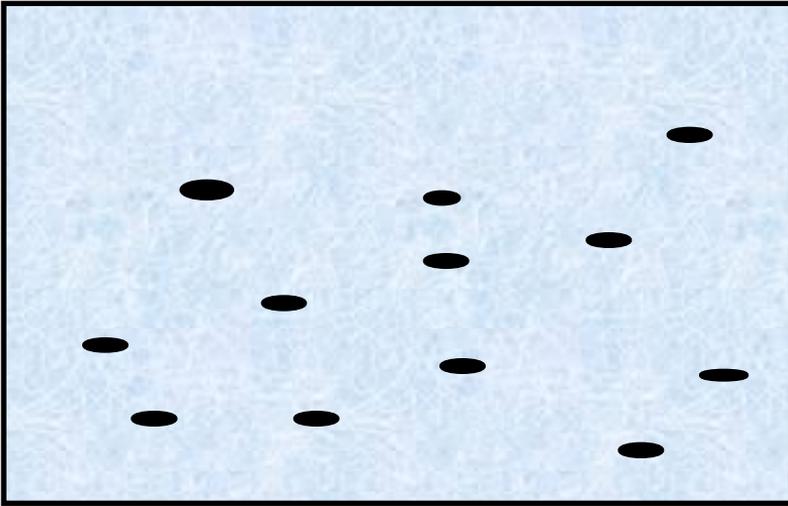
Гель – структурированный коллоидный раствор, в котором частицы ДФ связаны между собой в пространственные структуры типа каркасов.

В них коллоидные частицы малоподвижны и способны совершать только колебательные движения.

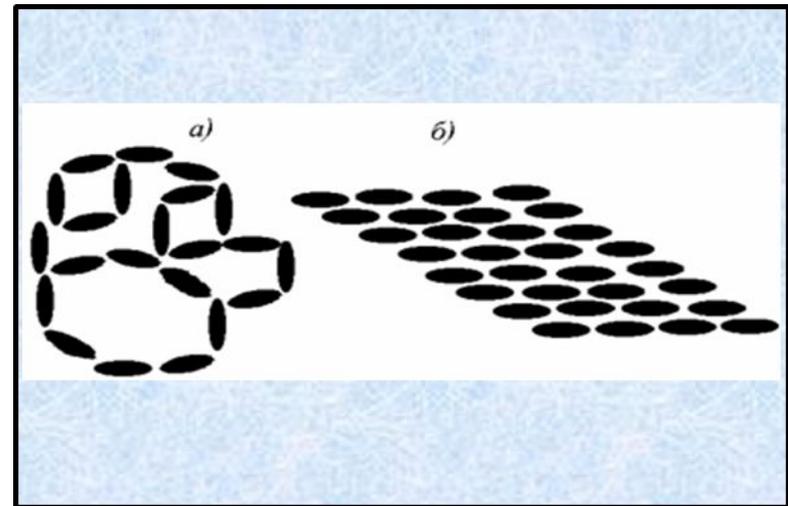
По внешнему виду гели желеобразны (например, зубная паста Blend-a-med).



Основные понятия. Классификация дисперсных систем



Золь
(раствор)



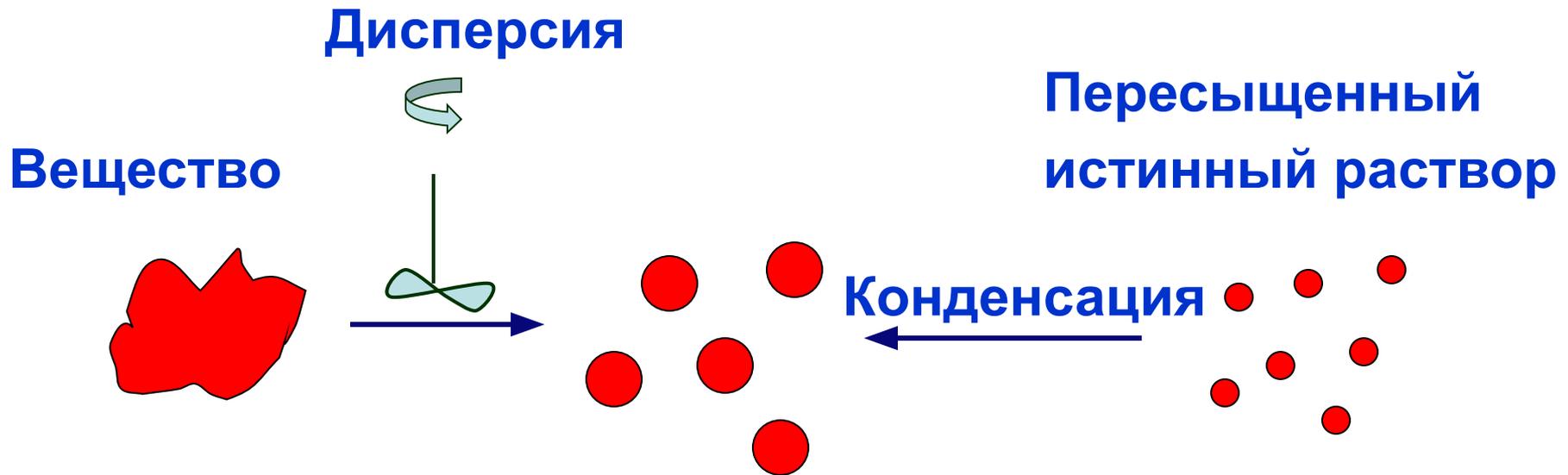
Гель
(лат. *gelate* -
замерзать)

Методы получения коллоидных растворов

По способу достижения коллоидной степени дисперсности различают диспергационные и конденсационные методы получения.



Получение лиофобных коллоидных систем



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

Применяют:

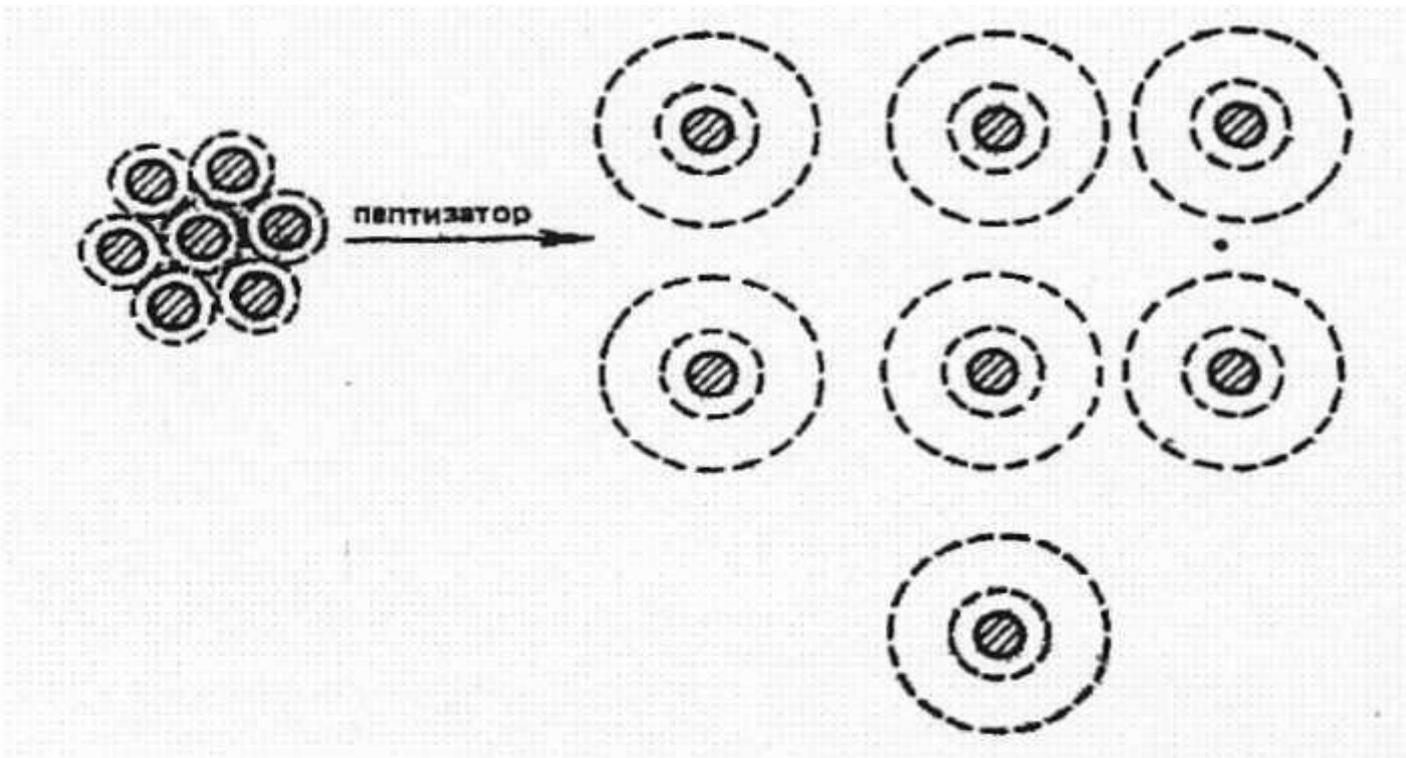
- **механическое дробление** (с помощью шаровых или коллоидных мельниц)
- **ультразвуковое** (под действием ультразвука)
- **электрическое** (при использовании электродов).

Методы диспергирования



**Коллоидная
мельница**

Химическое диспергирование –
пептизация (заключается в
химическом воздействии на осадок).



Конденсационные методы (от лат. – укрупнять) – получение частиц ДФ 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:**

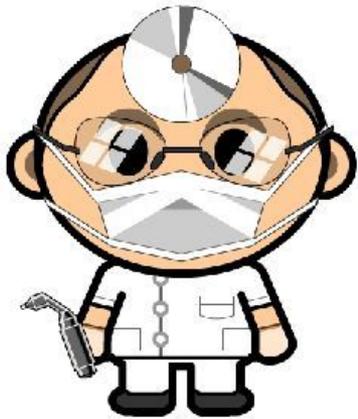
- чтобы вещество ДФ было нерастворимо в ДСр;
- чтобы скорость образования зародышей кристаллов ДФ была гораздо больше, чем скорость роста кристаллов;
- чтобы одно из исходных веществ было взято в избытке, именно оно является стабилизатором.

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	$\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{100^\circ} \text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{HCl}$
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 очистки коллоидных растворов

Коллоидные растворы, как и истинные, хорошо фильтруются через бумажный пористый фильтр, но, в отличие от истинных, не проходят через полупроницаемые мембраны.



На этом основана очистка коллоидных растворов от низкомолекулярных веществ (диализ, фильтрация, ультрацентрифугирование).

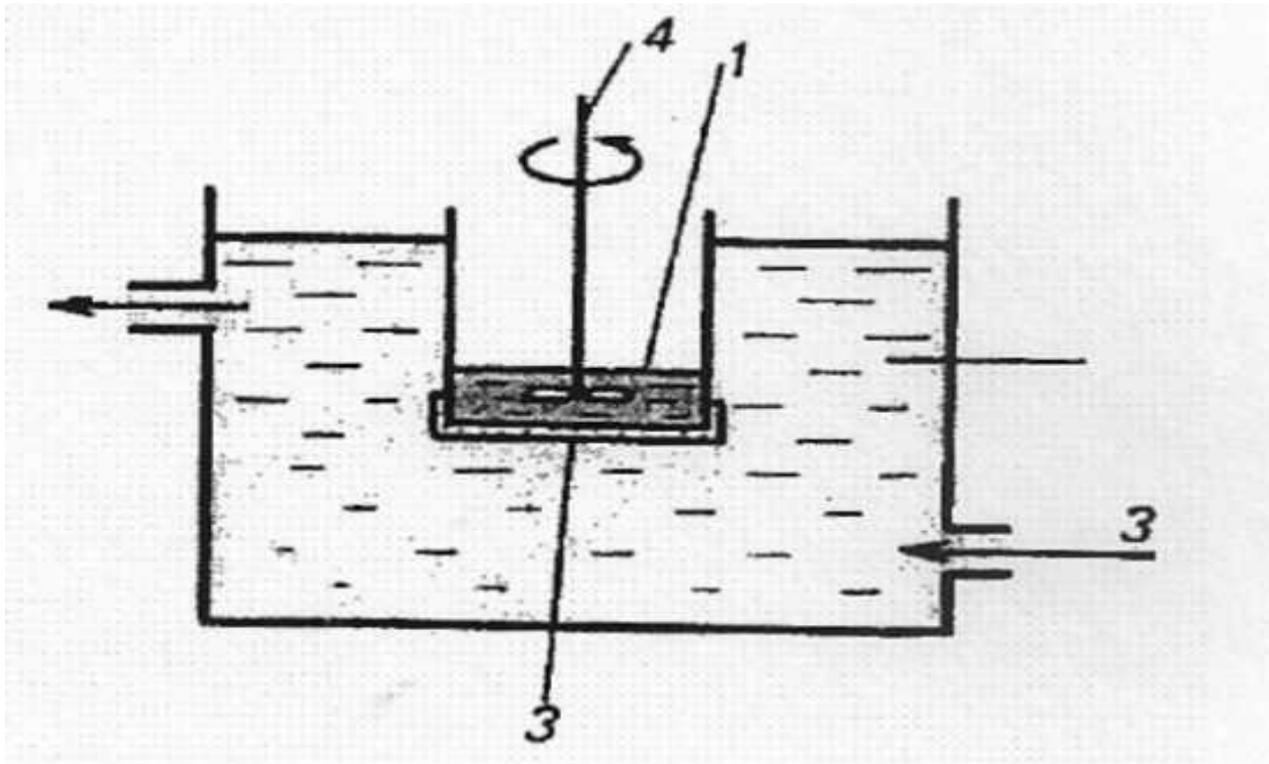
Диализ

Диализ проводят с помощью прибора - диализатора. Он состоит из 2 сосудов, отделенных полупроницаемой мембраной, способной пропускать молекулы и ионы низкомолекулярных веществ.

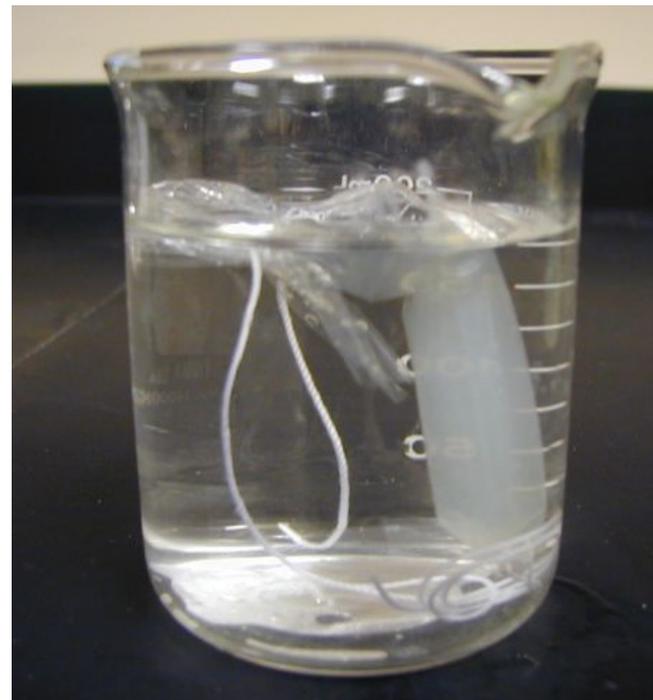
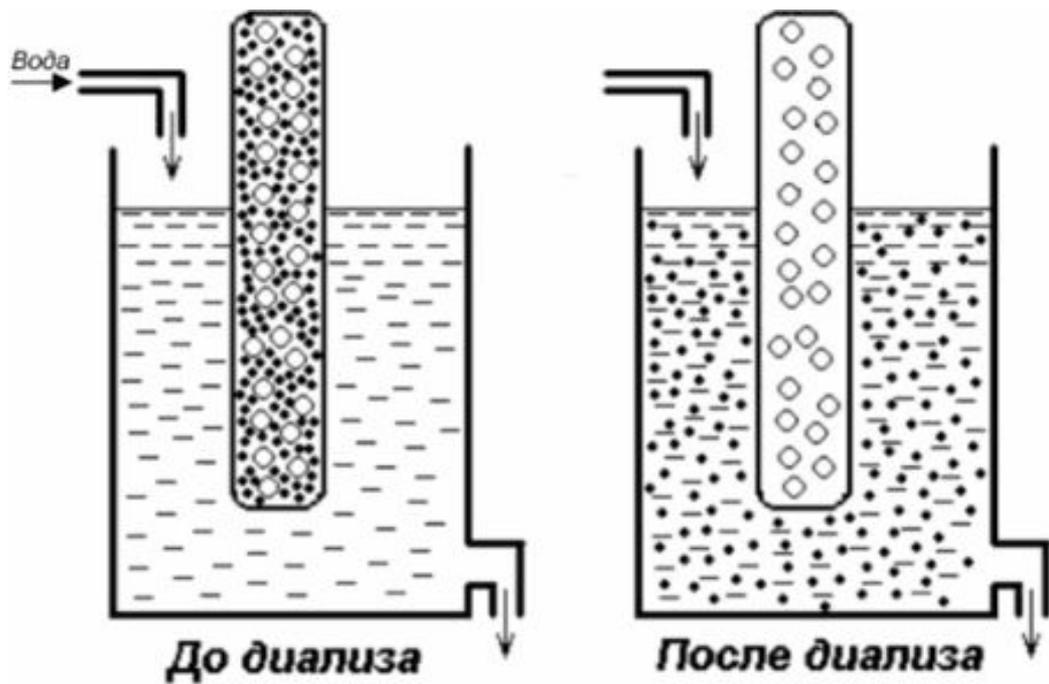
Во внутренний сосуд наливается раствор золя, во внешнем – циркулирует вода. **Примеси удаляются через мембрану из раствора золя в растворитель.**

Методы очистки коллоидных растворов

Диализатор: 1 - диализуемая жидкость; 2 - растворитель; 3 - диализная мембрана; 4 - мешалка

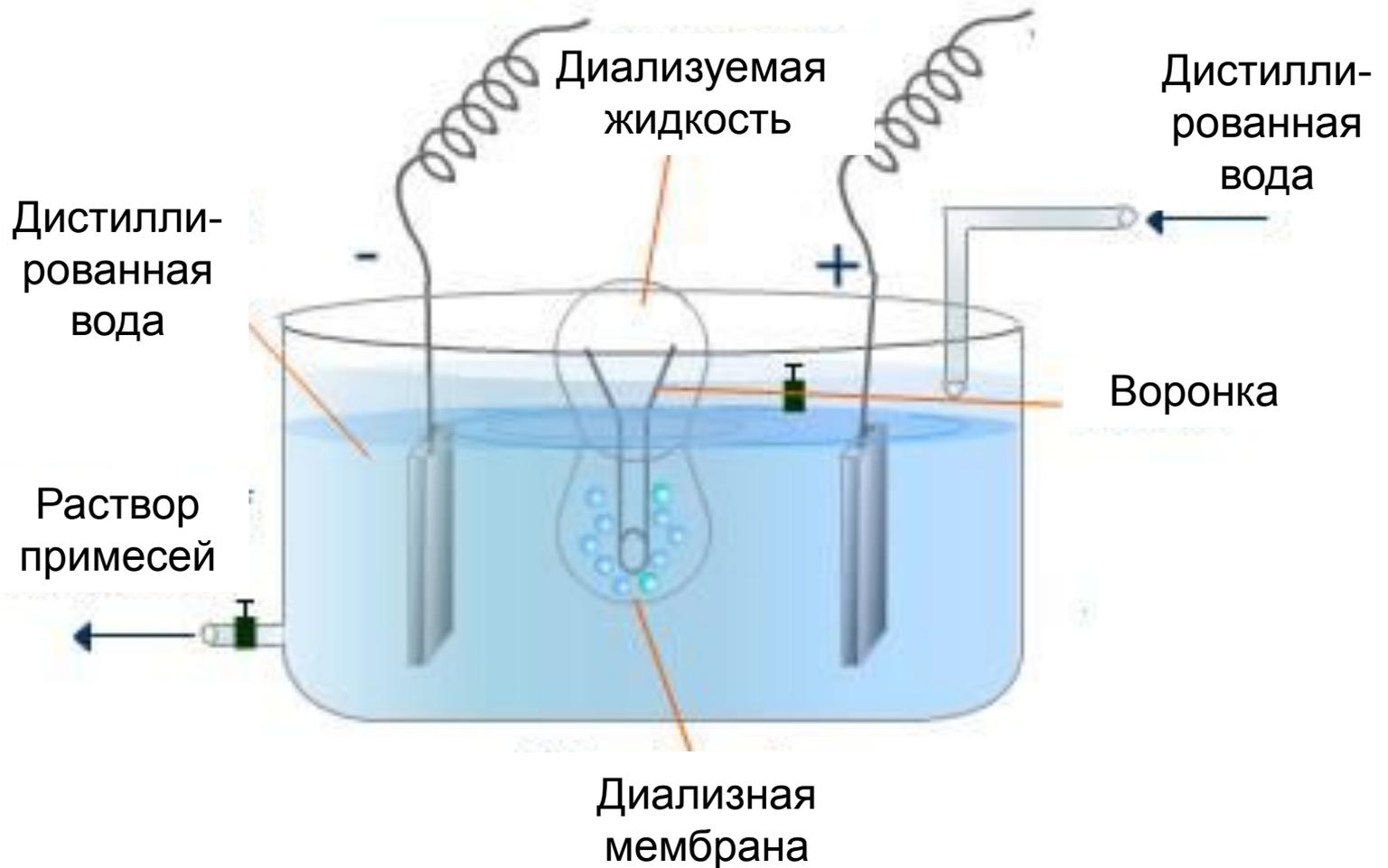


Диализ

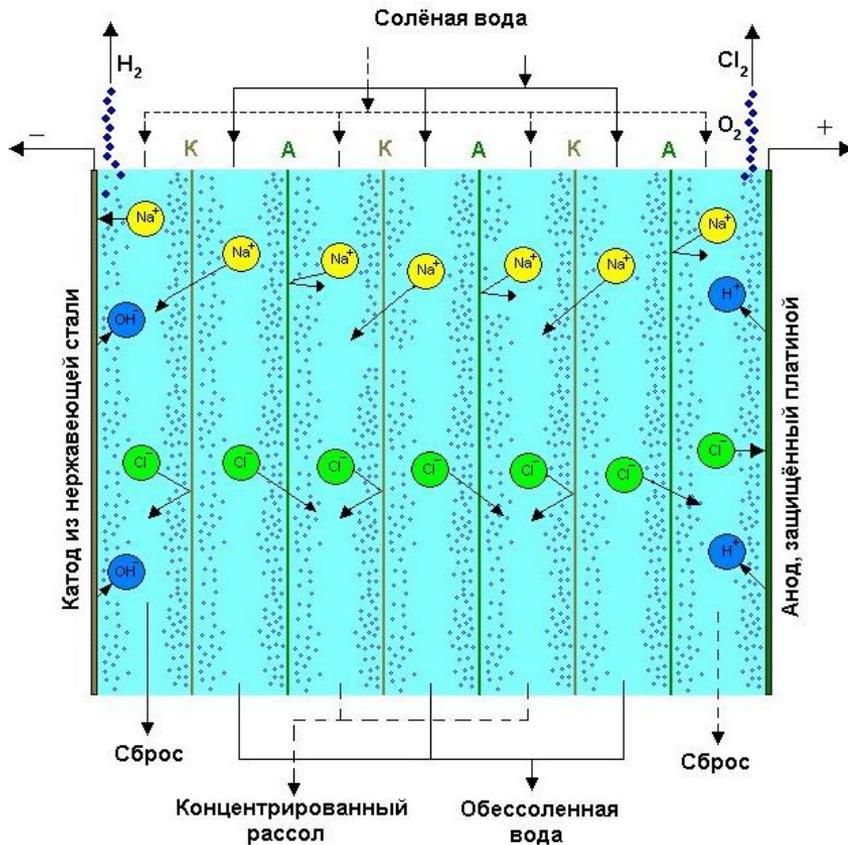


Электродиализ

Для ускорения процесса применяют *электродиализ*.



Электродиализ



Электродиализ применяют для обессоливания. Например, для опреснения морской воды.

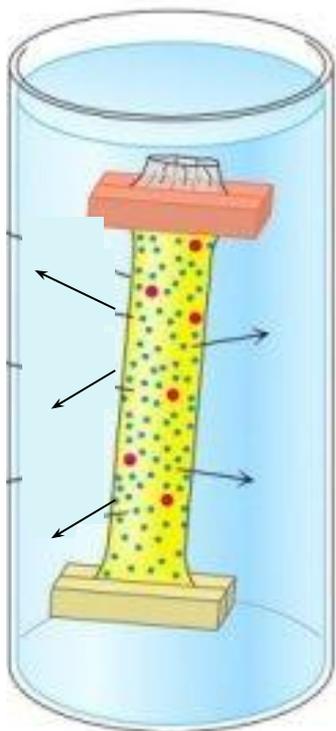
Диализ

По принципу компенсационного диализа работает аппарат «искусственная почка».

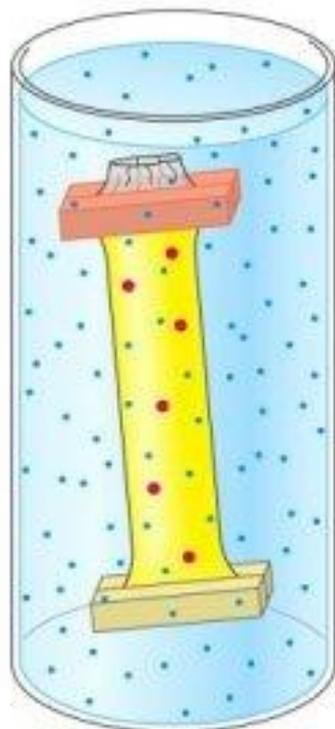
Аппарат подключают к системе кровообращения больного, кровь под давлением протекает между двумя мембранами, омываемыми снаружи физраствором.

При этом токсичные вещества крови вымываются в физраствор, что способствует очищению крови.

Диализ



До диализа



В Момент
равновесия

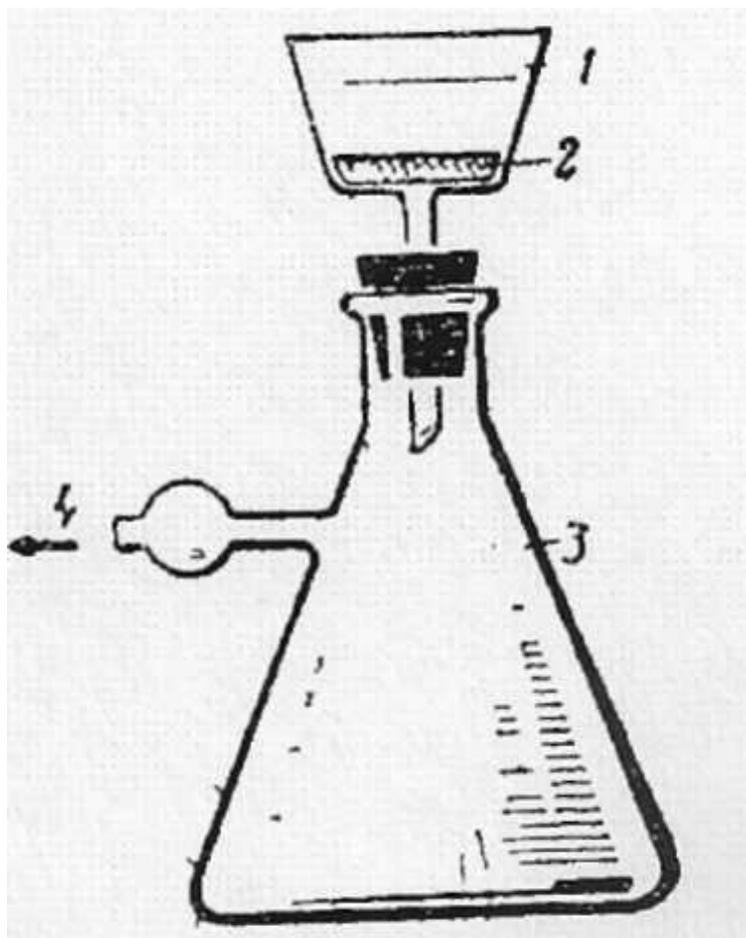


Для очистки коллоидных растворов от грубодисперсных частиц проводят фильтрование через обычные бумажные фильтры. Грубодисперсные частицы задерживаются на фильтре.

Для отделения ДФ от ДС, применяют ультрафильтрацию. При этом используют специальные фильтры, не пропускающие коллоидные частицы или макромолекулы.

Как правило, ультрафильтрацию проводят под давлением.

Методы очистки коллоидных растворов



Прибор для
ультрафильтрации: 1
- воронка Бюхнера;
2 - мембрана;
3 - колба Бунзена;
4 - насос

Для разделения частиц ДФ, имеющих различную массу, применяют ультрацентрифугирование.

При этом разделение частиц происходит в центробежном поле больших ускорений в центрифугах. Так, разделяют фракции белков.



Строение мицеллы гидрофобных систем

**В коллоидных системах
структурной единицей
является мицелла.**

**Строение коллоидных частиц и
возникновение на них заряда объясняет
*мицеллярная теория коллоидных систем.***

Заряд на коллоидных частицах возникает либо за счет ионизации молекул, находящихся на поверхности твердой фазы, либо в результате избирательной адсорбции на твердой фазе.

Строение мицеллы

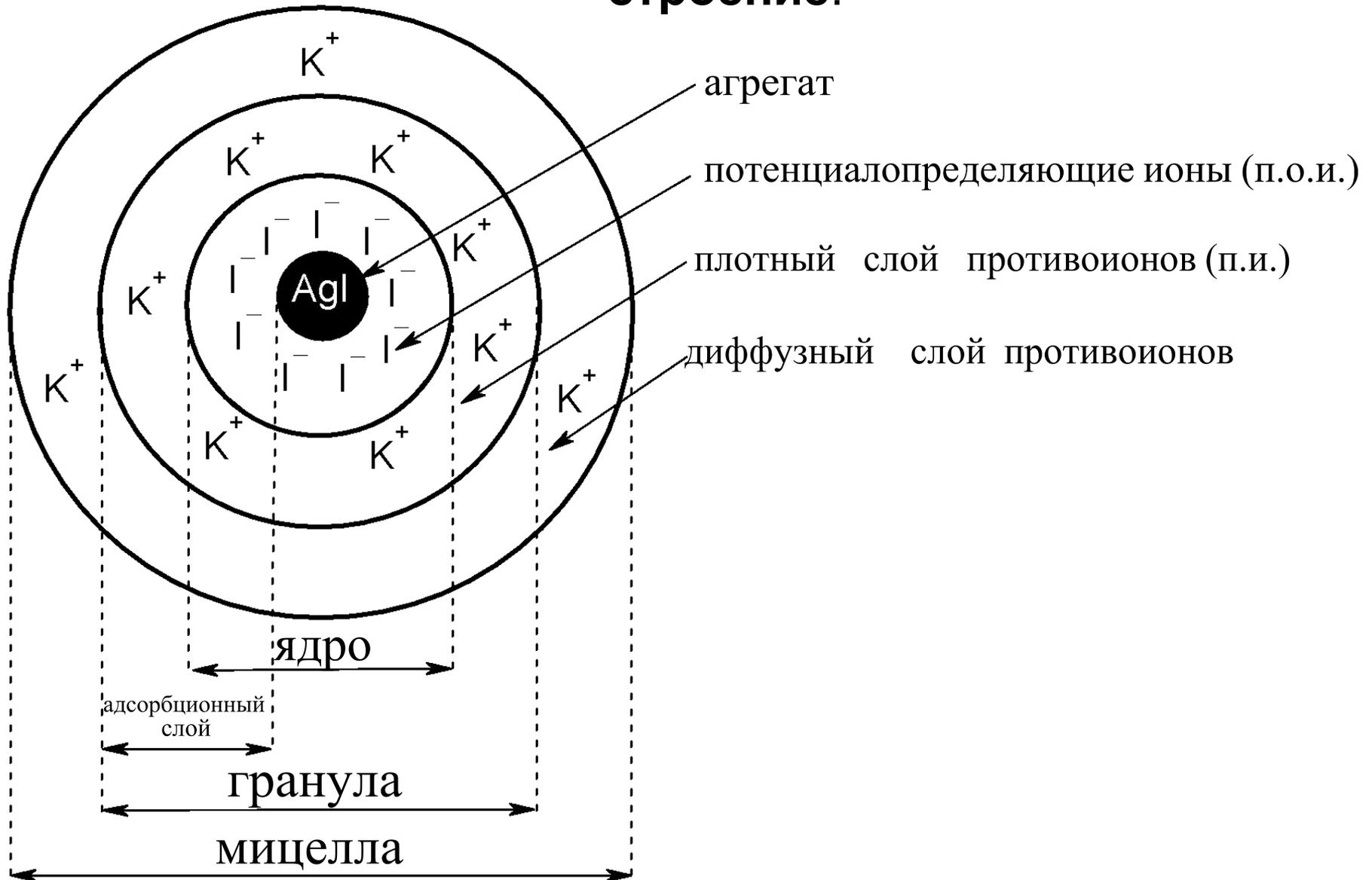
Рассмотрим второй случай –
образование мицеллы AgI в KI.



Осадок AgI находится в избытке
раствора KI.

Избыток электролита выполняет
роль стабилизатора.

При этом образуется мицелла, имеющая следующее строение:



Строение мицеллы

Осадок AgI является агрегатом мицеллы.

На твердой кристаллической поверхности осадка в соответствии с правилом Панета-Фаянса будут адсорбироваться ионы Γ^- , достраивая кристаллическую решетку и сообщая частицам отрицательный заряд.

Ионы Γ^- называются потенциалопределяющими.

Строение мицеллы

Агрегат и потенциалопределяющие ионы составляют ядро мицеллы.

К отрицательному заряду будут притягиваться противоионы K^+ , образуя плотный слой противоионов.

Потенциалопределяющие ионы и противоионы плотного слоя вместе образуют адсорбционный слой.

Адсорбционный слой вместе с агрегатом составляют гранулу (или частицу). Гранула заряжена, её заряд определяется знаком и величиной заряда потенциалопределяющих ионов.

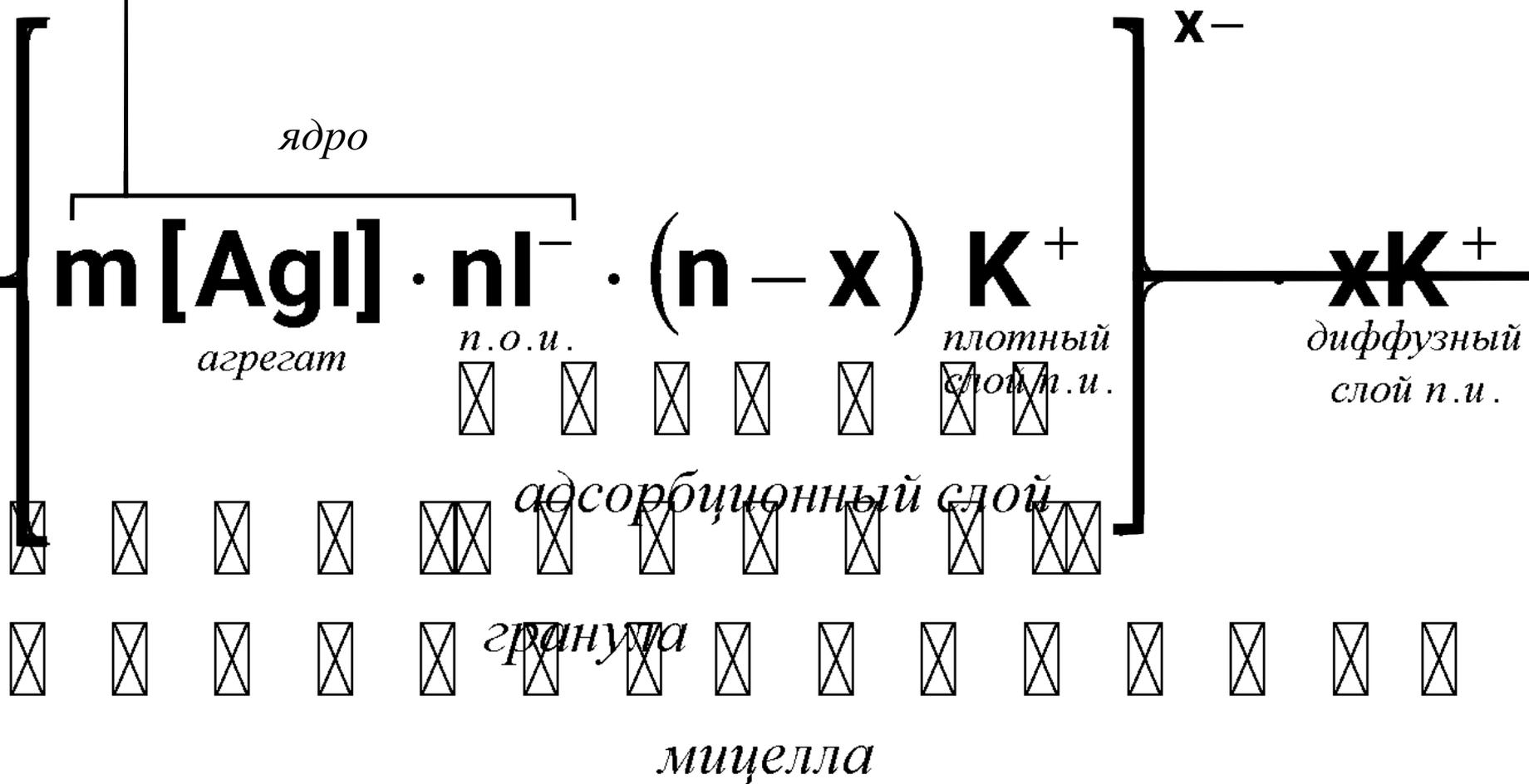
Часть противоионов, не вошедших в адсорбционный слой, образуют диффузный слой.

Гранула и диффузный слой составляют мицеллу.

Мицелла, таким образом, электронейтральна.

Строение мицеллы.

Формула мицеллы AgI в KI:



Ионы стабилизатора, адсорбируясь на поверхности агрегата, образуют ионогенную часть мицеллы, которая по своему строению и свойствам является **двойным электрическим слоем (ДЭС)**.

Строение ДЭС мицеллы AgI в KI:



1. Стабильная часть

2. Плотный слой

3. Диффузный слой

Электрокинетический потенциал

В мицелле выделяют две границы:

Граница раздела фаз - проходит между потенциалопределяющими ионами и противоионами плотного слоя.

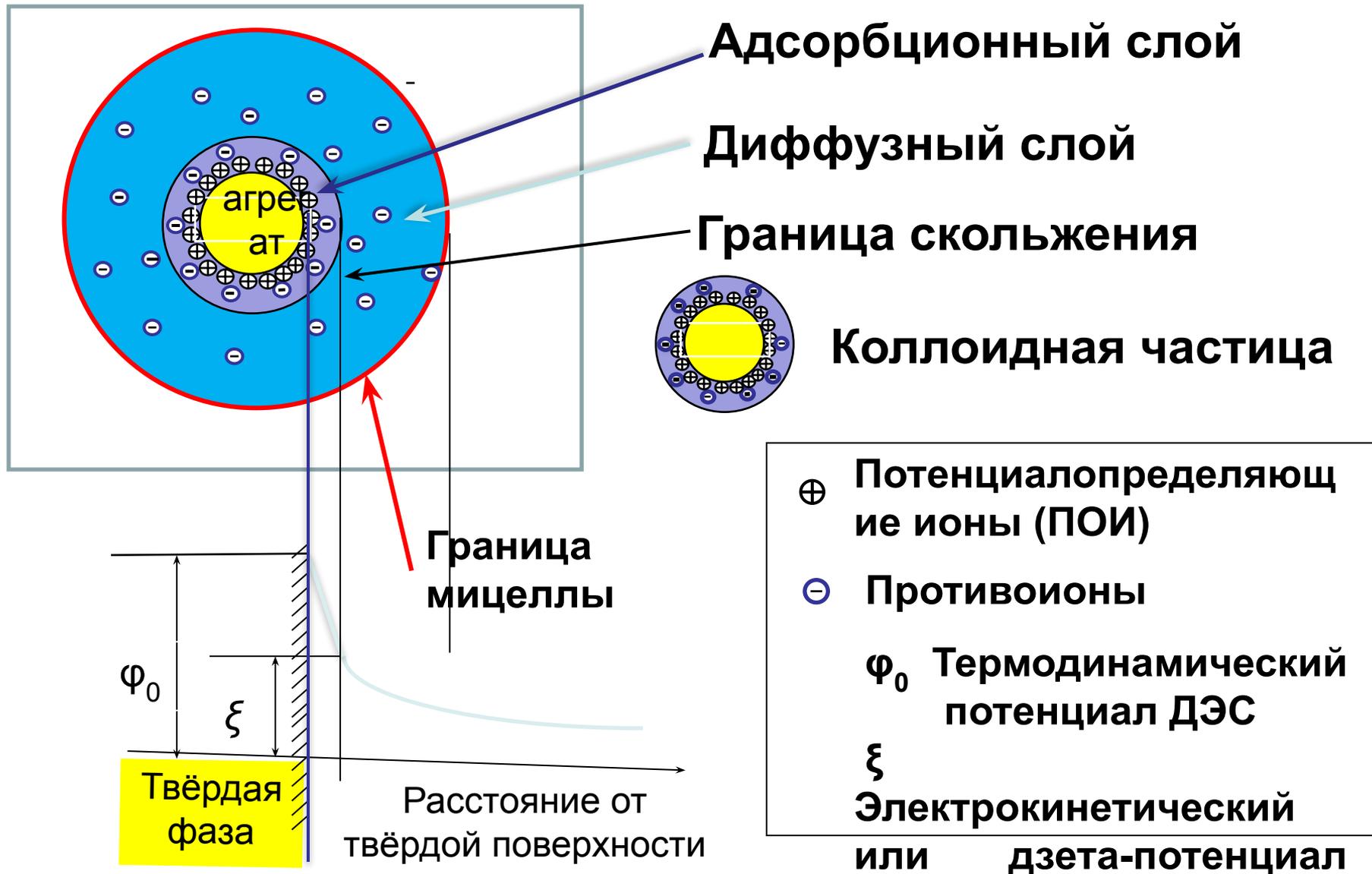
На границе раздела фаз возникает электротермодинамический потенциал мицеллы - **ϕ -потенциал**.

Граница скольжения - проходит между гранулой и диффузным слоем.

На границе скольжения возникает электрокинетический потенциал или **дзета (ξ) -потенциал.**

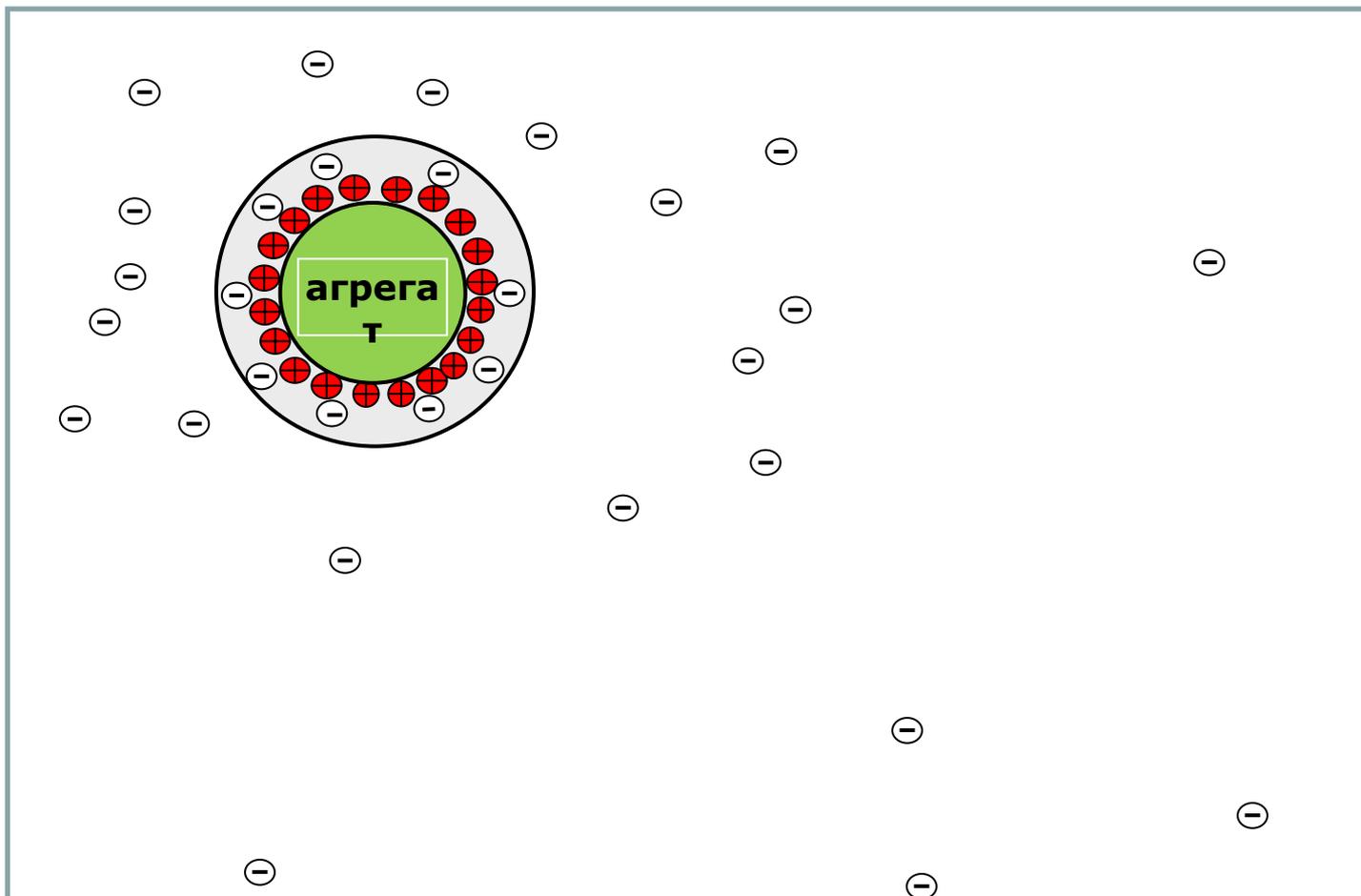
Дзета-потенциал –один из основных факторов, определяющих поведение мицеллы в электрическом поле.

Строение мицеллы



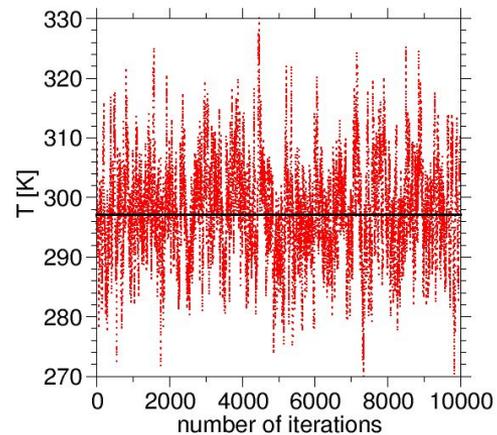
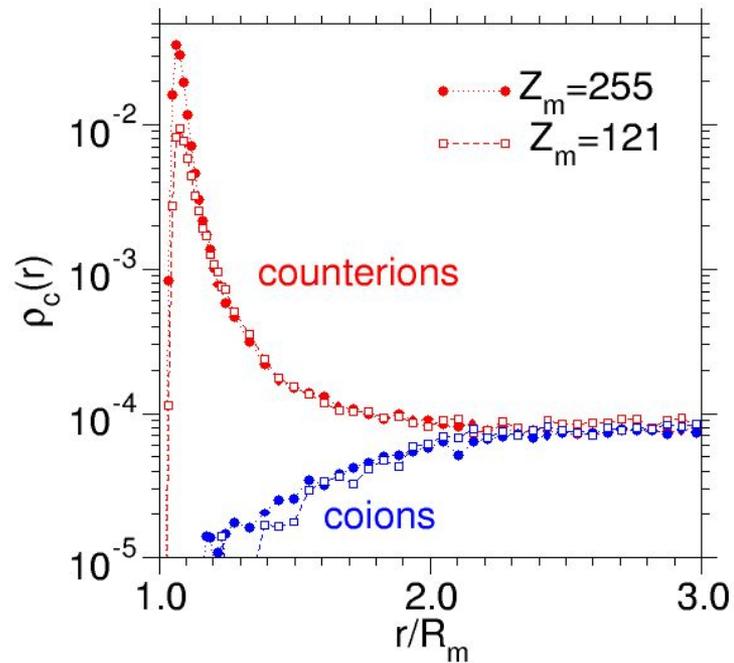
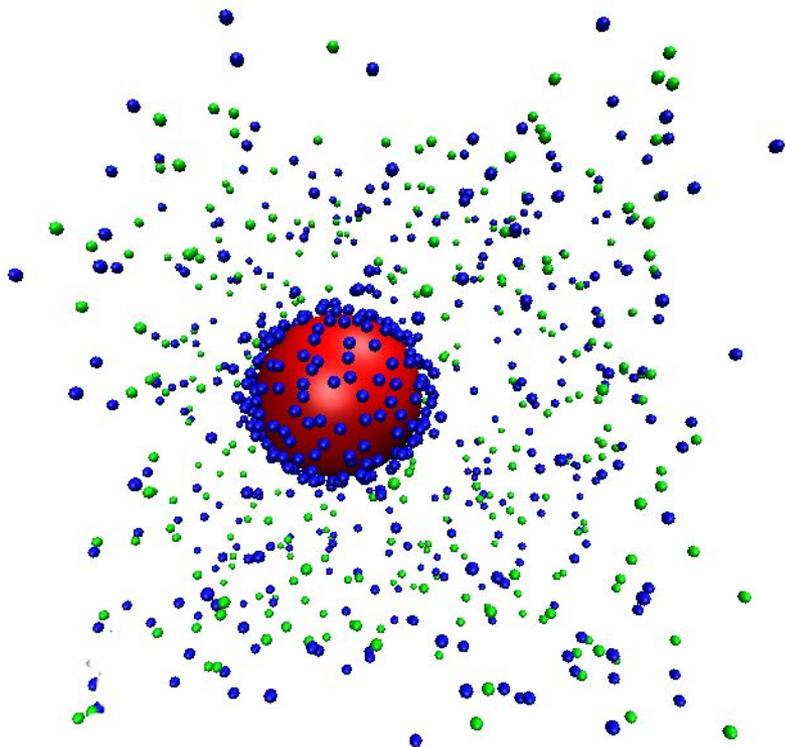
Название кинетический связано с тем, что его рассчитывают по скорости движения частиц дисперсной фазы при электрофорезе или дисперсионной среды при электроосмосе.

Величина дзета-потенциала определяется толщиной диффузного слоя и зависит от разности между общим числом зарядов потенциалопределяющих ионов и числом зарядов противоионов, находящихся в адсорбционном слое.



ξ -Потенциал зависит как от φ^0 , так и от толщины ДЭС.

ξ -Потенциал



Электрокинетический потенциал.

Чем больше заряд гранулы и, соответственно, величина дзета-потенциала, тем устойчивее коллоидный раствор.

Наличие одноименного заряда способствует отталкиванию частиц друг от друга, препятствуя таким образом их коагуляции (укрупнению) и седиментации (осаждению).

Изоэлектрическое состояние мицеллы

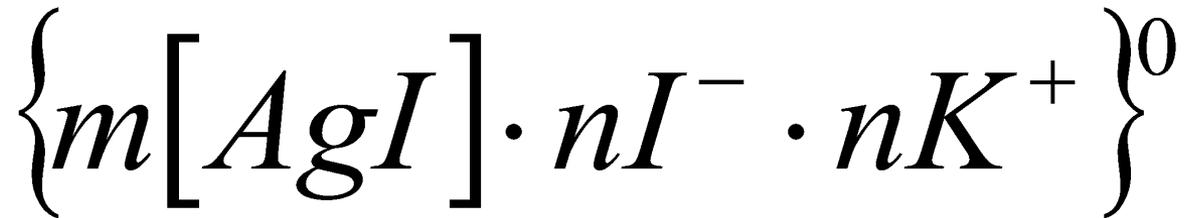
С увеличением концентрации электролита часть ионов из диффузного слоя может перейти в адсорбционный слой.

Толщина диффузного слоя при этом будет уменьшаться и, следовательно, дзета-потенциал будет уменьшаться.

Если все противоионы перейдут из диффузного слоя в адсорбционный, дзета-потенциал станет равен нулю.

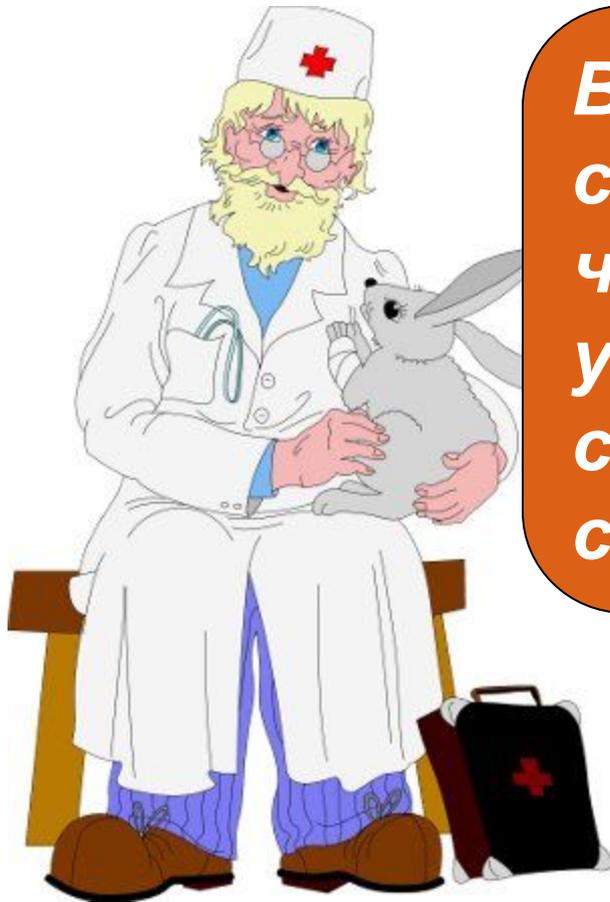
Изоэлектрическое состояние мицеллы

В этом случае говорят об **изоэлектрическом состоянии мицеллы**, которое характеризуется **электронейтральным состоянием гранулы**.



В изоэлектрическом состоянии гранула не обладает электрофоретической подвижностью.

Изоэлектрическое состояние мицеллы



В изоэлектрическом состоянии коллоидные частицы наименее устойчивы, наиболее склонны к коагуляции и седиментации.

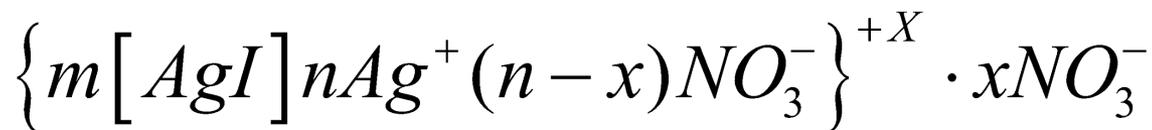
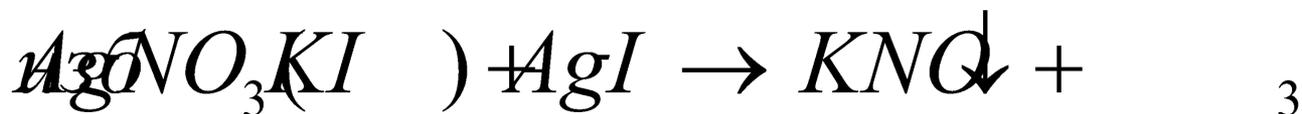


Вопросы для самоконтроля

- 1. Какие дисперсные системы называются коллоидными растворами?**
- 2. Как можно классифицировать методы получения коллоидных растворов?**
- 3. Какие методы очистки Вы знаете?**
- 4. Каково строение ДЭС?**
- 5. Каково строение мицеллы лиофобного золя иодида серебра в избытке раствора нитрата серебра?**



Строение золя иодида серебра в избытке раствора нитрата серебра



Потенциалопределяющие ионы

Противоионы плотного слоя

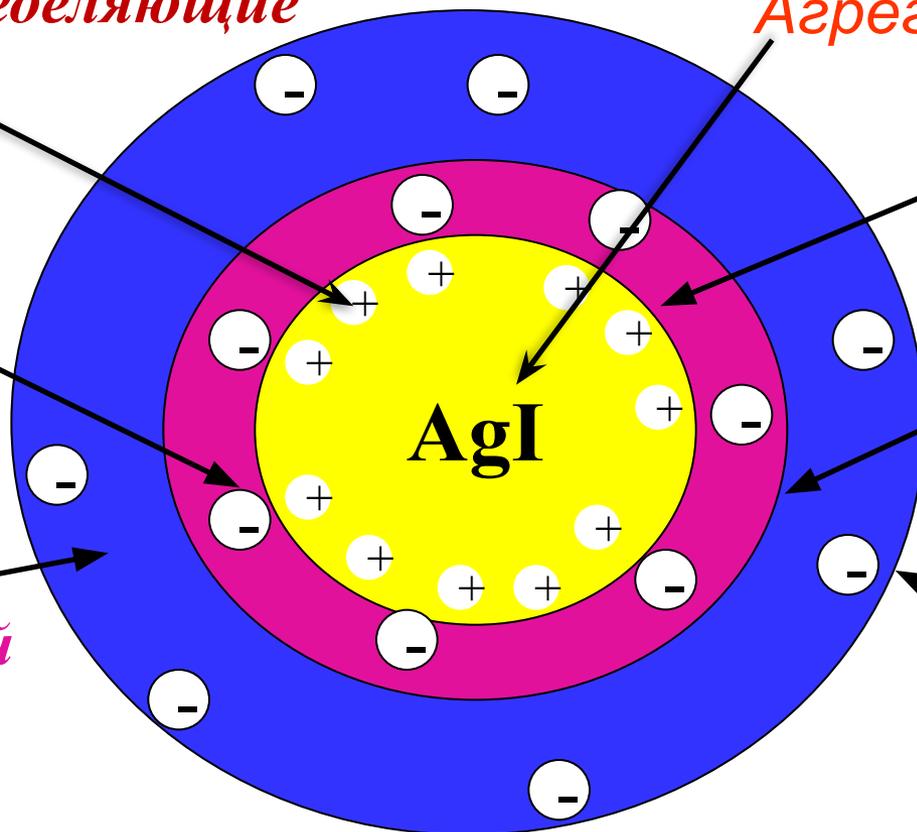
Диффузионный слой

Агрегат

Ядро

Гранула

Мицелла



**СПАСИБО
ЗА ВАШЕ
ВНИМАНИЕ!**