



ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России
Медико-профилактический факультет
Кафедра медицинской химии
Лекция № 7

по дисциплине «Химия»
для студентов 1 курса медико-профилактического факультета.
Лекция № 7

Дисперсные системы организма. Строение
смещенных мицелл.



Лектор - старш. препод., канд. биол. наук,
Шехирева Татьяна Викторовна,
каб. 452, e-mail: Tatiana_sheh@mail.ru

Актуальность темы

Все ткани живого организма представляют собой дисперсные системы.

Зная особенности строения, функционирования и причины разрушения дисперсных систем можно предотвратить такие заболевания, как остеохондроз, артроз, тромбоз и т.д.

Цели лекции

- **Дать представление о дисперсных системах (неорганических и органических), их строении, способах получения и очистки;**
- **Дать представление о дисперсных системах организма человека, факторах их стабильности и причинах разрушения (патологиях).**

План лекции

- 1. Классификация дисперсных систем.**
- 2. Способы получения дисперсных систем.**
- 3. Способы очистки дисперсных систем (на примере диализа).**
- 4. Свойства дисперсных систем.**
- 5. Строение неорганической мицеллы.**
- 6. Органические дисперсные системы, растворы ВМС (высокомолекулярных соединений).**

Дисперсные системы (ДС).

В природе и технике часто встречаются дисперсные системы, в которых одно вещество равномерно распределено в виде частиц в другом веществе.

В дисперсных системах различают:

- **дисперсную фазу (ДФ)** — мелкораздробленное вещество;
- **дисперсная среда (ДСР)** — однородное вещество, в котором распределена дисперсная фаза.

Классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию ДФ и ДС:

Дисперсная среда (ДСР)	Дисперсная фаза (ДФ)	Название	Пример
Газ	Твердая	Аэрозоль	Дым, пыль
Газ	Жидкая	Аэрозоль	Туман, облако
Жидкая	Газ	Пена	Мыльная пена
Жидкая	Жидкая	Эмульсия	Молоко, нефть
Жидкая	Твердая	Суспензия, золь	Зубная паста
Твердая	Жидкая	Твердая эмульсия	Жемчуг
Твердая	Твердая	Минералы, сплавы	
Твердая	Газ	Твердая пена	Пемза, активированный уголь

Т. к. газы свободно смешиваются между собой и не могут образовать две обособленные газообразные фазы, то остается восемь возможных сочетаний.

Классификация ДС:

Классификация дисперсных систем (ДС) по степени дисперсности (раздробленности):

Дисперсные системы делят на:

- *грубодисперсные* (размер частиц от 10^{-5} до 10^{-7} м) и
- *коллоидно-дисперсные* (размер частиц от 10^{-7} до 10^{-9} м).

Системы с размером частиц *менее 1 нм* представляют собой *истинные растворы*, состоящие из молекул или ионов растворенного вещества. Они прозрачны, свободно пропускают свет и их следует рассматривать как однофазную систему.

По интенсивности межмолекулярного взаимодействия:

Между частицами дисперсной фазы (ДФ) и дисперсионной среды (ДСР) можно выделить два типа систем:

- **лиофобные** - слабое взаимодействие, термодинамически неустойчивы (золи, суспензии, эмульсии, пены, аэрозоли);
- **лиофильные** - сильное взаимодействие, термодинамически устойчивы (растворы поверхностно-активных веществ (ПАВ) и высокомолекулярных соединений, таких как белков или крахмала).

Практически все дисперсные системы **живых организмов** (белки плазмы крови, клеточные мембраны, липопroteиды) являются **лиофильными**, т.е. содержат на поверхности раздела фаз большое количество адсорбированной воды).



**По строению агрегата
коллоидные растворы делят на два типа:**

I типа - агрегаты коллоидов представляют собой конгломерацию множества молекул или ионов.

II типа - агрегаты коллоидов образованы одной крупной молекулой, например, молекулой белка.

Методы получения коллоидных систем:

Коллоидные растворы получают методами:

- *диспергированием* (измельчение вещества, например, ультразвуком);
 - *конденсацией* (укрупнение частиц истинного раствора).
- ✓ Примеси в коллоидных растворах могут снижать их устойчивость, поэтому после получения раствор подвергают очистке, например, фильтрованием от грубодисперсных частиц.

Методы очистки коллоидных систем:

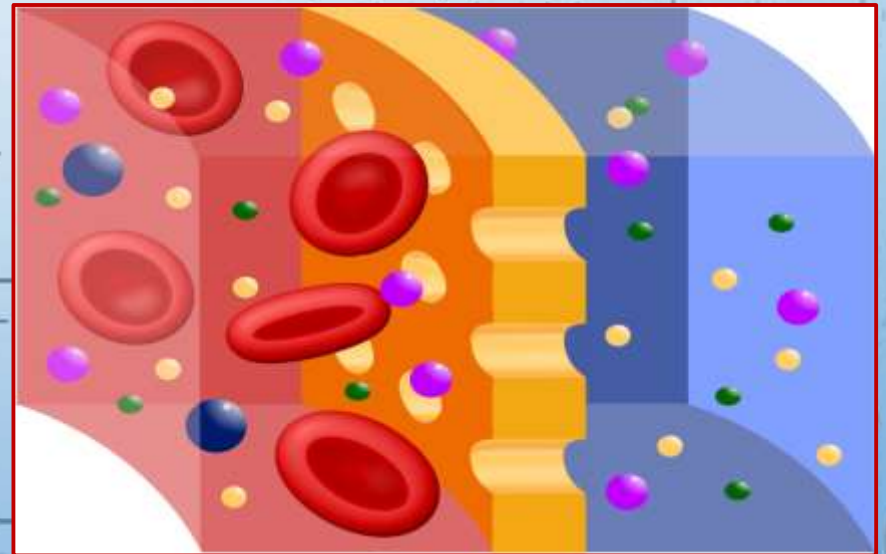
Диализ:

- ✓ Освобождение коллоидных растворов и растворов высокомолекулярных веществ от низкомолекулярных соединений при помощи полупроницаемой мембраны. При диализе молекулы растворенного низкомолекулярного вещества согласно осмосу проходят через мембрану, а неспособные проходить через мембрану крупные коллоидные частицы остаются за ней.
- ✓ Простейший диализатор представляет собой *коллодиевый мешочек* (из полупроницаемого материала), в котором находится *диализируемая жидкость*. Мешочек погружают в растворитель, например, в воду. Постепенно концентрации диализирующего вещества в диализируемой жидкости и в растворителе становятся одинаковыми. Меняя растворитель, можно добиться практически полной очистки от нежелательных примесей. Скорость диализа обычно крайне низка (недели).
- ✓ Процесс диализа основан на процессах осмоса и диффузии. Ускоряет процесс диализа увеличение площади мембраны и температуры, непрерывная замена растворителя. Материал, прошедший через мембрану, называется *диализатом*.

Гемодиализ:

Гемодиализ – внепочечное очищение крови.

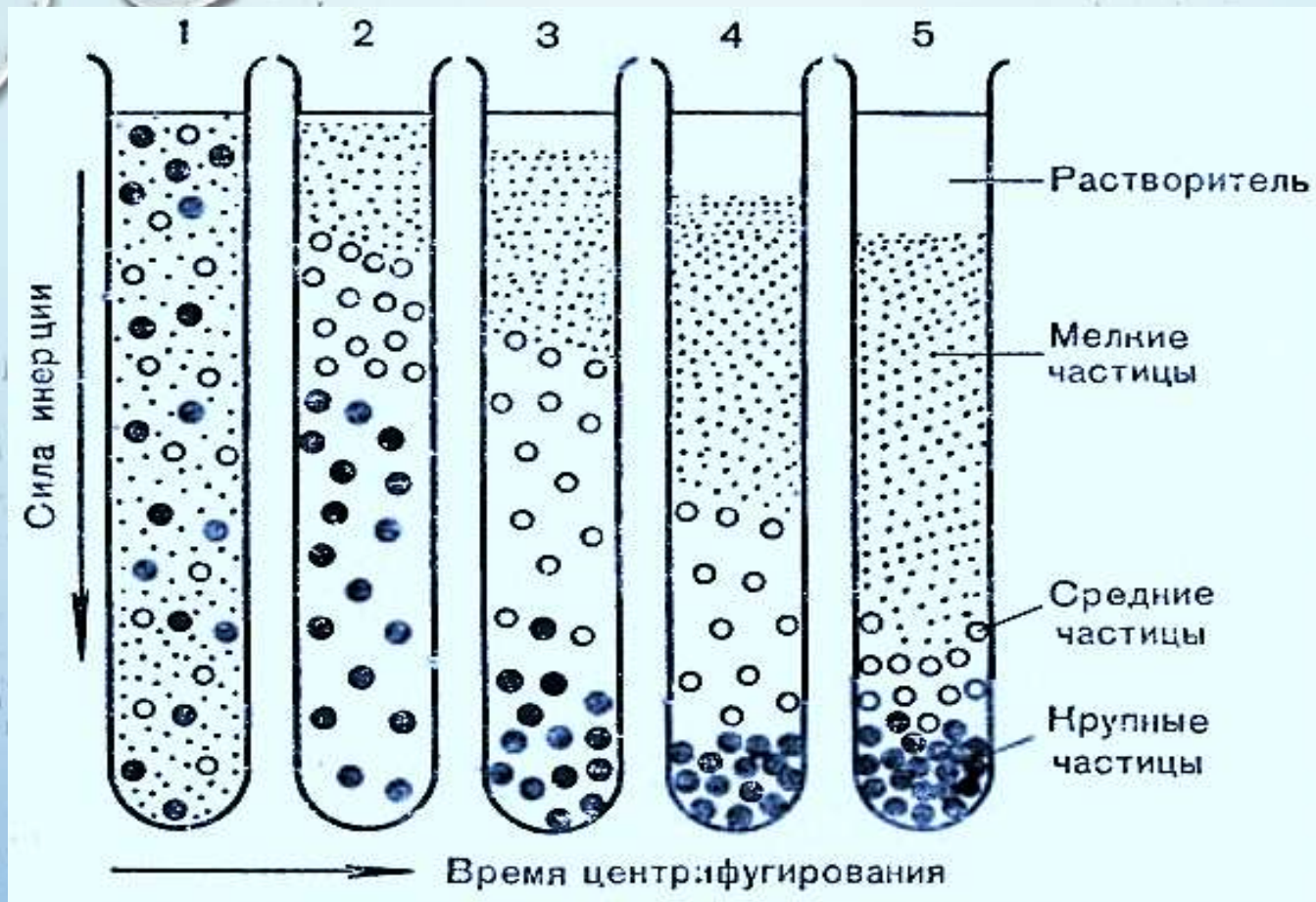
Аппарат «искусственная почка» фильтрует кровь через особую мембрану, очищает ее от воды и токсичных продуктов жизнедеятельности организма. Он работает вместо почек, когда те не в состоянии выполнять свои функции.



Свойства дисперсных систем:

Молекулярно-кинетические:

- Осмотическое давление (примерно в тысячу раз меньше давления в истинном растворе с той же массовой долей из-за большого размера коллоидных частиц по сравнению с молекулами и ионами).
- Укрупнение коллоидных частиц за счет их столкновения, слипания приводит к выпадению вещества в осадок или образованию студней.
- В медицине скорость оседания эритроцитов используется для диагностики различных заболеваний. В биологии *седиментационный* анализ используют для оценки размеров частиц. Для ускорения процесса *седиментации* дисперсные системы подвергают центрифугированию (*седиментация* - оседание частиц под действием сил различной природы).



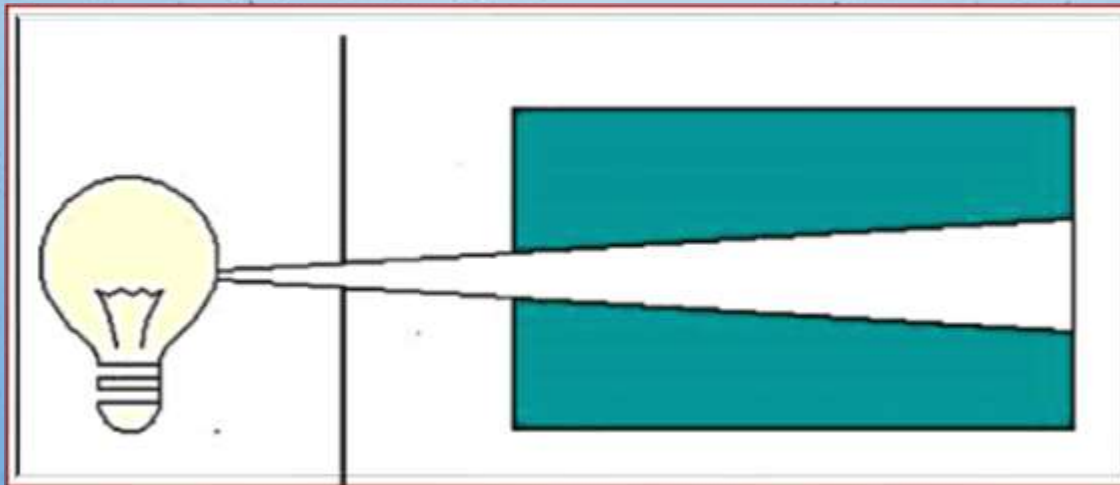
Разделительное центрифугирование:

*1 — хаотическое распределение в пробирке разделяемых частиц;
2—4 — промежуточные стадии центрифугирования;
5 — осаждение в конце центрифугирования в зависимости от
размеров и форм частиц.*

Свойства дисперсных систем:

Оптические:

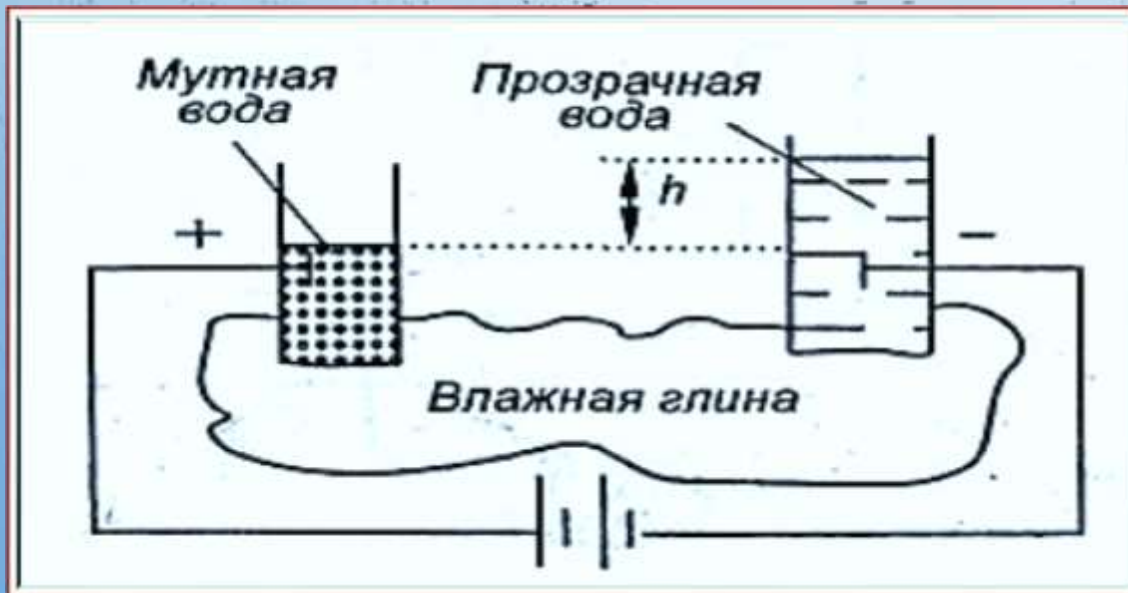
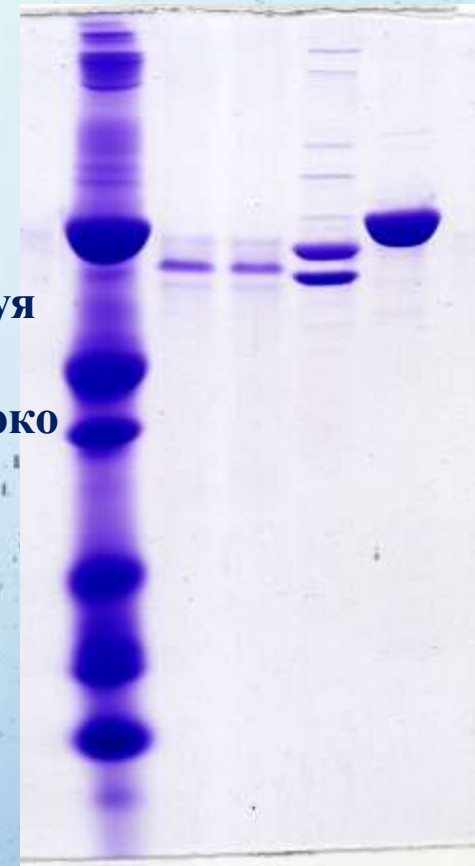
- Грубодисперсные системы являются оптически мутными, т.к. линейные размеры частиц больше длины световой волны. Происходит отражение света по законам геометрической оптики.
- Явление опалесценции отличает коллоидные растворы от истинных. В системах, размер частиц в которых не превышает $0,1 - 0,2$ длины волны падающего света, наблюдается светорассеивание. Если на коллоидный раствор направить луч света и посмотреть сбоку, то можно увидеть светящийся (опалесцирующий) конус (конус Тиндаля).



Свойства дисперсных систем:

Электрокинетические:

- **Электрофорез** – движение частиц **дисперсной фазы** в электрическом поле (если в системе сложная смесь, то ее можно разделить, используя метод электрофореза, основанный на различной электрофоретической подвижности частиц, широко используется в медико-биологических исследованиях в виде макро и микроэлектрофореза).
- **Электроосмос** – движение частиц **дисперсионной среды** в электрическом поле.



Применение электрофореза:

- **Электрофореграммы плазмы крови всех людей в норме одинаковы. При патологии они имеют характерный для каждого заболевания вид, что используется для установления диагноза и назначения лечения заболеваний.**
- **Электрофорез в биологии используется для разделения аминокислот, антибиотиков, ферментов, антител и т.д. Этот метод решает многие медико-биологические задачи как репаративного, так и аналитического характера.**

Электрофорез в биохимии и микробиологии.



Типичная электрофоретическая пластина с окраской кумасси.

Строение неорганической мицеллы:

К 10 мл 0,002 М раствора иодида калия прибавляют 1 мл 0,01 М раствора нитрата серебра и взбалтывают. Получается желтоватый мутный золь с отрицательным зарядом гранул (избыток иодида калия), который используют в дальнейших лабораторных работах.

Получение золя иодида серебра.



Строение мицеллы:



При избытке AgNO_3 строение мицеллы:

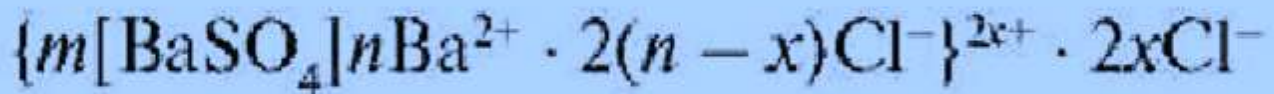


Задание: напишите уравнение реакции, при помощи которой была получена данная мицелла:



Ответ:

Мицелла



Агрегат

Адсорбционный слой

Диффузный слой

Ядро мицеллы

Гранула

Золи являются термодинамически неустойчивыми системами. Частицы дисперсной фазы золь стремятся к уменьшению свободной поверхностной энергии за счет сокращения удельной поверхности коллоидных частиц, что происходит при их объединении. Процесс объединения коллоидных частиц в более крупные агрегаты, и в конечном итоге выпадение их в осадок, называется *коагуляцией*.

Коагуляцию вызывают различные факторы: механическое воздействие, изменение температуры (кипячение и вымораживание), излучение, посторонние вещества, особенно электролиты, время (старение), концентрирование дисперсной фазы.

Правила коагуляции золь электролитами:

- 1.** Все электролиты способны вызывать коагуляцию лиофобных золь. Коагулирующим действием обладают ионы, имеющие заряд, противоположный заряду гранулы (потенциалопределяющих ионов) и одинаковый по знаку с противоионами (*правило Гарди*). Коагуляцию положительно заряженных золь вызывают анионы.
- 2.** Коагулирующая способность (Р) ионов зависит от величины их заряда. Чем выше заряд иона, тем выше его коагулирующее действие (*правило Шульце*): $\underline{P_{Al^{3+}}} > P_{Ca^{2+}} > P_{K^{+}}$.
- 3.** Для ионов одного заряда коагулирующая способность зависит от радиуса (r) сольватированного иона: чем больше радиус, тем больше его коагулирующее действие.

Органические дисперсные системы. Растворы

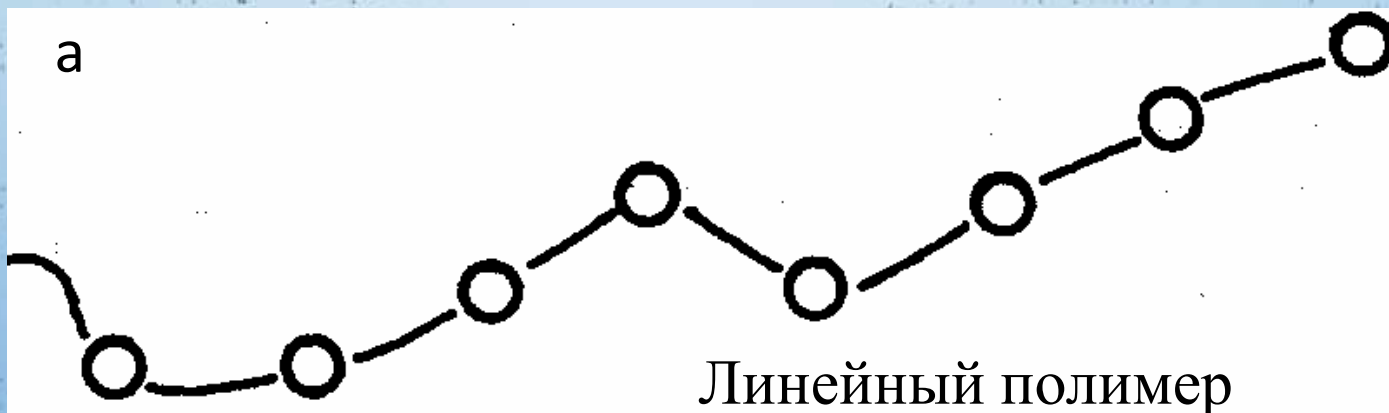
ВМС.

Происхождение высокомолекулярных соединений (ВМС):

- ❖ Все ВМС по происхождению можно разделить на две группы – **природные и синтетические**.
- ❖ **Природные** получают биохимическим синтезом (биополимеры) в результате жизнедеятельности организмов. Это белки, нуклеиновые кислоты и полисахариды.
- ❖ **Синтетические** ВМС получают из исходных низкомолекулярных веществ полимеризацией и поликонденсацией. Ими являются синтетические каучуки, волокна, лаки, пластмассы и т.д.

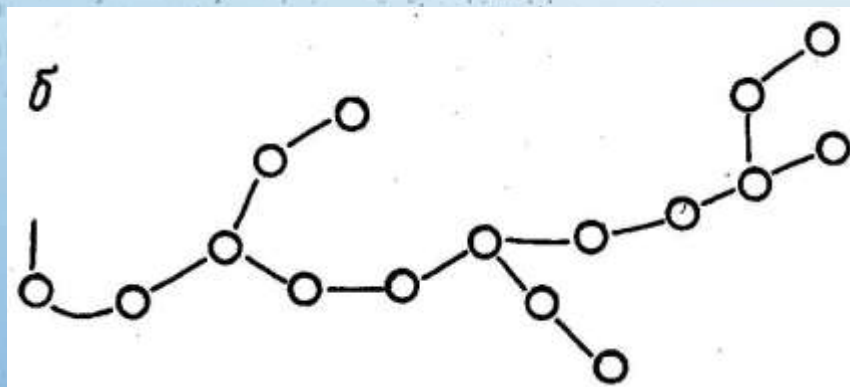
Структура полимеров:

- Молекулярная масса высокомолекулярных соединений **от десяти тысяч до нескольких миллионов.**
- Отдельное звено полимера называют **мономером:**

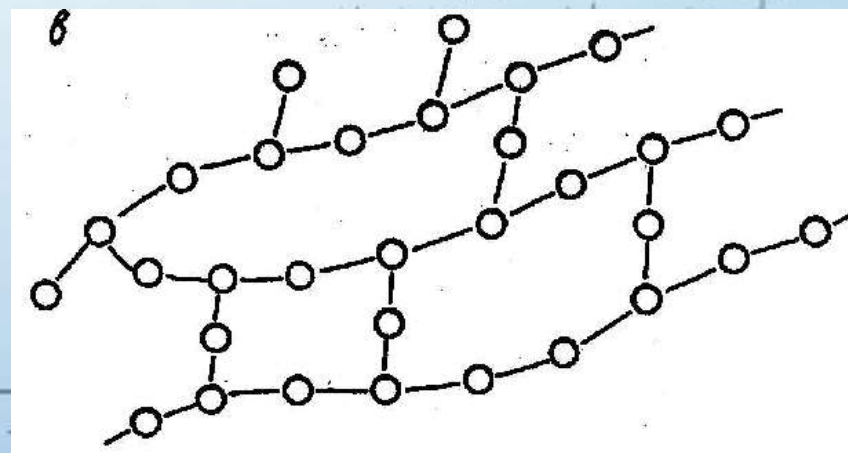


Структура полимеров:

Разветвлённый полимер



Сетчатый полимер



Получение коллоидов на основе молекул ВМС:

Для получения растворов молекулярных коллоидов достаточно привести сухое вещество в контакт с подходящим растворителем:

- ❖ Неполярные макромолекулы растворяются в углеводородах (например, каучуки – в бензоле);**
- ❖ Полярные макромолекулы – в полярных растворителях (например, некоторые белки – в воде и водных растворах солей).**

Сравнительная характеристика растворов:

Показатель	Растворы		
	ВМС	Коллоидные	Истинные
Образование	Самопроизвольное	Не самопроизвольное	Самопро-извольное
Термодинами-ческая устойчивость	Устойчивы	Неустойчивы	Устойчивы
Обратимость	Обратимые	Необратимы	Обратимые
Гетерогенность	Гомогенные	Гетерогенные	Гомоген-ные
Размеры частиц (радиус), м	$10^{-9} - 10^{-7}$	$10^{-9} - 10^{-7}$	10^{-11}
Оптические свойства	Светорассеяние	Светорассеяние	Поглоще-ние и пропус-кание
Диффузия	Медленная	Медленная	Быстрая
Отношение к диализу	Не диализуется	Не диализуется	Диализуется

Студень – гомогенная система, состоящая из высокомолекулярного соединения (ВМС) и растворителя:

□ **Характерные свойства:**

Отсутствие текучести, способность сохранять форму, прочность, эластичность (упругость).

□ Эти свойства обусловлены наличием пронизывающей весь объём пространственной сетки макромолекул, соединённых в отдельных «узлах» силами межмолекулярного взаимодействия или химическими связями различной природы.

Образование студня:

Растворы высокомолекулярных соединений имеют вязкость, которая быстро возрастает с увеличением концентрации растворов.

Получение:

1. Повышение концентрации макромолекулярных растворов, с помощью добавки веществ, понижающих растворимость полимера, изменение рН раствора и понижение температуры, это приводит к «застыванию», т.е. превращению сильно вязкого, но текучего раствора в сохраняющий форму **твёрдообразный студень**.

2. Второй способ получения студня – набухание сухого полимера без перехода в истинный раствор.

Свойства студней:

- ❑ Студни преимущественно образуются из высокополимерных гибких макромолекул.
- ❑ Благодаря гибкости пространственной сетки студень при высушивании легко деформируется, сжимается, при этом получается совершенно сухой полимер, который сохраняет эластичность. Он снова способен набухать в подходящем растворителе. Этот процесс обратим и может быть повторен неоднократно.
- ❑ Пример студня в организме человека – *аморфное вещество рыхлой соединительной ткани.*

Гели:

- ❑ В отличие от студней, *гели*— это двухфазные гетерогенные системы, имеющие сетчатую структуру.
- ❑ Гелями в организме являются *мозг, фибриновый сгусток, глазное яблоко.*



Свойства студней и гелей:

□ Тиксотропия (тиксотропность):

Способность субстанции уменьшать вязкость (разжижаться) от механического воздействия и увеличивать вязкость (сгущаться) в состоянии покоя.

Разрыв связей вызывает разрушение структуры, частицы приобретают способность к тепловому движению, система разжижается и становится текучей.

Через некоторое время структура самопроизвольно восстанавливается. Это можно повторить десятки раз.

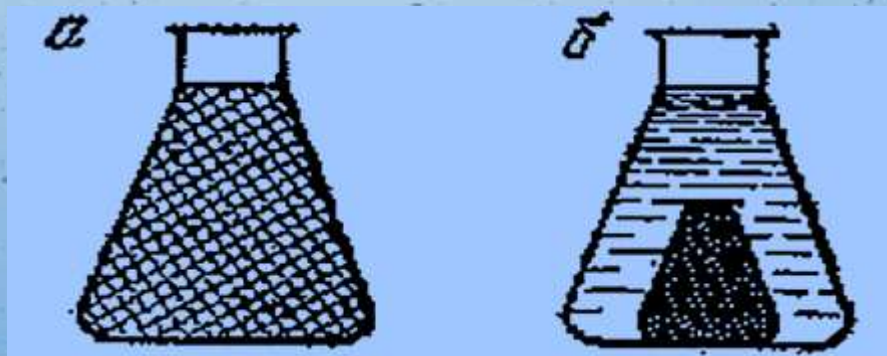
Это изотермическое превращение можно представить схемой

СТУДЕНЬ \rightleftharpoons раствор ВМС; ГЕЛЬ \rightleftharpoons ЗОЛЬ.

□ Синерезис:

*Гелям и студням свойственно явление **синерезиса**.*

- При этом происходит образование новых связей между макромолекулами полимера, он уплотняется и выталкивает из себя значительную часть растворителя. Объем студня или геля при этом уменьшается.
- Жидкая фаза, выделяющаяся при **синерезисе**, является золей данного коллоида, но очень малой концентрации.
- Аналогично этому выделяющаяся при **синерезисе** дисперсная фаза представляет собой лишь более концентрированный студень, так называемый «**синергический сгусток**», т. е. студень с еще достаточно большим количеством растворителя.
- **Синерезис** можно наблюдать как у типичных коллоидов, так и у студней высокомолекулярных соединений, например крахмала, желатина, простокваши, каучука, вискозы, студней некоторых красителей.



Синерезис (продолжение):

- ❑ У студней, высокомолекулярных соединений процесс синерезиса обратим. В ряде случаев достаточно простого нагревания, чтобы система, претерпевшая синерезис, вернулась в состояние исходного студня. Этим приемом широко пользуются на практике для освежения, например, каш, пюре, хлеба.
- ❑ Когда при старении коллоидов происходят различные химические процессы, синерезис усложняется и его обратимость теряется.

Биологическое значение процесса *синерезиса*:

- ❑ Исследования показывают, что при возрастных изменениях организма происходит уменьшение величины электрического заряда и степени гидратации коллоидных частиц. В результате уменьшается способность коллоидов тканей и органов связывать воду.
- ❑ Именно процессами синерезиса и дегидратации объясняется появление у тканей с увеличением возраста организма новых качеств — большей жесткости и меньшей эластичности (появление морщин на коже, уменьшение высоты межпозвоночных дисков).
- ❑ У коллоидов протоплазмы (*содержимое живой клетки, включая цитоплазму и ядро*) в процессе ее жизнедеятельности наблюдается постепенное понижение водо-связывающей способности, уменьшение стойкости и изменение других свойств, сходных с изменениями коллоидных растворов. Они происходят в результате направленного изменения химического состава коллоидов организма, определяемых процессами обмена веществ.

Строение и функции дисперсных систем живого организма:

1. Альбумины – образуют коллоидный раствор с мицеллами следующего строения:

**Альбумины –
простые низкомолекулярные гидрофильные
белки**

**В молекуле альбумина содержится 600
аминокислот**

Молекулярная масса 67 кДа

Синтезируются в печени

**Примерно 40 % альбуминов находится в
плазме крови, остальное количество - в
интерстициальной жидкости и в лимфе.**

Строение мицеллы альбумина:

**Агре-
гат**

- Молекула альбумина (глобула третичной структуры)

ПОИ

- Карбоксильные группы радикалов дикарбоновых аминокислот (аспарагиновой и глутаминовой), отрицательно заряженные при $\text{pH} = 7$

**ПИ
а.с.**

- Ионы натрия, кальция, в меньшей степени калия и магния

**ПИ
д.с.**

- Ионы натрия, кальция, в меньшей степени калия и магния

Агрегат	ПОИ	Заряд гранулы	ПИ
Молекула альбумина	-COOH (COO ⁻) группы аспарагиновой и глутаминовой кислот	(-)	Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺

Функции альбуминов:

1. Поддержание онкотического давления плазмы крови.

Альбумины обеспечивают около 80 % онкотического давления плазмы. Именно альбумины легко теряются с мочой при заболеваниях почек. Поэтому они играют большую роль в падении онкотического давления при таких заболеваниях, что приводит к развитию "почечных" отеков.

2. Резерв свободных аминокислот в организме. При голодании альбумины разрушаются до свободных аминокислот. Это приводит к развитию «голодных» отёков.

3. Транспортная функция.

Альбумины транспортируют в крови многие вещества, особенно такие, которые плохо растворимы в воде: свободные жирные кислоты, жирорастворимые витамины, стероиды, некоторые ионы (Ca^{2+} , Mg^{2+}). Для связывания кальция в молекуле альбумина имеются специальные кальцийсвязывающие центры. В комплексе с альбуминами транспортируются многие лекарственные препараты, например, ацетилсалициловая кислота, пенициллин.

4. Протекторная функция.

Адсорбируясь на мембранах клеток крови, альбумины препятствуют их сближению и агрегации.

2. Эритроциты:

Красные клетки крови, безъядерные клетки в форме двояковогнутых дисков

Основные функции – перенос кислорода, углекислого газа, гемоглобиновый буфер крови

Срок жизни – 90-120 дней, образуются в красном костном мозге, разрушаются в селезёнке



Строение мицеллы эритроцита:

**Агре-
гат**

- Клетка, ограниченная плазматической мембраной

ПОИ

- Карбоксильные группы остатков олигосахаридов (сиаловых кислот), отрицательно заряженные при $\text{pH} = 7$

**ПИ
а.с.**

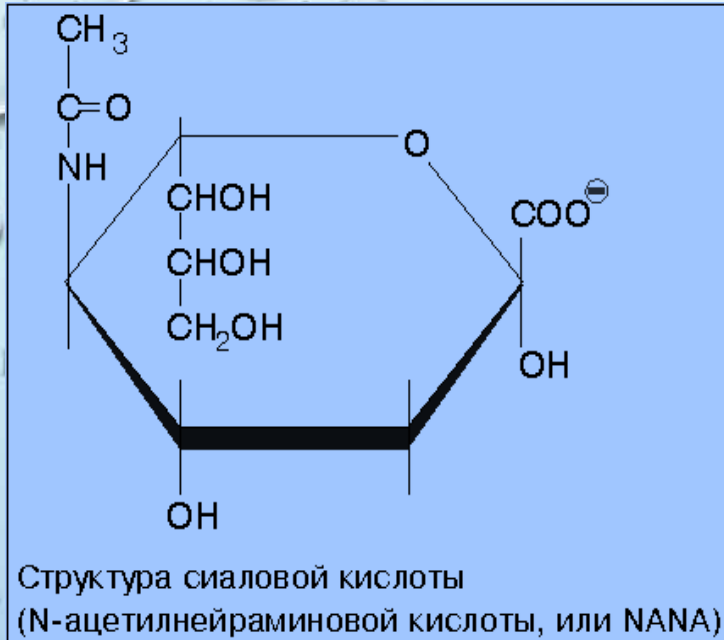
- Ионы натрия, кальция, в меньшей степени калия и магния

**ПИ
д.с.**

- Ионы натрия, кальция, в меньшей степени калия и магния

Агрегат	ПОИ	Заряд гранулы	ПИ
Клетка эритроцит	Карбоксильные группы олигосахаридов, сиаловых кислот	(-)	$\text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$ 39 39

Сиаловые кислоты на поверхности мембраны:

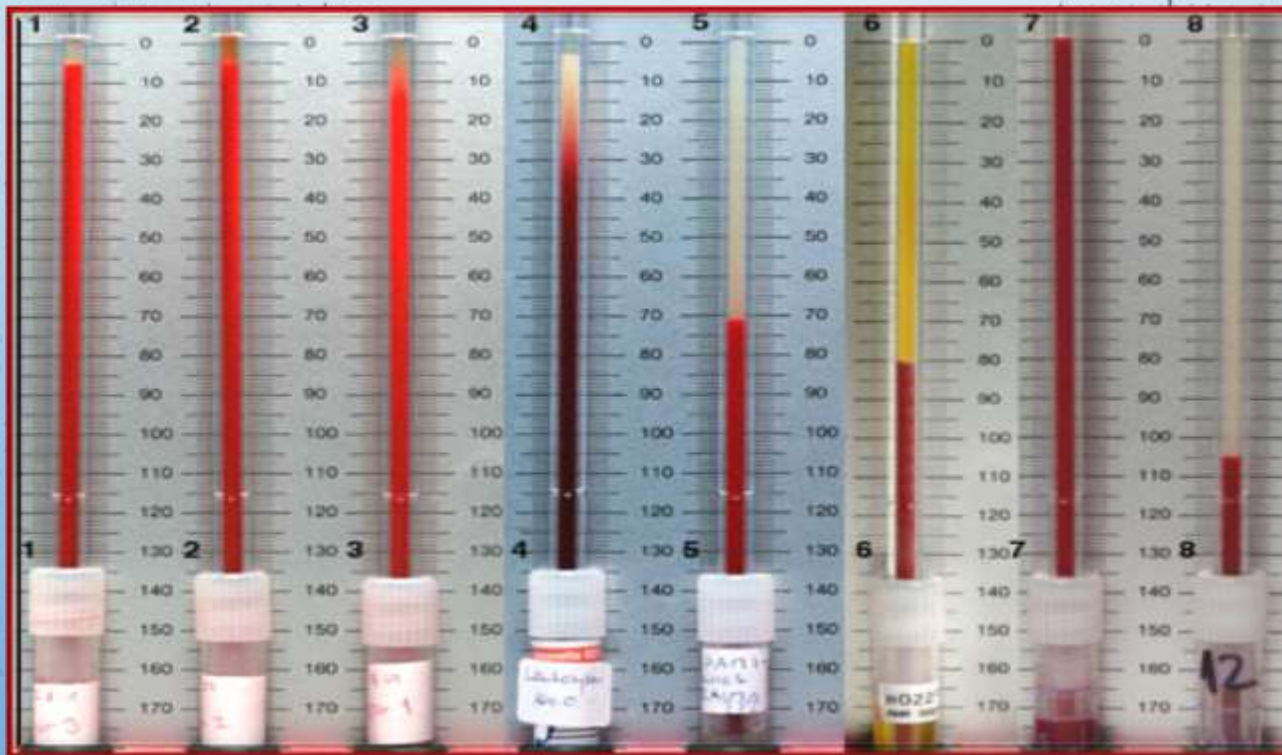


- Чем больше сиаловых кислот, тем выше устойчивость суспензии эритроцитов.
- Десиалирование происходит при воспалении, при старении эритроцитов.
- При этом повышается скорость их осаждения (СОЭ).
- В свободном состоянии содержатся в спинномозговой жидкости. Сиаловая кислота является компонентом специфических веществ крови, входит в состав ганглиозидов мозга и участвует в проведении нервных импульсов.



СОЭ в медицине:

- ❑ Скорость оседания эритроцитов оценивается по высоте образовавшегося слоя плазмы (в мм) за 1 час.
- ❑ Определение СОЭ в динамике, в комплексе с другими тестами, используют в контроле эффективности лечения воспалительных и инфекционных заболеваний.

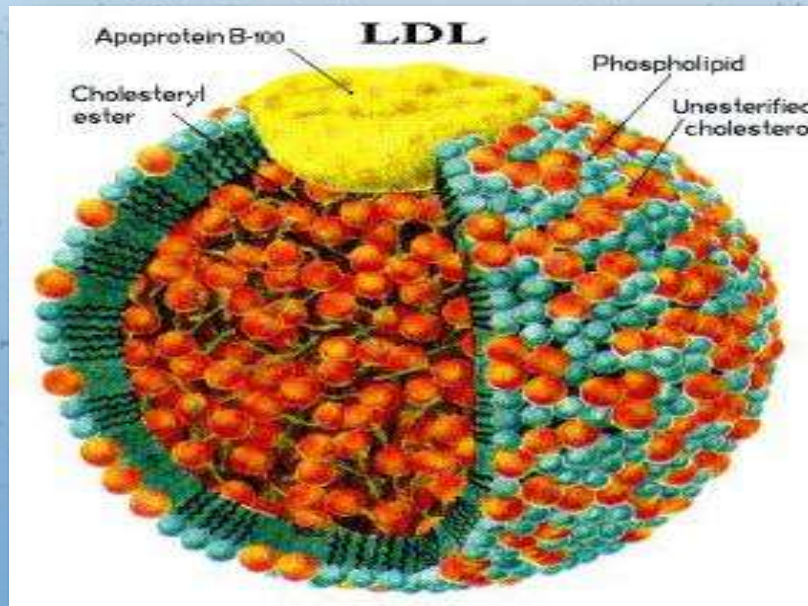


3. Липопротеины:

Состоят из ядра, однослойной фосфолипидной мембраны, в которую встроены молекулы белков

Транспортная форма гидрофобных липидов (триацилглицеридов и эфиров холестерина) по плазме крови

Амфифильные вещества – фосфолипиды и белки придают мицелле растворимость



Строение мицеллы липопротеина

**Агре-
гат**

- Жиры (триацилглицериды) и эфиры холестерина

ПОИ

- Карбоксильные и аминокгруппы мембранных фосфолипидов и белков

**ПИ
а.с.**

- Ионы натрия, кальция, в меньшей степени калия и магния

**ПИ
д.с.**

- Ионы натрия, кальция, в меньшей степени калия и магния

Агрегат	ПОИ	Заряд гранулы	ПИ
Триацил-глицериды и эфиры холестерина	-COOH (COO ⁻) группы и аминокгруппы фосфолипидов и белков	(-)	Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺

Состав желчи :



4. желчь:

**Синтезируется в печени,
концентрируется в желчном
пузыре**

**В 12-ти перстной кишке
способствует перевариванию и
всасыванию липидов**

**Способствует выведению
холестерина и некоторых
продуктов катаболизма из
организма**

Строение мицеллы желчи:

**Агре-
гат**

- Молекулы холестерина

ПОИ

- Карбоксильные и сульфо-группы желчных кислот, заряженные группы фосфолипидов

**ПИ
а.с.**

- Ионы натрия, кальция, в меньшей степени калия и магния

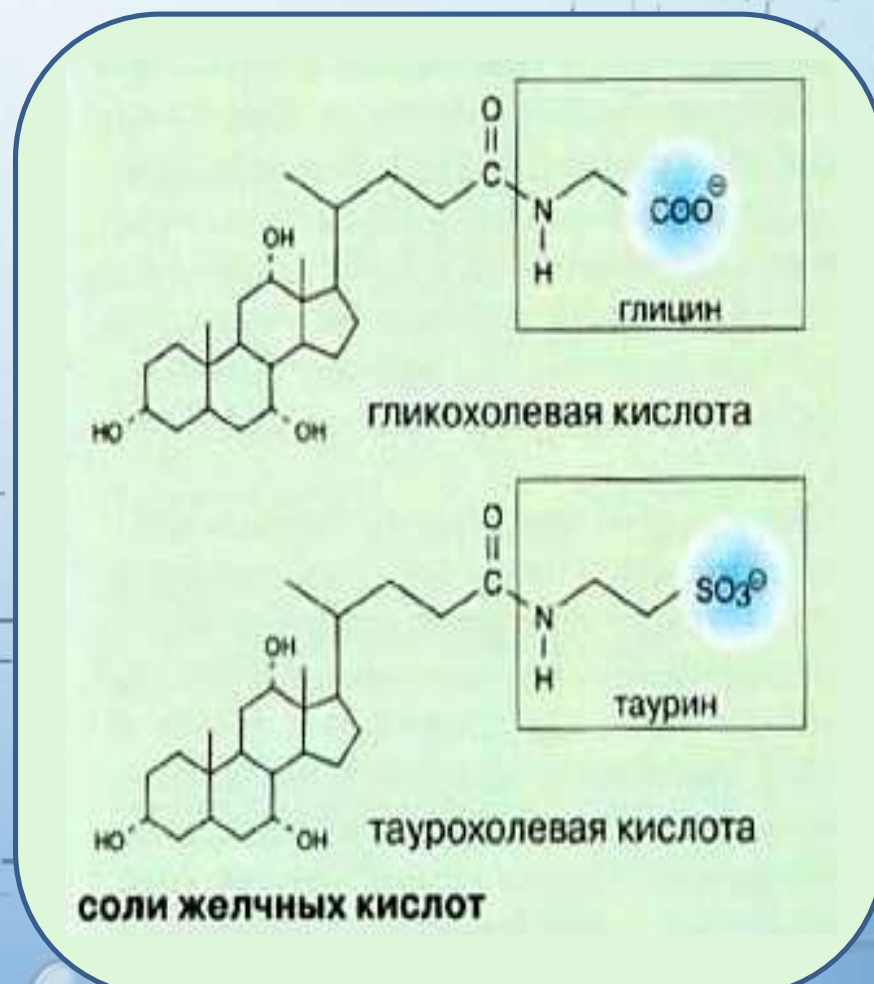
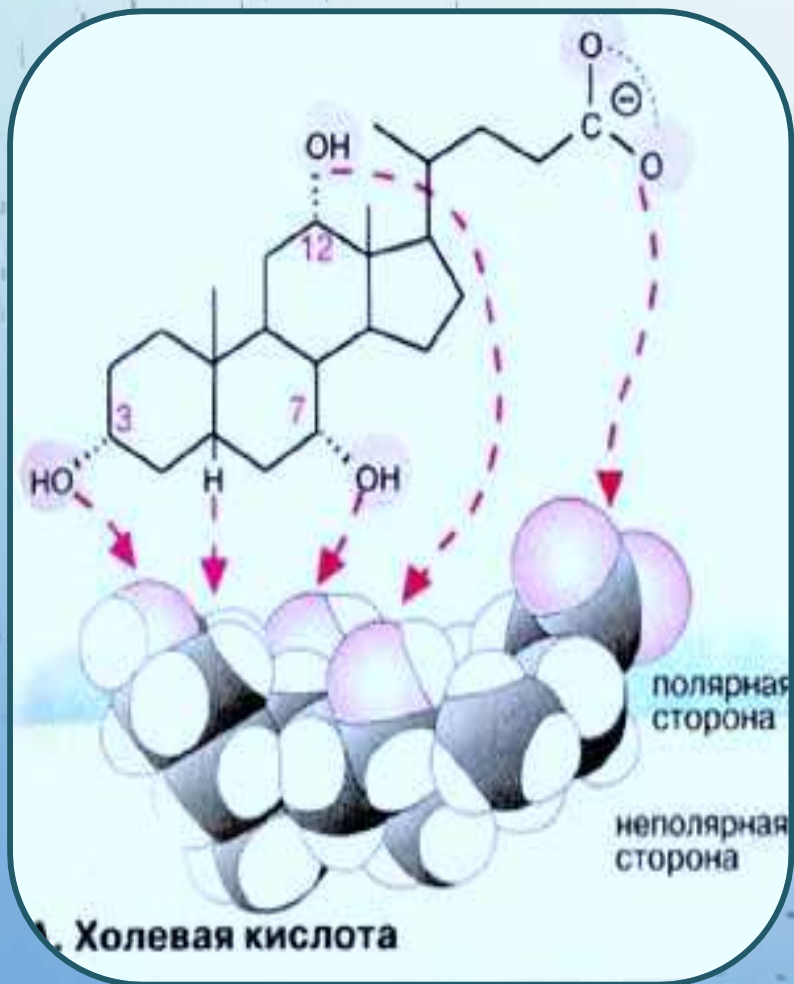
**ПИ
д.с**

- Ионы натрия, кальция, в меньшей степени калия и магния

Агрегат	ПОИ	Заряд гранулы	ПИ
Холестерин	Заряженные группы фосфолипидов; -COOH (COO ⁻) группы желчных кислот	(-)	Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺

Участки структуры, обуславливающие амфифильность желчных кислот:

Полярные и заряженные участки



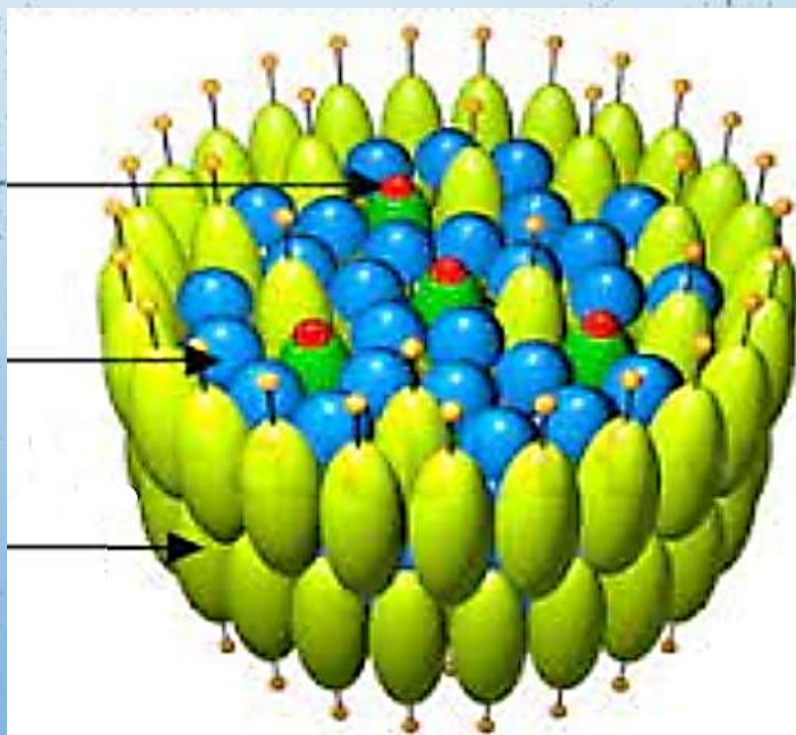
Функции желчных кислот:

- 1. Эмульгируют холестерин и способствуют его выведению из организма.**
- 2. Эмульгируют пищевые липиды и способствуют их нормальному перевариванию.**
- 3. Входят в состав мицелл всасывания пищевых липидов и способствуют их нормальному усвоению.**

Холестерин

Лецитин

**Желчные
кислоты**

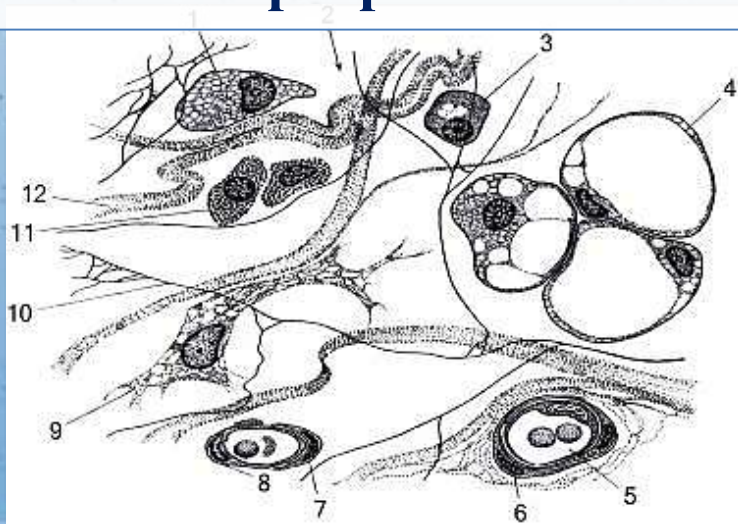


5. Аморфное вещество соединительной ткани:

Занимает основной объём межклеточного пространства

**С точки зрения коллоидной химии
представляет собой студень**

**Удерживает воду, придаёт форму органам и
тканям, не пропускает болезнетворные
микроорганизмы**



Строение мицеллы аморфного вещества:

**Агре-
гат**

- Молекулы гиалуроновой кислоты, белкового «кора» и связанные с ними олигосахариды

ПОИ

- Карбоксильные и сульфогруппы олигосахаридов, отрицательно заряженные при $\text{pH} = 7$

**ПИ
а.с.**

- Ионы натрия, кальция, в меньшей степени калия и магния

**ПИ
д.с.**

- Ионы натрия, кальция, в меньшей степени калия и магния

Агрегат

ПОИ

**Заряд
гранулы**

ПИ

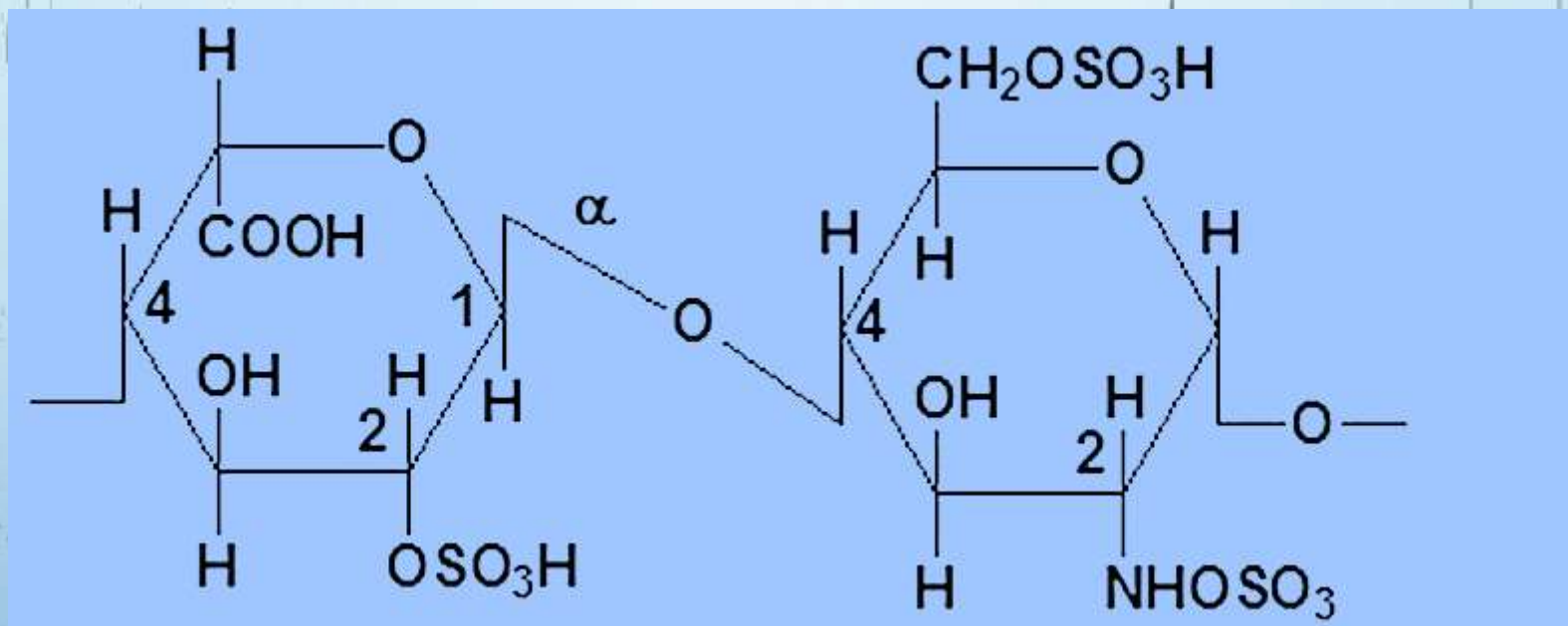
Протеогликаны

**-COOH (-COO⁻) и
-SO₃H (-SO₃⁻) группы
гетерополисахаридов**

(-)

**Na⁺, K⁺, Ca²⁺,
Mg²⁺**

Участок мицеллы аморфного вещества:



L-идуроновая-2-сульфат

N-сульфо-D-глюкозамин-6-сульфат

Связь процессов в дисперсных системах с некоторыми патологическими состояниями:

Повышение ионов натрия в плазме крови, снижение альбуминов

Снижение коллоидной устойчивости суспензии эритроцитов

Агрегация клеток, образование тромба

Снижение концентрации фосфолипидов и желчных кислот в желчи

Снижение коллоидной устойчивости желчи

Желчно-каменная болезнь; стеаторея (жирная диарея)

Синерезис студня хряща при охлаждении

Уменьшение объёма хрящевой ткани

Боли в суставах, нарушение подвижности

Задание: приведите самостоятельно не менее трёх примеров связи процессов в дисперсных системах с некоторыми патологическими состояниями:

The image shows three rows of three chevron-shaped boxes, each row containing three boxes of increasing opacity from left to right (light blue, medium blue, dark blue). These boxes are intended for the user to write their answers to the task.

Список литературы:

Основная литература

Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов : учебник для студентов вузов / ред. Ю. А. Ершов. - М. : Высшая школа, 2002, 2009. - 559 с.

Химия [Электронный ресурс] : учебник / Пузаков С.А. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2006. -

<http://www.rosmedlib.ru/book/ISBN5970401986.html>

Попков, В. А. Общая химия [Электронный ресурс] : гриф УМО по медицинскому и фармацевтическому образованию вузов России. / Попков В.А. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2010. - Б. ц.— Режим доступа:

<http://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970415702.html>

Биоорганическая химия : учебник для студентов медицинских вузов / Н. А. Тюкавкина, Ю. И. Бауков, С. Э. Зурабян. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010. - 416 с. : ил.

Дополнительная литература

Общая химия : учебник для студентов медицинских вузов / В. А. Попков, С. А. Пузаков. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2009. - 976 с.

Органическая химия с основами биохимии [Электронный ресурс] : учебное пособие / М. Ф. Некрасова, Т. И. Вострикова, Н. Е. Ким [и др.]. - Новосибирск : Сибмедиздат НГМУ, 2014. - 232 с.