



**АКАДЕМИЯ  
ПОСТДИПЛОМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ФГБУ ФНКЦ ФМБА РОССИИ**

**Кафедра клинической лабораторной  
диагностики и патологической  
анатомии**

Москва, 2020

# *Растворы*

*К.б.н. Белононская  
Ольга Степановна*

Между компонентами в смеси существует **химическое взаимодействие**.

Это взаимодействие зависит:



- 1) от вида сил,  
действующих между  
частицами;
- 2) от формы частиц;
- 3) размера частиц.

Эта гипотеза легла в  
основу сольватной  
теории растворов.

При попадании в растворитель вещество  
МОЖЕТ:

- **раствориться** в растворителе, то есть перемешаться с ним на атомно-молекулярном уровне;
- **химически прореагировать** с растворителем;
- **не раствориться** в растворителе и химически **не прореагировать**.

**Растворы** – однородные смеси  
переменного состава  
нескольких компонентов.

Раствор состоит из  
растворителя, растворенного  
вещества и продуктов их  
взаимодействия.

Обычно **растворителем** считают .....

- не меняющий при растворении своего агрегатного состояния;
- присутствующий в растворе в значительно большем количестве по сравнению с другими компонентами;
- если одним из веществ, которые составляют раствор, является жидкость, а другими – газы или твердые вещества, то растворителем обычно считают жидкость.

(Существуют исключения, например, раствор фенола).

*Концентрации  
компонентов в каждой точке  
раствора равны.*

**Концентрация** — ЭТО  
количественный состав  
растворенного вещества (в  
конкретных единицах) в  
единице объема или массы.

# Классификация растворов

# I. Классификация растворов в

## зависимости от размера частиц

Однофазные дисперсные системы

(истинные растворы)

$D < 1 \text{ мкм (нм)}$   
 $(10^7 \text{ см}, 10^9 \text{ м})$

Многофазные дисперсные системы

$D > 1 \text{ мкм (нм)}$   
 $(10^7 \text{ см}, 10^9 \text{ м})$

Истинно дисперсные системы

$D < 0,01 \text{ мкм}$   
 $(\text{нм})$   
 $(10^9 \text{ см},$   
 $10^{11} \text{ м})$

Молекулярно-дисперсные системы

$D 0,01 \div 1 \text{ мкм}$   
 $(\text{нм})$   
 $(10^9 \div 10^7 \text{ см}$   
 $10^{11} \div 10^9 \text{ м})$

Коллоидно-дисперсные системы

$D 1 \div 100 \text{ мкм}$   
 $(\text{нм})$   
 $(10^7 \div 10^5 \text{ см}$   
 $10^9 \div 10^7 \text{ м})$

Грубодисперсные системы

$D > 100 \text{ мкм}$   
 $(\text{нм})$   
 $(10^5 \div 10^2 \text{ см}$   
 $10^7 \div 10^4 \text{ м})$

# 1. Однофазные (гомогенные) дисперсные системы.

Величина частиц дисперсной фазы меньше 1 нм (мкм или  $10^{-7}$  см). Такие растворы называют истинными.

## Однофазные дисперсные системы подразделяют на:

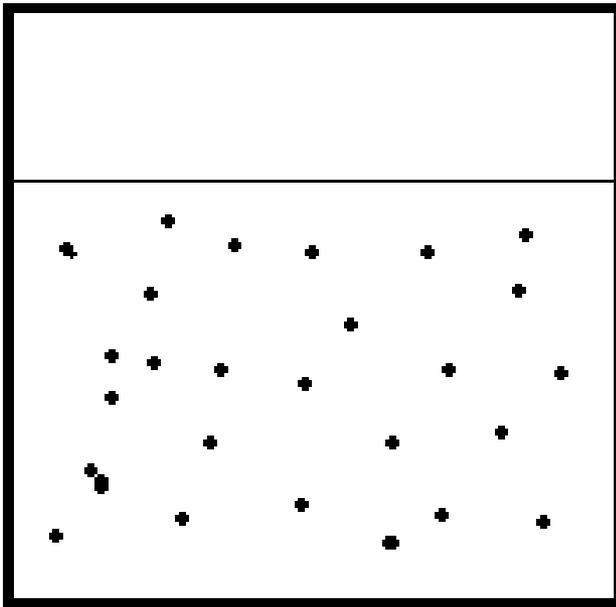
- ионно-дисперсные системы (если дисперсная фаза диссоциирует на ионы – величина частиц меньше  $10^{-10}$  см) (растворы NaCl – в крови, HCl – в желудочном соке).
- молекулярно-дисперсные системы – (если дисперсная фаза не диссоциирует на ионы – величина частиц  $10^{-8}$ - $10^{-9}$  см) (растворы углеводов, мочевины).

2. Многофазные  
(гетерогенные) дисперсные  
системы. *Величина частиц  
дисперсной фазы больше 1 нм  
(мкм).*

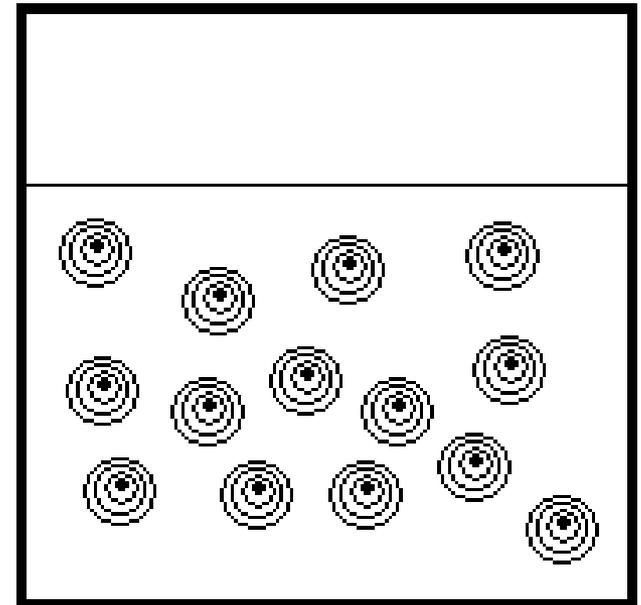
*Отличительными признаками гетерогенных дисперсных систем от гомогенных дисперсных систем являются:*

- бóльшая величина частиц дисперсной фазы;*
- наличие поверхности раздела между частицами дисперсной фазы и дисперсионной среды;*
- наличие запаса свободной поверхностной энергии на частицах дисперсной фазы.*

# Однофазные и многофазные системы



*Однофазная система*



*Многофазная система*

Многофазные дисперсные  
системы подразделяют на:

*1) коллоидно-дисперсные системы* или с величиной частиц от 1 до 100 нм (ммк).

Растворы **высокомолекулярных соединений (ВМС)** – белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов, каучука – обладают свойствами как истинных (молекулярно-дисперсных систем), так и коллоидных растворов, и выделяются в специальную группу.

Они **являются** гомогенными однофазными **по строению**, т.е **истинными** растворами. Но **обладают свойствами** **КОЛЛОИДНЫХ** растворов.

**Высокомолекулярными**  
**называют соединения** с большой  
молекулярной массой – от  
нескольких тысяч до миллионов  
дальтон (D или Да). Это  
отдельная тема, о которой мы  
поговорим далее.

1 дальтон (1D) - масса одного  
атома водорода ( $1,66 \cdot 10^{-24}$  г).

2) *грубодисперсные*  
*системы* или с величиной  
частиц более 100 нм (ммк).

Примеры грубодисперсных систем:

*суспензии*, например, клетки крови в плазме

( $D_{\text{эритроциты}} = 5,1 \text{ мк}$ ,  
 $D_{\text{тромбоциты и лейкоциты}} = 2-4 \text{ мк}$ );

*эмульсии*, например, молоко

( $D_{\text{жир. шариков}} = 3 \text{ мк}$ ).

# Смеси истинных, коллоидных, грубодисперсных растворов



Кровь, лимфа

## II. Классификация растворов по агрегатному состоянию:

- *газообразные (например, воздух);*
- *жидкие (например, водные растворы);*
- *твердые (например, сплавы металлов, раствор водорода в палладии).*

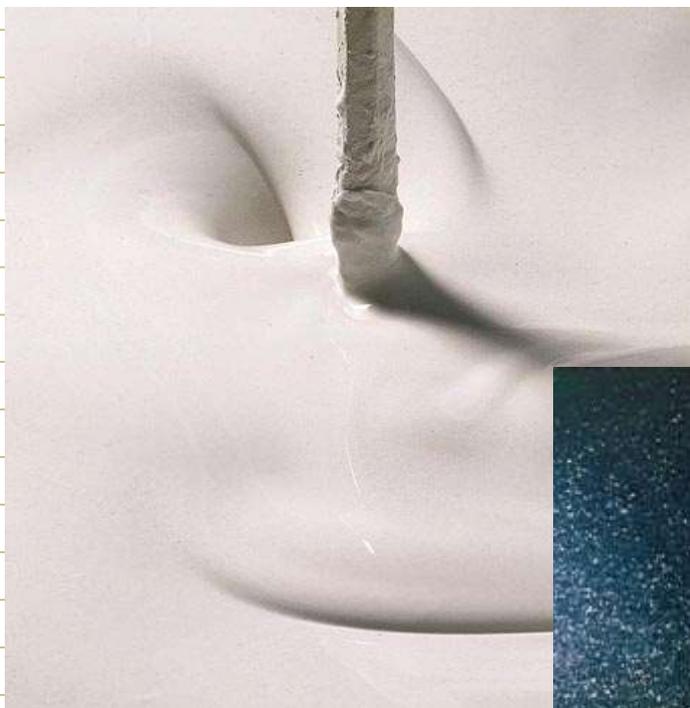
# Грозовые тучи



# Пыль в воздухе



# Суспензии: известковое молоко; ил (речной, морской); планктон



# Эмульсии:

## ВОДОЭМУЛЬСИОННАЯ КРАСКА, МОЛОКО



### III. Классификация растворов по концентрации.

- *Концентрированные.*
- *Разбавленные*
- *Ненасыщенные.*
- *Насыщенные.*
- *Пересыщенные.*

**Концентрированные растворы** – это растворы с относительно высоким содержанием растворенного вещества.

**Разбавленные растворы** – это растворы с относительно низким содержанием растворенного вещества.

**Ненасыщенные растворы** – это растворы, в которых концентрация растворенного вещества меньше, чем в соответствующем насыщенном растворе, и в котором при данных условиях можно растворить еще некоторое количества растворенного вещества.

**Насыщенные растворы** – это растворы, в которых достигнута максимальная концентрация растворенного вещества при данных условиях.

**Пересыщенный раствор** – это раствор, в котором концентрация растворенного вещества больше, чем в насыщенном. Избыток растворенного вещества легко выпадает в осадок.

## IV. Классификация растворов по способности растворяться и коэффициенту растворимости.

***Коэффициент растворимости*** —  
отношение массы растворенного  
вещества к массе растворителя  
(например, 10 г соли на 100 г  
ВОДЫ).

# По способности растворяться растворы делят на

**малорастворимые** (от 0,001 до 1 грамма  
растворенного вещества на 100 грамм  
растворителя);

**растворимые** (больше 1 г растворенного  
вещества на 100 г растворителя);

**нерастворимые** (менее 0,001 г  
растворенного вещества на 100 г  
растворителя).

## V. По механизму растворения растворы делят на:

- с физическим механизмом растворения;
- с химическим механизмом растворения.

**Физическое растворение** — это растворение, при котором происходит разрыв и образование только межмолекулярных связей (включая водородные).

Физически растворяются только некоторые вещества с молекулярной кристаллической решеткой. Например, растворение нафталина в спирте и воде.

**Химическое растворение** — это растворение, при котором разрушаются химические связи в веществе.

Химическое растворение, как правило, сопровождается **электролитической диссоциацией** растворяемого вещества.

# Важно!

**Подобное хорошо растворяется в подобном.**

Неполярные растворители хорошо растворяют неполярные вещества. Полярные растворители хорошо растворяют полярные вещества.

Понимание механизмов растворения, природы растворяемого вещества и растворителя позволяет легко определить растворимость одного вещества в другом.

Этот факт необходимо знать для понимания процессов диффузии (см далее) в организме.

# Значение растворов в



## биологических жидкостях

- *Основной средой в тканях животных и растений является водная среда (~70 % от массы организма). Все физиологические процессы и биохимические реакции протекают в водной среде.*
- *Клеточные системы, форменные элементы крови представляют собой и находятся в живом организме в виде суспензии (микроргетерогенных систем).*
- *Белки крови – макромолекулярные системы находятся в виде коллоидных систем (молекулярно-дисперсных систем).*

# Молекулярно-дисперсные системы (истинные растворы)

*Молекулярно-дисперсные системы* – истинные растворы неэлектролитов с величиной частиц от  $10^{-11}$  до  $10^{-10}$  м (или  $10^{-9}$ – $10^{-8}$  см).

Молекулы (растворенное вещество) таких растворов не распадаются на ионы. Примером таких растворов можно считать растворы сахарозы, глюкозы, мочевины.

К молекулярно-дисперсным системам, как уже отмечалось, относятся растворы высокомолекулярных соединений (белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов).

# Молекулярно-кинетические свойства молекулярно- дисперсных систем

*К молекулярно-кинетическим свойствам молекулярно-дисперсных систем относятся:*

- тепловое движение молекул,*
- диффузия,*
- осмос,*
- осмотическое давление.*

*Эти свойства являются важнейшими показателями **гомеостаза** живых клеток и биологических жидкостей.*

**Гомеостаз** – относительное динамическое постоянство состава, строения, свойств и функции живой материи.

# I. Тепловое движение молекул

*Тепловое движение –  
беспорядочное движение  
молекул, атомов и ионов в  
газах, жидкостях и твердых  
телах.*

**Молекулы газов** беспорядочно движутся с различными скоростями по всему объему газа.

**Молекулы жидкости** колеблются около равновесных положений и сравнительно редко перескакивают из одного равновесного положения в другое.

**В твердых телах частицы** колеблются около положения равновесия.

Для этого движения характерны:

- 1) непрерывность,
- 2) неуничтожимость.

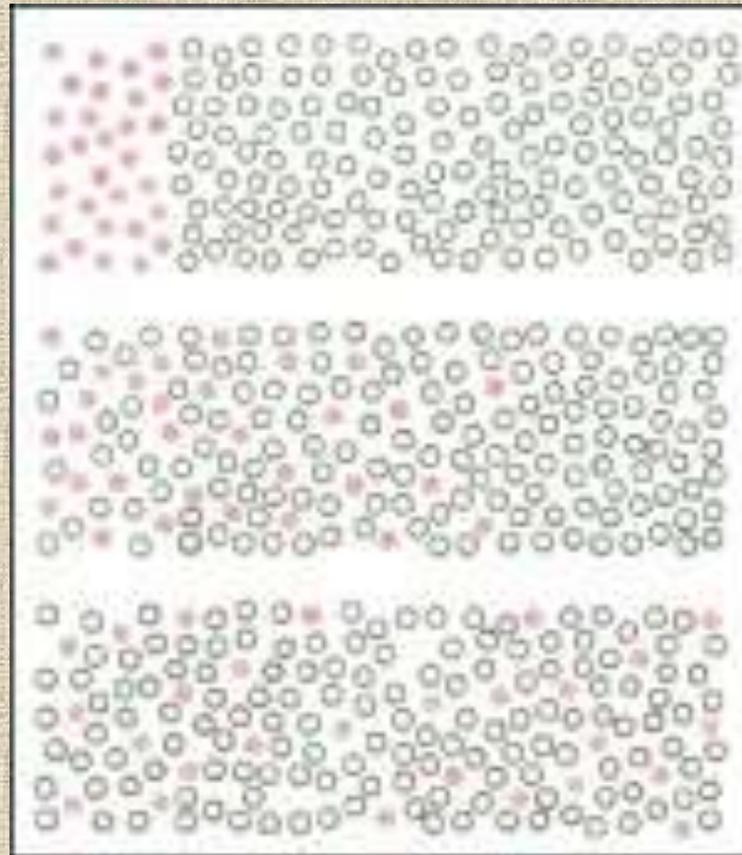
*Скорости движения молекул зависят от температуры и массы молекул.*

Скорости движения молекул газа сравнимы со скоростью пули ( $V \sim 500$  м/с).

## II. Диффузия



**Диффузия** - проникновение растворенных частиц в растворитель из мест с большей концентрацией в места с меньшей концентрацией с целью выравнивания концентрации во всех частях раствора.



# Диффузия играет существенную роль:

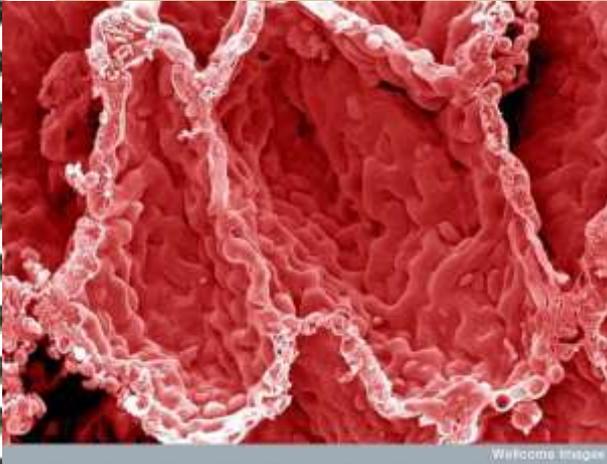


Ворсинки тонкого кишечника  
с остатками пищи

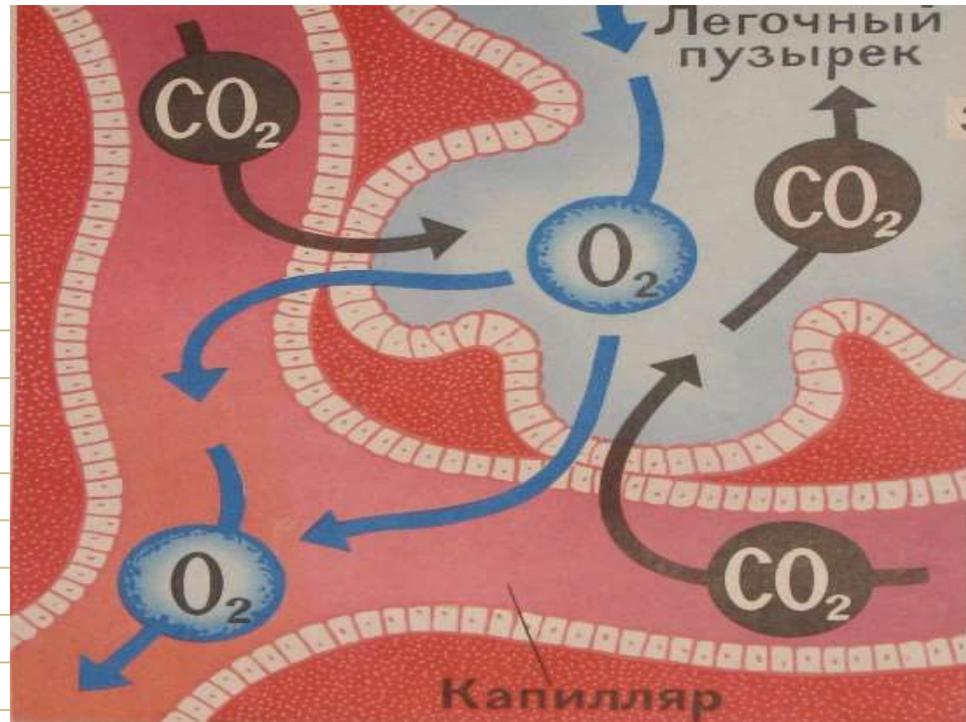


- На основе диффузии происходит процесс всасывания питательных веществ через кишечный эпителий. Поверхность тонкого кишечника покрыта ворсинками. Это увеличивает площадь диффузии и способствует интенсивному процессу всасывания. В каждую ворсинку, стенки которой состоят из тонкого однослойного эпителия, входит кровеносный сосуд, от которого отходят капилляры. В ворсинках есть и лимфатические узлы. Аминокислоты и глюкоза всасываются в кровь через стенки капилляров. Глицерин и жирные кислоты проникают в клетки эпителия ворсинок, где происходит образование жиров. Затем они поступают в лимфатические узлы и из них в кровь.

• в явлениях газообмена,



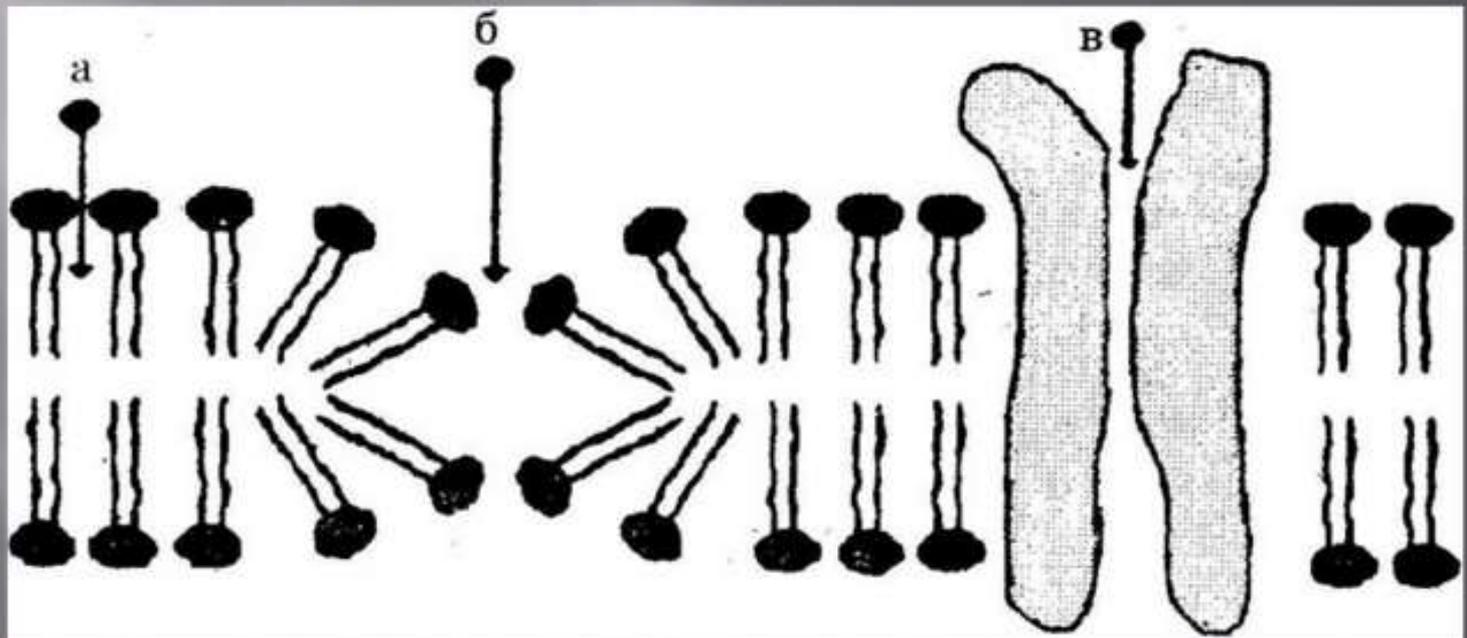
Альвеолы легкого

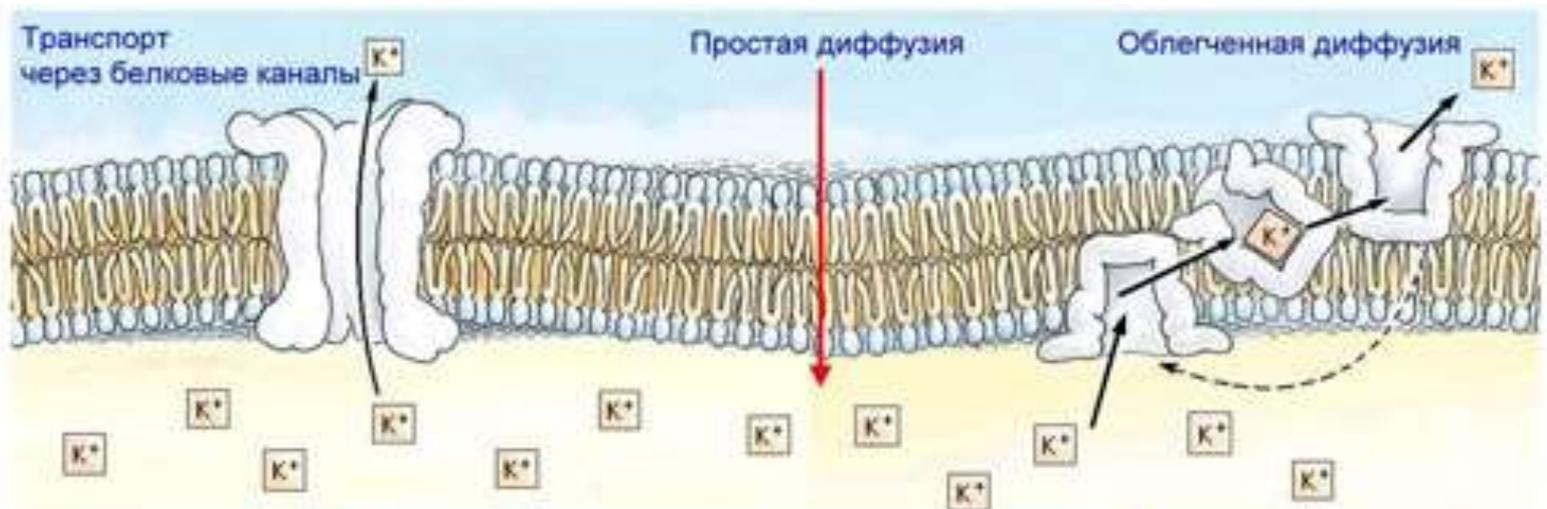


Газообмен в лёгких происходит благодаря диффузии. Концентрация кислорода в воздухе, поступающем в лёгочные пузырьки больше, чем в венозной крови, поэтому он диффундирует через мембраны лёгочных пузырьков в кровь капилляров, где вступает в химическую реакцию с гемоглобином. Вследствие этого концентрация кислорода в крови уменьшается, новые порции кислорода диффундируют в кровь. А из крови в лёгочные пузырьки диффундирует углекислый газ, так как его концентрация в венозной крови больше, чем в воздухе.

- *при движении вещества в межклеточном пространстве,*
- *в деятельности мембран клеток и т.д.*

Простая диффузия:  
а – через липидный слой  
б – через липидные поры  
в – через белковые поры





**Виды пассивного транспорта**

Транспорт  
веществ через  
мембранные  
каналы

Транспорт веществ  
через липидный  
бислой (простая  
диффузия)

Транспорт веществ  
через специальные  
транспортные белки  
(облегченная  
диффузия)

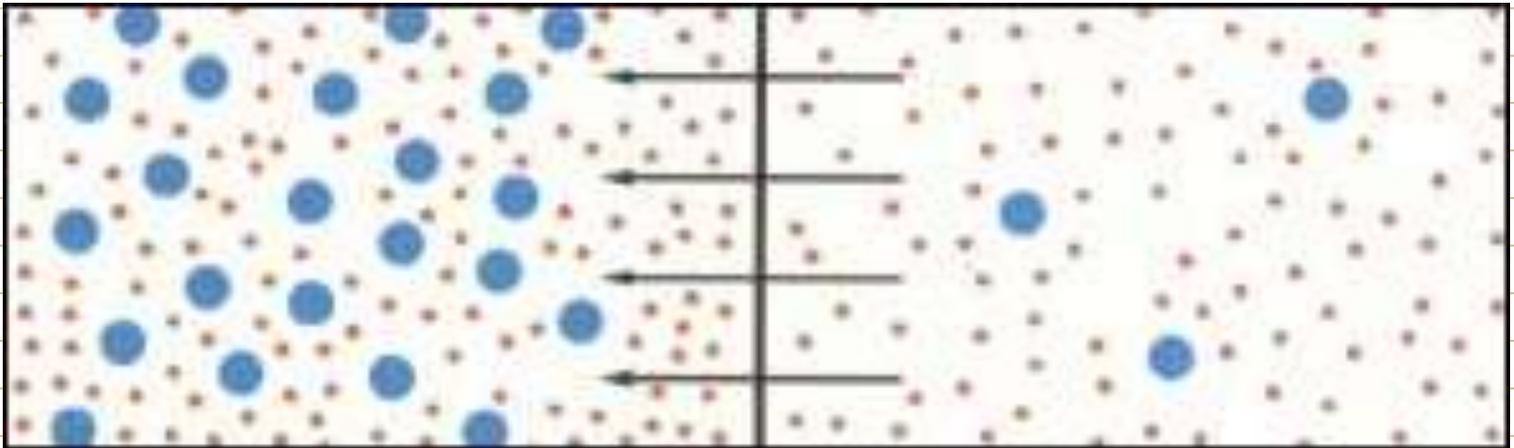
## *На скорость диффузии влияют:*

- *температура;*
- *воздействие электрического поля;*
- *размер и молекулярная масса молекул;*
- *форма молекул (явление диффузии используют при определении молекулярной массы различных веществ);*
- *функциональное состояние клетки (увеличение интенсивности обменных процессов усиливает диффузию) и др.*

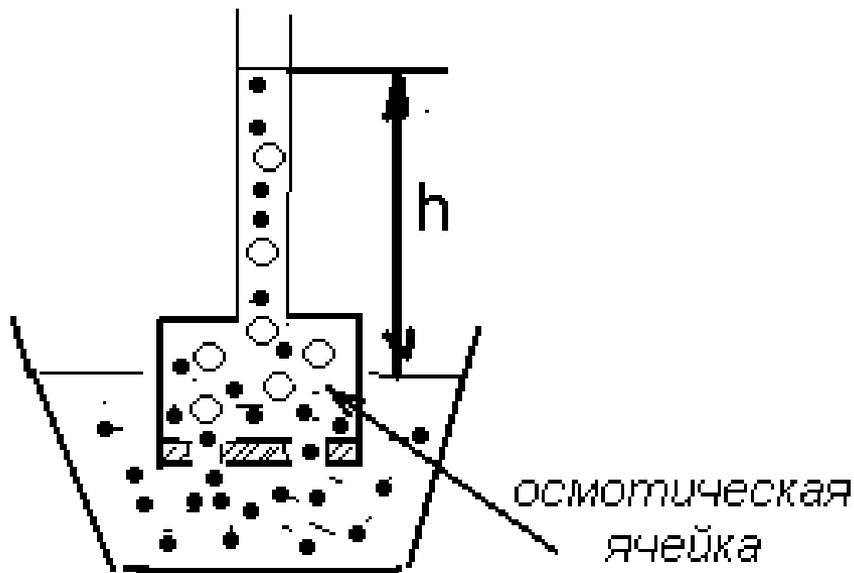
# Молекулярная масса и коэффициенты диффузии некоторых веществ

Вещество	ММ	Коэффициент диффузии
Мочевина	60	$100 \times 10^7$
Лактоза	342	$38 \times 10^7$
Яичный альбумин	43000	$7,7 \times 10^7$
Глицерин	36000	$1 \times 10^7$

# III. Осмос, осмотическое давление



**Осмоз** - это самопроизвольное проникновение молекул растворителя через полупроницаемую мембрану из раствора с низкой концентрацией в раствор с высокой концентрацией с целью выравнивания концентраций.



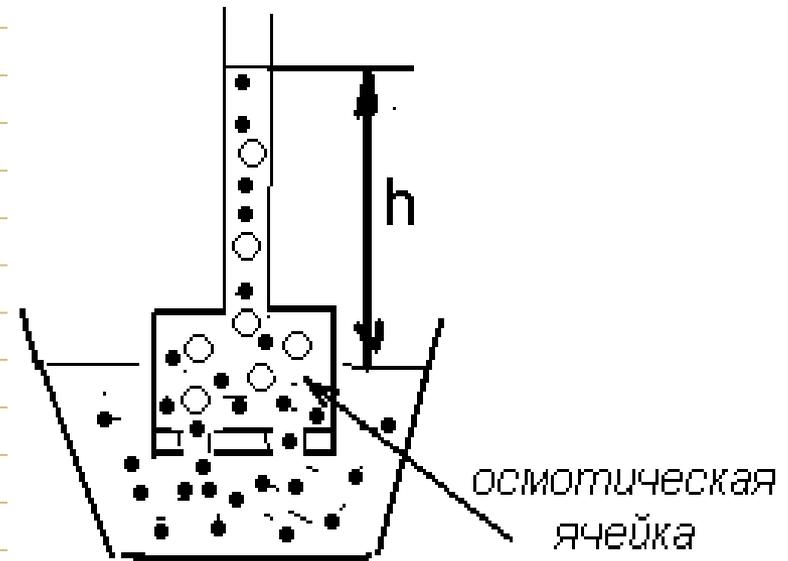
**Осмотическая ячейка** - система с раствором, отделенным полупроницаемой мембраной от растворителя

Сосуд с раствором, отделенный полупроницаемой мембраной от растворителя, называют **осмотической ячейкой**.

Животная и растительная клетка является типичной осмотической ячейкой.

- **Осмотическое давление** - развившееся в результате осмоса избыточное гидростатическое давление, измеряемое столбом раствора  $h$ , при котором устанавливается осмотическое равновесие.

- **Осмотическое давление** - дополнительное давление, которое должно быть приложено к полупроницаемой мембране, чтобы остановить самопроизвольный ток растворителя.



Сосуд с раствором, отделенный полупроницаемой мембраной от растворителя, называют **осмотической ячейкой**. Животная и растительная клетка является типичной осмотической ячейкой.

Всасывание растворителя в клетку называется **эндоосмосом**, а выход растворителя из клетки — **экзоосмосом**.

# Теории полупроницаемости



- *Полупроницаемой мембраной* принято считать перегородку, поры которой достаточно велики, чтобы через них проходили молекулы растворителя, но не способны пропускать молекулы растворенного вещества. Такой мембраной является целлофан, коллодий и др. Свойствами полупроницаемых мембран для водных растворов обладают оболочка стенки мочевого пузыря, оболочки кишечной стенки, клеточные оболочки и т.п.
- Другой теорией полупроницаемости мембран является теория избирательной растворимости, в соответствии с которой через *полупроницаемую мембрану* проникают только те вещества, которые в ней избирательно растворяются. Так в резиновой мембране, разделяющей раствор сахара в пиридине и чистый пиридин будут растворяться, и проходить через мембрану только молекулы пиридина.

# Биологическое значение осмотического давления

• *Величина осмотического давления является показателем относительного динамического постоянства состава, строения, свойств и функции живой материи (т.е. гомеостаза), так как оболочки клеток тканей организма человека, животных, растений являются полупроницаемыми мембранами и в них наблюдается осмос, а, следовательно, и осмотическое давление.*

• *Осмотическое давление является причиной осмотического напряжения клетки, называемое **тургором**. Тургор клеток обуславливает своеобразную их упругость, способствуя поддержанию эластичности тканей, сохранению формы органов.*

• *Осмотическое давление и осмос способствует обилию воды в клетках, необходимый для нормального протекания всех химических реакций.*

• *В корнях растений (ткани, всасывающие воду из почвы), в зонах роста осмотическое давление достигает 20 атм.*

# Осмоз в растительной клетке



- Водные растения пресных водоемов находятся в гипотонической среде. Поступающая вода оказывает давление на протопласт и клеточные стенки, вызывая напряженное состояние клетки — тургор
- Если поместить такое растение в гипертоническую среду, например, морскую воду, клетки будут терять воду, и плазматическая мембрана отодвинется от клеточной стенки.

# Регуляция осмотического давления

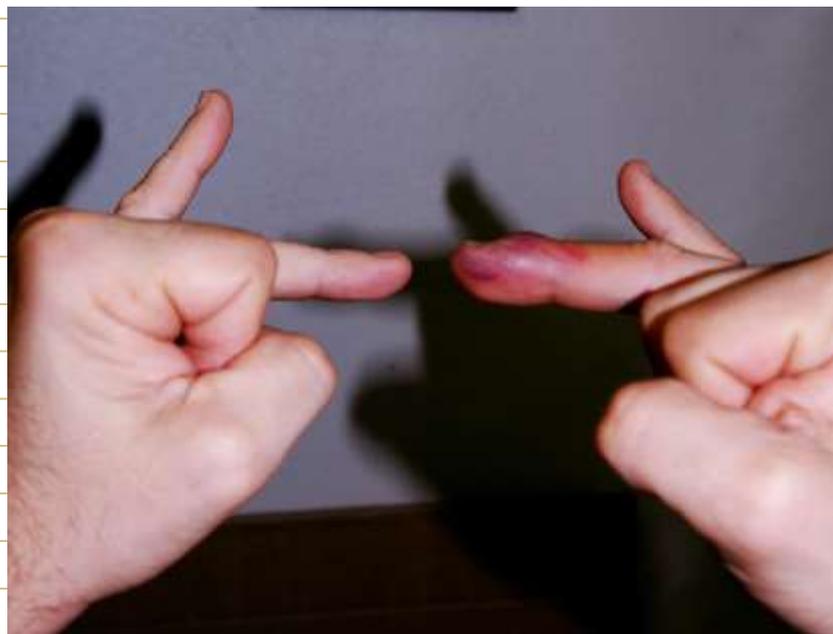
*Постоянство осмотического давления (изоосмия) в клетках и тканях организма животных и человека регулируется с затратой энергии:*

*1) нейрогуморальным механизмом. Гипоталамическая область промежуточного мозга имеет центр осморегуляции (осмоцентр), регулирующий прием воды (возникновение чувства жажды).*

*Гормоны: **натрийуретический** (повышает скорость выделения натрия, ограничивая его реабсорбцию в канальцах, и, значит, уменьшает реабсорбцию воды (вторично)), **альдостерон** (стимулятор обратного всасывания натрия), **вазопрессин** (усиливает реабсорбцию воды);*

*2) органами выделения (почки, кожа, легкие, кишечник);*

*3) образованием водного депо (соединительная, мышечная ткань, печень) - отеки.*



# Значение определения осмотического давления

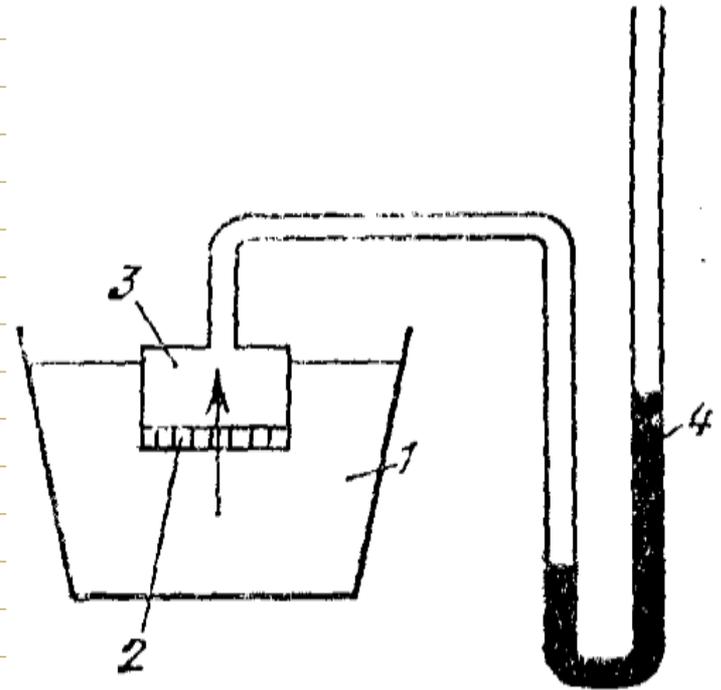
Пфеффер Вильгельм (1845–1920)



В 1877 г., используя  
глиняный цилиндр с  
закрытыми порами  
пленкой железисто-  
синеродистой меди,  
соорудил  
простейший  
осмометр  
статического типа,  
принцип которого  
используют и по  
настоящее время.

# Схема осмометра Пфелфера

- 1 — сосуд с растворителем;
- 2 — полупроницаемая мембрана;
- 3 — ячейка с раствором;
- 4 — манометр



# Осмометр



*Осмотическое состояние  
является развернутой  
биохимической  
характеристикой водно-  
электролитного, белкового  
обменов и осморегулирующей  
функции почек.*

*В клинической медицине и  
принято измерение осмотического  
давления крови ( $P_{осм}$  крови  $\sim 7,7$  атм.),  
мочи, тканей.*

# Определение осмотического



лаборатория  
ДИАЛАБ

давления необходимо в связи с тем,  
что

1) в очагах воспаления, при патологии,  
осмотическое давление может  
возрасти от 8 до 15–20 атм;



2) измерение осмотического давления позволяет определить тактику, темпы и объемы корректирующей инфузионной терапии в реаниматологии;

Для установления возможной причины нарушений осмотического давления одновременно определяется концентрация тех основных параметров, которые составляют величину осмотического давления плазмы крови: концентрация общего белка, белковых фракций, и, прежде всего, альбумина, глобулинов, а так же фибриногена.

3) Также важным является показатель онкотического давления и при его колебании ниже нормы, может указывать на патологии почек или печени, либо продолжительную голодовку.

4) кроме того, в клинической практике имеет значение определения осмотической резистентности эритроцитов.

**Осмотическая  
резистентность эритроцитов**  
устойчивость эритроцитов к  
гемолизу при действии на них  
гипотонических растворов  
хлорида натрия.



## Осмотическая резистентность эритроцитов **уменьшается**

- *при генетически обусловленном дефекте мембраны, проявляющимся ростом ее проницаемости для натрия, называемом микросфероцитарной гемолитической анемией (эритроциты имеют форму сферы).*

Изменение формы эритроцита (превращение их в микросферы) связывают с пониженным содержанием в мембране актомиозиноподобного белка, фосфолипидов и холестерина.

**Повышенная** осмотическая резистентность эритроцитов наблюдается при

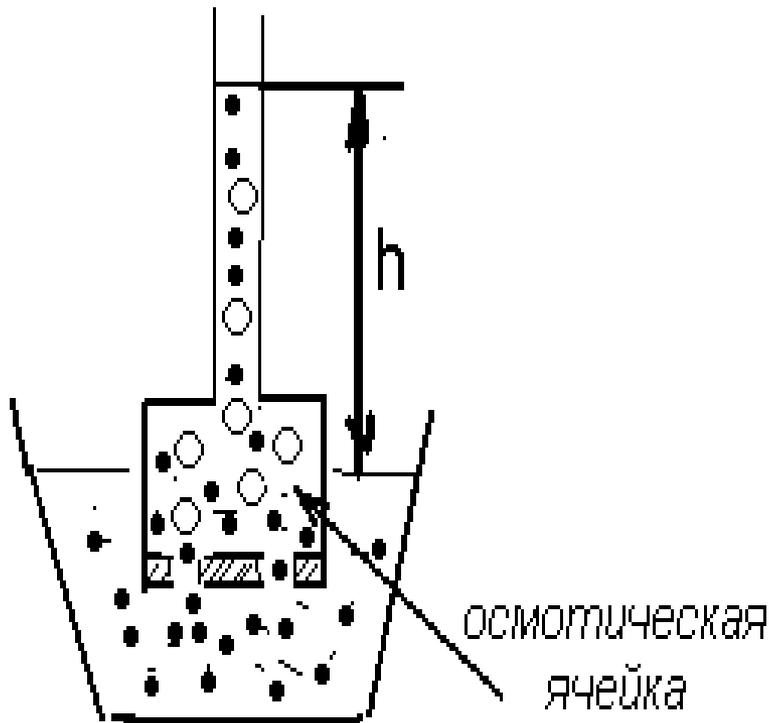
- *энзимопенических анемиях (анемиях, связанных с уменьшением активности некоторых ферментов).*

Повреждение эритроцитарной мембраны во всех случаях связано с нарушением восстановления НАДФ, регенерирующей глутатион, который защищает эритроциты от распада при контакте с оксидантами.

# Способы определения осмотического давления:

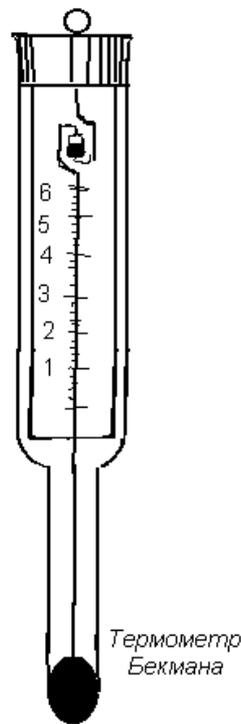
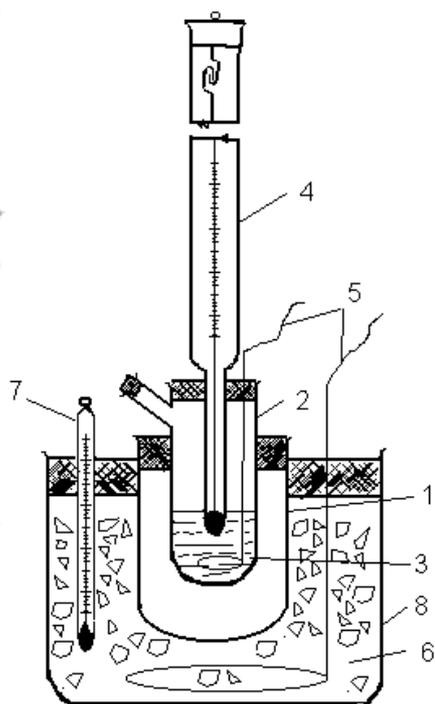
- *прямой (с помощью осмометра);*
- *непрямой (метод криоскопии).*

# Прямой метод



- С помощью осмометра (требует большого количества исследуемой жидкости, поэтому неудобен для использования в медицине)

# Прибор для криоскопических исследований



- 1. Наружная пробирка
- 2. Внутренняя пробирка
- 3. Исследуемый раствор
- 4. Термометр Бекмана
- 5. Мешалки
- 6. Лед
- 7. Термометр для льда
- 8. Сосуд Дьюара (термос)

- Определение коллоидно-осмотического давления (КОД) производят с помощью онкометров.



- О величине КОД можно также опосредованно судить по интегральному показателю водно-электролитного обмена – **ОСМОЛЯЛЬНОСТИ**.
- **Осмоляльность (osmolality)** – количественная мера физического свойства частиц в растворе, которая вызывает продвижение воды через полупроницаемую мембрану (количество растворенных частиц (поэтому степень диссоциации вещества является важной) на 1 кг воды (осмоль/кг)).

Этот показатель вычисляется исходя из определения суммарной концентрации кристаллоидов в биологических жидкостях (прежде всего натрия, мочевины, глюкозы, в меньшей степени калия, хлора, креатинина, лактата).

$$\text{Осмоляльность плазмы (мОсм/кг)} = \\ = 2[\text{Na}^+] + \text{мочевина крови} : 2,8 + \text{глюкоза} : 18,$$

где  $[\text{Na}^+]$  выражена в мэкв/л, а концентрация мочевины крови и глюкозы - в мг/100 мл.

Мочевину часто не включают в данное уравнение, так как она легко проходит через клеточные мембраны и не участвует в генерации эффективного осмотического давления:

$$\text{Эффективная осмоляльность плазмы (мОсм/кг)} = \\ = 2[\text{Na}^+] + \text{глюкоза} : 18.$$

Осмоляльность плазмы в норме колеблется от 280 до 290 мОсм/кг  $\text{H}_2\text{O}$ .

## Классификация растворов по величине осмотического давления

- **Изотонические растворы** - растворы с осмотическим давлением равным осмотическому давлению раствора, взятого за стандарт.
- **Гипотонические растворы** - растворы с осмотическим давлением более низким, чем в стандарте.
- **Гипертонические растворы** - растворы с осмотическим давлением более высоким, чем в стандарте.

- Помещение коллоидного мешочка или осмотической ячейки в гипотонический раствор, приводит к набуханию коллоидного мешочка, а через некоторое время и разрыву его. Этот процесс называется **лизисом**. В случае если осмотической ячейкой будет являться эритроцит, то этот процесс уже будет называться **гемолизом**.
- При помещении осмотической ячейки в гипертонический раствор наблюдается сморщивание мешочка, обусловленное потерей растворителя. Этот процесс называется **плазмолизом**.

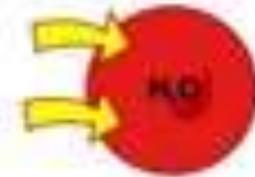
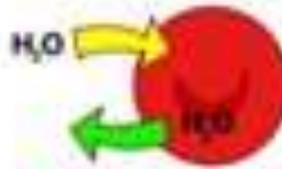
Hypertonic



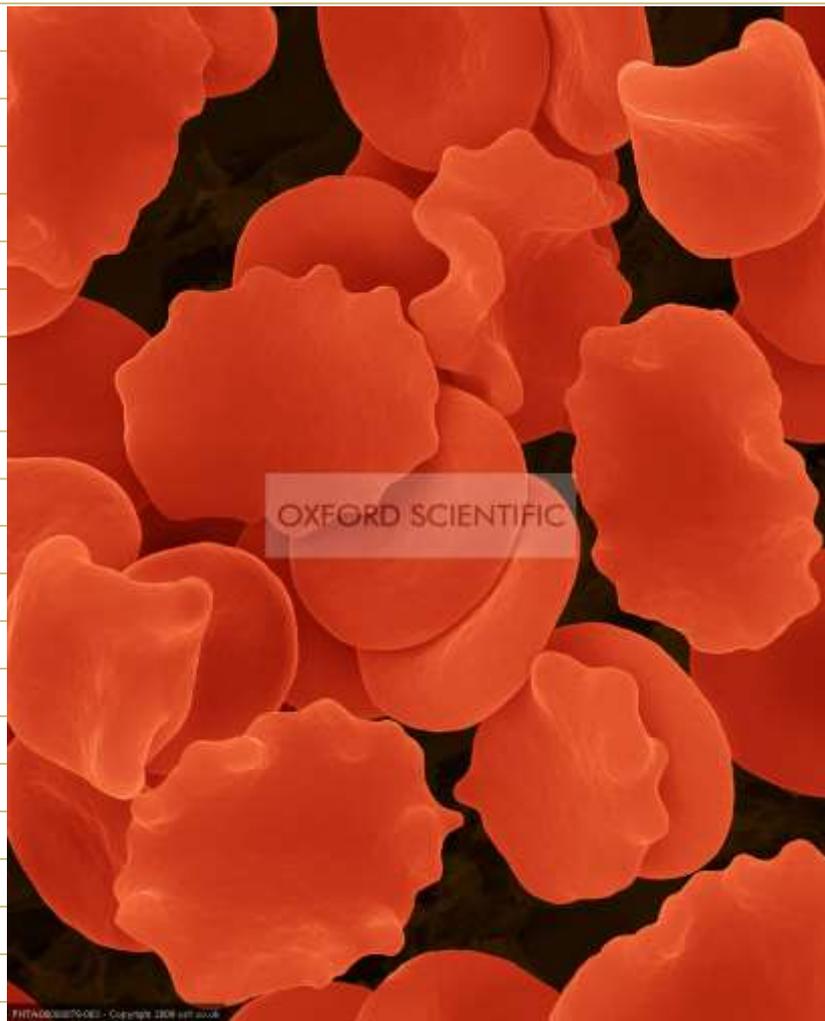
Isotonic



Hypotonic

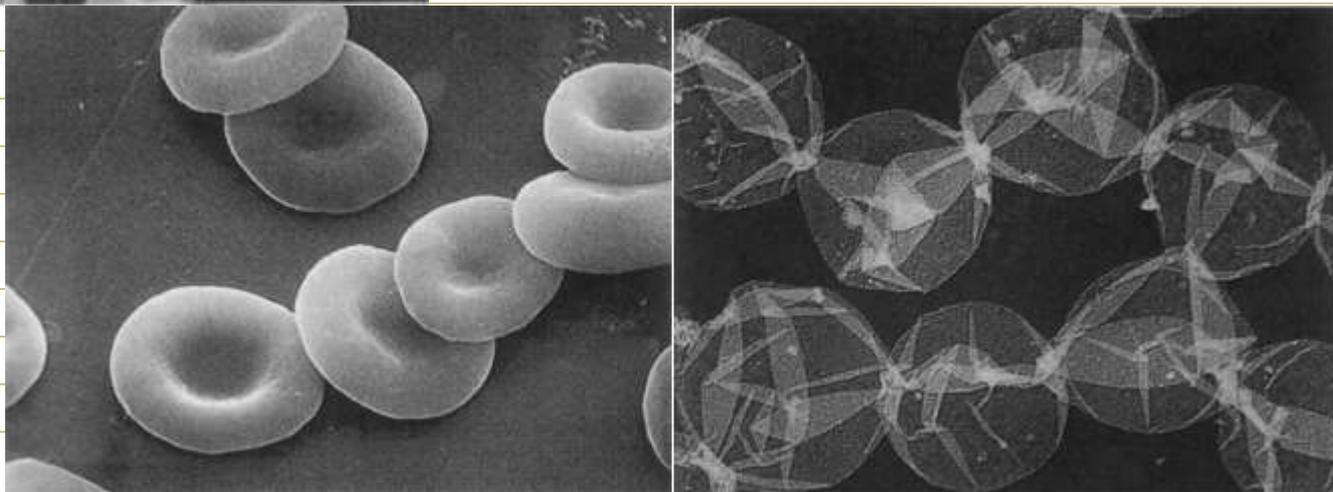
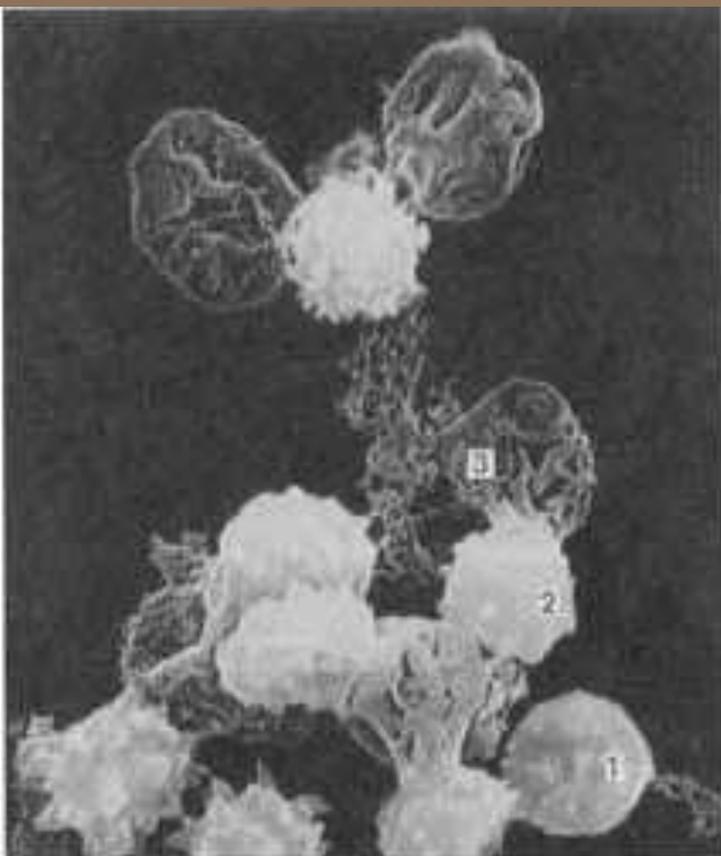


# Плазмолиз



# Электронная микрофотография гемолиза эритроцитов и образование их “теней”:

- 1 – дискоцит,
- 2 – эхиноцит,
- 3 – “тени” (оболочки)  
эритроцитов.



# Ионно-дисперсные системы

**Ионно-дисперсными системами** называются растворы электролитов. То есть такие растворы, у которых молекулы дисперсной фазы диссоциируют на ионы. Величина частиц в таких растворах меньше  $10^{-11}$  м ионно-дисперсные системы относятся к истинным растворам.

**Электролиты** – вещества,  
растворы или расплавы  
которых в результате распада  
на ионы проводят  
электрический ток (кислоты,  
основания, соли, вода).

# **Свойства ионно-дисперсных систем**

Свойства ионно-дисперсных систем аналогичны свойствам молекулярно-дисперсных систем:

- *тепловое движение ионов,*
- *диффузия,*
- *осмос, осмотическое давление.*

Для растворов электролитов необходимо учитывать степень диссоциации электролита, тогда, например, формула для определения осмотического давления примет вид  $P_{осм} = i \cdot C \cdot R \cdot T$ ,

где  $i$  (изотонический коэффициент Вант-Гоффа)  $= 1 + \alpha$ , где  $\alpha$  – степень диссоциации электролита.

# Характеристика электролитов

К электролитам относятся **кислоты** (которые можно определить, как донор протонов, или в более общем случае, как акцептор электронной пары), **основания** (которые можно определить как акцепторы протонов, а в более общем случае, как донор электронной пары) и **соли** (состоят из катионов металлов или ионов аммония и анионов кислотных остатков).



*K* *[H]* *[A]*  
*[H]A*

**Степень диссоциации  $\alpha$ ,**  
**которая показывает, какая часть**  
**молекул электролита в**  
**растворе распалась на ионы:**

где:

$$\alpha = \frac{N}{N_0}$$

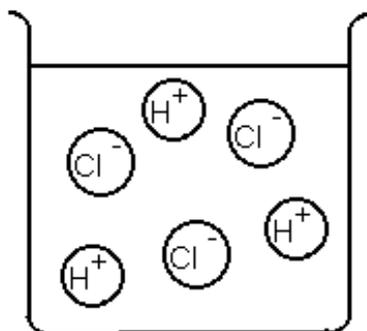
- $N$  – число распавшихся молекул,
- $N_0$  – общее число растворенных молекул.

***Сильные электролиты*** – полностью распадаются на ионы. Т.е. в растворе или расплаве этого вещества отсутствуют молекулы (почти все соли, основания щелочных и щелочноземельных металлов, некоторые кислоты:  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HMnO}_4$ ,  $\text{HClO}_3$ ,  $\text{HClO}_4$ ). У таких веществ степень диссоциации превышает 30 %.

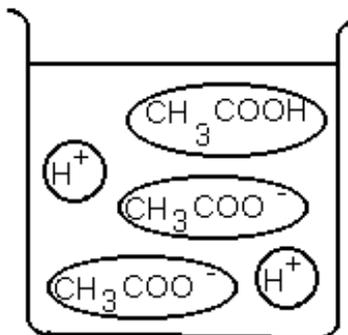
## *Слабые электролиты* – ЭТО

вещества, в растворе которых наряду с ионами присутствуют и молекулы (почти все органические кислоты; некоторые минеральные кислоты, например  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{HClO}$ ,  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ; основания металлов, кроме щелочных и щелочноземельных,  $\text{NH}_4\text{OH}$ , вода). В растворах таких электролитов степень диссоциации меньше 3 %.

# Сильные и слабые электролиты



Сильный электролит

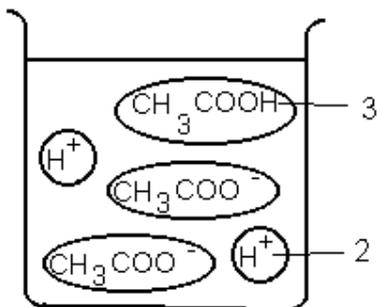


Слабый электролит

- Сильные электролиты - полностью распадаются на ионы (точнее,  $\alpha$  больше 30 %)
- Слабые электролиты - это вещества, в растворе которых наряду с ионами присутствуют и молекулы (точнее,  $\alpha$  меньше 3 %)

# **Реакция среды в растворах слабых кислот и оснований**

# Общая, активная и ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ КИСЛОТНОСТЬ



1=2+3 - Общая кислотность  
2 - Активная кислотность  
3 - Потенциальная  
(резервная) кислотность

1. Общая кислотность (титруемая или аналитическая) соответствует общей концентрации кислоты
2. Активная кислотность равна концентрации свободных ионов водорода в растворе
3. Потенциальная (резервная) кислотность - это «запас» недиссоциированных протонов. Определяют вычитанием из общей кислотности активной

По аналогии с растворами слабых кислот в растворах слабых оснований можно также различить общую, активную и потенциальную (резервную) щелочность.

**Не путать резервную щелочность раствора с резервной щелочностью крови!!!!**

# Водородный показатель среды – рН

Более удобное выраж  лаборатория  
ДИАЛАБ

кислотности среды было  
предположено Зеренсеном в  
1909 году.

Это значение рН  
рассчитывается по уравнению:

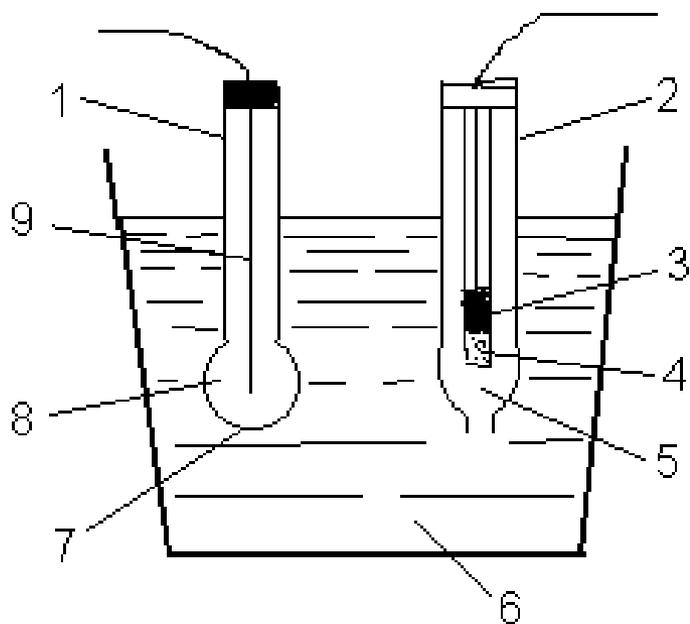
$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+].$$

# Методы определения активной реакции среды

# Активную реакцию среды определяют основными методами:

- *электрометрический (потенциометрия).*
- *колориметрический (метод Михаэлиса).*
- *существует еще один специфический для бикарбонатной буферной системы метод определения рН. Он называется газоаналитический.*

# Электрометрический (потенциометрический) метод



1. - Стекланный электрод
2. - Каломельный электрод
3. - Ртуть
4. - Паста хлорида ртути (I)
5. - Насыщенный раствор хлорида калия
6. - Исследуемый раствор
7. - Стеклаянная мембрана
8. - 0,1 М НСl
9. - Внутренний электрод

# Иономер, рН-метр, потенциометр

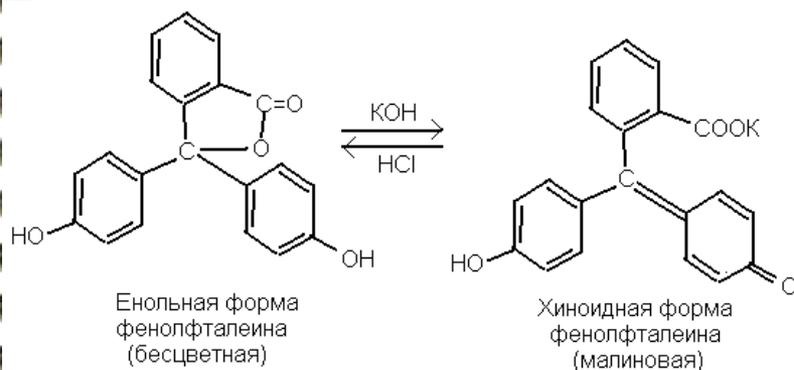


# Колориметрический метод



# Теории индикаторов

## Хромофорная теория



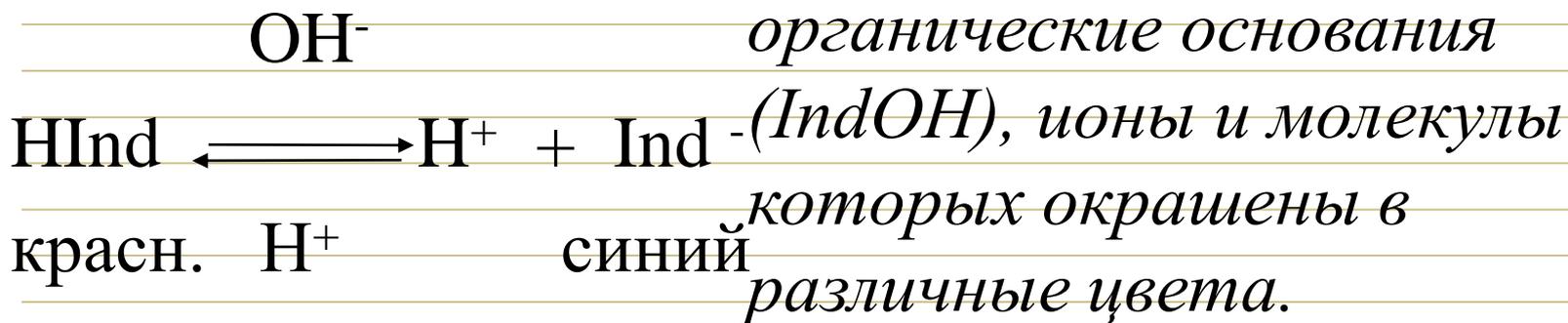
*Индикаторы - это вещества, претерпевающие изменения внутримолекулярной структуры при добавлении ионов водорода и гидроксида. К таким индикаторам относятся, как правило, одноцветные индикаторы (фенолфталеин, нитрофенолы).*

# Теории индикаторов

## Теория Оствальда

*Индикаторы - слабые органические кислоты (HInd) или слабые*

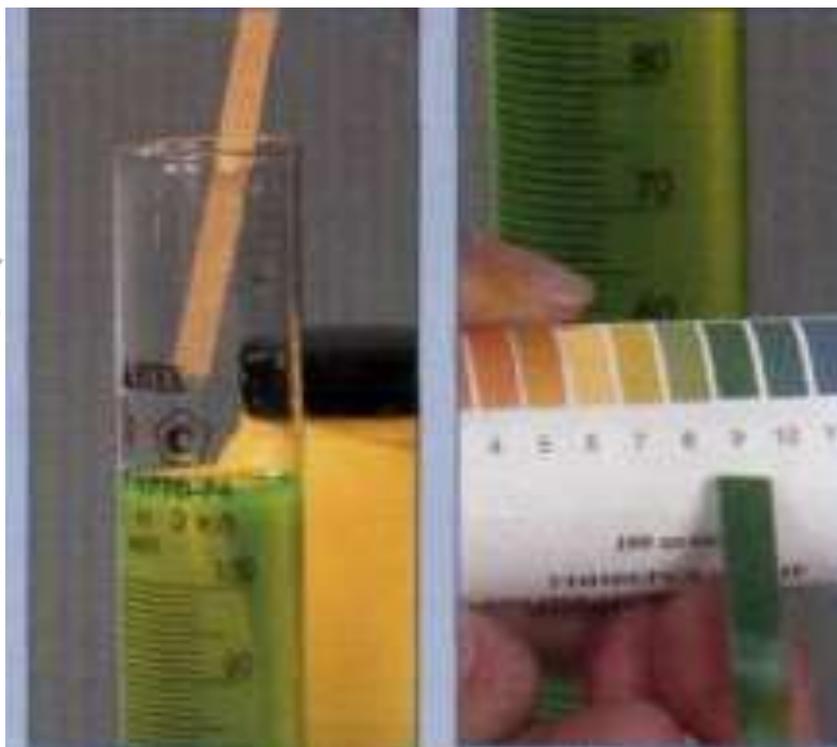
*органические основания*



лакмус

*Примеры: лакмус, метилоранж, феноловый красный - двуцветные индикаторы.*

# Исследование рН растворов колориметрическим методом



# Определение рН мочи



# *Значение ионов водорода в организме*

Постоянство концентрации водородных ионов является одной из существенных констант внутренней среды организмов.

1) Концентрация ионов водорода влияет на многие структурные и функциональные свойства клетки, однако, к изменениям концентрации  $H^+$  особенно чувствительна каталитическая активность ферментов. Каждый из ферментов проявляет максимальную активность при определенной концентрации протонов, которое называется **оптимумом pH**.

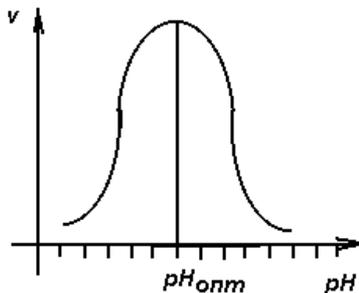


График зависимости активности ферментов от pH среды.

# Оптимальные значения рН для некоторых ферментов

<b>Фермент</b>	<b>Оптимальный рН</b>
Гепсин	1,5
Трипсин	7,7
Каталаза	7,6
Амиллаза	9,7
Фумараза	7,8
Рибонуклеаза	7,8

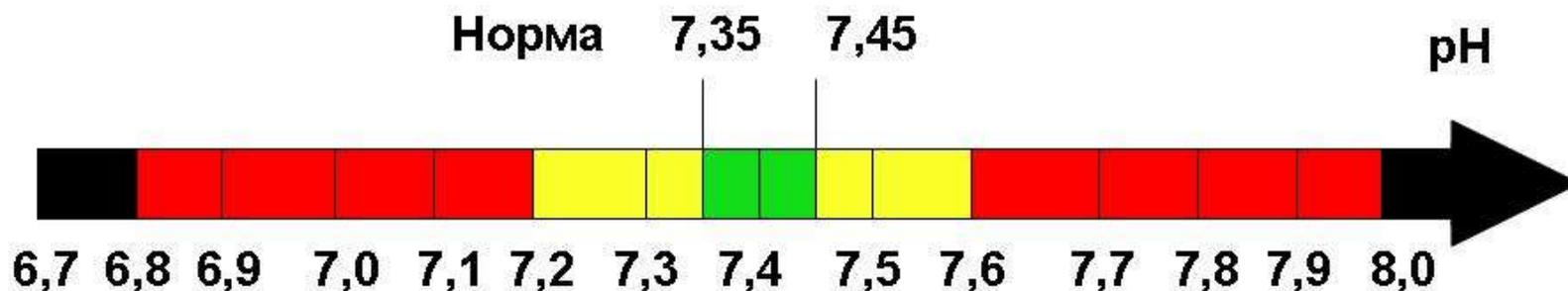
2) Ионы водорода участвуют в транспорте ионов через митохондриальную мембрану в процессах окислительного фосфорилирования.

3) От концентрации ионов водорода зависит активность ферментов дегидрогеназ, участвующих в переносе  $H^+$  и  $e^-$ .

*Постоянная концентрация ионов водорода, а, следовательно, и рН является постоянной величиной для данного органа и ткани.*

# Регуляция активной реакции среды в организме

-  **Нормальные значения**
-  **Компенсация: необходим контроль!**
-  **Декомпенсация: требуется вмешательство!**
-  **Несовместимо с жизнью**



Активная реакция среды поддерживается в биологических жидкостях, в протоплазме клеток тканей и в целых органах.

*Такое постоянство активной реакции среды поддерживается за счет:*

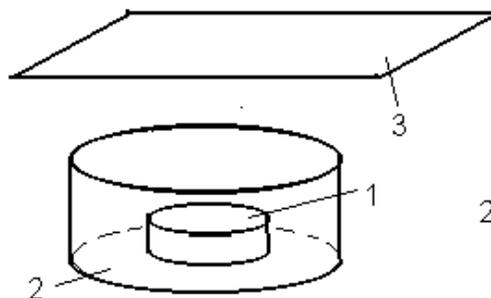
- *частных регуляторов* (обкладочные клетки желудка продуцируют соляную кислоту из NaCl, таким образом поддерживая в желудке сильно кислую реакцию);
- *за счет общих регуляторов* (например, важным общим регулятором является кровь) транспортируется NaCl к желудку для синтеза HCl, а так же гидрокарбоната натрия к слюнным железам и тонкому отделу кишечника для поддержания слабо щелочной среды. Кровь содержит буферные системы, нейтрализующие кислотные и щелочные продукты метаболизма.

# Щелочной резерв крови

*Способность крови  
нейтрализовать щелочные и  
кислые продукты метаболизма  
измеряется **щелочным  
резервом крови.***

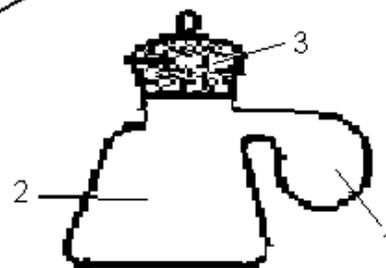
**Щелочной резерв крови** — это запас углекислого газа, выраженный в об%  $\text{CO}_2$ , который выделяется из гидрокарбонатов крови при действии сильной кислотой. Щелочной резерв показывает, сколько мл  $\text{CO}_2$  содержится в 100 мл крови.

# Определение щелочного резерва



Чашка Конвея

- 1. - Внутреннее углубление
- 2. - Наружное углубление
- 3. - Крышка



Сдвоенные колбы

- 1. - Отделение для щелочи
- 2. - Отделение для крови
- 3. - Крышка

- *Метод по Еременко с использованием чашек Конвея*
- *Метод сдвоенных колб по Кондрахину*

**Принцип диффузионного метода** основан на определении количества щелочи, поглотившей освободившуюся углекислоту после взаимодействия цельной крови серной кислотой.

# Анализаторы критических состояний



Наиболее современным методом определения газов крови является использование различных анализаторов, например, «анализаторов критических состояний». Такие анализаторы определяют не только рН и щелочной резерв крови, но и такие показатели, как  $PCO_2$ ,  $PO_2$ , концентрацию ионов натрия ( $Na^+$ ), калия ( $K^+$ ), кальция ( $Ca^{2+}$ ), хлора ( $Cl^-$ ), содержание глюкозы, общей концентрации гемоглобина (tHb), насыщения гемоглобина кислородом ( $SO_2\%$ ).



# Буферные системы

# *Буфер – это*

*двухкомпонентная система,  
состоящая из:*

*1) слабой кислоты и ее  
соли, образованной сильным  
основанием;*

*2) слабого основания и его  
соли, образованной сильной  
кислотой.*

**Буферность** – способность буфера поддерживать рН раствора на постоянном уровне при добавлении сильной кислоты, сильного основания и при разбавлении.

# **Значение рН для разных органов и тканей**

Снижение рН крови и тканей по сравнению с нормой в живом организме называется **ацидозом**, а увеличение – **алкалозом**.

Ацидоз и алкалоз – это не заболевания, а симптомы.

**Классический пример:**

возникновение ацидоза при заболевании – сахарном диабете.

*Снижение резервной  
щелочности крови  
свидетельствует о сдвиге  
кислотно-щелочного  
равновесия в сторону ацидоза,  
а **повышение** — алкалоза.*

*Снижение резервной  
щелочности крови  
свидетельствует о сдвиге  
кислотно-щелочного  
равновесия в сторону ацидоза,  
а **повышение** — алкалоза.*

*Метаболический ацидоз связан с избыточной продукцией и поступлением или нарушением выведения протонов, а также потерей оснований. Его отмечают при*

- *кетонацидозе;*
- *вторичной остеодистрофии;*
- *сахарном диабете;*
- *расстройствах желудочно-кишечного тракта, особенно при диарее, когда теряется большое количество бикарбонатов;*
- *нефрите, нефрозе;*
- *инфекциях;*
- *септических процессах;*
- *длительном наркозе;*
- *голодании;*
- *применении некоторых препаратов и т.п.*

*Газовый (респираторный) ацидоз развивается в следствие замедления процесса отдачи углекислоты легкими при*

- расстройстве сердечной деятельности;*
- обструктивных изменениях в легких (эмфиземе, туберкулезе);*
- пневмонии;*
- отеке легких;*
- плевро- и гемотораксе;*
- угнетении дыхательного центра (барбитураты, морфин);*
- при нахождении людей в среде с высоким содержанием в воздухе углекислоты.*

*Метаболический алкалоз* наблюдают при

- *при потере больших количеств желудочного сока, с которым организм выделяет значительное количество ионов хлора;*
- *при введении в организм больших количеств щелочей, в частности, питьевой соды;*
- *в тяжелых случаях паратиреоидной недостаточности (гипофункции паращитовидной железы);*
- *при подъемах на большие высоты*
- *или длительном действии ионизирующей радиации (лучи радиоактивные, рентгеновские и т.п.);*
- *при повышенном выделении протонов, обусловленном гипокалиемией.*

## *Газовый алкалоз – при*

- усиленной гипервентиляции легких (выведении из организма большого количества углекислого газа);*
- отравлением угарным газом;*
- резких снижениях содержания кислорода в воздухе (например, на больших высотах);*
- психическом возбуждении;*
- наркозе;*
- под влиянием лекарственных веществ, возбуждителей дыхательного центра.*

# Коллоидно- дисперсные системы

**Коллоидная химия** – наука о дисперсных системах с величиной частиц от  $10^{-9}$  до  $10^{-7}$  м (1-100 нм) и о поверхностных явлениях, возникающих на границах этих растворов.

Предметом изучения коллоидной химии также является полное изучение свойств и строение **высокомолекулярных или макромолекулярных соединений (ВМС)**, с молекулярной массой  $M > 5000$  дальтон, а именно, белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов.

**Живая клетка – это  
сложнейшая многофазная,  
многокомпонентная,  
структурированная коллоидно-  
дисперсная система.**

# *Классификация коллоидно- дисперсных систем*

*1. В зависимости от дискретности (прерывистости) и адискретности (непрерывности) дисперсионной среды различают:*

- **золи** (среда - адискретна, фаза - дискретна);
- **гели** (среда - дискретна, фаза - адискретна).

## *2. В зависимости от агрегатного состояния дисперсионной среды коллоидные системы делят на:*

-  • *аэрозоли (среда газообразная);*



-  • *лиозоли (среда жидкая);*



-  • *ксерозоли (коллоидные системы с твердой дисперсионной средой).*



*В зависимости от химической природы дисперсионной среды лиозоли разделяют на: 1) гидрозолы (среда - вода); 2) алкогользолы (среда - спирты); 3) этерозолы (среда -простые и сложные эфиры) и т.д.*

*3. В зависимости от химического строения дисперсионной среды и дисперсной фазы, а также от характера их физико-химического взаимодействия, а точнее сродства к растворителю, различают:*

- **Лиофобные (гидрофобные)** дисперсные системы (от греч. *lyo* - растворяю, *phobos* - страх), обладающие низким сродством к растворителю (воде);*
- **Лиофильные (гидрофильные)** дисперсные системы (от греч. *philus* - люблю), обладающие высоким сродством к растворителю (воде).*

*Способы получения  
коллоидно-дисперсных  
систем*

*Для получения стабильного коллоидного раствора необходимо выдерживать следующие условия:*

- Размеры частиц дисперсной фазы должны находиться в пределах 1-100 нм.*
- Выбранная дисперсная фаза должна иметь малую растворимость в выбранной дисперсионной среде.*
- В полученном растворе должен присутствовать стабилизатор.*

## *В настоящее время используется два основных способа получения коллоидных растворов.*

- ***Диспергирования*** (размельчения крупных частиц до размера коллоидных).
- ***Конденсации*** (укрупнения более мелких частиц до размера коллоидных).
- Некоторые авторы выделяют в отдельную группу способов получения коллоидных растворов - ***растворение***. Этим способом получают растворы высокомолекулярных веществ, молекулы которых имеют размеры коллоидных частиц (от 1 до 100 мкм). Но более традиционно метод растворения относят к диспергированию.

# Примеры гидрофобных золей

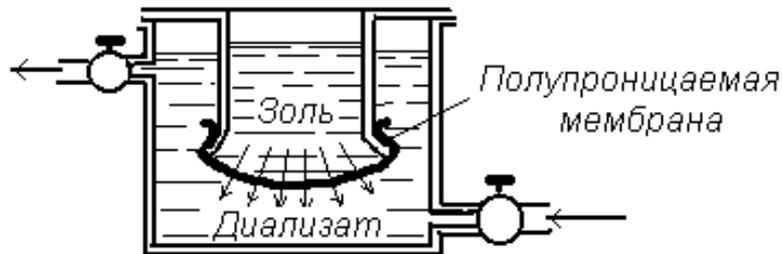
- Малорастворимые в воде металлы (серебро - Ag, золото - Au и др.);
- неметаллы (сера - S);
- оксиды ( $MnO_2$  - оксид марганца;  $SiO_2$  - оксид кремния);
- кислоты (кремниевая кислота -  $H_2SiO_3$ );
- основания (гидроксид алюминия -  $Al(OH)_3$  и др.);
- соли (хлорид серебра - AgCl, иодид серебра - AgI; сульфат бария -  $BaSO_4$ ; ферроцианид железа  $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$  и др.);
- липиды.

# *Примеры гидрофильных зольей*

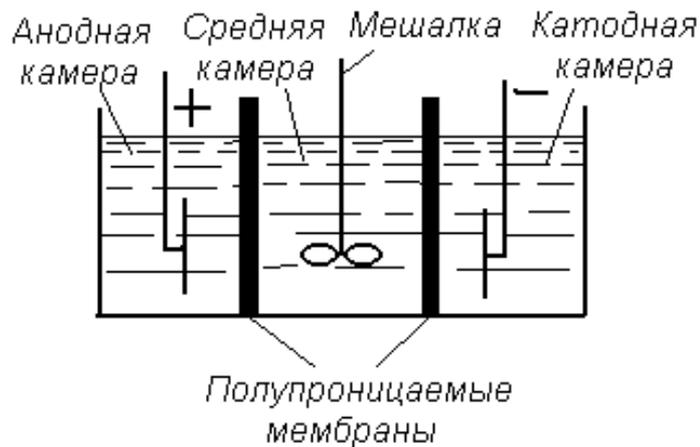
- Растворы белков;
- растворы полисахаридов;
- растворы нуклеиновых кислот
- и т.п.

# *Методы очистки коллоидных растворов*

# Диализ - очистка коллоидных растворов от электролитов с помощью полупроницаемой мембраны



- Установка для диализа



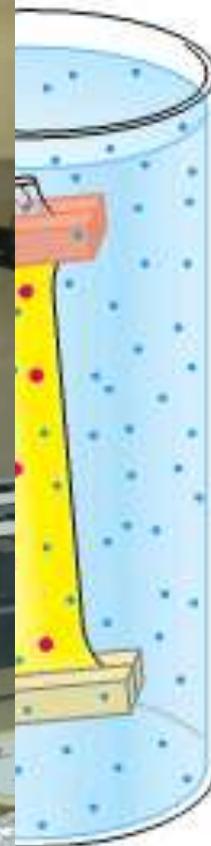
- Установка для электродиализа

# Диализ

Диализный ме

Очищ  
раств

Буфе



диализа

# Гемодиализ

# Кольф Виллем Йохан (Голландия)



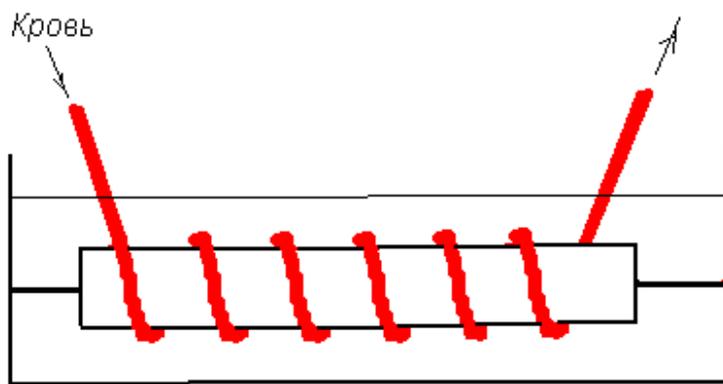
Виллем Кольф недавно умер (в 2009 году, перевалив 90-летний рубеж). Ему так и не была присуждена Нобелевская премия, на которую он номинировался четырежды. Это было несправедливо. Ведь этот человек разработал несколько искусственных органов: искусственную почку, искусственные легкие, искусственное сердце, искусственный глаз.



Карикатура на Кольфа,  
сделанная его инженером

# Гемодиализ

Кольф и Берк (1943 г.)



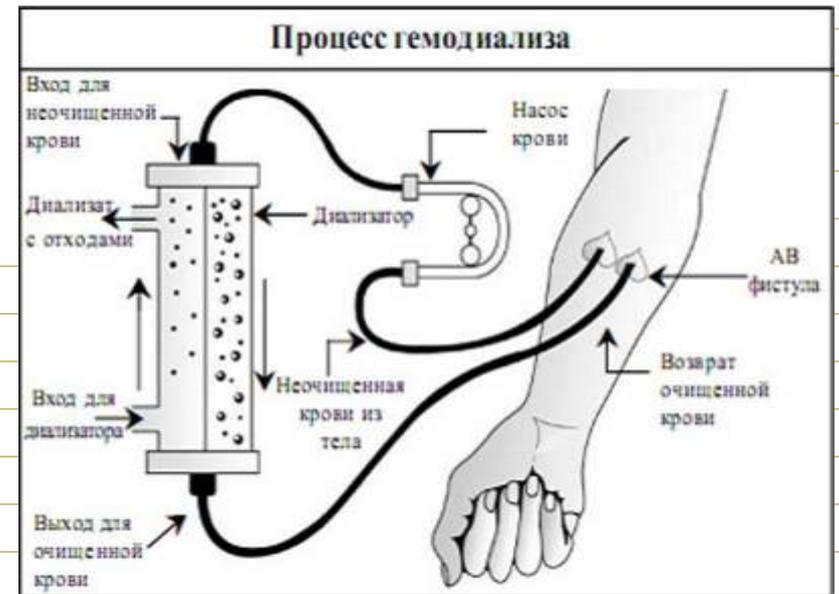
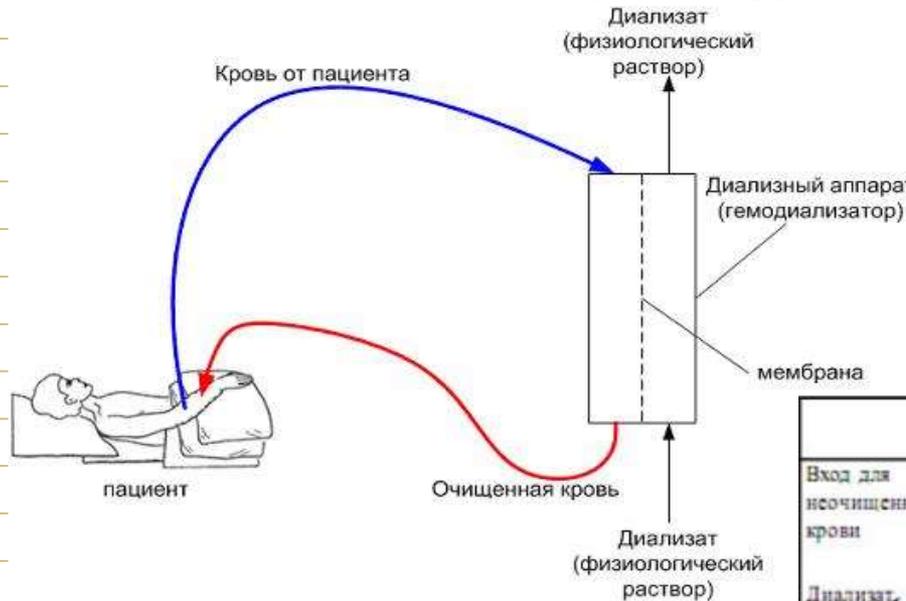
Простейший  
гемодиализатор Кольфа



# Аппарат - «искусственная почка»

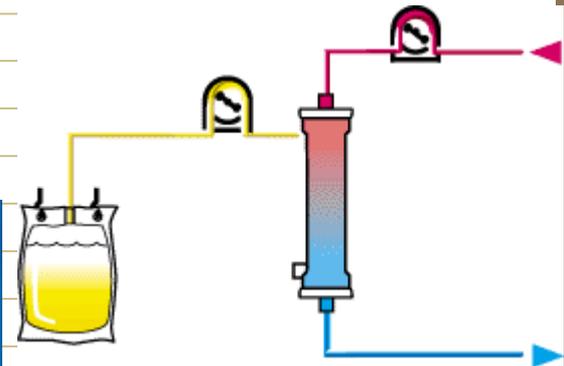
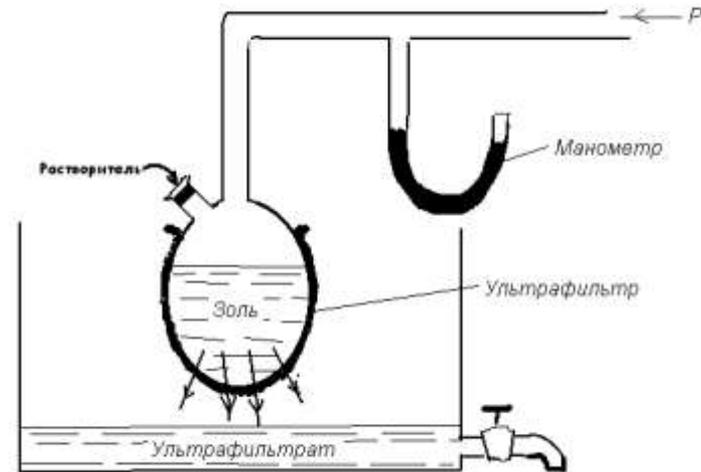


# Аппарат - «искусственная почка»



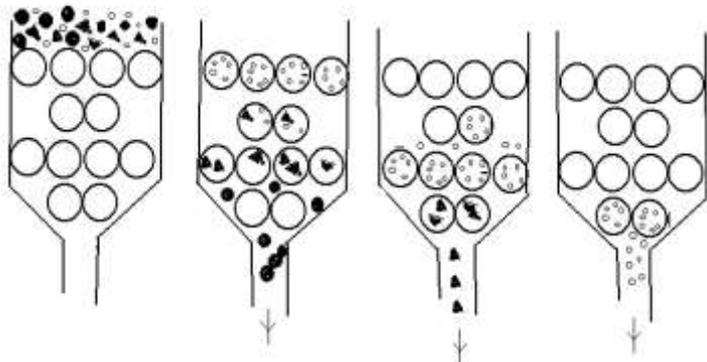
# Ультрафильтрация

**Ультрафильтрация** - метод очистки коллоидных растворов путем продавливания дисперсионной среды вместе с низкомолекулярными примесями через полупроницаемую мембрану (ультрафильтр).

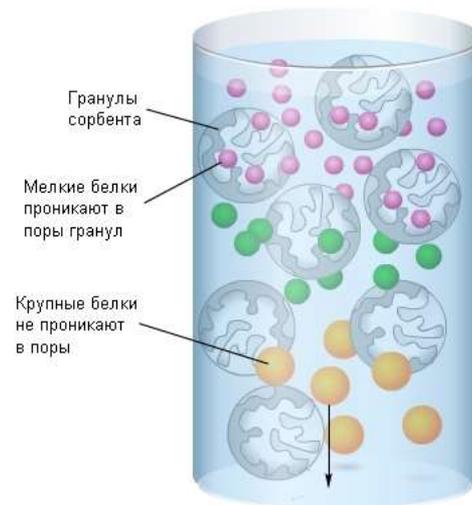
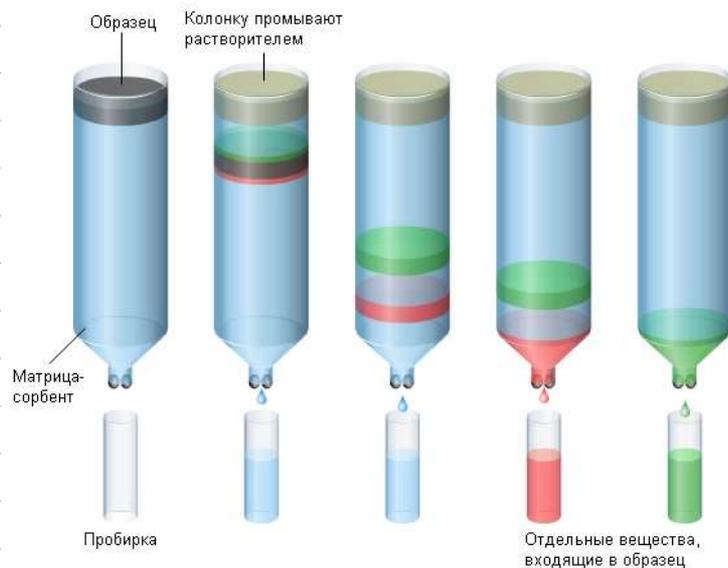


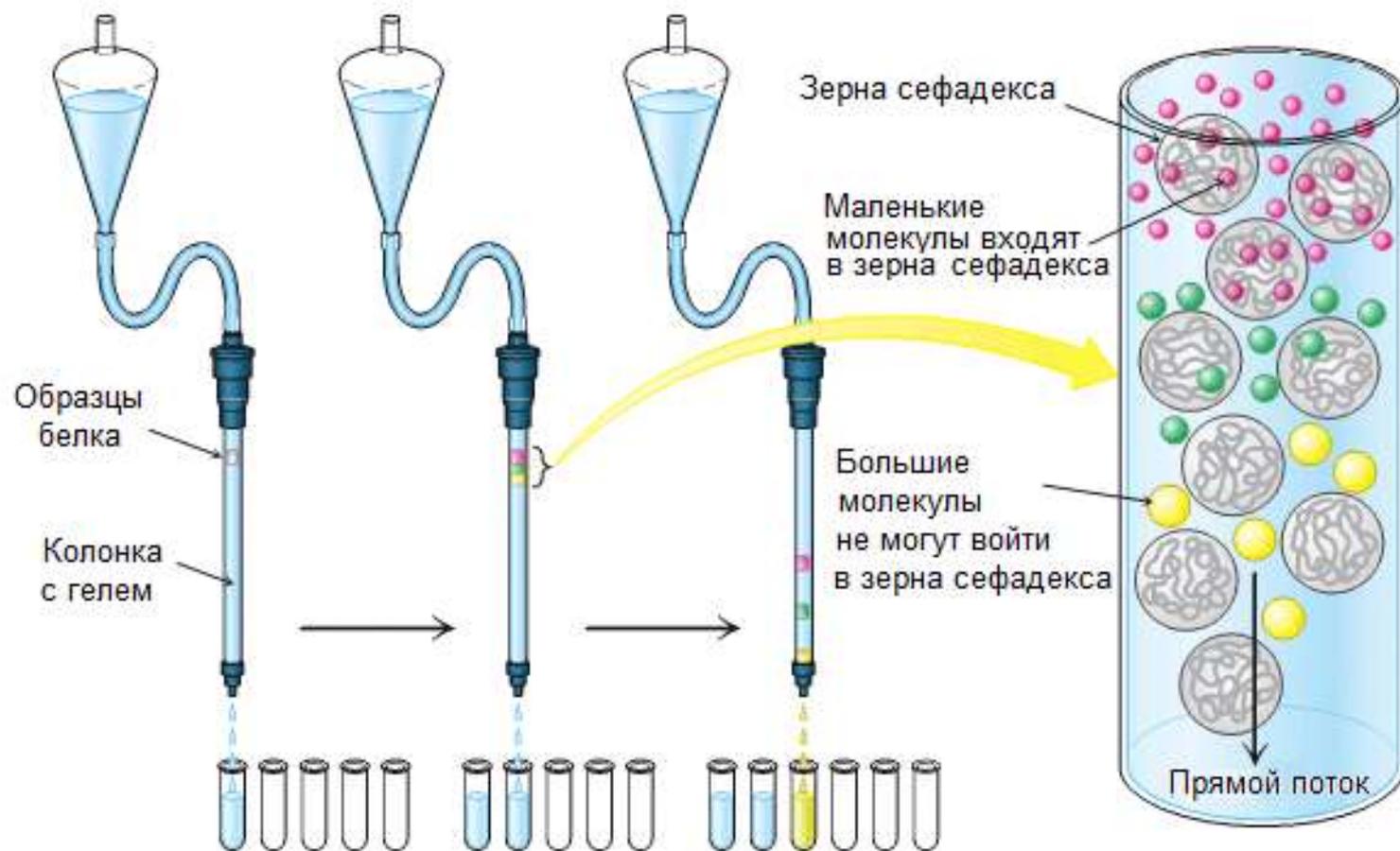
# Гельфилтрация

Гель-фильтрация на колонке с сефадексом



- *Большие белые шары - зерна сефадекса;*
- *маленькие белые шары - примеси электролита;*
- *маленькие черные шары и треугольники - очищаемые коллоиды с разной молекулярной массой.*





# *Свойства коллоидных растворов*

*Молекулярно-кинетические  
свойства коллоидных систем*

# Молекулярно-кинетические свойства коллоидных растворов:

- *броуновское движение;*
- *диффузия;*
- *осмос (и осмотическое давление);*
- *седиментация.*

# Броуновское движение

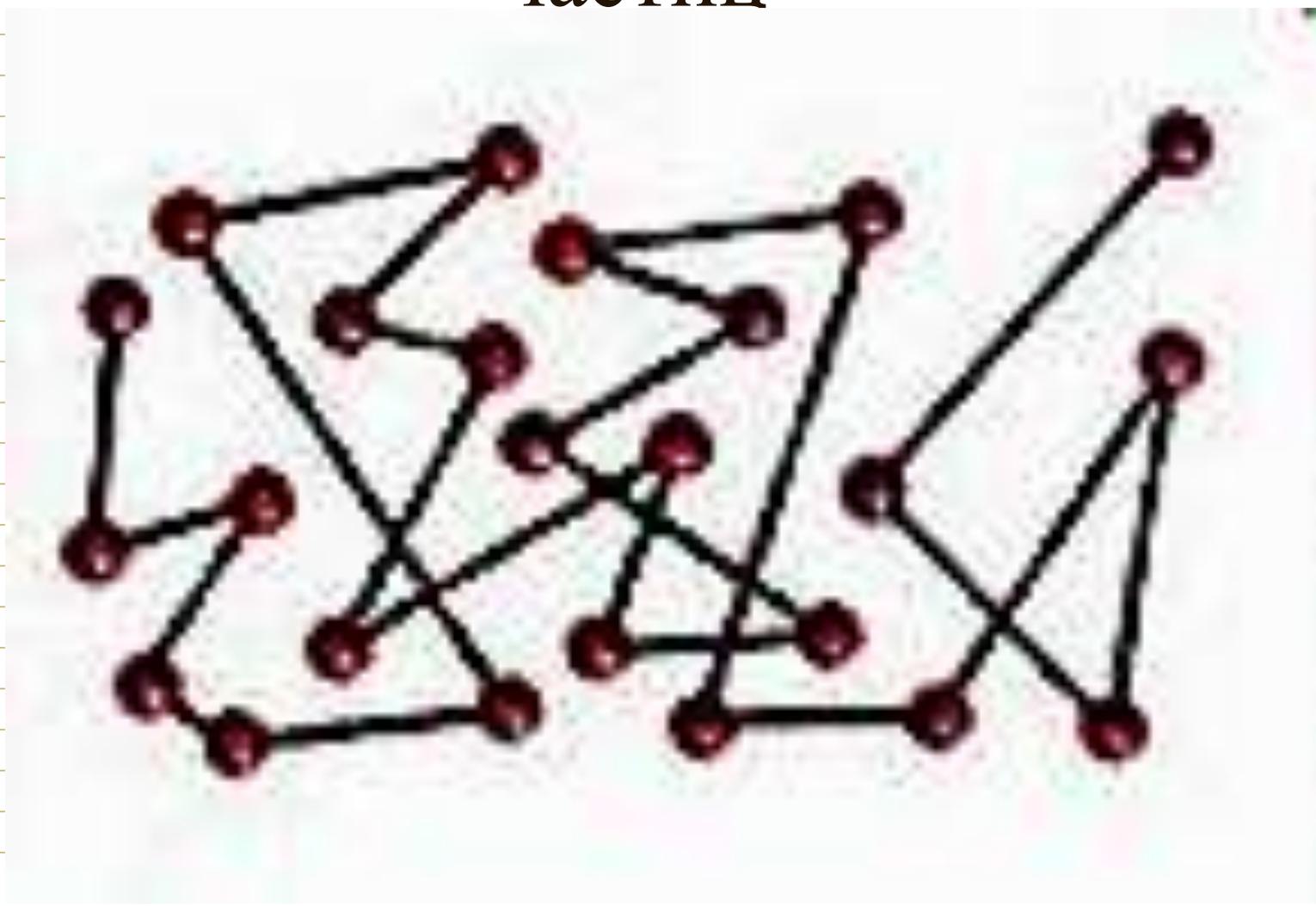
# Броун Роберт (1773-1858) (Англия)



# Траектория движения частиц при броуновском движении



# Фотография траектории движения частиц



## *Броуновское движение —*

*это непрерывное, хаотическое и равновероятное для всех направлений движение высокодисперсных частиц, взвешенных в жидкости или газах, за счет воздействия молекул дисперсионной среды.*

# Диффузия

**Диффузия** – процесс  
самопроизвольного  
выравнивания концентраций  
путем движения молекул  
растворенного вещества между  
молекулами растворителя

*Но диффузия – это не всегда процесс проникновения частиц дисперсной фазы между частицами дисперсной фазы между частицами дисперсионной среды. Этот процесс двухсторонний.*

*Из-за большого размера  
частиц в коллоидных  
растворах может  
наблюдаться односторонняя  
диффузия молекул  
растворителя (д.с.).*

**Набухание** – увеличение массы и объема ВМС в результате поглощения низкомолекулярной жидкости или ее паров.





Итак, **диффузия** – процесс самопроизвольного выравнивания концентраций в системе, приводящий к установлению одинакового химического потенциала каждого компонента во всех элементах объема системы.

# Осмоз, осмотическое давление

При увеличении размера частиц в 2 раза осмотическое давление раствора уменьшается в 8 раз, при той же концентрации раствора.

Например, 1 %-ный  
раствор золота имеет  
осмотическое давление, равное  
0,00045 атм, а 1 %-ный раствор  
сахарозы в тех же условиях —  
0,725 атм.

*Коллоидно-осмотическое давление (КОД) – онкотическое давление.*

*Коллоидно-осмотическое давление является небольшой частью общего осмотического давления. Оно составляет около 0,5 % его суммарной величины и создается крупномолекулярными соединениями – коллоидными частицами с относительно большой молекулярной массой.*

Коллоидно-осмотическое состояние является развернутой биохимической характеристикой водно-электролитного, белкового обменов и осморегулирующей функции почек.

Онкотическое давление у  
мужчин выше, чем у женщин, у  
МОЛОДЫХ выше, чем у старых.

*Для оценки коллоидно-осмотического состояния используется анализ взаимоотношений между концентрациями кристаллоидных и коллоидных частиц в плазме крови, а также специальные клиренсовые показатели.*

## **Клиренс чего-либо** —

удаление вещества из крови, выражаемое как объем протекающей артериальной крови или плазмы, который может содержать количество вещества, удаляемого за единицу времени (мл/мин).

Суммарная концентрация кристаллоидов в биологических жидкостях (крови, моче, амниотической жидкости и др.) измеряется с помощью метода осмометрии, который широко применяется в практике анестезиологии, реаниматологии и интенсивной терапии в течение последних 15-20 лет.

Мониторинг за  
показателями коллоидно-  
осмотического состояния, во  
многом обуславливает  
специфику интенсивной  
терапии, и в частности, ее  
важнейшего раздела –  
инфузионной терапии.

# Седиментация

***Седиментация*** - процесс оседания частиц на дно сосуда под действием силы тяжести.

1                      2                      3



- Если частицы дисперсной фазы тяжелее дисперсионной среды, они оседают на дно. (1) Если частицы дисперсной фазы легче дисперсионной среды, они всплывают. (2) Это явление называют **«обратной седиментацией»**, например, отделение сливок от молока.
- В некоторых случаях можно наблюдать одновременно и первый, и второй процесс (3).

# *Оптические свойства коллоидов (эффект Тиндаля)*

# Коллоидный раствор гидроксида железа (III)



# Тиндаль Джон



**Фарадей Майкл**



**(22 сентября 1791 г. - 25 августа  
1867 г.) (Англия)**

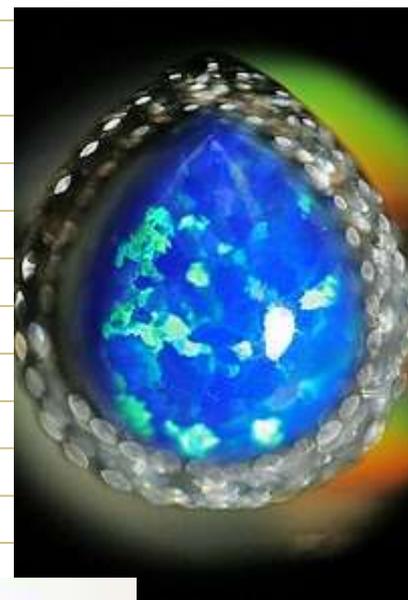


# Конус Тиндаля



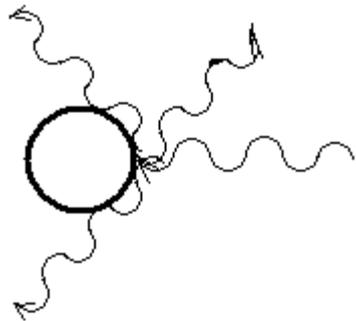
# *Опалесценция*

# Опалы



***Опалесценция** - изменение  
цвета раствора в проходящем  
и отраженном свете.*

# Опалесценция



- *Взаимодействие коротковолновых лучей света (синяя и фиолетовая область спектра) с коллоидной частицей*



- *Взаимодействие длинноволновых лучей света (красная и желтая область спектра) с коллоидной частицей*

*Явление опалесценции  
окрашенных коллоидных  
растворов называется  
дихроизмом.*



# *Применение оптических свойств коллоидов*

- *ультрамикроскопия;*
- *тиндалеметрия;*
- *нефелометрия.*

**Ультрамикроскопия** –  
метод, основанный на  
наблюдении эффекта Тиндаля  
в специально  
сконструированном приборе –  
ультрамикроскопе.

При помощи этого прибора можно было видеть эффект рассеяния света отдельными частицами, так как наблюдения в этом приборе производились при боковом освещении и на темном фоне. Этот метод позволяет определить частичную концентрацию и исследовать кинетические свойства коллоидов.

# Электронный микроскоп



**Тиндалеметрия** – метод, основанный на определении степени дисперсности (размера частиц) опытного золя с помощью сравнения интенсивности светорассеяния этого золя с интенсивностью светорассеяния золя-эталона с известным радиусом частиц, причем оба золя должны иметь одинаковую концентрацию.

**Нефелометрия** – метод определения концентрации раствора с известным размером частиц, путем сравнения интенсивности светорассеяния этого раствора с интенсивностью светорассеяния золя-эталона, у которого известны концентрация и размер частиц.

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{I_1}{I_2}$$

где  $C_1$  – концентрация раствора-эталона;  $C_2$  – концентрация опытного раствора;  $I_1$  – интенсивность светорассеяния раствора-эталона;  $I_2$  – интенсивность светорассеяния опытного золя.

*Эти измерения проводят  
на приборе, называемом  
**нефелометр.***



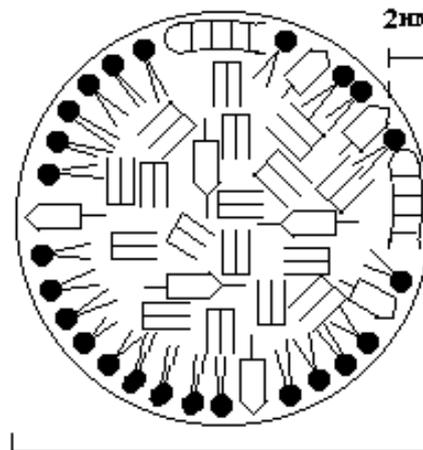
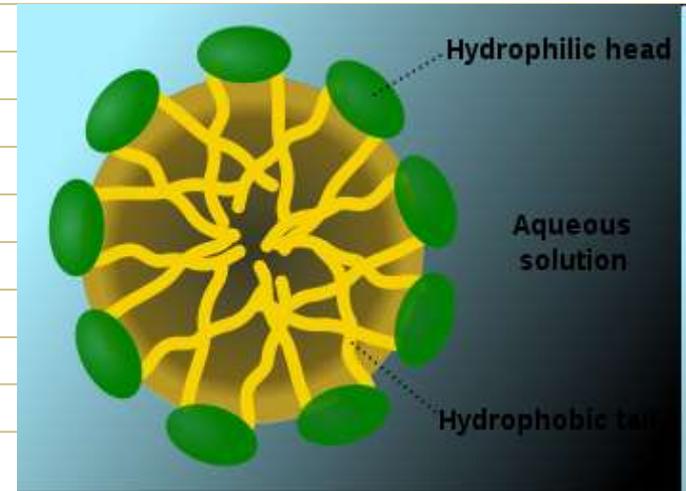
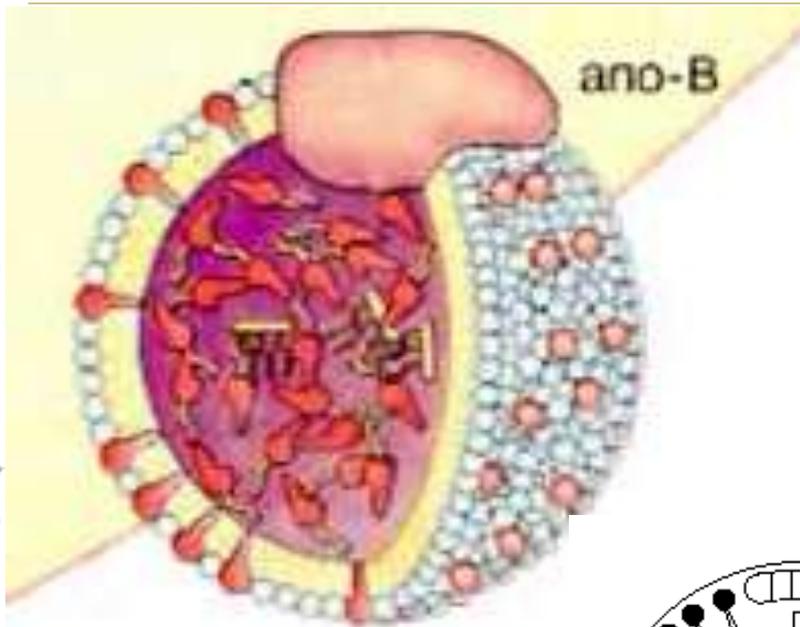
Анализатор специфических белков и лекарственных препаратов позволяет с высокой точностью измерять концентрацию белков в сыворотке, моче и цереброспинальной жидкости и количественно определять лекарственные вещества.



- Коагулометр: технология на основе нефелометрии

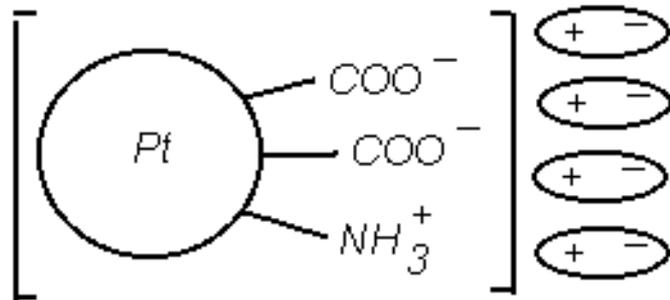
*Электрокинетические  
свойства коллоидно-  
дисперсных систем*

## Строение липидной коллоидной частицы

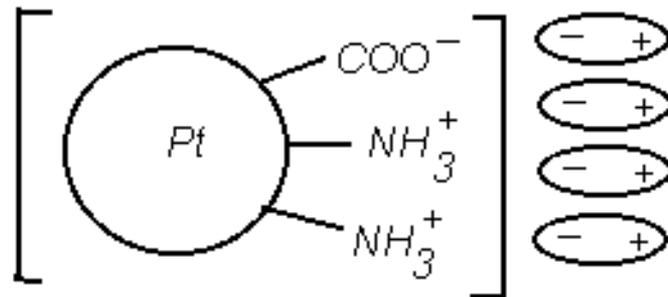


-  — Аполипопротеины
-  — Фосфолипиды
-  — Триацилглицеролы
-  — Холестерол
-  — Эфиры холестерина

# Строение коллоидных частиц белка



Кислый белок

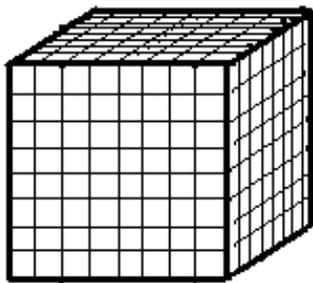


Основной белок

*Электрофорез – движение  
заряженных частиц в  
электрическом поле.*

*Гетерогенность и  
поверхностные явления в  
коллоидных системах*

# Поверхностные явления в коллоидных системах



10 нм

1 см

Общая площадь - 6 см<sup>2</sup>

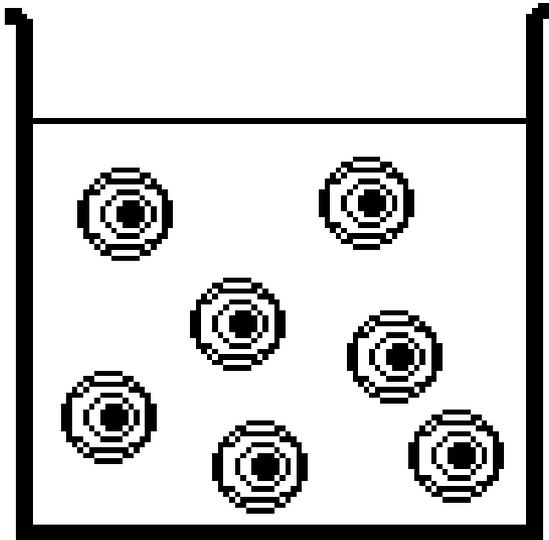
Количество частиц  $10^{18}$

Общая поверхность -  $6 \cdot 10^6$  см<sup>2</sup> или 600 м<sup>2</sup>!

## *Поверхностные явления в коллоидных системах*

Для высокодисперсных систем характерно наличие значительной удельной поверхности дисперсной фазы ( $S_{уд}$ ) и интенсивного физико-химического взаимодействия между дисперсной фазой и дисперсионной средой на границе раздела фаз.

# Поверхностные явления в коллоидных системах



Свойства вещества на межфазовой поверхности отличаются от свойств внутри фазы. Внутри фазы молекулы или другие структурные единицы вещества равномерно окружены такими же частицами и их взаимодействие между собой взаимно скомпенсировано во всех направлениях, за счёт этого каждая молекула достигает определённого минимума энергии и находится как бы на дне «потенциальной ямы». На поверхности же фазы окружение частично меняется. Со стороны окружающей среды это взаимодействие не скомпенсировано, так как там присутствуют иные вещества или иного агрегатного состояния.

# *Поверхностные явления в коллоидных системах*

Это приводит к появлению так называемой **поверхностной энергии**, величину которой можно представить как произведение её удельного значения ( $\sigma$ ) на суммарную поверхность раздела ( $S$ ). Наличие этого избытка поверхностной энергии ( $\sigma \cdot S$ ) является характерной особенностью высокодисперсных систем и определяет ряд присущих им свойств, таких как электрические, поверхностные явления и др.

# *Поверхностные явления в коллоидных системах*

Из термодинамики известно, что все самопроизвольные процессы протекают в направлении уменьшения свободной энергии. Аналогично происходят процессы и на поверхности раздела фаз (самопроизвольно в стремлении к уменьшению запаса свободной поверхностной энергии). Поэтому в таких системах  $\sigma \cdot S \rightarrow \min$ . Вследствие этого высокодисперсные системы принципиально являются термодинамически неустойчивыми. В чём проявляется их неустойчивость? Возможны два случая.

# *Поверхностные явления в коллоидных системах*

**Первый** имеет место при  $\sigma = \text{const}$ , т.е. когда природа веществ на границе раздела фаз не изменяется. В этом случае стремление к уменьшению свободной поверхностной энергии реализуется за счёт уменьшения суммарной поверхности раздела  $S \rightarrow \min$ . Это происходит путём слияния, слипания и укрупнения дисперсных частиц с уменьшением степени их дисперсности, что приводит в итоге к разрушению дисперсной системы. Поэтому способность дисперсных систем сохранять присущую им степень дисперсности называется **агрегативной устойчивостью**.

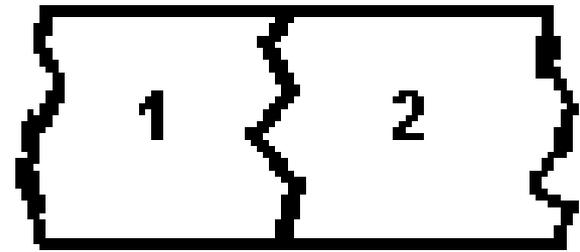
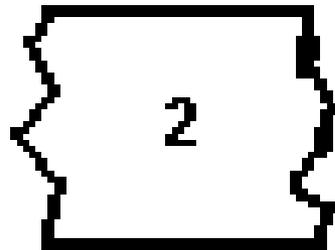
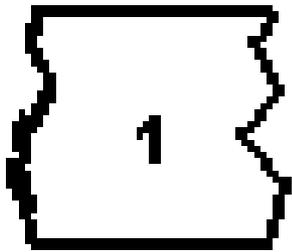
# *Поверхностные явления в коллоидных системах*

В этой связи агрегативно устойчивы грубодисперсные и молекулярные системы. У первых поверхность раздела фаз очень мала ( $S \rightarrow 0$ ), а у вторых отсутствует ( $S=0$ ). Агрегативно неустойчивы высокодисперсные системы, у которых  $S$  может быть очень большой и достигать десятков или даже сотен квадратных метров на один грамм дисперсной фазы. Их самопроизвольное разрушение называется **коагуляцией**.

# *Поверхностные явления в коллоидных системах*

**Второй** путь снижения свободной поверхностной энергии дисперсных систем имеет место при сохранении постоянной степени дисперсности  $S = \text{const.}$  В этом случае происходит изменение природы веществ на поверхности раздела фаз за счёт поглощения (сорбции) из окружающей среды тех веществ, сорбция которых сопровождается более ощутимым уменьшением удельной поверхностной энергии  $\sigma \rightarrow \text{min.}$  В силу указанных выше причин эта способность также проявляется наиболее заметно у высокодисперсных систем и носит название **поверхностных явлений.**

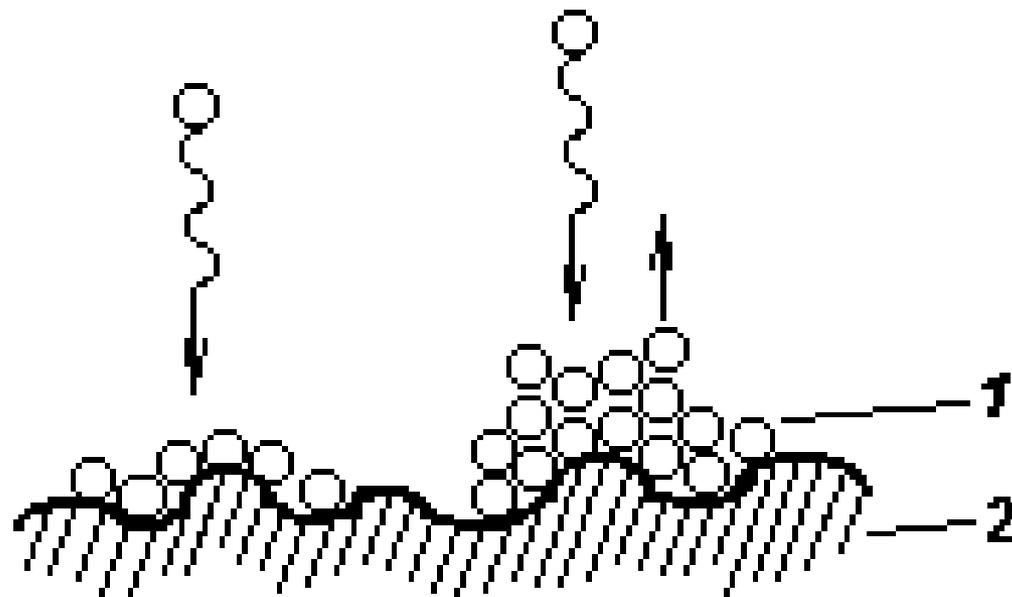
# Адгезия двух тел



а) Состояние до  
контакта

б) после  
контакта

# Адсорбция



а) в начале      б) в условиях  
процесса      равновесия

1. Молекулы адсорбата; 2. Адсорбент.

# *Коагуляция коллоидных растворов*



**Коагуляция** - процесс слипания коллоидных частиц, приводящий к образованию более крупных агрегатов.

Наступает коагуляция в результате потери заряда коллоидной частицей.

Для дисперсных систем, у которых дисперсной фазой является жидкость, при определенных условиях (в частности, при отсутствии граничных слоев, препятствующих взаимодействию капель) может происходить слияние капель - **коалесценция.**

*Итак, факторами  
стабильности коллоидных  
частиц являются:*

*у гидрофобных зольей - заряд,  
у гидрофильных зольей – заряд  
и гидратная оболочка.*

Вопрос устойчивости коллоидов –  
основной вопрос во всех случаях  
практического использования коллоидных  
систем.

При этом **задача двойка**: в одних  
случаях необходимо увеличить  
устойчивость, стабилизировать коллоид,  
чтобы он долгое время сохранялся  
неизменным. В других случаях, наоборот,  
необходимо разрушить коллоидную  
систему как можно скорее.

## *Разрушению подвергают:*

- отработанные воды промышленных предприятий и канализационных сооружений;*
- дым из труб, пыль или туман в производственных помещениях или шахтах;*
- водно-нефтяных эмульсий (основная операция при удалении воды из сырой нефти);*
- и др.*

# *Получение устойчивых коллоидных систем*

- в производстве лаков и красок,*
- в производстве фармацевтических и косметических изделий,*
- в производстве маргарина,*
- в образовании устойчивой пены при производстве моющих средств*
- и т.п.*

# Факторы, вызывающие коагуляцию

## Физические:

- 1) действие температуры (нагревание или замораживание);
- 2) механические воздействия;
- 3) высокочастотные колебания;
- 4) ультрацентрифугирование;
- 5) электрофорез.



## Химические факторы:

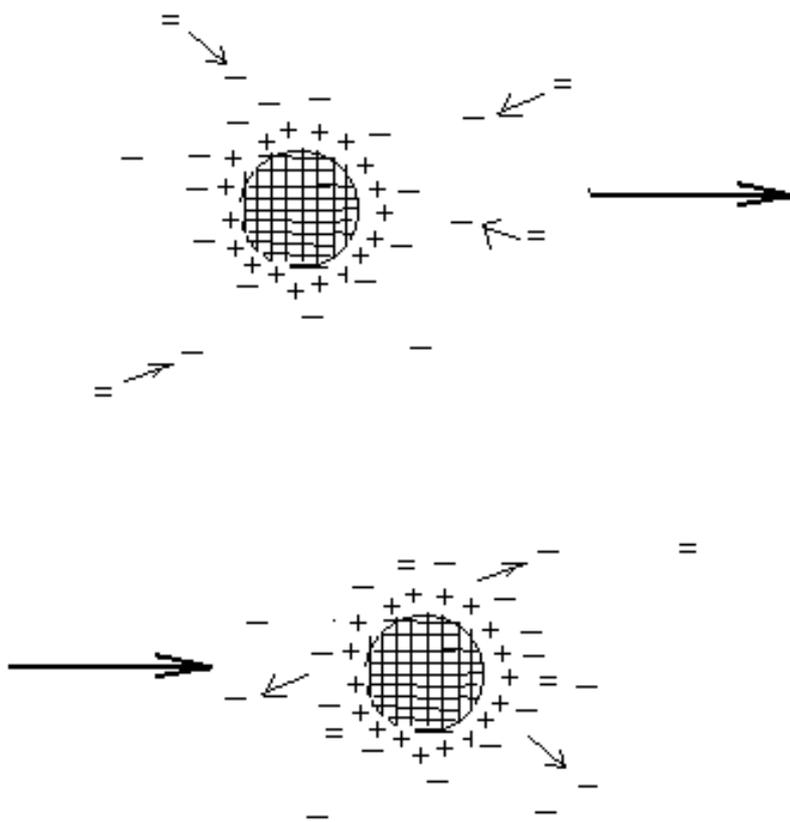
- 1) действие электролитов;
- 2) взаимная коагуляция;
- 3) изменение рН раствора.

# Действие электролитов

## *Правило Шульце-Гарди*

*Чем больше заряд коагулирующего иона,  
тем сильнее он вызывает коагуляцию*

# Механизм коагулирующего действия электролитов



- При попадании в коллоидный раствор электролитов, коагулирующие ионы последних начинают сжимать диффузный слой противоионов;
- одновременно протекает избирательная адсорбция на коллоидной частице коагулирующих ионов;
- параллельно происходит процесс ионнообменной адсорбции, при котором противоионы адсорбционного слоя обмениваются на одноименно заряженные ионы добавленного электролита.

# Взаимная коагуляция

*Химическую коагуляцию можно также вызвать и коллоидной частицей с противоположным знаком заряда гранулы. Этот процесс называется **взаимной коагуляцией**.*

# Изменение рН раствора

## *Изоэлектрическое*

*состояние* – это такое состояние коллоидной частицы, когда сумма положительных зарядов в ней равна сумме отрицательных зарядов, т.е. такие частицы в электрическом поле неподвижны.

Тот рН, при котором для коллоидной частицы наступает изоэлектрическое состояние, называют **изоэлектрической точкой (ИЭТ)**.

# Коагуляция ВМС

*Для ВМС дополнительным фактором устойчивости является гидратная (сольватная) оболочка.*

*Для того, чтобы вызвать коагуляцию таких систем, прежде всего, необходимо от нее избавиться. Чаще всего для этого используют водоотнимающие средства (спирт, танин, минеральные кислоты).*

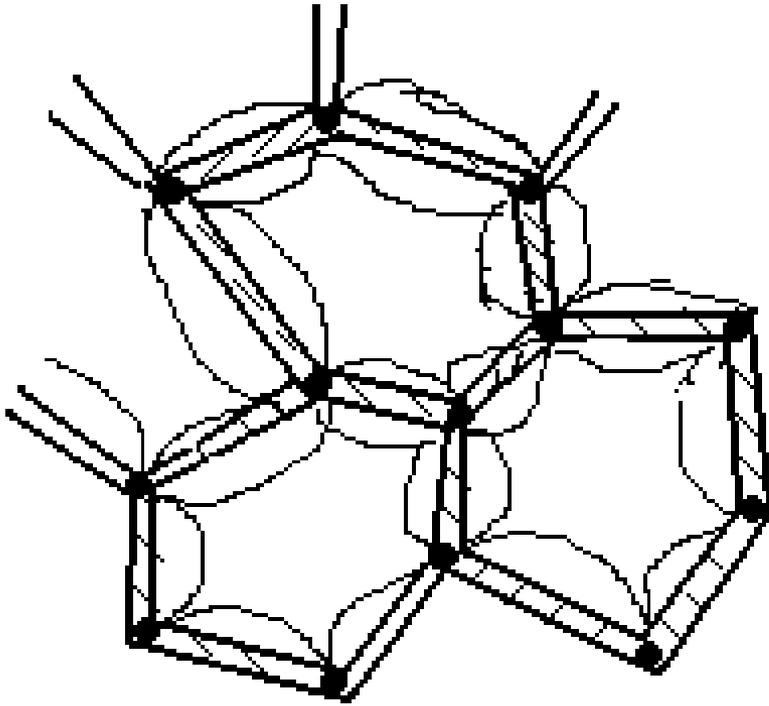


Творог вырабатывается из пастеризованного обезжиренного молока путем сквашивания чистыми культурами лактококков или лактококков и термофильных молочнокислых стрептококков с использованием методов кислотной, кислотно-сычужной **коагуляции** белков с последующим удалением сыворотки самопрессованием и/или прессованием.

# *Гели (и твердое тело, и жидкость)*



# Гелеобразование



*Силы, связывающие  
частицы, по своей  
природе могут быть:*

- ван-дер-ваальсовыми,*
- электростатическими,*
- водородными связями,*
- ковалентными (редко).*

Агрегирование многих частиц приводит к образованию структуры, подобной каркасу, пустоты в которой заполнены дисперсионной средой. Этот процесс называется **гелеобразование** (приготовление холодца), а сами структуры – **гелями** (от лат. *gelatus* – замерзший).

*Жидкость в гелях может  
быть*

- связанной*
- и свободной.*

*Связанная жидкость  
входит в состав гидратной  
оболочки.*

# *Связанная вода*

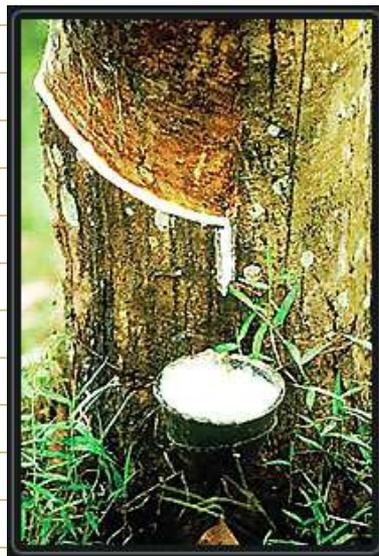
- обладает ограниченной подвижностью;*
- сообщает студням повышенную по сравнению с жидкостью прочность;*
- замерзает при более низкой температуре, которая может достигать  $-15^{\circ}\text{C}$ .*

Основная часть жидкости механически включена в каркас геля. Часть жидкости, которая не входит в гидратную оболочку, называют **свободной или иммобилизованной**.

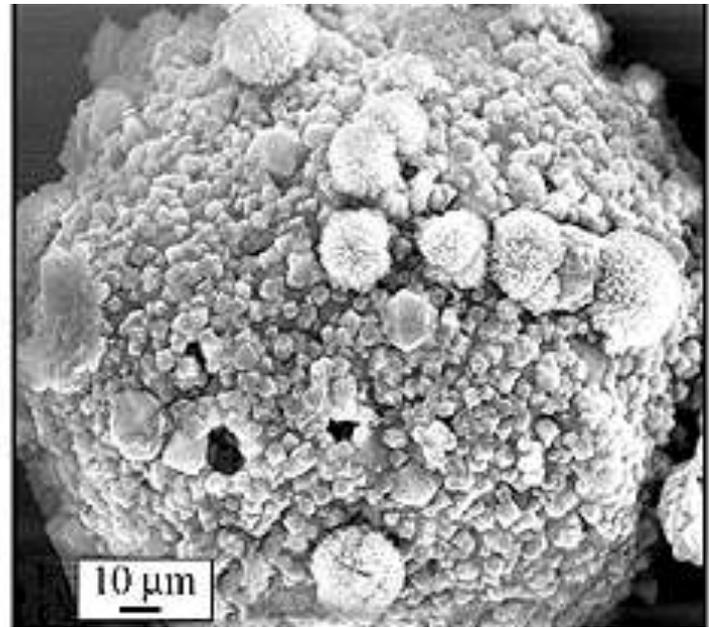
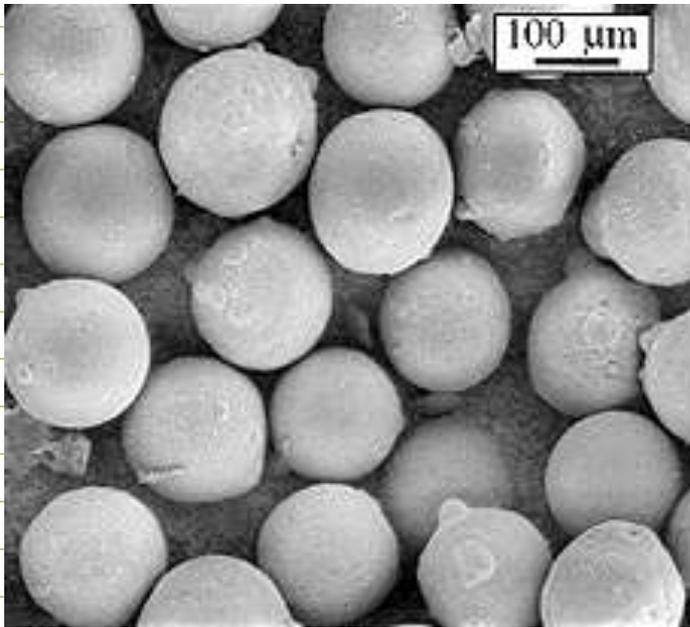
Частным случаем геля  
является **студень** – гель,  
образованный молекулами  
ВМС.

# К гелям относятся

- *пластмассы, каучук,*



• *различные пористые и  
ионообменные адсорбенты,*



• Микроструктура ионообменной смолы

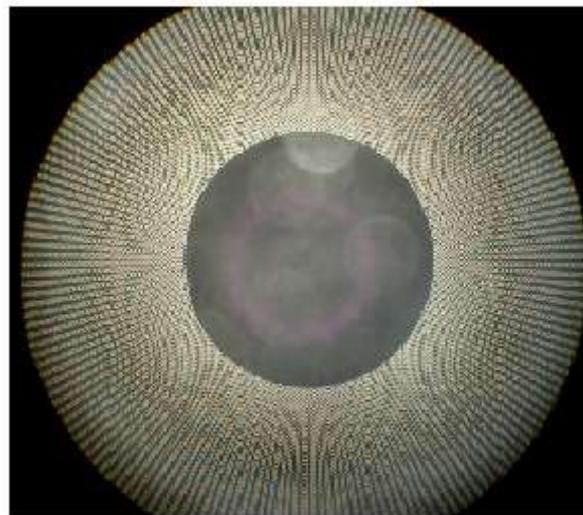
- ультрафильтры;



# •искусственные мембраны;



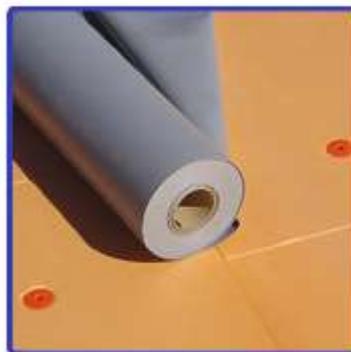
Искусственная кожа для заживления ран



Мембраны искусственных органов



Мембраны в  
гемодиализаторах

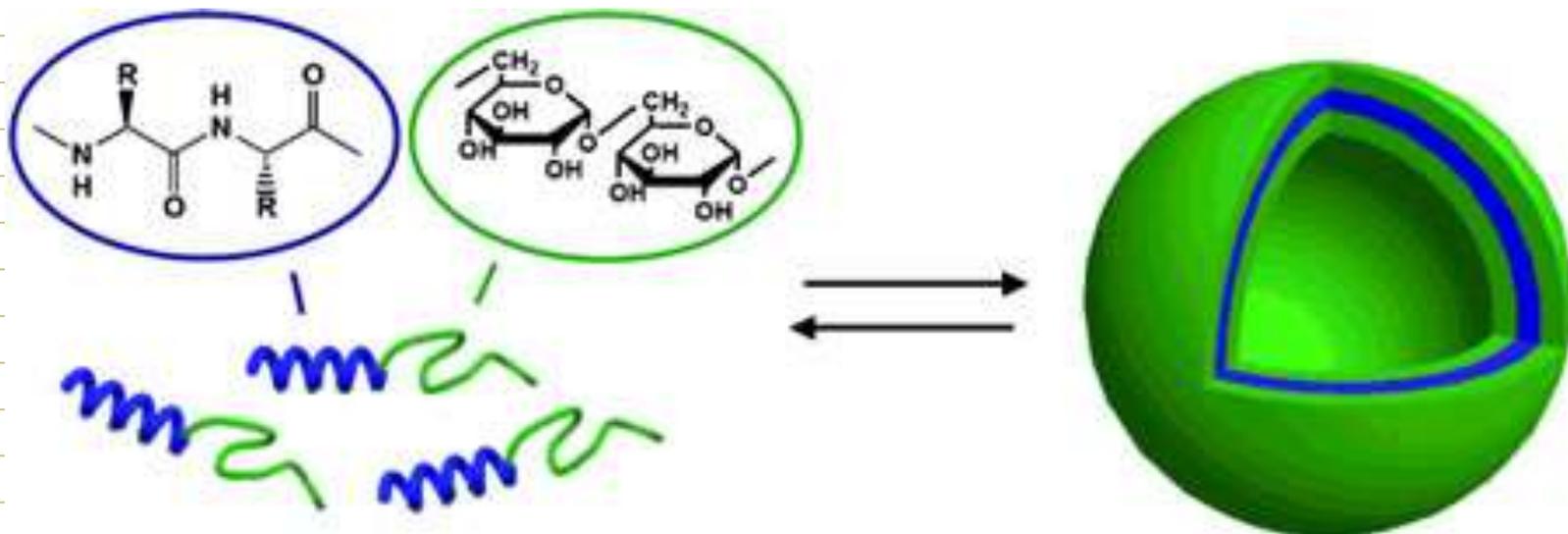


Гидроизоляция



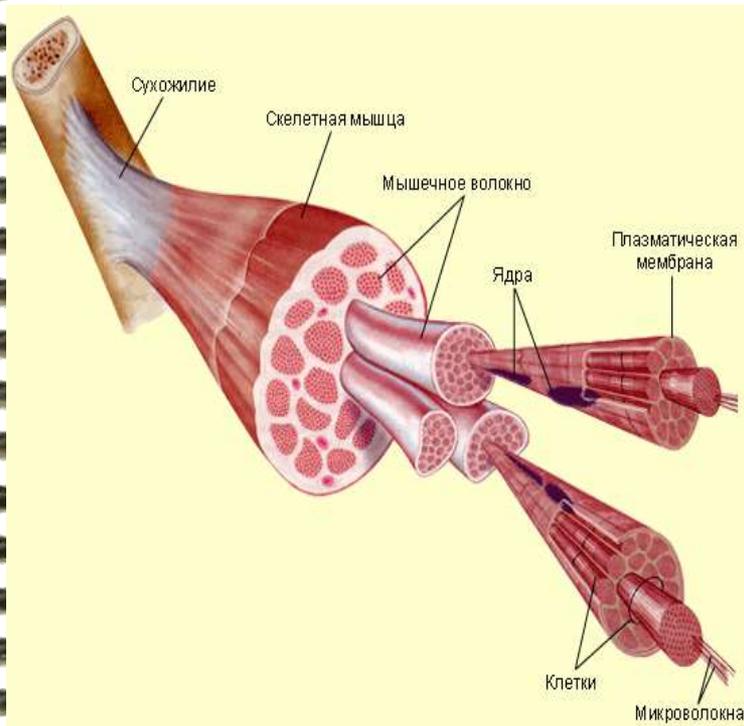
Легкие ботинки с  
мембраной Gore-Tex

# Искусственные наносферы

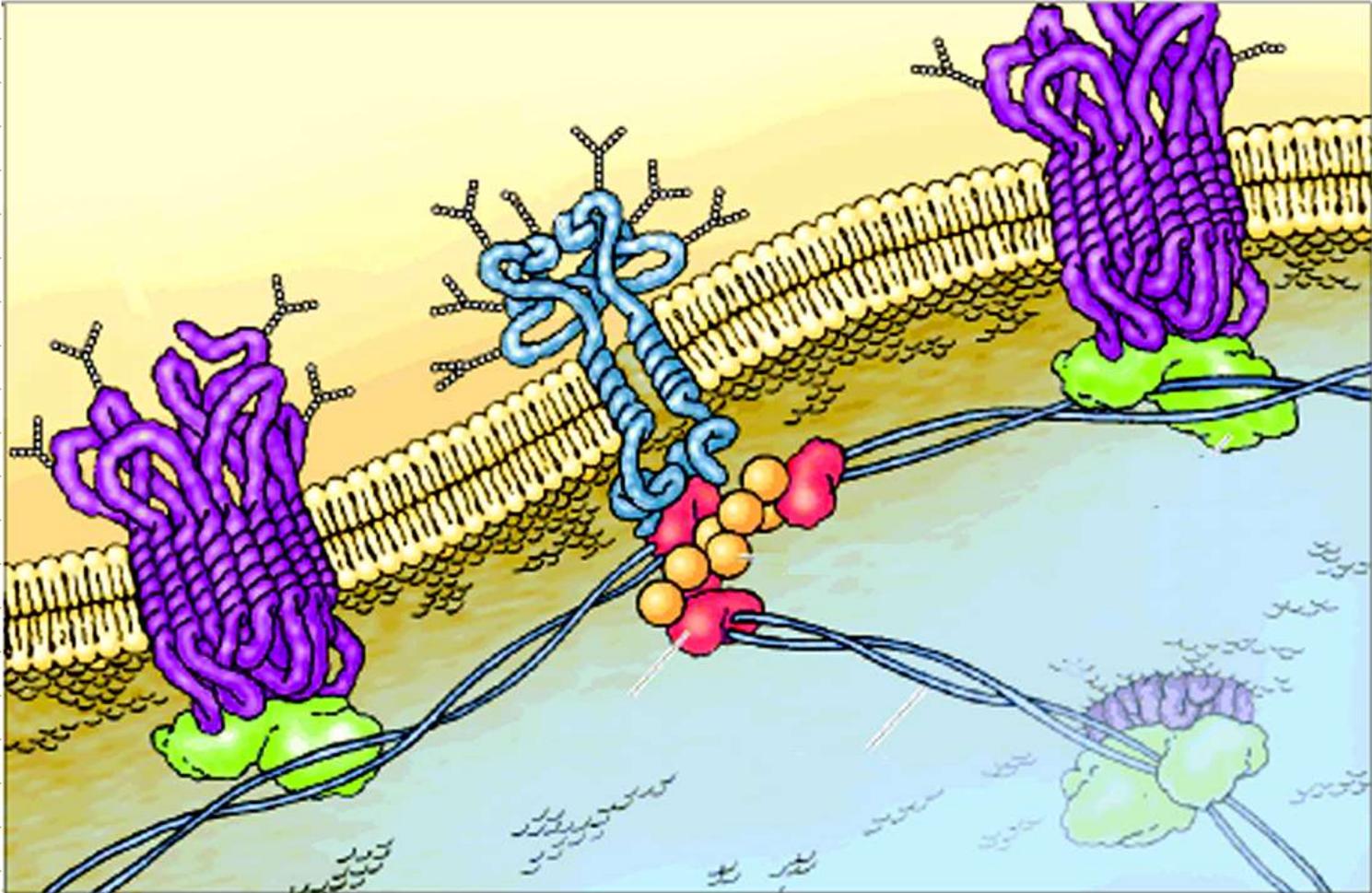


- Французские ученые сконструировали из искусственных биологических молекул шарообразные наноразмерные образования, которые являются подобием мембранных пузырьков, органелл клетки. Пытаясь понять особенности жизни клеток, а также повлиять на биохимические процессы в них, ученые уже давно применяют различные модели мембран и мембранных образований. В их числе – синтетические пузырьки – липосомы и полимеросомы, сконструированные из липидов и полимеров соответственно. Такие наночастицы активно используются в косметической и фармацевтической биотехнологии в качестве нанокапсул для доставки активных биологических молекул внутрь клеток.

• *волокна мышечной ткани, сухожилия,  
хрящи,*



• *клеточные оболочки,  
мембраны в организме,*



• простокваша, кефир, сыр, хлеб, мармелад,  
холодец;



- тело медузы,



*и многие другие...*

## *На гелеобразование влияют следующие факторы:*

- *форма молекул.* Гелеобразование лучше проходит в коллоидных растворах, в которых частицы имеют не сферическую структуру (палочки, нити, пластинки, игловидные структуры и т.п.);
- *концентрация.* Чем выше концентрация раствора, тем лучше происходит гелеобразование, т.к. расстояние между молекулами сокращается;
- *температура.* Чем ниже температура, тем гелеобразование усиливается. При понижении температуры замедляется броуновское движение частиц;
- *pH раствора.* В изоэлектрической точке гелеобразование усиливается.

*Несмотря на  
разновидности, все гели  
обладают **свойствами и  
твёрдых тел и жидкостей.***

# *К свойствам твердых тел относятся*

- прочность,*
- упругость,*
- эластичность,*
- способность сохранять  
определенную форму.*

## *К свойствам жидкостей гелей относят*

- диффузию,*
- осмос,*
- электрическую проводимость*
- и др.*

## *Тиксотропность* -

*способность геля  
восстанавливаться после  
разрушения.*

Например, протоплазма лимфоцитов разжижается в результате внешнего воздействия (укальвания), затем быстро восстанавливает свою структуру.

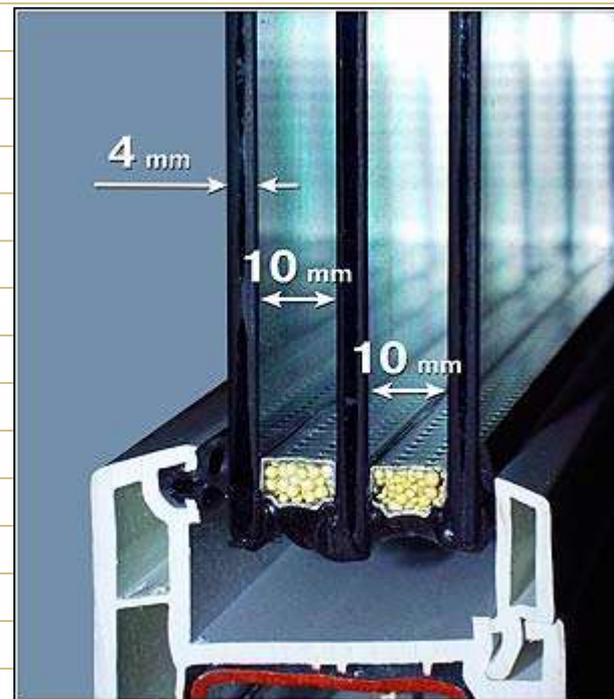
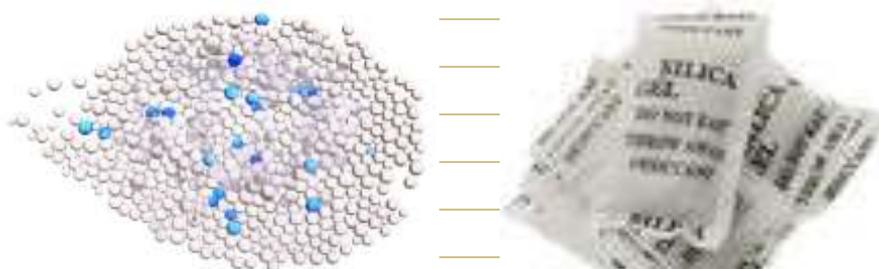
# *Высыхание гелей*

*Во многих случаях при  
осторожном высушивании  
жидкость может полностью  
испариться без разрушения  
структуры геля, хотя объем  
его значительно уменьшится -  
**высыхание** геля.*

Гели, образованные гидрофобными коллоидными частицами типа  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SnO}_2$  и др. называются **хрупкими**.

Они создают жесткий каркас и при обводнении и высушивании практически не изменяют своего объема, за что они получили название **ненабухающих** гелей.

# Ненабухающие гели (например, силикагель)



*Если пространственная сетка образована макромолекулами высокомолекулярных систем (ВМС), то такие гели называют **эластичными** гелями (**набухающими**) или **студнями**.*

# Набухающие гели

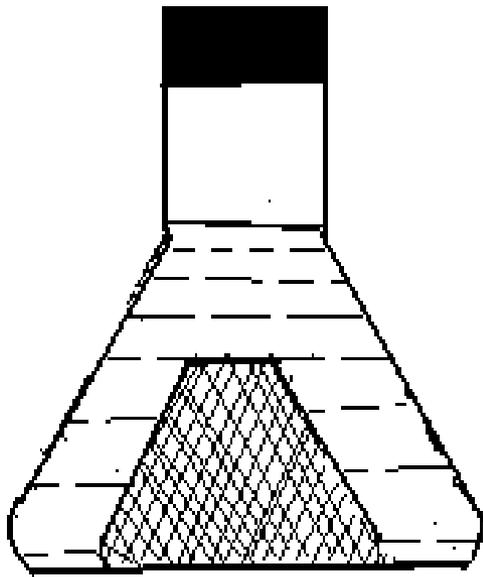


# *Старение гелей (синерезис)*

Похожий процесс потери воды гелем наблюдается при так называемом **старении гелей** или **синерезисе** (от греч. *sinereiso* – стягиваю).

*Механизм старения отличается от механизма высыхания. При старении вследствие увеличения числа контактов у частиц дисперсной фазы происходит упрочнение геля. Структурная сетка стягивается и выжимает из себя значительную часть растворителя. На поверхности геля начинают появляться капельки жидкости, которые затем сливаются и образуется жидкая фаза. Происходит разделение студня на две фазы: уплотненный гель и разведенный золь.*

- Помещение геля в герметично закрытый сосуд.

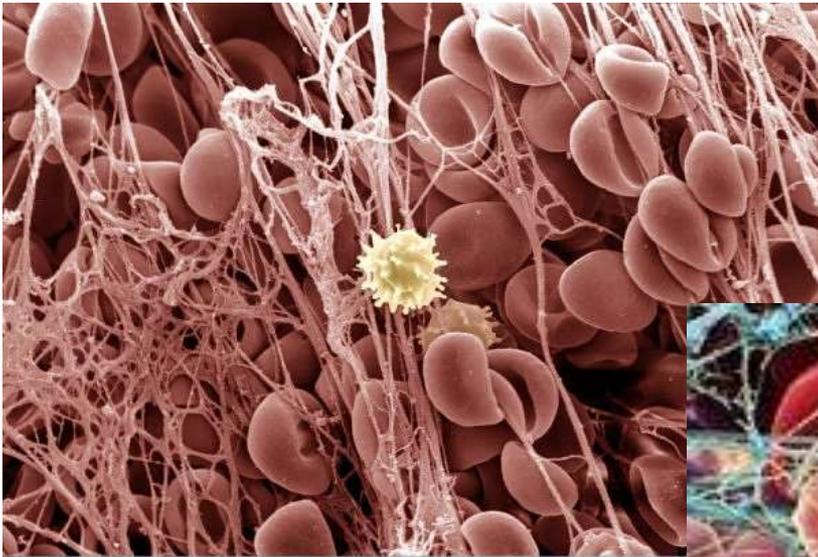


Гель - через некоторое время

Через некоторое время наблюдается сжатие геля и образование двух фаз - жидкая (разбавленный золь) и твердая (концентрированный гель).

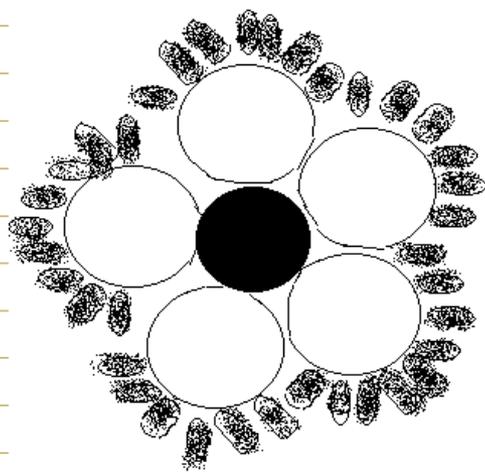
Концентрированный гель сохраняет форму сосуда, но сильно уменьшается в размере.

- К синерезису относится образование сгустка крови.



# Коллоидная защита

Около каждой гидрофобной коллоидной частицы образуются адсорбционные слои из гидрофильных коллоидов:



- Гидрофобный коллоид
- Гидрофильный коллоид
- Молекулы воды

• эти гидрофильные коллоиды обычно содержат большое количество ионогенных (несущих заряд) функциональных групп, которые обуславливают увеличение заряда гидрофобных коллоидов;

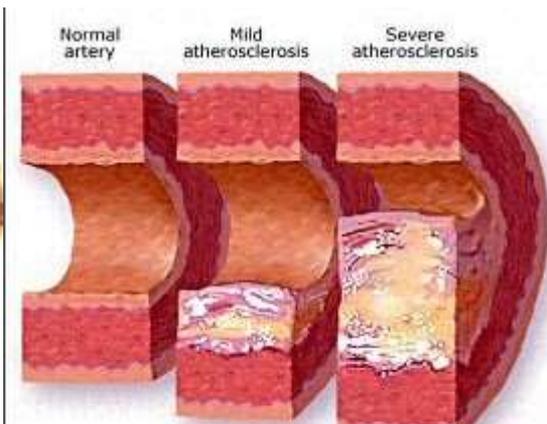
• гидрофильные коллоиды удерживают большое количество молекул дисперсионной среды, придавая гидрофильные свойства всему комплексу

# *Значение коллоидной защиты*

# *Коллоидная защита широко применяется для приготовления зелей, которые должны быть долгое время устойчивыми*

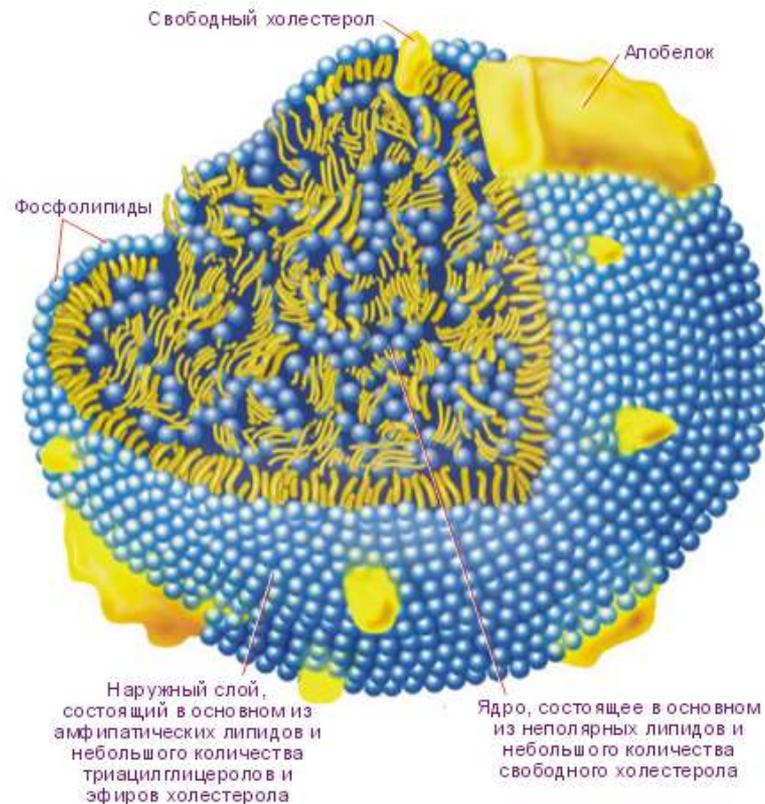
- в фармацевтике (капли в нос – колларгол – это золь серебра, защищенный небольшим количеством желатина и др. лекарства);*
- в пищевой промышленности желатин применяется как защитный коллоид;*
- гидрофильные коллоиды крови белкового, полисахаридного происхождения предотвращают от коагуляции в организме множество нерастворимых в воде веществ*
- и т.д.*





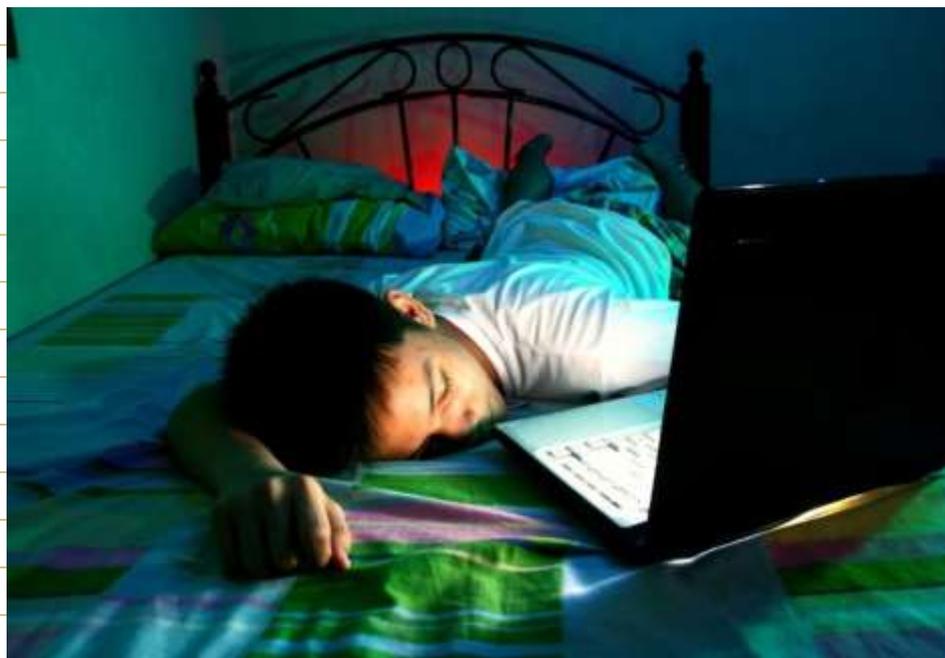
*При некоторых заболеваниях содержание защитных веществ в крови понижается, что приводит к образованию осадков (образование камней в почках, в желчном пузыре, отложение солей в суставах, атеросклероз и т.д.).*

# Частица липопротеина



*Явление коллоидной защиты выполняет важную роль в образовании коллоидной частицы липидов в крови и тканях.*

# Спасибо за внимание!





АКАДЕМИЯ  
ПОСТДИПЛОМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ФГБУ ФНКЦ ФМБА РОССИИ

Отдел повышения квалификации,  
ординатуры и образовательных  
технологий

 (495) 601 91 79 ;  
 (495) 491-35-27  
 [opk@medprofedu.ru](mailto:opk@medprofedu.ru)  
 [www.medprofedu.ru](http://www.medprofedu.ru),  
 [www.sdo.medprofedu.ru](http://www.sdo.medprofedu.ru)  
и

Москва,  
Волоколамское  
шоссе, д. 91

Кафедра Клинической  
лабораторной диагностики и  
патологической анатомии

 Телефон +7-499-409-23-  
 09 (в том числе  
 WhatsApp)  
 [email.com](mailto:denisova_ov@inbox.ru)  
 denisova\_ov@inbox.ru