

# Коллоидная химия

- 1. Дисперсные системы
- 2. Коллоидные растворы
- 3. Молекулярно-кинетические свойства
- 4. Оптические свойства
- 5. Электрокинетические свойства
- 6. Устойчивость и коагуляция
- 7. Растворы высокомолекулярных соединений
- 8. Студни или гели
- 9. Поверхностные явления и адсорбция

# Коллоидная химия

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

***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.

## **Грубые дисперсии (суспензии и эмульсии):**

Диаметр частиц больше 100 нм. Частицы не проходят через поры обычного фильтра.

Частицы видны под обычным микроскопом.

## **Коллоиды:**

Диаметр частиц от 100 нм до 1 нм. Частицы проходят через поры обычного фильтра, но задерживаются порами ультрафильтра.

Частицы не видимы в обычный микроскоп.

## **Истинные растворы:**

Диаметр частиц (молекул) менее 1 нм. Молекулы проходят через поры обычного фильтра и ультрафильтра.

# Классификация дисперсных систем

Дисперсные системы неоднородны, состоят из нескольких фаз.

Дисперсная **среда** преобладает над дисперсной **фазой**.

По агрегатному состоянию:

- 1) газодисперсные системы (туман, дым);
- 2) жидкодисперсные системы (пена, эмульсия, суспензия);
- 3) твердодисперсные системы (аэрозоли).

# Разнообразие дисперсных систем

Твердое в твердом стекло, некоторые минералы.	(Т + Т) — рубиновое
Жидкое в твердом минералы.	(Ж+Т) — некоторые
Газ в твердом	(Г +Т) -- пемза
Твердое в жидком	(Т + Ж)—суспензии.
Жидкое в жидком	(Ж+Ж) — эмульсии.
Газ в жидком	(Г+Ж) — пены.
Твердое в газообразном	(Т + Г) -дым.
Жидкое в газообразном	(Ж+Г) - туман.

# Классификация коллоидных растворов

**Золь** – жидкие коллоидные системы (растворы), где частицы равномерно распределены.

**Гель** – коллоидные системы, где частицы отделяются от дисперсной среды.

Распределены не равномерно, образуют внутренние структуры

**Студни** – коллоидные растворы с фибриллярной формой молекул. Напоминают и золь и гель: равномерное распределение частиц, однако утрачивают текучесть.

# Классификация коллоидных растворов

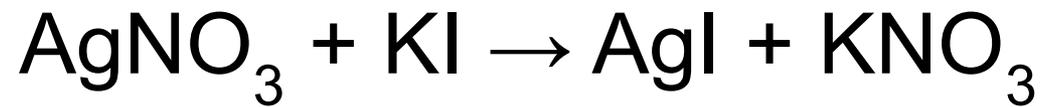
*Лиофильные* дисперсные системы – частички фазы взаимодействуют с молекулами определенной среды и переходят в раствор при добавлении растворителя.

*Лиофобные* дисперсные системы – частички дисперсной фазы слабо взаимодействующие с окружающей средой. Неустойчивы - соединение частиц обуславливают выпадение осадка.

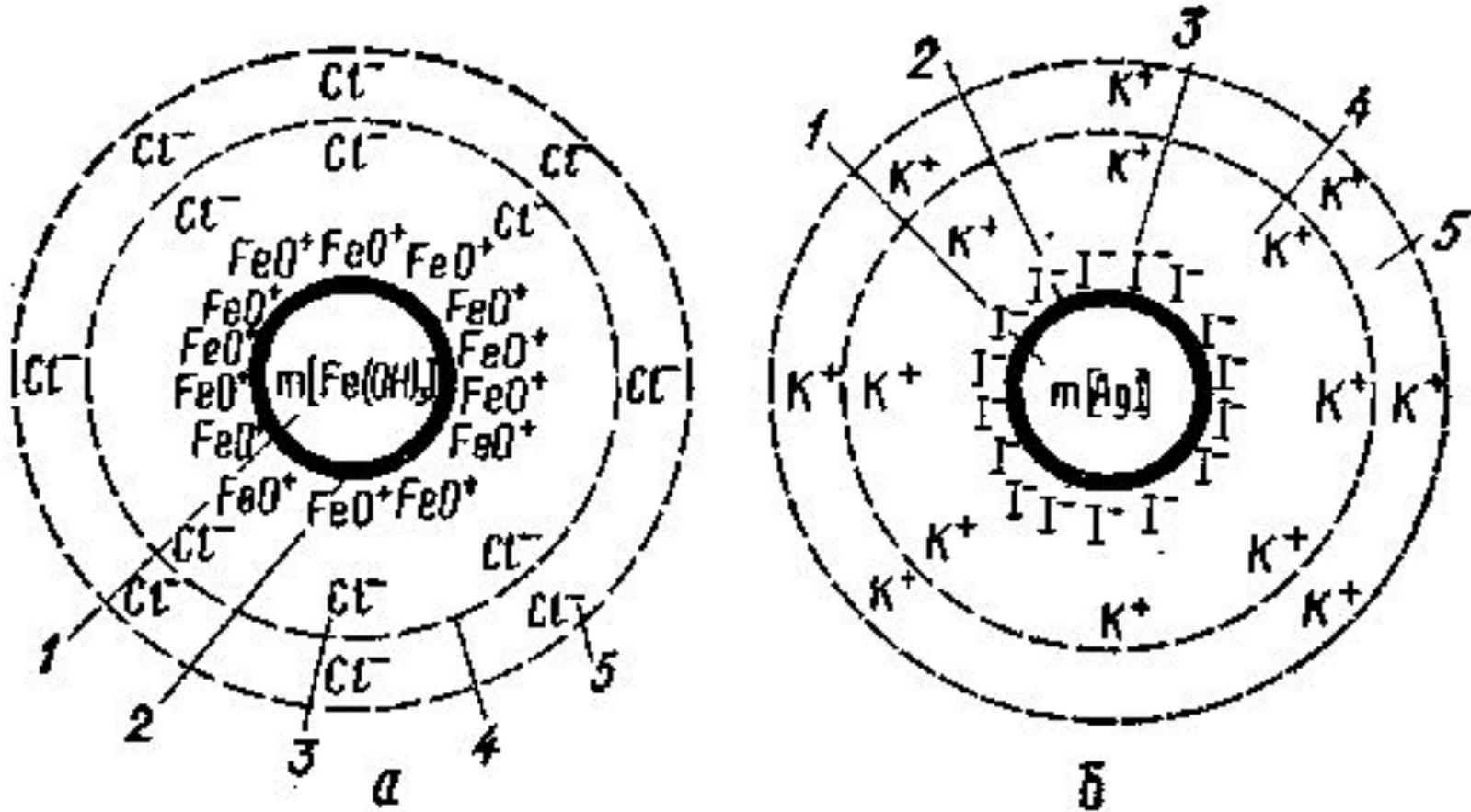
# **Электрокинетические свойства коллоидных растворов**

- Строение коллоидной частицы

Мицелла образуется в процессе химической реакции:



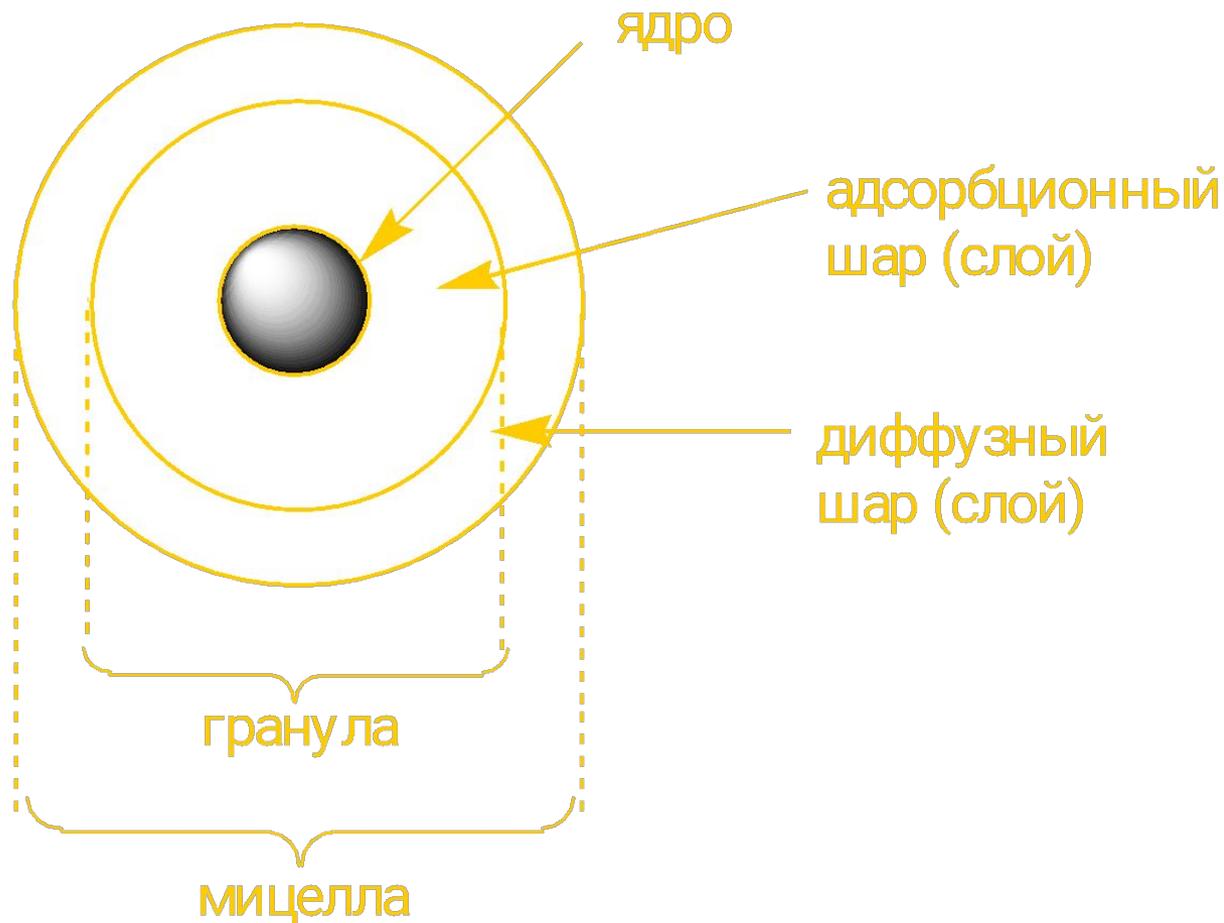
# Схема строения мицелл $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (а) и $\text{AgI}$ (б):



- 1 — ядро; 2 — адсорбционный слой;  
3 — потенциалоопределяющий слой; 4 — слой неподвижных противоионов; 5 — диффузионный слой.

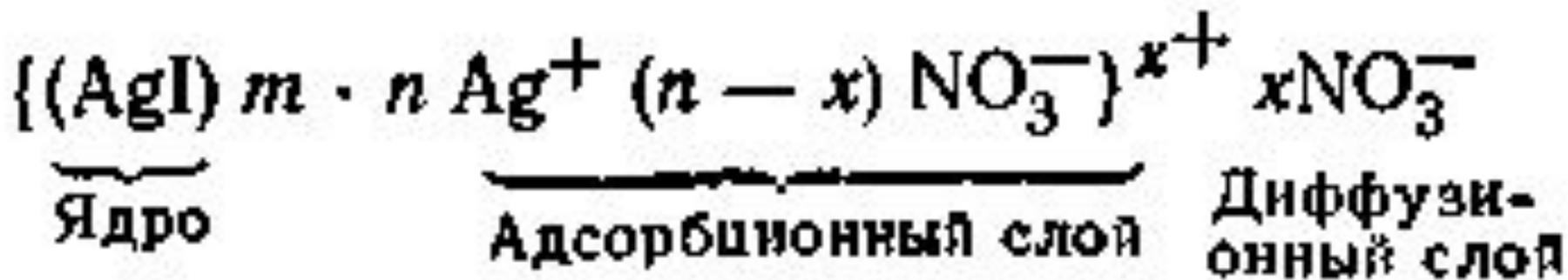
# Мицеллярная теория строения КОЛЛОИДНЫХ ЧАСТИЦ

*Схема строения мицеллы:*



# Строение мицеллы AgI

Строение мицелл можно изобразить формулой. При избытке в реагирующей смеси  $\text{AgNO}_3$  мицелла имеет следующую формулу:

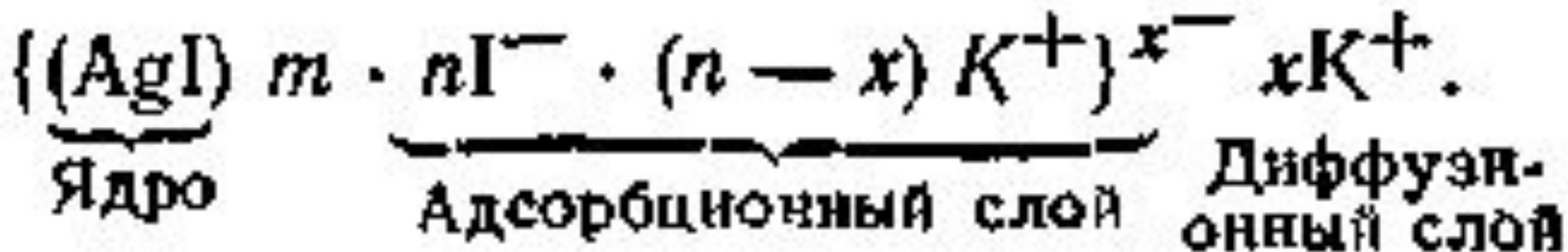


← Гранула →

← Мицелла →

# Строение мицеллы AgI

При избытке в реагирующей смеси раствора KI формула мицеллы приобретает следующий вид:



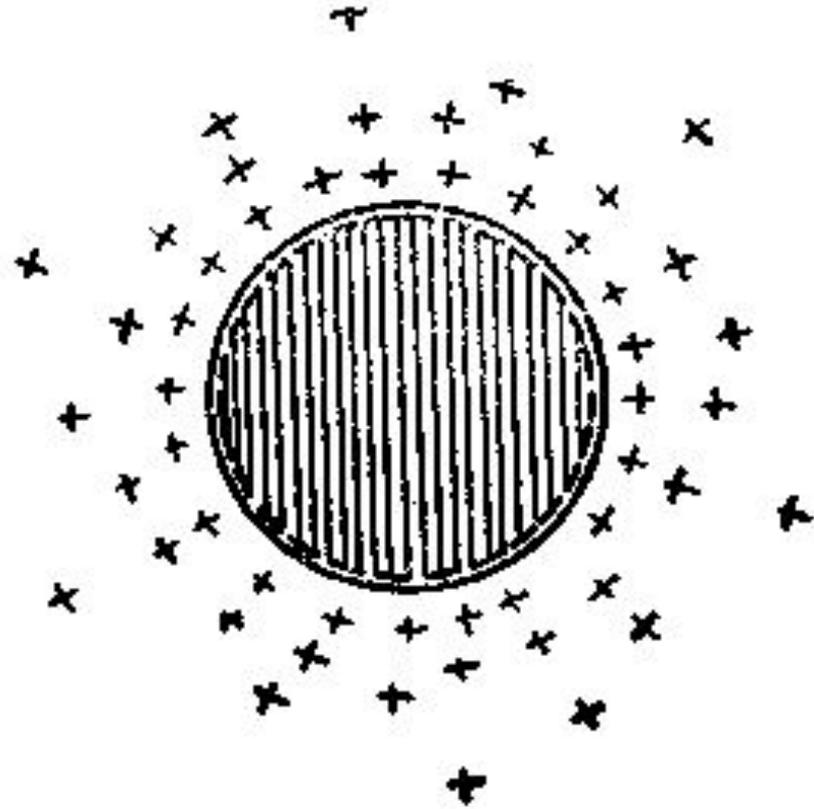
←————— Гранула —————→

←————— Мицелла —————→

# Схема заряда на поверхности коллоидной частицы



*A*



*B*

*A* — двойной электрический слой. *B* — диффузный слой (ионная атмосфера)

# Схема перекрытия ионных атмосфер одинаково заряженных мицелл

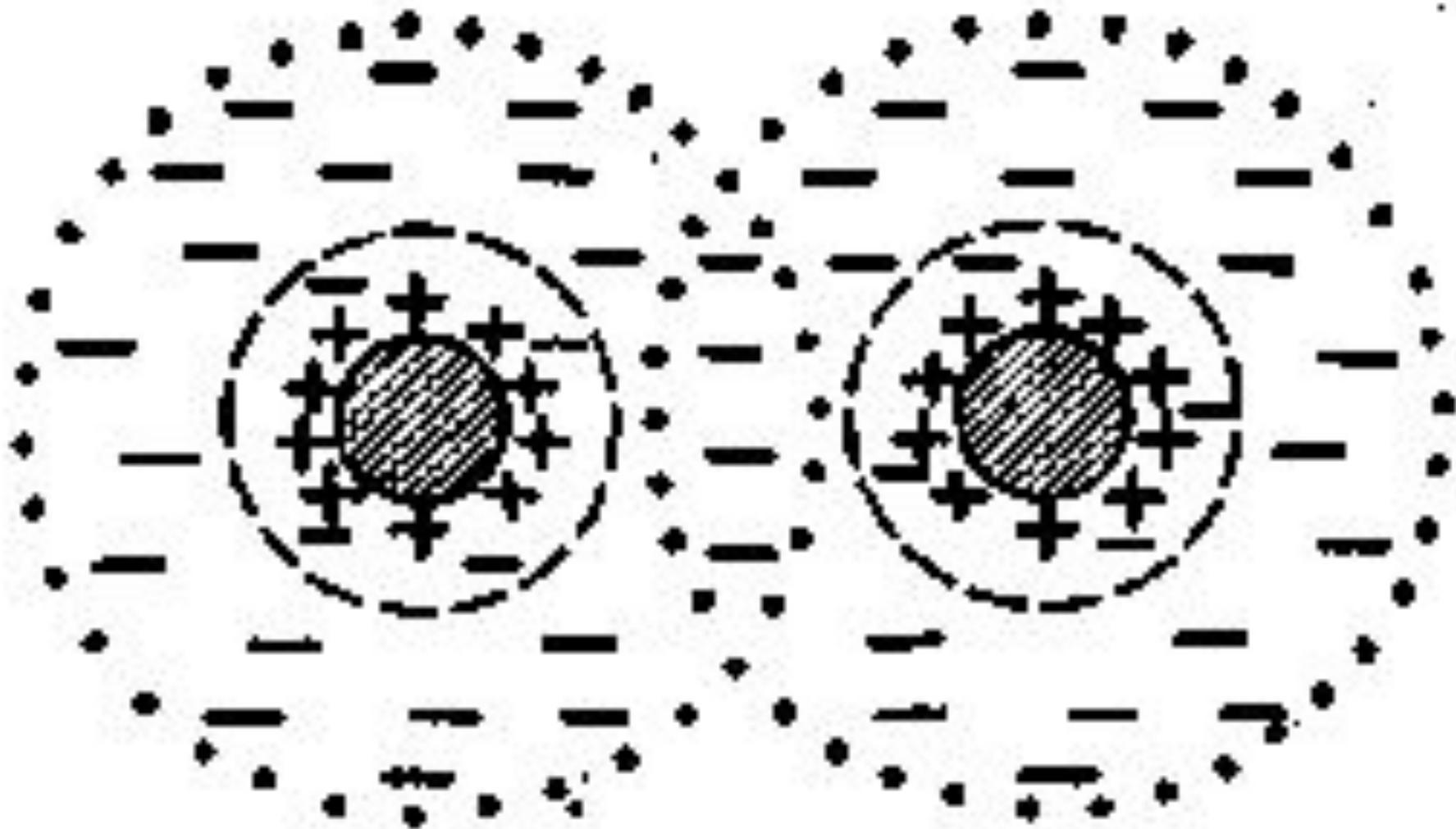
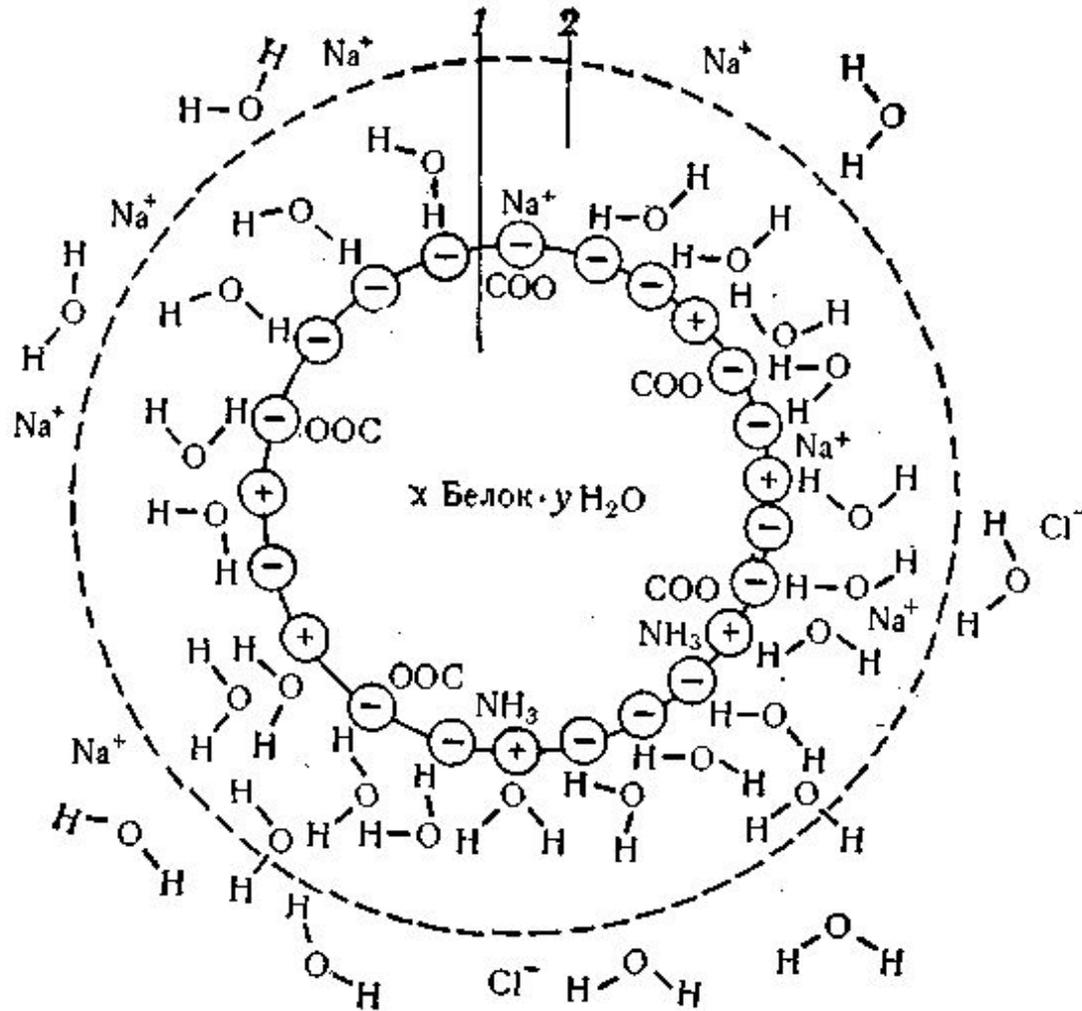


Схема строения молекулы белка в водном растворе, стабилизированном раствором NaCl:



1 — молекула белка; 2 — сольватная оболочка.

# Особенности электрокинетических свойств коллоидных растворов

Причиной устойчивости коллоидных растворов является наличие на поверхности частиц одинакового заряда, что препятствует слипанию и агрегации.

Свойства коллоидных растворов:

1. Малая величина осмотического давления по сравнению с истинными растворами.
2. Не прямая зависимость осмотического давления от концентрации.  $P = cRT$  во многих случаях нарушается, т.к. происходит укрупнение коллоидных частиц.
3. Иногда при повышении температуры происходит укрупнение частиц и уменьшение осмотического давления.

# Молекулярно-кинетические свойства 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. Флуктуации – случайные отклонения какого-либо параметра коллоидного раствора от среднего значения. Например, количество частичек в одном месте может меняться.

# Молекулярно-кинетические свойства КОЛЛОИДНЫХ растворов

4. 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.

5. Мембранное равновесие Доннана.

Неравномерное распределение частиц раствора при установлении электронейтральности на полупроницаемых мембранах.

$NaR$  – соль коллоида +  $NaCl$

$Na^+R^-Cl^-$  :  $Na^+ + Cl^-$  - система электронейтральна.

6. 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.

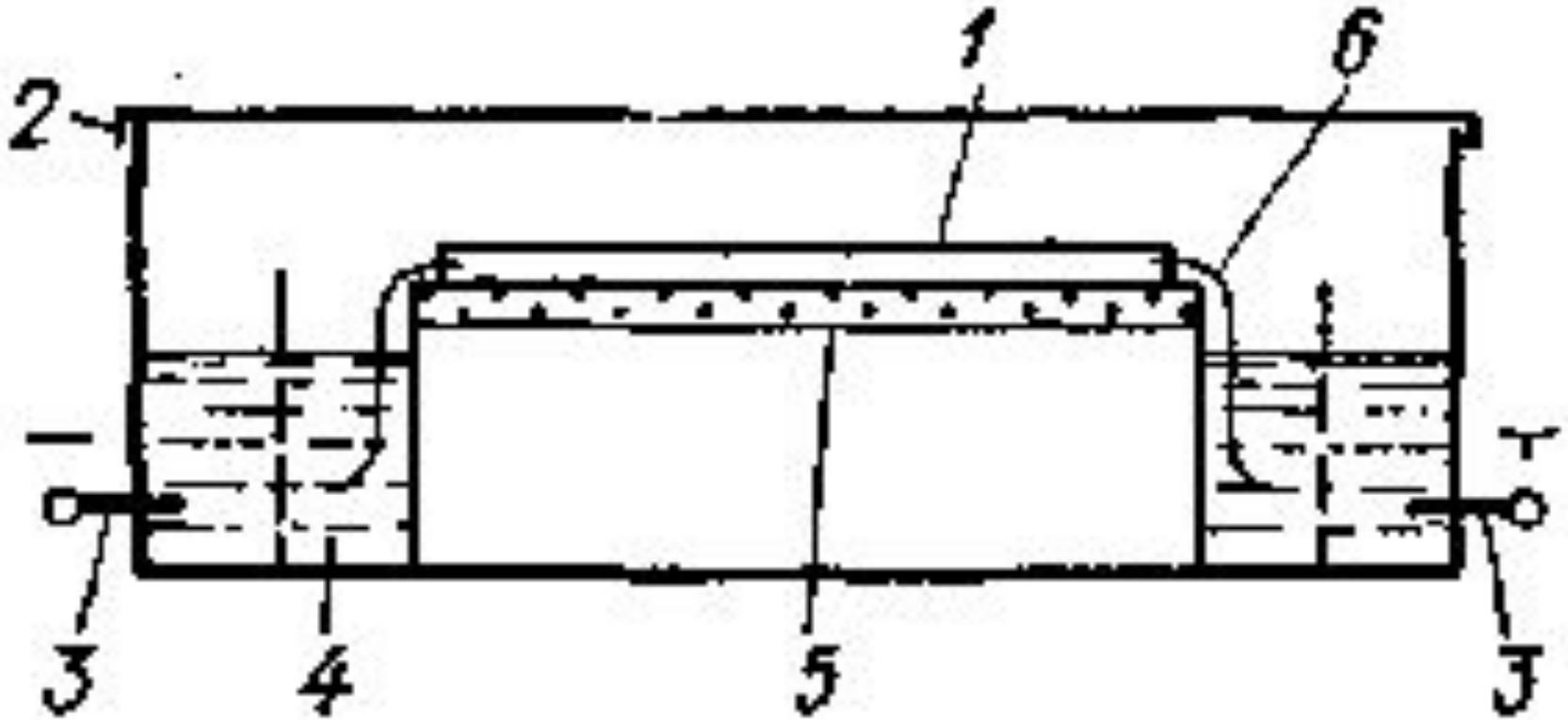
# Броуновское движение

- *Броуновское движение* – непрерывное хаотическое движение малых частичек, взвешенных в жидкой или газовой среде, вызываемое тепловыми движениями молекул окружающей среды. Открыто Р.Броуном (1827) при микроскопическом исследовании частичек цветочной пыльцы, небольших растительных клеток и других частичек в воде. В дальнейшем оно установлено для многих веществ, находящихся во взвешенном состоянии в жидкостях или газах. Броуновское движение зависит от размеров частичек, температуры и вязкости среды.

# Диффузия

- *Диффузия* – самопроизвольный процесс выравнивания концентрации коллоидных частичек по всему объему раствора за счет броуновского движения. Процесс направлен из большей концентрации в меньшую. Движущей силой диффузии является броуновское движение. Скорость диффузии зависит от температуры, размеров частичек и вязкости среды. Имеет огромное значение для многих жизненных процессов.

# Прибор для горизонтального электрофореза



- 1 — носитель;    2 — крышка;    3 — электроды;  
4 — отсеки буферной камеры;  
5 — изолирующая пластина;  
6 — фитиль-мостик.

# Осмотическое давление

- Коллоидные системы обладают осмотическим давлением. Величина осмотического давления, по И. Вант-Гоффу, определяется уравнением

$$p = cRT,$$

где  $c$  – молярная концентрация.

- Осмотическое давление пропорционально количеству коллоидных частичек в единице объема, газовой постоянной и абсолютной температуре. С увеличением размера коллоидных частичек осмотическое давление раствора уменьшается, с уменьшением – возрастает, так как частички по своей величине приближаются к молекулам или ионам истинных растворов, осмотическое давление которых намного выше.

# Мембранное равновесие Доннана

- Явление изучено английским физикохимиком Ф.Доннаном (1870 – 1956). Коллоидные системы, как правило, содержат в том или ином количестве примеси низкомолекулярных электролитов. Между коллоидными частичками и ионами складываются определенные взаимоотношения, которые следует учитывать при изучении биохимических и физиологических процессов в живом организме. Особого внимания заслуживают такие взаимоотношения, когда по одну сторону полупроницаемой мембраны размещают соединения коллоидных частичек с ионом низкомолекулярного электролита, по другую – сам электролит. В этих условиях коллоидные частички не проникают через поры полупроницаемой мембраны, а ионы низкомолекулярных электролитов свободно циркулируют по обе стороны такой перегородки.

# 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.
- Суть явления седиментации следующая. На частички дисперсной фазы, находящиеся в газообразной или жидкой дисперсионной среде, действует две взаимопротивоположные силы – тяжести и диффузии. Под влиянием силы тяжести коллоидные частички стремятся сконцентрироваться в нижних слоях раствора и осесть на дно сосуда. Вторая сила – сила диффузии – направлена на перемещение частичек дисперсной фазы из больших концентраций в меньшие. Последняя действует до тех пор, пока не наступает равномерная концентрация частичек дисперсной фазы по всему объему системы.

- ## Кинетическая устойчивость
- Способность дисперсных систем, в том числе и коллоидных растворов, сохранять равномерное распределение частичек дисперсной фазы по всему объему называется седиментационной, или кинетической, устойчивостью. Грубодисперстные системы седиментационно неустойчивы. Коллоидные растворы вследствие броуновского движения частичек дисперсной фазы в обычных условиях практически не оседают. В таких системах существует седиментационное равновесие. Оно характеризуется равновесным распределением взвешенных одинаковых частичек дисперсной фазы по всей высоте системы.

# Ультрацентрифугирование

- Ультрацентрифугирование – физический метод разделения и исследования высокодисперсных систем, клеток и вирусов с помощью ультрацентрифуг. Ультрацентрифуга – прибор, работа которого основана на создании больших центробежных сил в роторах, в  $10^4$  –  $10^5$  раз превышающих ускорение свободного падения. Современные ультрацентрифуги имеют роторы, которые развивают скорость 100000 и более об/мин. Мощность ультрацентрифуг характеризуется количеством  $q$ , определяющим, во сколько раз превышает ускорение свободного падения.

# Флуктуация

Флуктуация (от лат. fluctuatio — колебание) — случайное отклонение какого-либо параметра, плотности или концентрации от среднего равновесного значения в микрообъемах системы (в данном случае — коллоидного раствора). Основы теории флуктуации разработаны Дж. Гиббсом.

Флуктуациям подвержены не только физические величины (плотность, концентрация), но и такие параметры, как биологические (рост, развитие, продолжительность жизни), демографические (прирост населения, смертность), социально-экономические (цена товаров) и др.

# Флуктуация

В коллоидных растворах флуктуацию можно наблюдать на примере содержания частичек дисперсной фазы в одном и том же объеме в различные периоды. Так, Т. Сведберг (1905) изучал количество коллоидных частичек в  $1000 \text{ мкм}^3$  золя золота. В данном объеме в среднем содержалось 1,545 частичек, в отдельные периоды — 0-7. Такие же колебания характерны для осмотического давления и интенсивности броуновского движения.

# Оптические свойства растворов

обусловлены взаимодействием лучей света с частицами растворов.

Лиофобные – мутные, лиофильные – прозрачные. Окраска зависит от природы растворителя, растворенного вещества, степени дисперсности и интенсивности света.

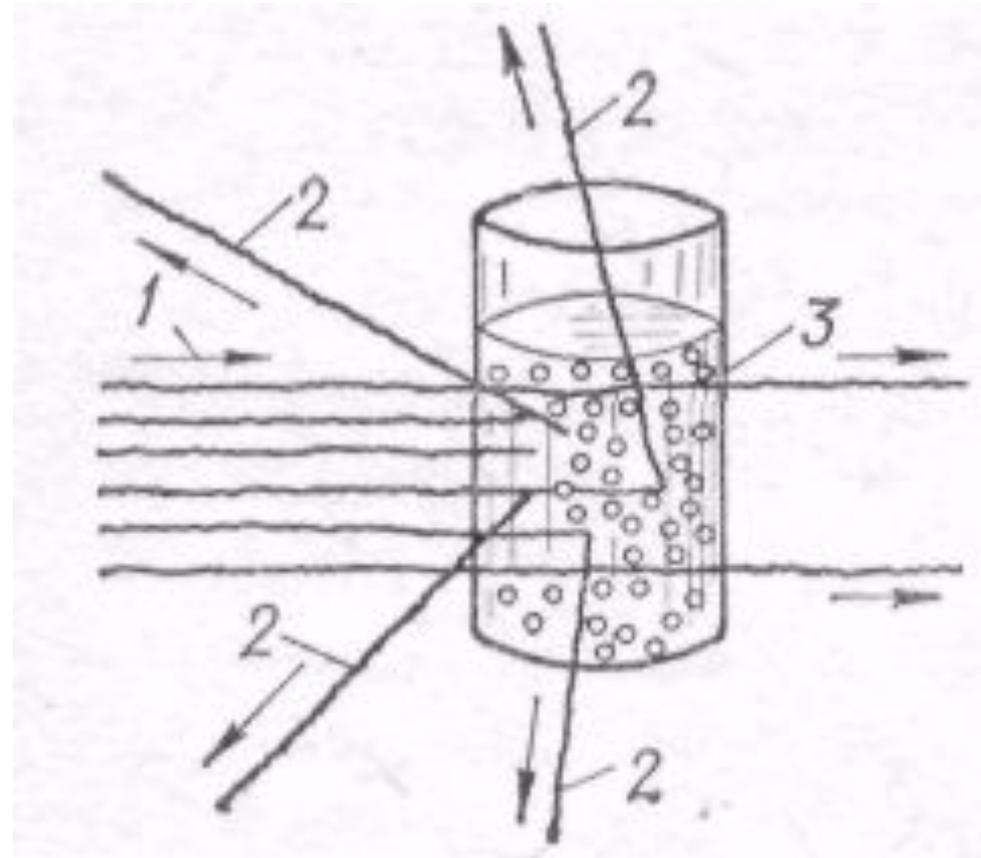
# Оптические свойства растворов

1. Полихромия – разная окраска, в зависимости от степени дисперсности.
2. Опалесценция – рассеивание света коллоидными частичками, обусловленное диффузией. Опалесценция – причина мутности при боковом освещении и неодинаковом окрашивании в проходящем и отраженном свете.

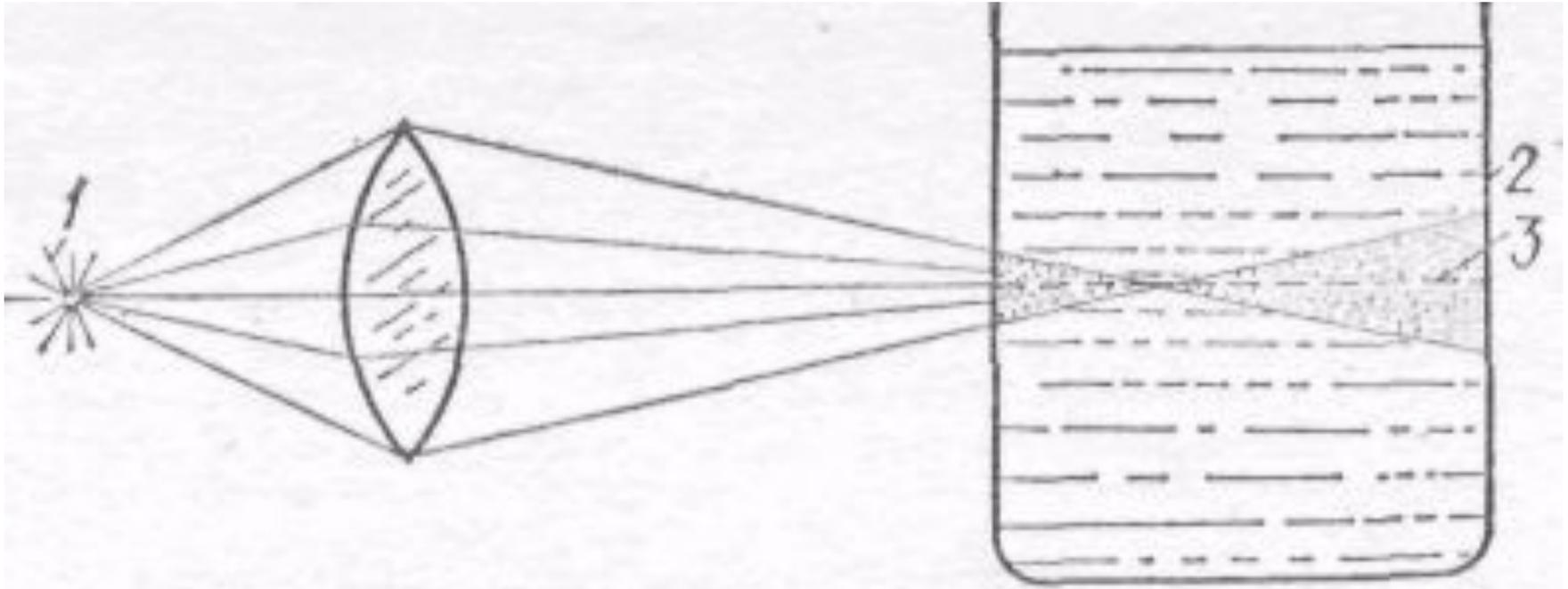
Растворы серы прозрачны или красно-желтого цвета в проходящем свете, а в отраженном – голубого.

# Опалесценция

Схема, объясняющая явление опалесценции:  
1 — проходящий свет; 2 — отраженный свет; 3 — сосуд с коллоидным раствором.



# Явление Фарадея -Тиндалля



- 1 — источник света;
- 2 — коллоидный раствор;
- 3 — рассеивание пучка света

# 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.

# Электролитная коагуляция

Электролиты разрушают диффузный слой, нейтрализуют, уменьшают дзета потенциал, уменьшают лиофильность.

Порог коагуляции: наименьшая концентрация электролита.

Разные электролиты имеют разный порог.

Коагуляцию вызывает ион противоположно заряженный по отношению к адсорбированным слоям (гранула).

Одинаковый заряд гранул – главный фактор устойчивости.

ИЭС – изоэлектрическое состояние – частицы не имеют заряда.

Правила коагуляции:

1. Коагуляцию вызывают ионы с противоположным грануле зарядом.
2. Чем выше валентность иона, тем меньше его нужно.
3. Коагуляцию вызывают: 1) повышение температуры; 2) повышение концентрации раствора; 3) замена раствора.

# 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  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (конц.) и первичная структура).

## *Факторы, вызывающие денатурацию белковых коллоидов:*

- Сильные минеральные кислоты и щелочи (концентрированные  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$  и др.);
- Высокая температура ( $100^\circ\text{C}$ , кипячение);
- Соли тяжелых металлов (соли  $\text{Pb}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Ag}$  и др.);
- Органические растворители (ацетон, хлороформ, этиловый спирт и др.);
- Дубильные вещества (типа танина);
- Специфические органические кислоты (ТХУ – трихлоруксусная кислота, сульфосалициловая кислота и др.).

# Перезарядка зольей

- добавление электролита с различными многозарядными полями происходит перезарядка частичек и в ходе коагуляции снова образуется коллоидный раствор.

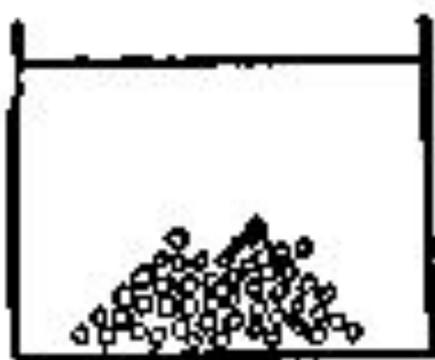
Взаимная коагуляция: происходит между двумя неодинаково заряженными зольями.

Коагуляция лежит в основе образования атмосферных осадков. Образование плодородных почв.

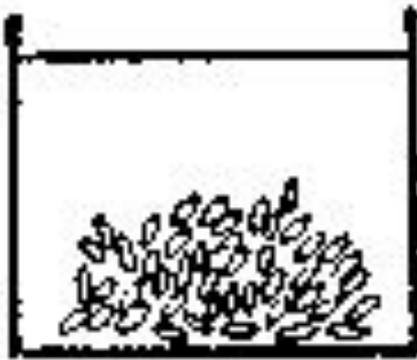
Коагуляция обуславливает свертывание крови, молока, лимфы, переваривание пищи.

Путем коагуляции из растворов получают белки, нуклеиновые кислоты.

# Схема объединения частиц различной формы при коагуляции и желатинировании



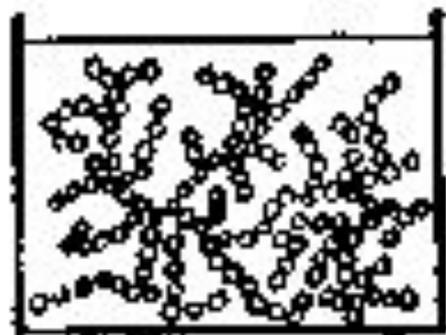
1



2



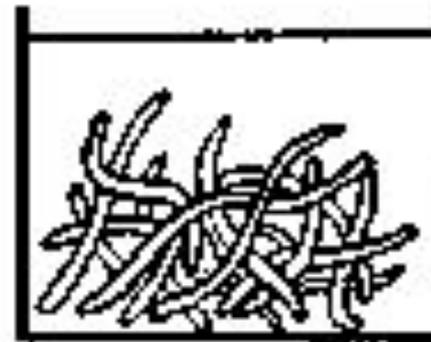
3



4



5



6

1, 2, 3 — коагуляция; 4, 5, 6 — желатинирование.

# Методы получения коллоидных растворов

1. Диспергирование – тонкое измельчение твердых или жидких тел в среде.

Жидкое – жидкое – эмульгирование

Твердое в жидкое или газ – распыление.

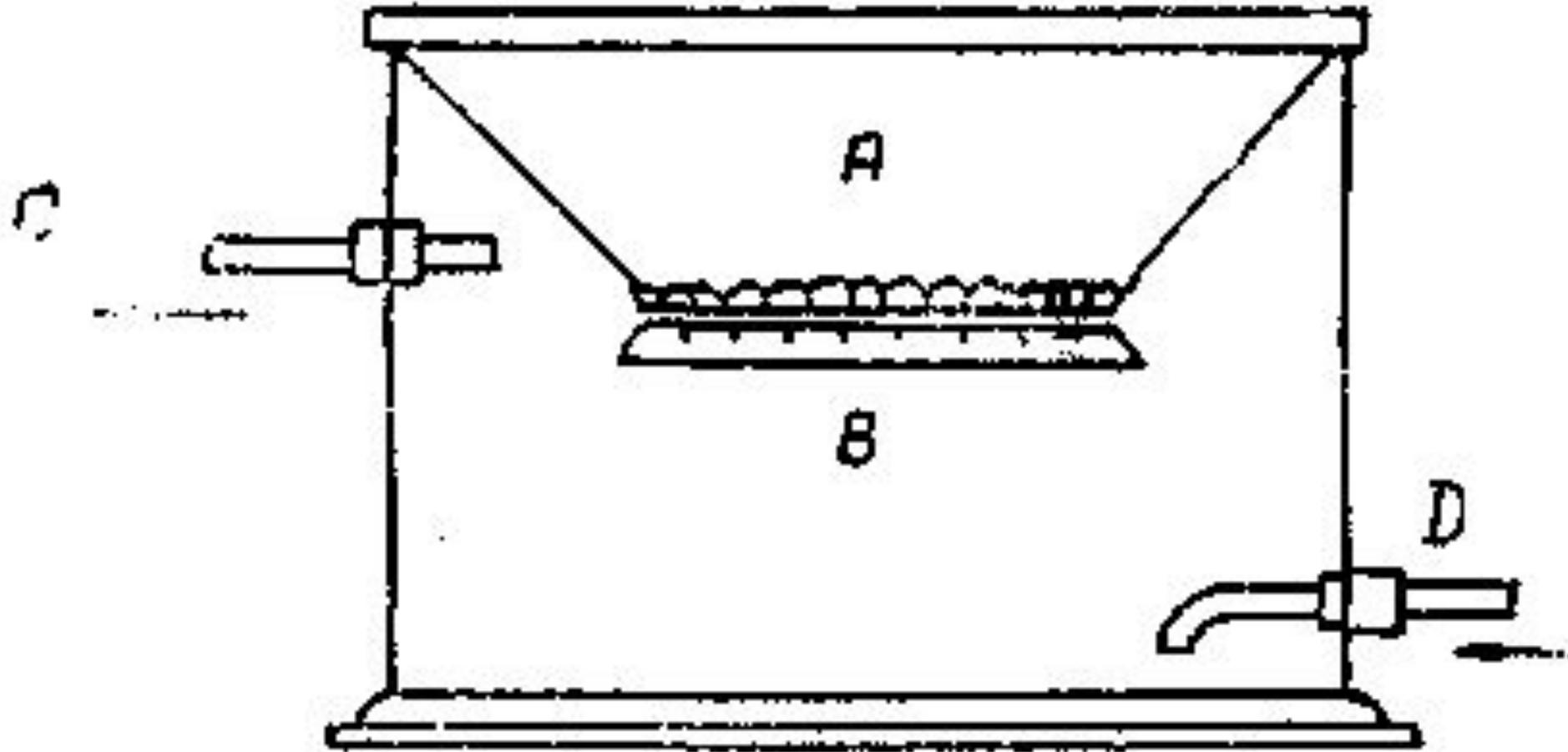
2. Конденсация – увеличение частиц при их соединении. Физически: охлаждение, химически: превращение частиц в крупные при химических реакциях.

3. Пептизация – расщепление агрегатов на частицы под влиянием пептизаторов.

# Очистка коллоидных растворов

1. Диализ – удаление низкомолекулярных примесей путем диффузии через полупроницаемую мембрану.
2. Ультрафильтрация – продавливание через мелкие фильтры (1 нм)

# Диализатор



- **Вивидиализ** (от лат. *vivus* – живой) – диализ, который проводят в живом организме животного и человека.
- **Ультрафильтрация** – это диализ, проводимый под давлением.
- ***Электроультрафильтрация*** объединяет преимущества двух методов очистки коллоидных систем и растворов ВМС – электродиализа и ультрафильтрации.

# В зависимости от природы веществ коллоиды делят на 2 группы:

1. Истинные коллоиды – образуются минеральными веществами, плохо растворяются в воде (гидрофобные коллоиды).
2. Гидрофильные коллоиды – растворы высокомолекулярных веществ, ВМС.

# Растворы высокомолекулярных соединений (ВМС)

Частица фазы имеют молекулярную массу 10 тыс.-100 млн. дальтон.

Большинство ВМС – полимеры: нуклеиновые кислоты, белки, полисахариды.

Свойства растворов ВМС:

1. Набухание.
2. Ядро образовано только одной молекулой.
3. Форма частицы – нить.
4. Устойчивые термодинамические системы.
5. Гомогенны.

Макромолекулы ВМС обладают способностью:

- 1) малой деформации,
- 2) седиментационной устойчивостью,
- 3) высокой вязкостью.

Высаливание – отнятие молекул растворителя. Это обратимый процесс.

# Растворы высокомолекулярных соединений

Растворы ВМС нельзя считать типичными коллоидными растворами.

ВМС осаждаются в растворах воды жидкостями, которые хорошо смешиваются с растворителями, но не растворяют ВМС.

Раствор белка + этанол = осадок белка.

Денатурация - необратимое изменение физико-химических свойств белка под влиянием физических или химических факторов.

Многие ВМС – полиэлектролиты, полимеры в состав которых входят группы ионизирующиеся в растворе.

При диссоциации возникает большое число периодически повторяющихся зарядов. Белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды обладают сильным электростатическим полем, что удерживает большое количество противоионов.

# Коллоидные растворы белков

Белки-полиэлектролиты. Построены из аминокислот – амфотерных молекул.

Изоэлектрическое состояние – белки имеют суммарный 0 заряд. Изоэлектрическая точка белка – рН при котором он имеет 0 заряд.

В ИЭТ растворы белков изменяют свойства: не обладают электропроводимостью, имеют минимальную устойчивость, растворимость, вязкость, осмотическое давление, набухание. В ИЭТ происходит коагуляция белка и они имеют склонность к желатинированию.

# Гели

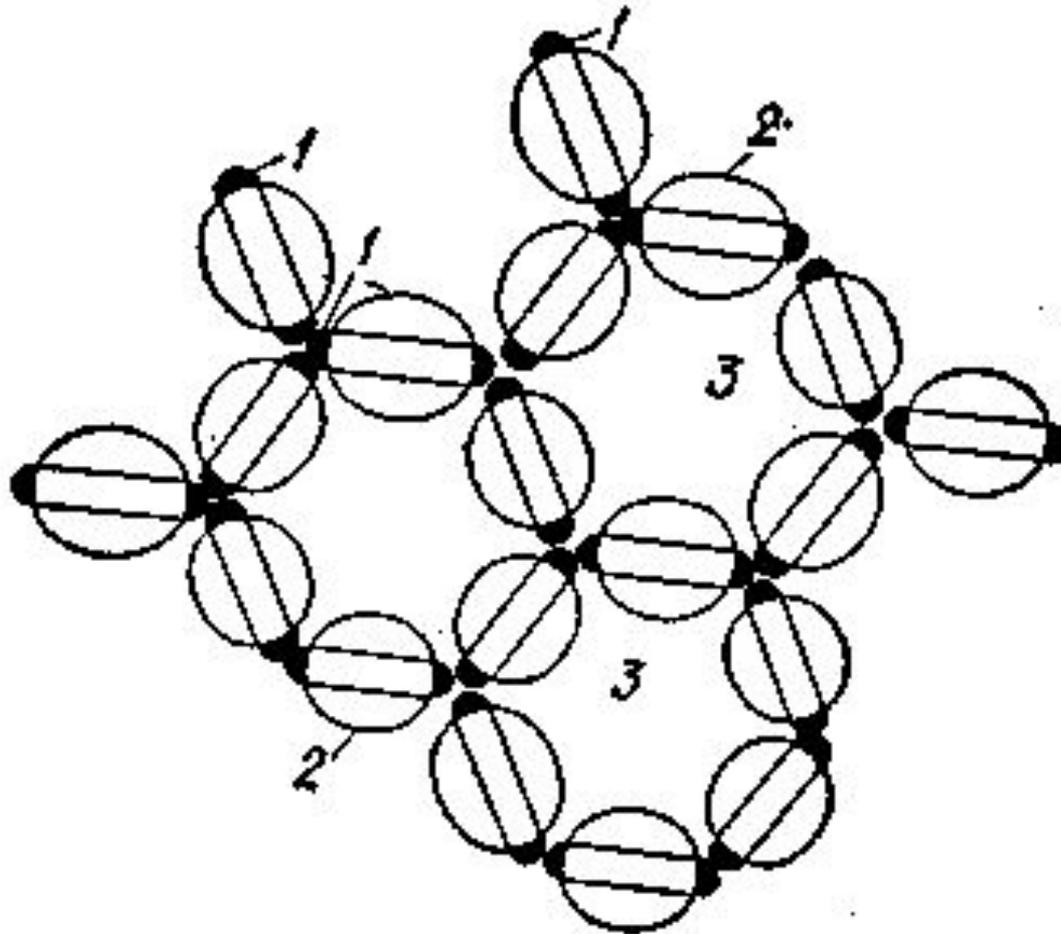
Гели (студни) – дисперсные системы, где часть дисперсной фазы образует пространственную структуру. Частицы образуют сетчатый каркас, ячейки которого заполнены дисперсной средой.

Теряют агрегатную устойчивость, но сохраняют кинетическую.

Обладают свойствами твердых тел: форма, прочность, пластичность, твердость, упругость.

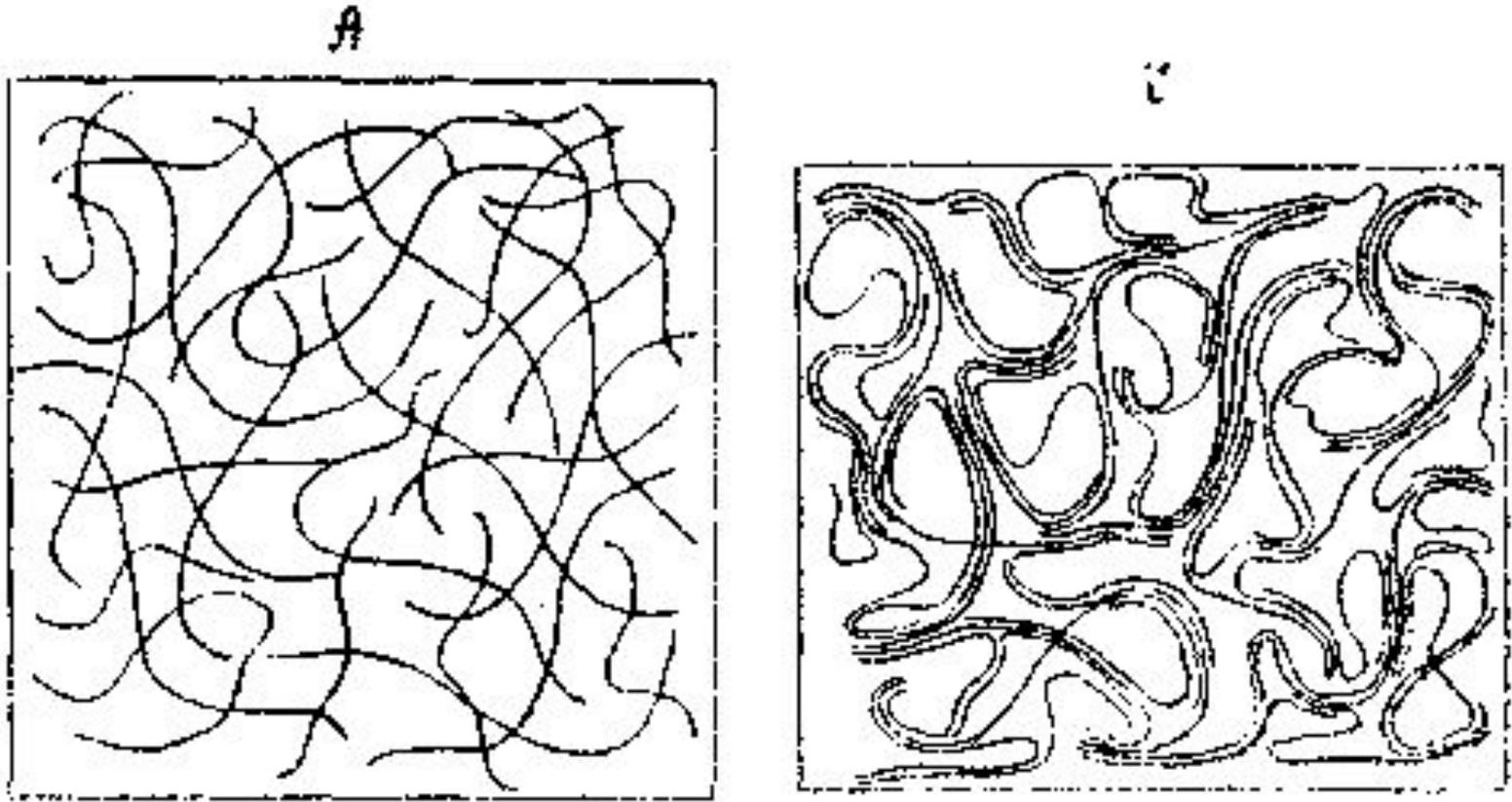
Гели: многие минералы (агат, опал), каучук, желатин, ткани животных и растений.

# Схема структуры геля



- 1 - лиофобные участки частички;
- 2 - лиофильные участки частички;
- 3 - иммобилизационная вода.

# Схема образования внутренней структуры в студне



*A* — тонкая сеть

*B* — сетка из ассоциированных молекул

# Гели

В зависимости от природы среды: гидрогели, алкогели, бензогели.

Бедные растворителем (1-2%) – ксерогель (крахмал, столярный клей, сухой желатин)

Богатые дисперсной средой – лиогели (кисель, студень).

Каогели – студенистые осадки, образующиеся при коагуляции лиофобных зольей. Хлопья биополимеров.

Неэластические – неорганические студни – мелкопористые, не набухают, хрупкие.

Эластические – органические. Набухают. Каучук + бензол = гель + бензол = раствор.

Необратимые и обратимые гели.

Естественные и искусственные.

# Свойства гелей

1. Желатинирование (коагуляционное структурообразование) – превращение легкоподвижной или вязкотекучей жидкости в твердое тело – гель, обладает упругостью, твердостью, эластичностью. Это своеобразная коагуляция.
2. Набухание – увеличение объема твердого тела вследствие поглощения жидкости. Зависит от: от природы вещества,  $t$ , pH, примесей. Полярные полимеры набухают в полярных жидкостях, неполярные в неполярных. Одностороннее проникновение низкомолекулярного растворителя в полимер, без проникновения частиц в растворитель. Набухание сопровождается раздвижением макромолекул полимера. Обусловлено сольватацией молекул или частичек молекул растворителя. Набухание может быть ограниченным и неограниченным. При сольватации выделяется теплота. Давление набухания достигает десятков мегапаскалей.

Например, при набухание зерна.

# Свойства гелей

3. Тиксотропия – разрушение гелей механическим воздействием, а затем восстановление структуры
  - а) более концентрированные быстрее восстанавливаются, б) при пониженной температуре, в) рН, г) форма частичек.
4. Диффузия. Гели содержат большое количество растворителя. Желатин – 99,5%.

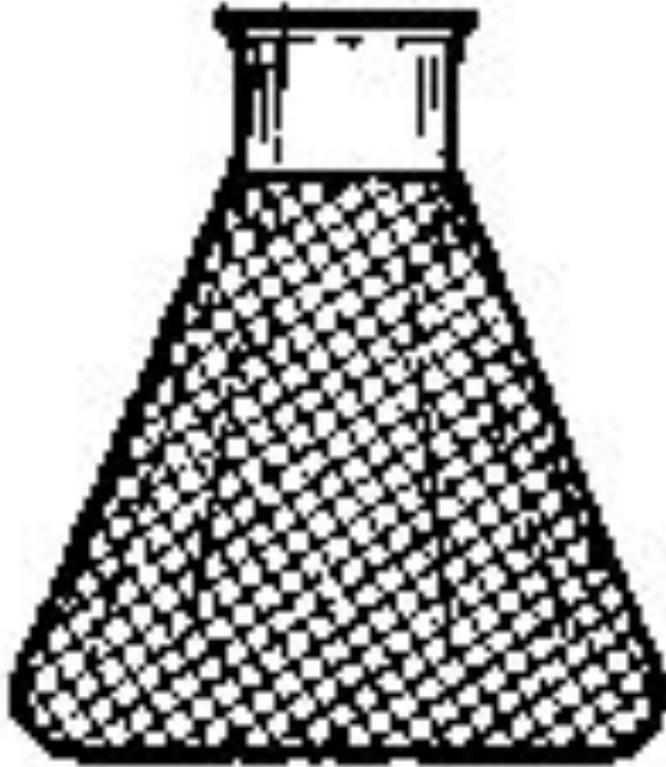
Законы диффузии такие же как в коллоидных растворах.

5. Электропроводность.

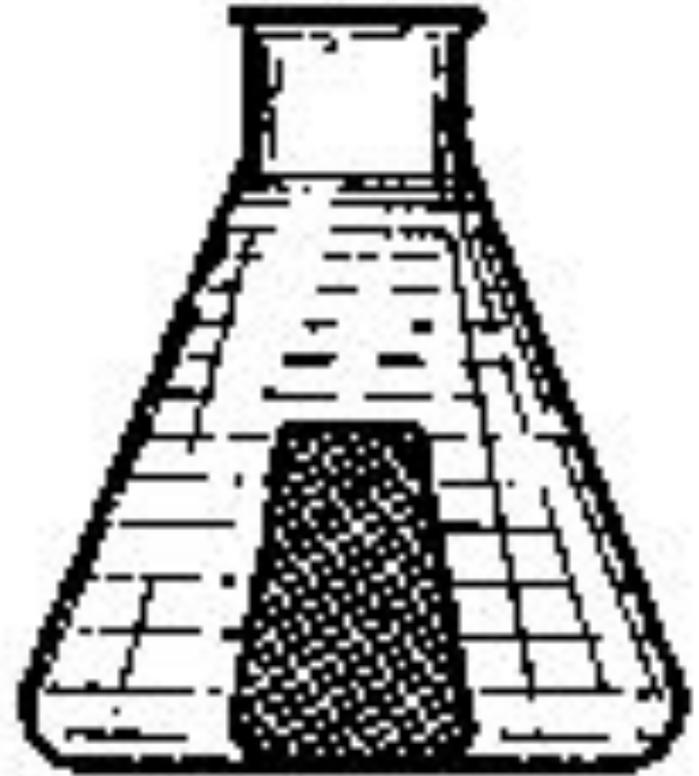
6. Старение. Синерезис – уплотнение пространственной структуры сетки дисперсной фазы. Выделение среды за пределы дисперсной фазы.

Возникает вследствие увеличения числа контактов дисперсионной фазы, что приводит к вытеснению среды. Скорость синерезиса возрастает при повышении температуры и увеличении концентрации веществ фазы.

# Явление синерезиса геля



а



б

а – до синерезиса и  
б – после синерезиса.

# Осмотическое давление в живых системах

*Осмоз* – односторонняя диффузия растворителя через полупроницаемую мембрану, в сторону большей концентрации растворенных веществ.

Обусловлен стремлением системы к термодинамическому равновесию.

1. Увеличивается при повышением температуры и концентрации.
2. Уменьшается при увеличении вязкости и размера частиц.

# Осмоз

Полупроницаемая мембрана – пропускает молекулы растворителя, но не пропускает вещества.

Значение: а) пищеварение, б) тургор, в) работа почечных канальцев.

Осмотическое давление – создается частицами растворенного вещества, которые в результате диффузии ударяются о биологическую мембрану.

Подчиняется закону Вант-Гоффа

$$P = cRT$$

Осмотическое давление низкомолекулярных веществ выше чем высокомолекулярных.

# Осмоз

Онкотическое давление - создается коллоидными частицами (белки, липопротейны, анионы и катионы солей и др.) крови.

Методы измерения осмотического давления:

1. Осмометрический.
2. Кристаллический.

Закон Рауля: растворы кипят при большей температуре и замерзают при более низкой, чем чистый растворитель.

Осмотический гомеостаз у живого организма – изоосмия 0,66-0,8 МПа

# Поведение клеток в растворах

- 1) Изоосмия – нормальная структура и функции.
- 2) Гипоосмия – набухание и изменение функций.
- 3) Гиперосмия – сморщивание и нарушение функций.

# Классификация по степени структурированности

Золи (бесструктурные) – свободное перемещение частиц фазы в среде.

Гели (структурные) – пронизаны сеткой-каркасом из связанных частиц. Обладают рядом свойств твердых тел: упругость, эластичность, прочность, пластичность (ткани живого организма).

Возможен переход золь $\leftrightarrow$ гель.

Клетка – сложная дисперсная система.

# Свободная энергия поверхности раздела фаз (СЭП)

- Одностороннее натяжение поверхностного слоя молекул называется поверхностным натяжением. Его можно измерить силой, которую нужно приложить, чтобы разрушить (разорвать) эту поверхностную пленку.
- Кроме этого, молекулы поверхностного слоя несут неиспользованные силы сцепления (межмолекулярного взаимодействия), направленные вне фазы и составляют так называемую свободную энергию поверхности (СЭП).

# Поверхностные явления и адсорбция

**Сорбция** – поглощение газов, паров, растворимых веществ твердыми телами и жидкостями.

**Адсорбция** – поглощение веществ из газовой и жидкой среды поверхностным слоем твердого тела или жидкости.

**Абсорбция** – поглощение вещества из окружающей среды всей массой поглощающего тела.

# Адсорбция и абсорбция

Это накопление одного вещества на поверхности другого. Вещество, на котором идет накопление, называется адсорбентом, а вещество, которое накапливается – адсорбтивом.

По механизму различают следующие виды адсорбции:

- Физическая – когда накопление адсорбтива на адсорбенте осуществляется за счет свободной энергии поверхности (СЭП).
- Химическая (хемосорбция) – здесь действуют не только силы СЭП, но между адсорбтивом и адсорбентом осуществляется химическая реакция, образуется продукт взаимодействия, который довольно прочно соединяет адсорбтив и адсорбент.
- Избирательная адсорбция – если в среде имеется один адсорбент и несколько адсорбтивов, то они не хаотически адсорбируются, а на адсорбенте накапливается только один адсорбтив, у которого поверхностная активность наиболее высокая.

# Хроматография

- (от греч. *chromatos* – краска, *graphein* – пишу) – это физико-химический метод разделения смеси веществ, близких по химическому строению, но отличающихся по поверхностной активности и способности к адсорбции.

# Адсорбция и биологические процессы

Многие адсорбенты (активированный уголь, каолин, иониты) используются в качестве противоядий при желудочно-кишечных отравлениях, так как они обладают огромной поверхностью, большим запасом свободной энергии и способны поглощать ядовитые вещества путем адсорбции, предохраняя организм от гибели. Адсорбционная терапия применяется при бактериальных отравлениях кишечной инфекцией. На явлении адсорбции основано применение многих коллоидных препаратов, адсорбирующих токсины и ядовитые вещества.

# Адсорбция и биологические процессы

С процессами адсорбции связаны химические реакции ферментативного катализа. Явление адсорбции лежит в основе пристеночного пищеварения в тонком отделе кишечника человека и животных. Функционирование биологических мембран клеток и защитные реакции организма, например иммунитет, связаны с явлениями адсорбции. Адсорбция лежит в основе многих процессов ассимиляции и диссимиляции любого живого организма. Эти явления наиболее выражены у одноклеточных организмов, поскольку поглощение питательных веществ из окружающей среды у них начинается с избирательной адсорбции.

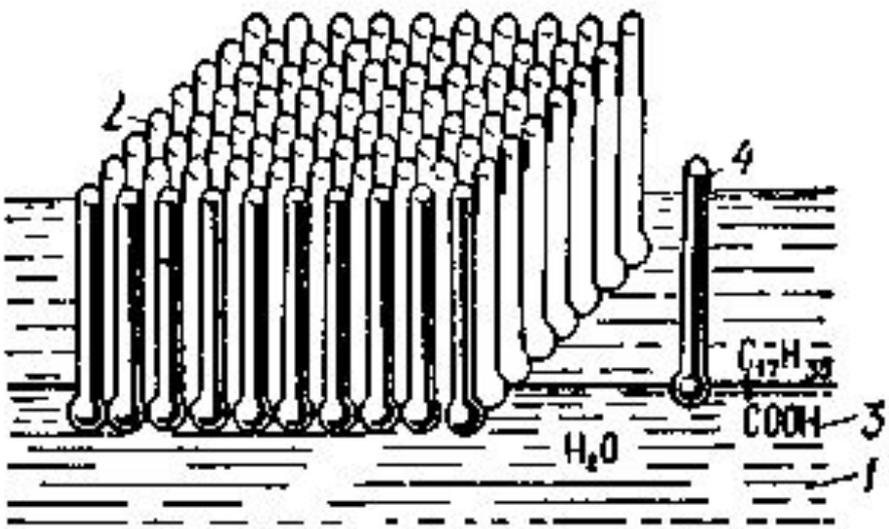
У высших животных организмов важная роль в процессах анаболизма и катаболизма принадлежит форменным элементам крови. Так, эритроциты являются переносчиками различных аминокислот и других веществ к тканям и клеткам. Число эритроцитов у человека достигает 5 млн. в  $1 \text{ мм}^3$ , а их общая поверхность в организме составляет  $3200 \text{ м}^2$ .

# Адсорбция и биологические процессы

Адсорбция является первой стадией любого поглощения, всасывания или воздействия на поверхность организма теми или другими веществами внешней среды. Поглощение питательных веществ корнями растений начинается с их адсорбции поверхностью корневых волосков. Усвоение растениями  $\text{CO}_2$  начинается с его адсорбции внутренней поверхностью зеленого листа.

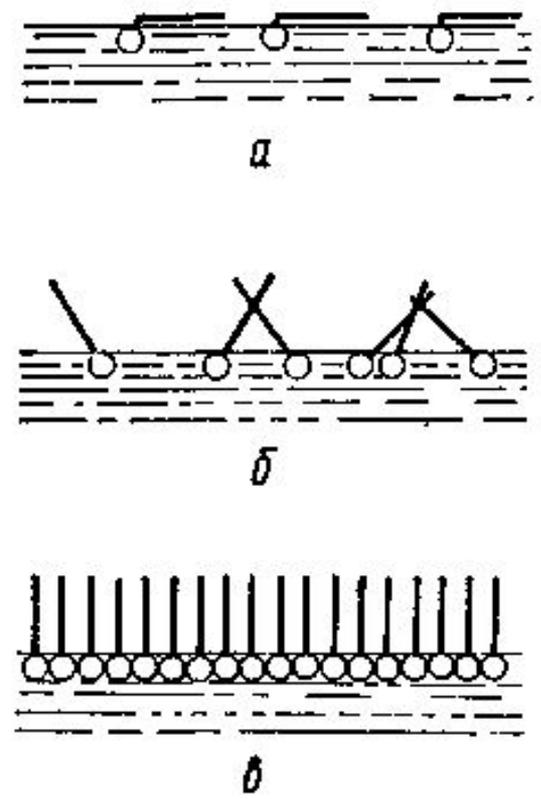
# ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА (ПАВ)

- Вещества, способные уменьшать поверхностное натяжение
- В их молекуле четко выражены 2 части: одна – гидрофильная, т.е. хорошо взаимодействующая с водой как растворителем, а вторая – гидрофобная, не взаимодействующая с водой, стремящаяся уйти из нее.
- Имея такое строение, молекулы ПАВ располагаются всегда в поверхностном слое, на границе раздела фаз, ориентируясь гидрофильной частью молекулы в сторону воды, а гидрофобная – либо наружу, либо ориентирована в другую фазу (например, в жир).



Ориентация молекул  
стеариновой кислоты на  
поверхности воды:

- 1 — вода;
- 2 — слой стеариновой кислоты;
- 3, 4 — гидрофильная и гидрофобная части молекулы.



Расположение молекул  
поверхностно-активного  
вещества в  
адсорбционном слое.