



**ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА ХИМИИ**

# **Коллоидные растворы (часть 3)**

- 1. Устойчивость коллоидных систем.**
- 2. Коагуляция.**
- 3. Лиофильные системы.**

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



## *Устойчивость коллоидных растворов*

Различают *кинетическую и*

*агрегативную*

**устойчивость**

**коллоидных растворов.**

**Под кинетической  
устойчивостью понимают  
способность дисперсной фазы  
находиться во взвешенном  
состоянии.**

**Коллоидные системы  
кинетически устойчивы.  
Для них характерно  
состояние  
седиментационного  
равновесия.**



Агрегативная устойчивость – это способность системы сохранять определенную степень дисперсности, не объединяясь в более крупные агрегаты.

ДС являются термодинамически неустойчивыми.

**К факторам агрегативной устойчивости относятся:**

- 1) Наличие электрического заряда на частицах дисперсной фазы - чем выше заряд и чем выше дзета-потенциал, тем выше устойчивость коллоидных систем; коллоидные системы в изоэлектрическом состоянии наименее устойчивы.**

**2) Наличие сольватной (гидратной) оболочки на коллоидных частицах.**

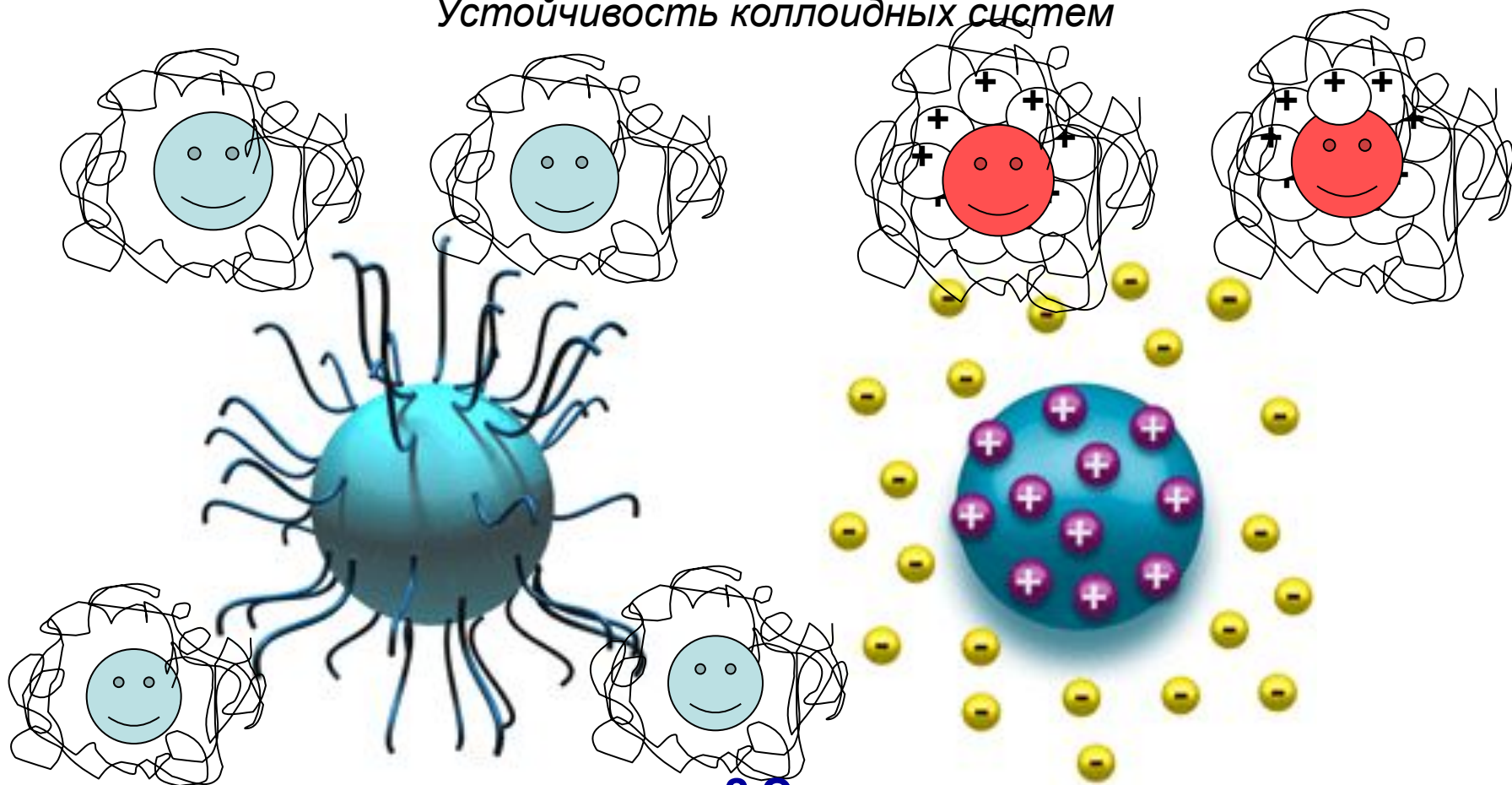
**При этом упругие силы сольватных слоев оказывают **расклинивающее действие** на коллоидные частицы и не дают им сближаться, что повышает устойчивость коллоидных систем.**

### **3) Адсорбционно-структурирующие свойства коллоидных систем.**

На хорошо развитой поверхности частиц дисперсной фазы обычно легко адсорбируются молекулы ПАВ и ВМВ, которые, будучи сольватированными, создают адсорбционно-сольватные слои значительной протяженности и плотности. Это препятствует сближению коллоидных частиц и повышает устойчивость.



# Устойчивость коллоидных систем



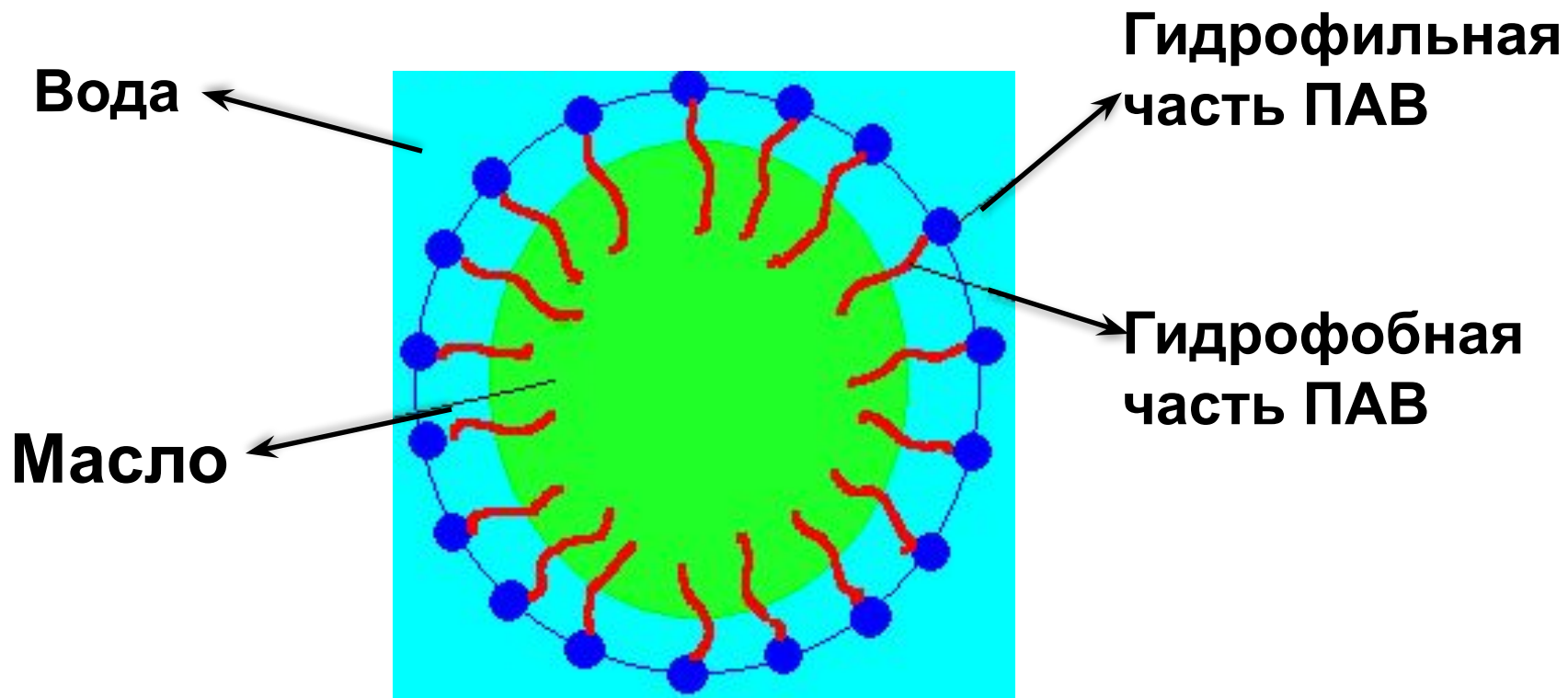
1. **Защита зольей ПАВ и ВМВ**

2 **Электростатическая защита**

**Способность ПАВ и ВМВ к образованию адсорбционно-сольватных слоев на поверхности коллоидных частиц называется защитным действием (коллоидной защитой).**

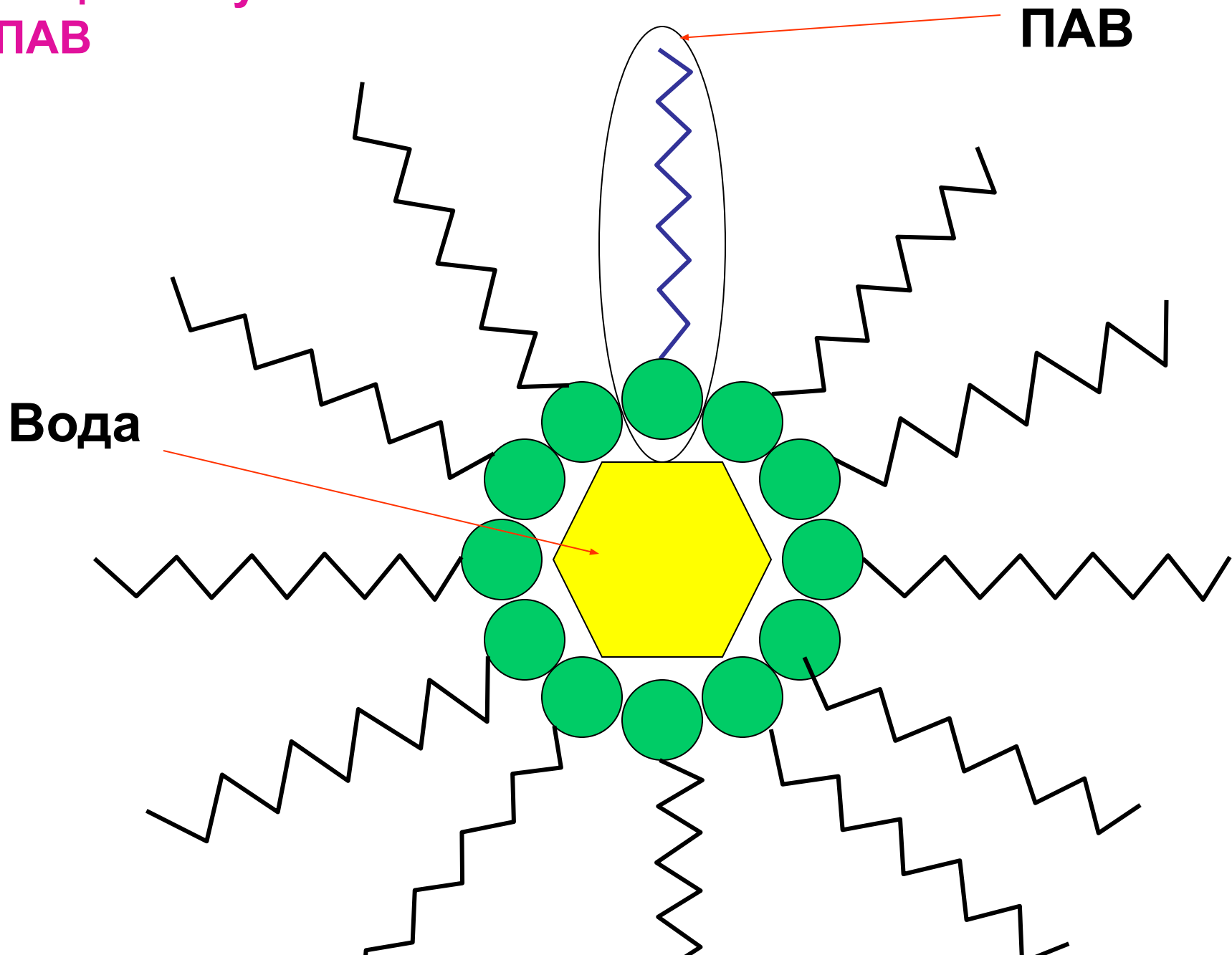


*Коллоидная защита*

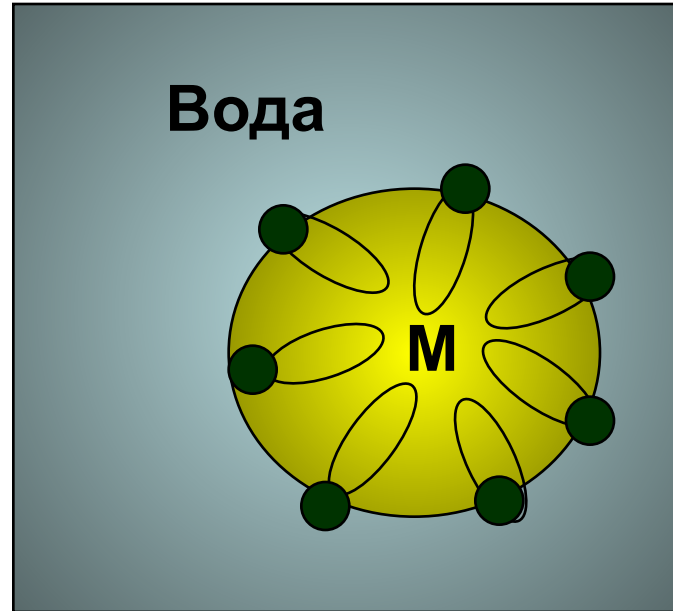
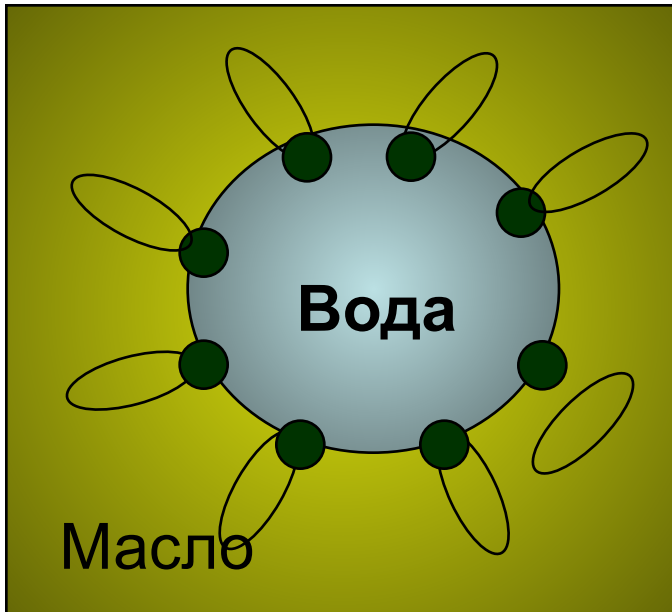


**Защита эмульсий М/В ПАВ**

# Защита эмульсий В/М ПАВ



# Стабилизация эмульсий



**В/М**

**М/В**

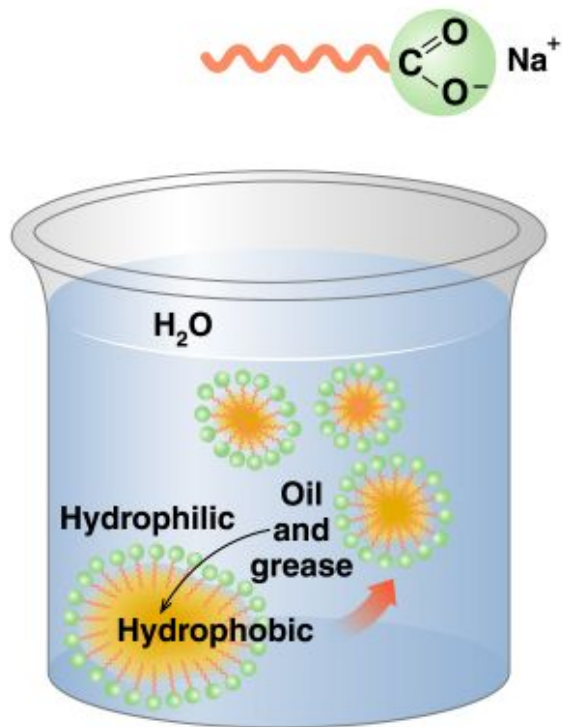


**Гидрофильная группа**

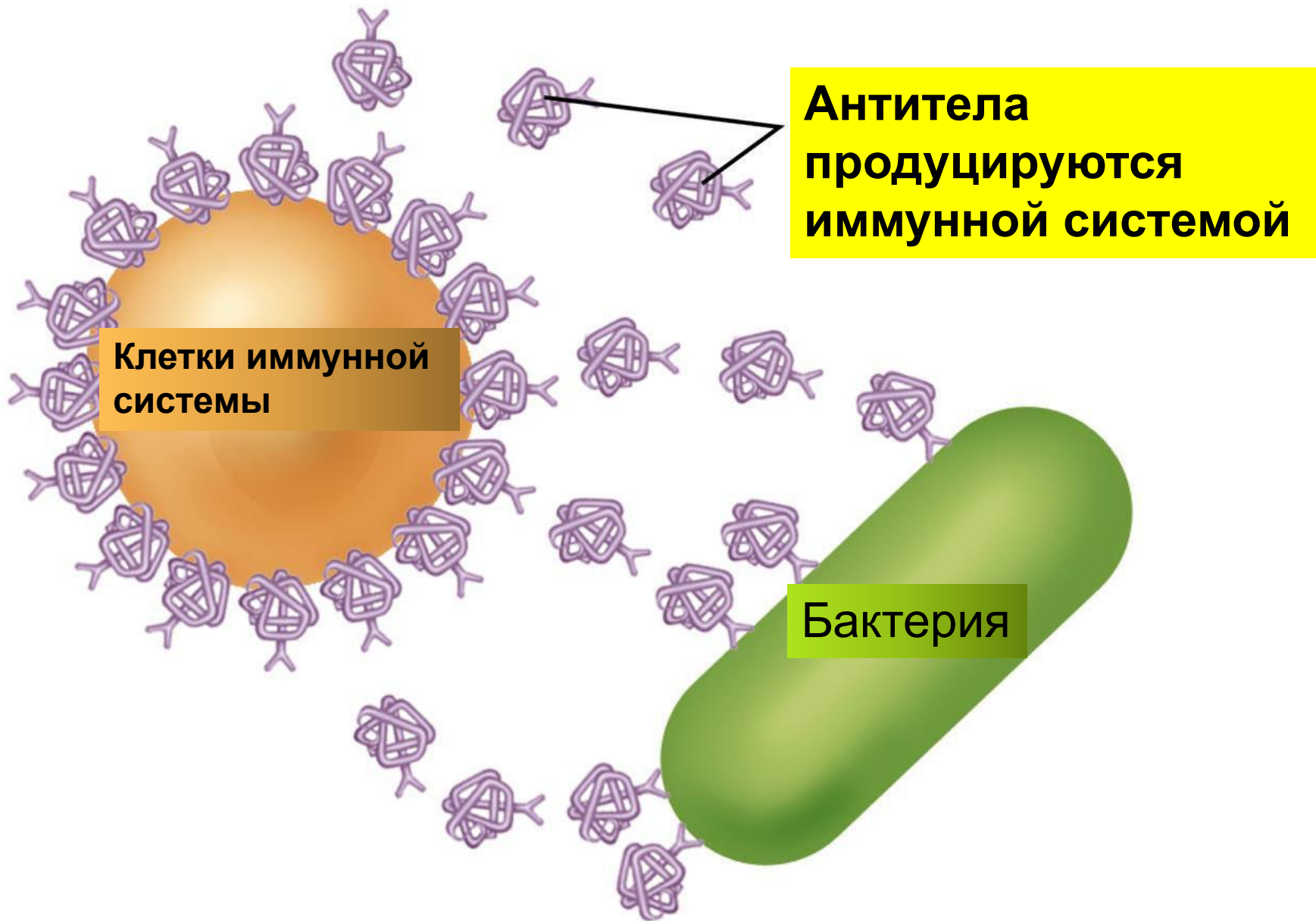


**Гидрофобная группа**

# Коллоидная защита



Большое значение коллоидная защита имеет для животных организмов. Белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды и др. соединения адсорбируются на коллоидных частицах и переводят их в устойчивое состояние.



Клетки иммунной системы

Антитела  
продуцируются  
иммунной системой

Бактерия



## *Коллоидная защита*

**При патологии и старении организма защитные свойства белков и других соединений снижаются.**

**Следствием этого может явиться патологическое минералообразование в организме.**



**Почечные камни**



*Коллоидная защита*



**Желчные камни**

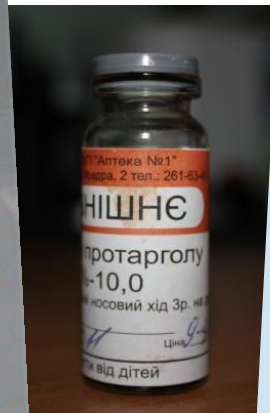
## Коллоидная защита

**Явление коллоидной защиты используют в фармации при изготовлении лекарственных препаратов, например зелей серебра и серы, защищенных белками.**



# Коллоидная защита

**Препараты колларгола и протаргола представляют собой концентрированные золи металлического серебра, защищенные от коагуляции добавкой декстринов и белковых веществ.**



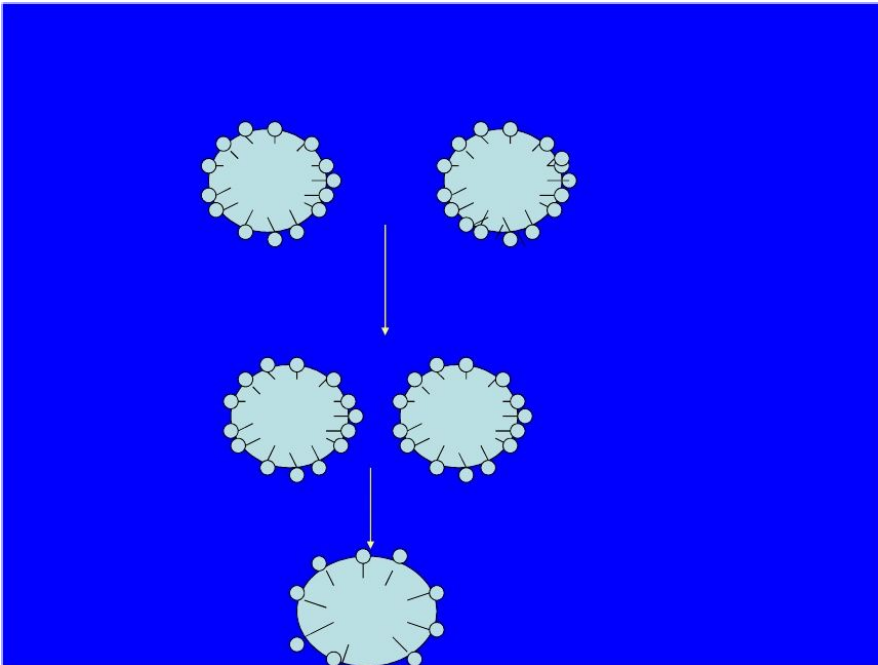
## Коагуляция

Снижение устойчивости коллоидных систем приводит к их коагуляции (от лат. *coagulum* – сгусток) – укрупнению коллоидных частиц. В системах с жидкой ДФ процесс слияния частиц называется коалесценцией.



## Коагуляция

**Коагуляция является самопроизвольным процессом, так как она приводит к уменьшению межфазной поверхности и, следовательно, к уменьшению свободной поверхностной энергии.**



## Коагуляция

Различают две стадии коагуляции.

***Первая стадия – скрытая коагуляция.*** На этой стадии частицы укрупняются, но еще не теряют своей седиментационной устойчивости.

***Вторая стадия – явная коагуляция.*** На этой стадии частицы теряют свою седиментационную устойчивость. Если плотность частиц больше плотности дисперсионной среды, образуется осадок.

## Коагуляция

Коагуляция происходит под влиянием различных факторов:

- температуры,
- встряхивании,
- перемешивании,
- облучении,
- добавлении электролитов.

**Правила электролитной коагуляции:**

**1. Коагулирующим действием обладает ион электролита, имеющий заряд, противоположный заряду гранулы.**

**Какой ион (натрия, кальция, хлорид ион) оказывает коагулирующее действие иодида серебра в серебра?**

**алюминия,  
большее  
на иодиде  
нитрате**



**Ответ: хлорид-ион.**



**2. Чем выше степень окисления иона, тем выше его коагулирующая способность (правило Шульце-Гарди):**



$$\gamma^* : \gamma^{**} : \gamma^{***} = 1 : \frac{1}{20} : \frac{1}{500}$$



*Коагуляция*

**Какой ион (хлорид-ион, сульфат-ион, фосфат-ион) оказывает большее коагулирующее действие на мицеллу иодида серебра в нитрате серебра?**

**Ответ: фосфат-анион.**

**3. При одинаковой степени окисления ионов коагулирующая способность возрастает с уменьшением степени гидратированности ионов:**



## Коагуляция

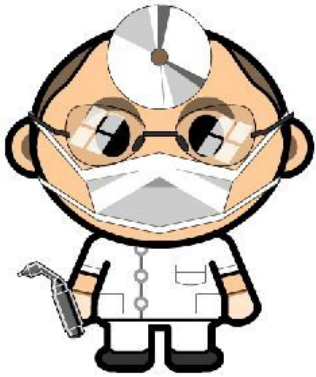


Какой ион (хлорид-, бромид-, роданид-ион) оказывает коагулирующее действие на серебра в нитрате серебра?

иодид-,  
большее  
мицеллу иодида

**Ответ: роданид-анион.**

## Коагуляция



Каждый  
определенным  
коагуляции.

ион

обладает  
порогом

Порог коагуляции - это минимальная концентрация электролита, которую необходимо добавить к 1 литру коллоидного раствора, чтобы вызвать его коагуляцию [ммоль · дм<sup>-3</sup>].

## Коагуляция

Расчет порога коагуляции проводят по формуле:

$$C_{к} = \frac{C(x) \cdot V_1}{V_0 + V_1}$$

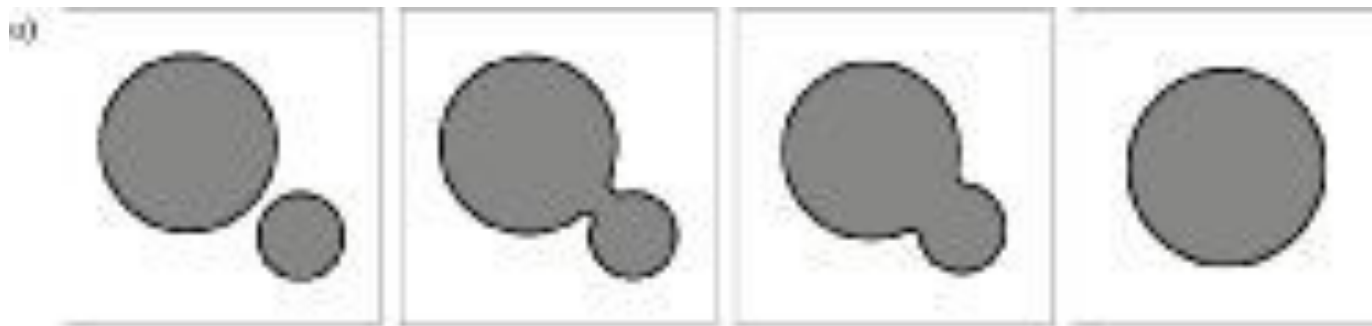
где  $V_0$  - объем золя,  $V_1$  - минимальный объем раствора электролита, вызвавший коагуляцию золя.

# Коалесценция

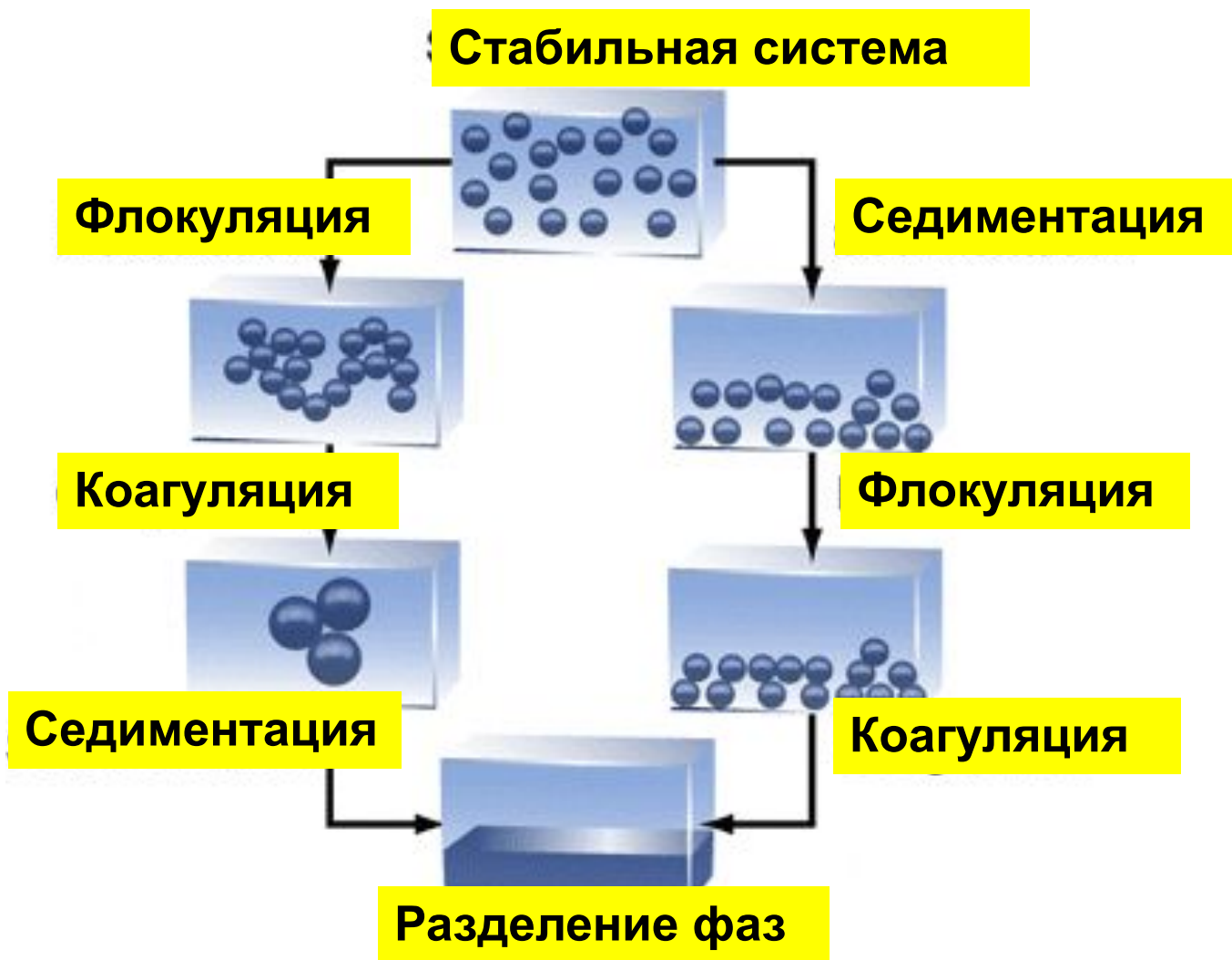
Коалесценция (от лат. *coalesce* — срастаюсь, соединяюсь) - слияние частиц (например, капель или пузырей) внутри подвижной среды (жидкости, газа) или на поверхности тела.

**Это самопроизвольный процесс (сопровождается уменьшением свободной энергии системы).**

**В жидкой дисперсионной среде коалесценции часто предшествует коагуляция.**



*Устойчивость коллоидных систем*





*Устойчивость коллоидных систем*



**Коалесценция**



**Эмульсия**



**Флокуляция**



**Седиментация**



**Расслоение**

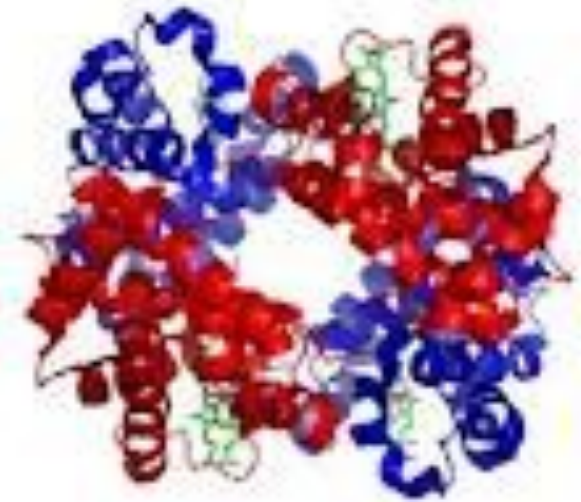
# **Молекулярные коллоиды** **(обратимые и лиофильные)**

**Их образуют природные и синтетические ВМВ.**

**Очень разбавленные растворы гомогенны (истинные и подчиняются законам разбавленных растворов).**

## *Молекулярные коллоиды*

При достижении критической концентрации мицеллообразования ( $C_{ккм}$  белка =  $10^{-10}$  моль/л) в зависимости от природы растворителя и белка отдельные макромолекулы способны сворачиваться в глобулы с размерами коллоидных частиц.



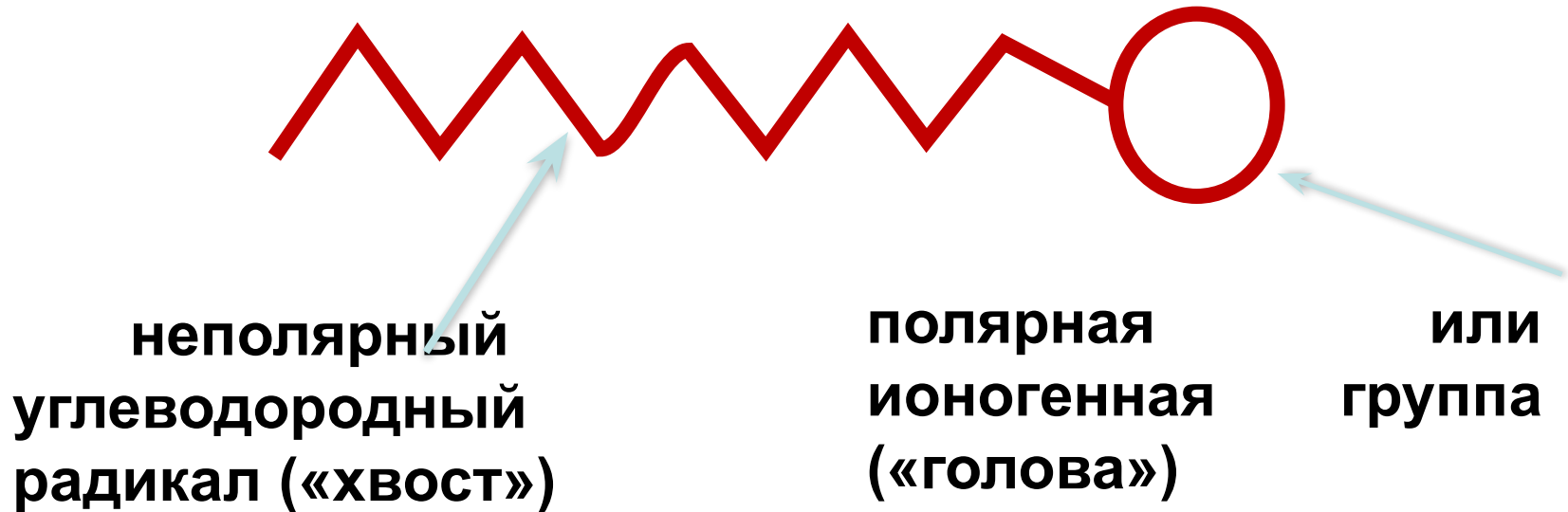
## *Молекулярные коллоиды*

**Другой особенностью растворов молекулярных коллоидов является обратимость, то есть способность мицелл самопроизвольно переходить в раствор при добавлении новой порции растворителя.**

# Мицеллярные (ассоциативные) коллоиды

Их образуют ПАВ.

**ПАВ** – вещества с амфифильной природой (содержат как **неполярные**, так и **полярные** фрагменты).



## **Мицеллы ПАВ**

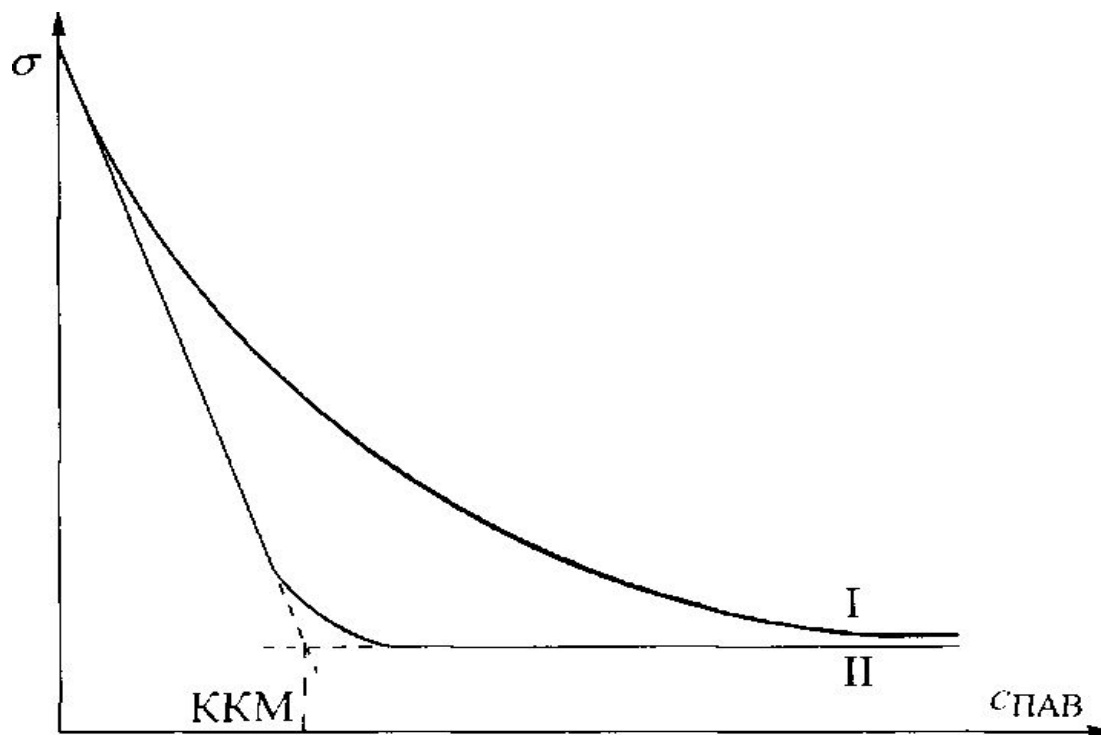
**При небольшой концентрации ПАВ образуют истинные молекулярные растворы.**

**С увеличением концентрации отдельные молекулы начинают ассоциировать друг с другом с образованием агрегатов или мицелл коллоидных размеров.**

**Мицеллы ПАВ образуются самопроизвольно при достижении критической концентрации мицеллообразования (ККМ).**

**Величина ККМ зависит от природы ПАВ. Для ионогенных ПАВ  $C_{ккм} = 10^{-2} - 10^{-3}$  моль/л, для неионогенных ПАВ  $C_{сккм} = 10^{-4} - 10^{-5}$  моль/л.**

## Мицеллообразование в растворах ПАВ. ККМ

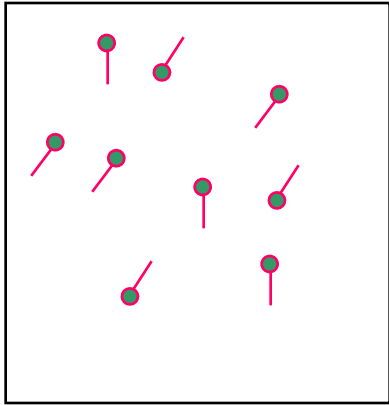


**Изотермы поверхностного натяжения:**  
**I — истинно растворимого ПАВ; II — коллоидного ПАВ. Точка излома на изотерме II соответствует переходу истинного раствора в золь.**

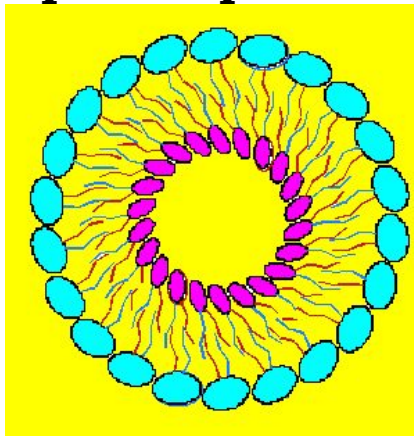


# Мицеллы ПАВ

СПАВ  $\ll$  ККМ

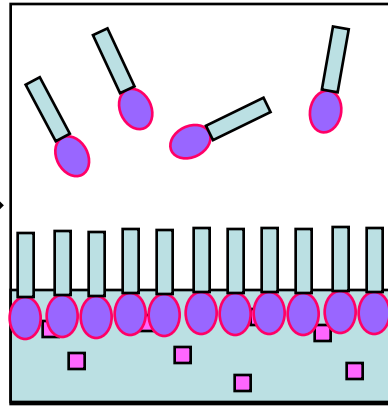


**Истинный  
раствор**

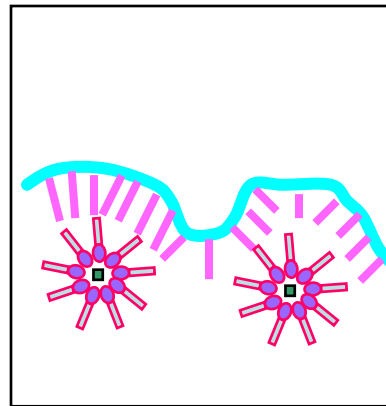


**Липосома**

СПАВ = ККМ

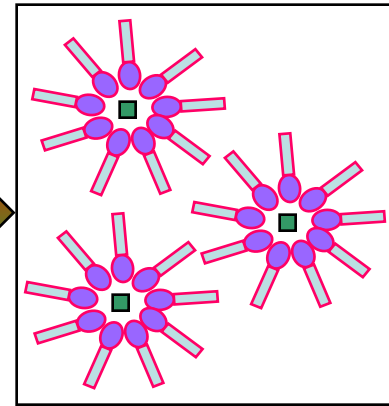


**Слой фосфолипидов**

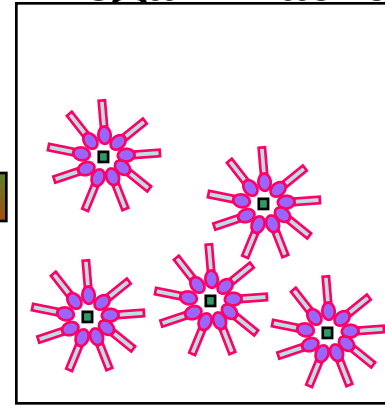


**Мицеллы ПАВ**

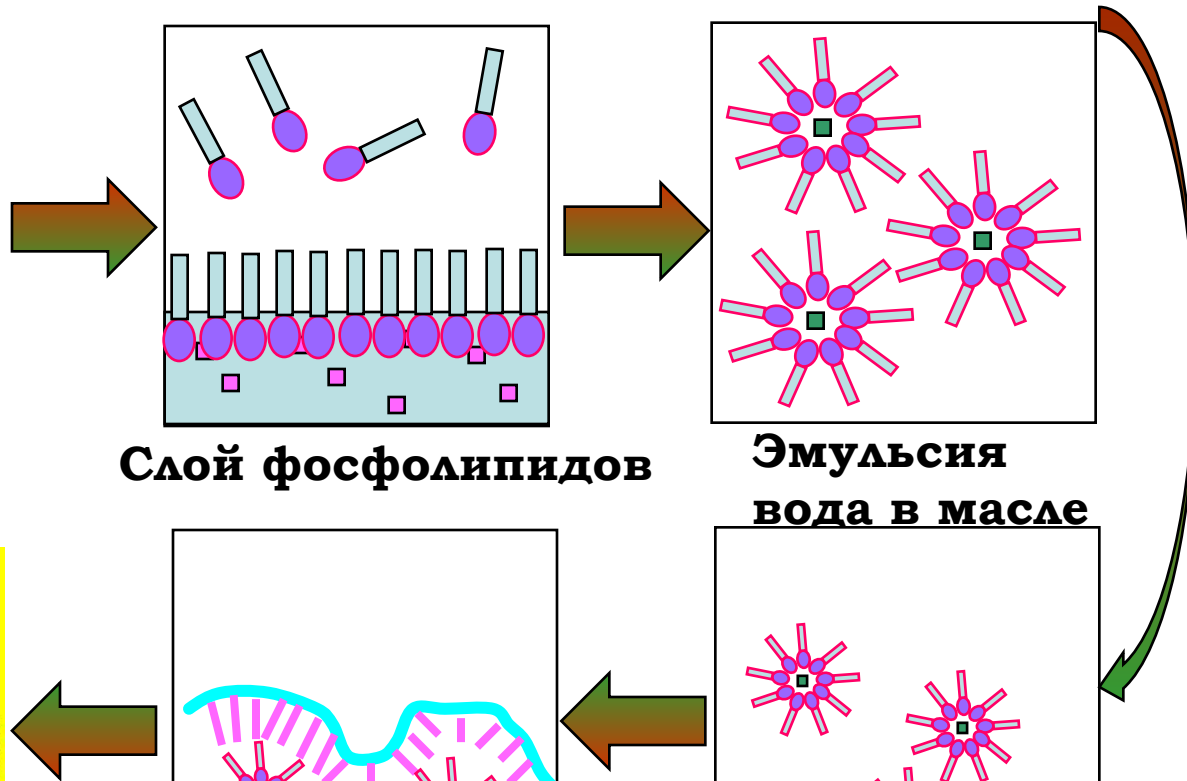
С ПАВ  $>$  ККМ



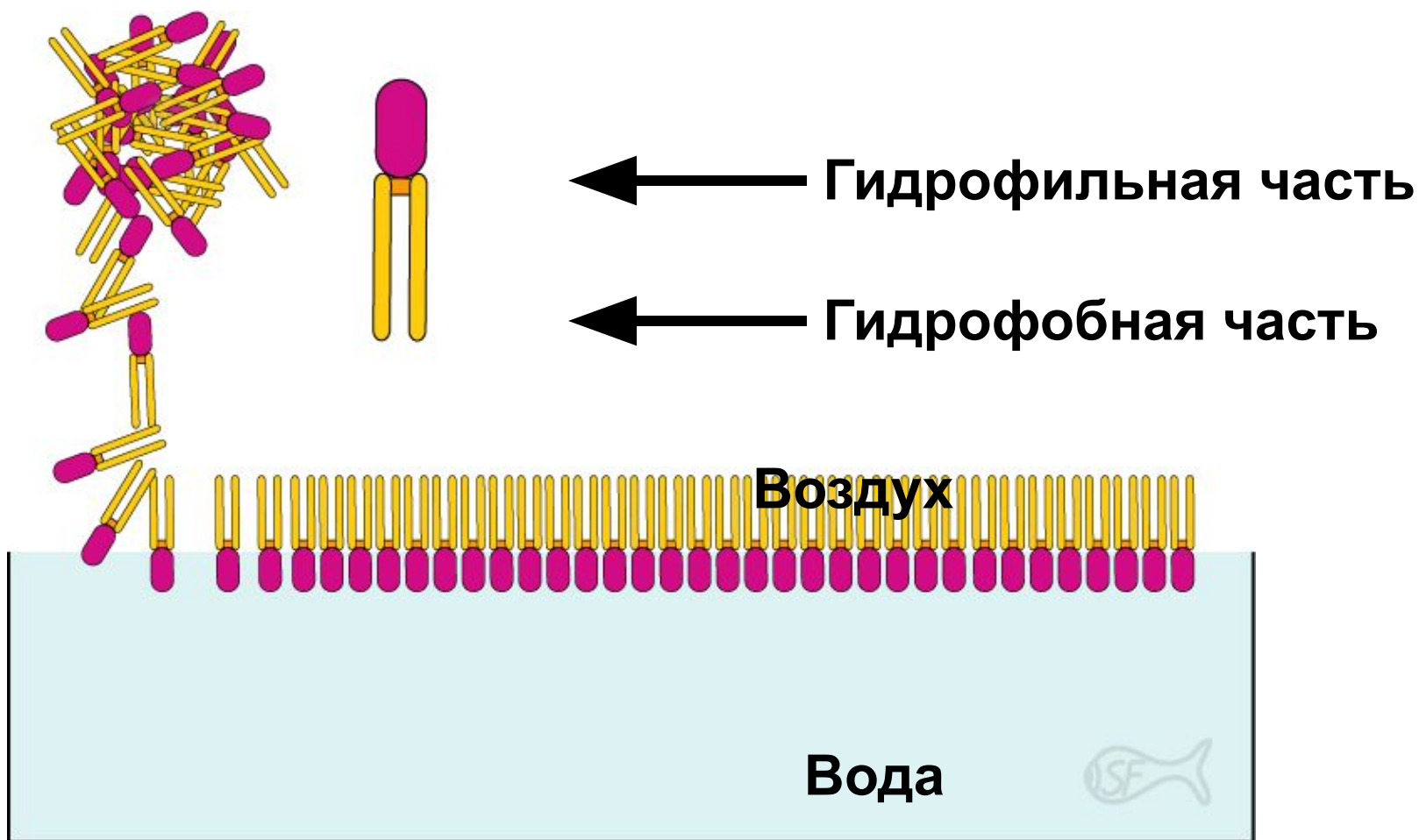
**Эмульсия  
вода в масле**



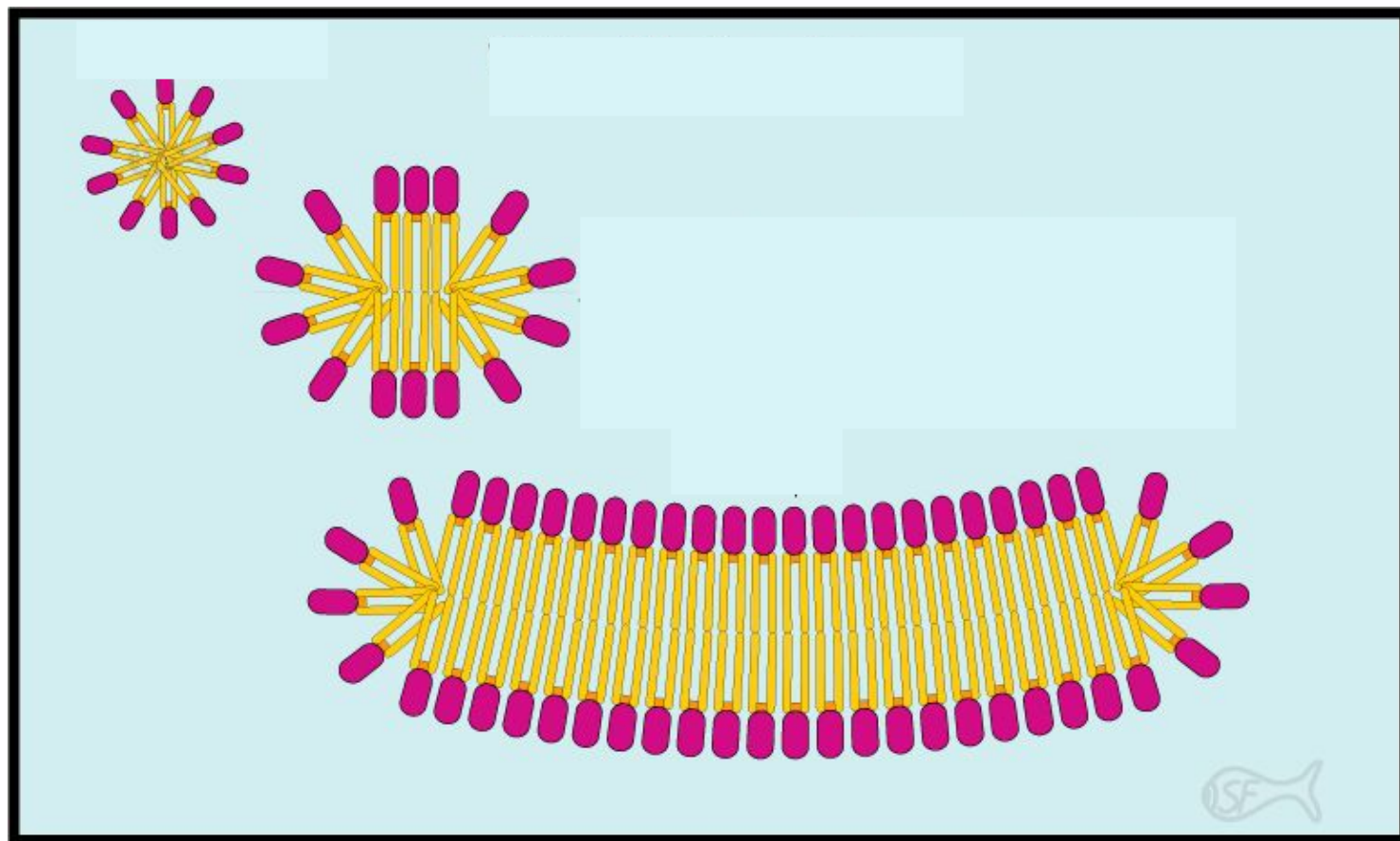
**Мицеллы ПАВ**



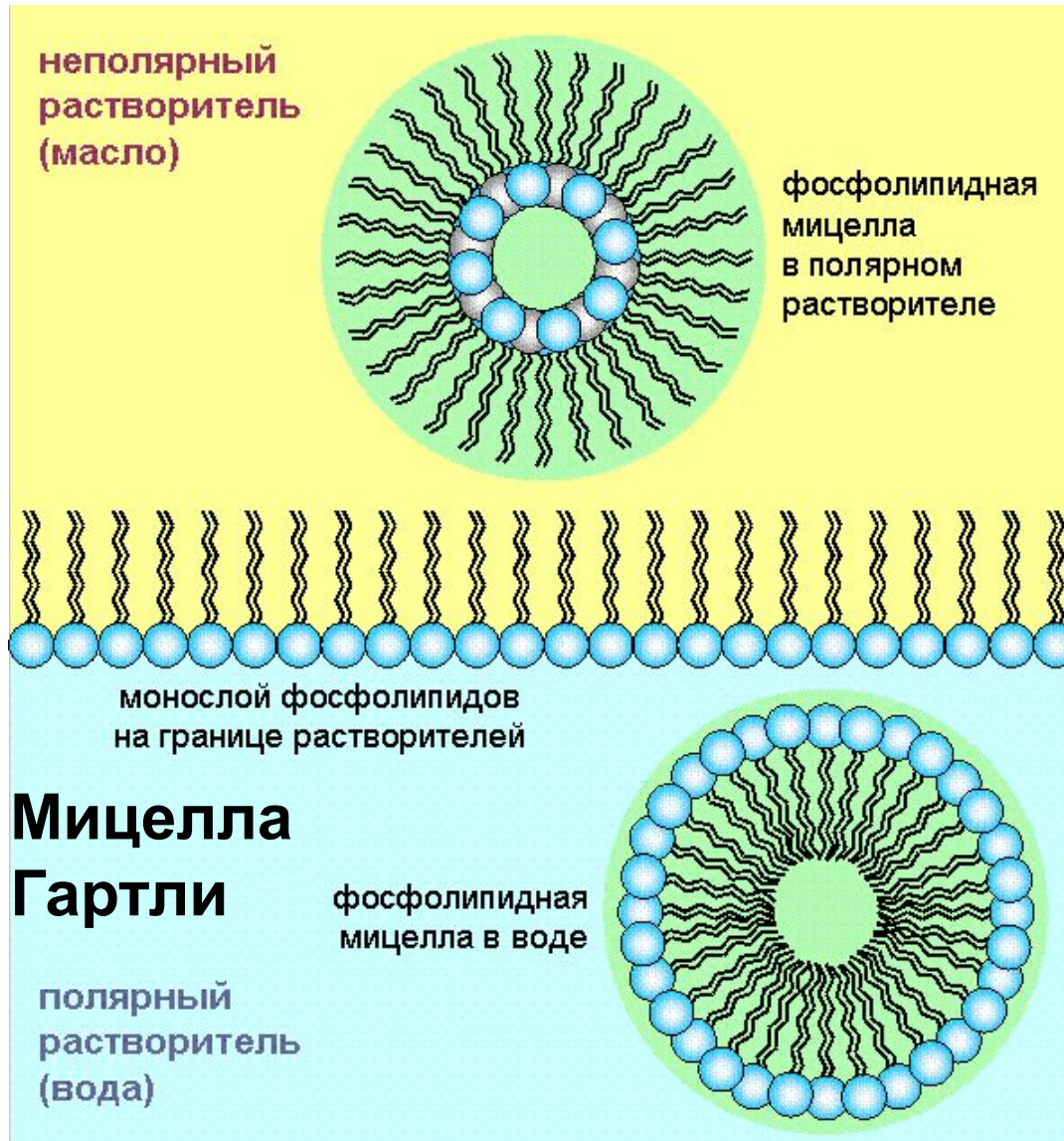
# Мицеллы ПАВ



# Мицеллы ПАВ

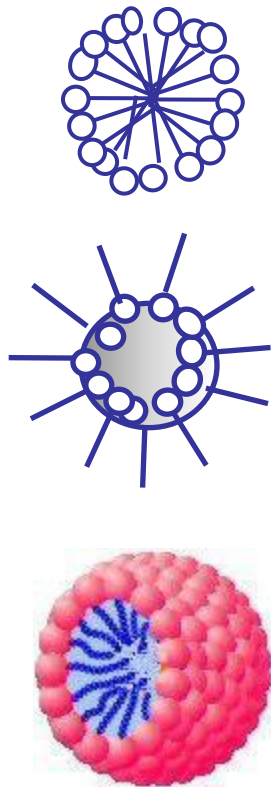


# Самоорганизация фосфолипидов



# Строение мицелл ПАВ в зависимости от концентрации

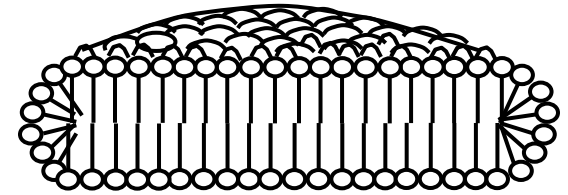
а) сферические



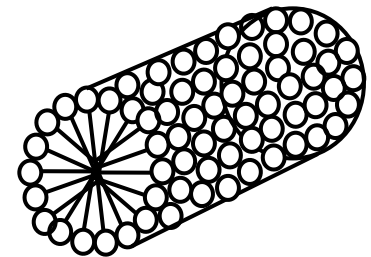
б) пластинчатые



в) дискообразные

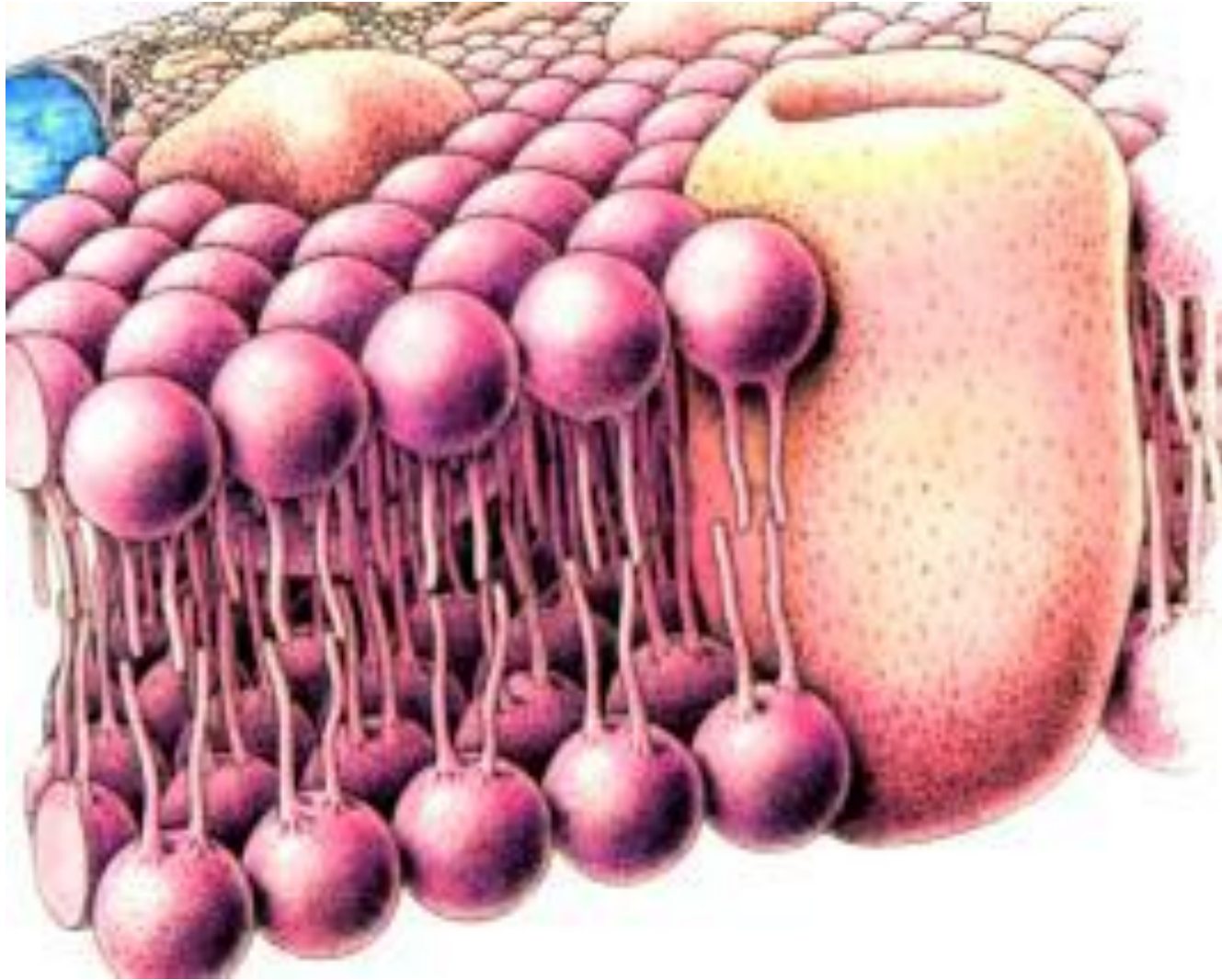


г) цилиндрические





## *Клеточные мембраны*



**Значение ККМ зависит от различных факторов:**

- **природы коллоидного ПАВ:** установлено, что с ростом длины углеводородного радикала молекулы коллоидного ПАВ значение ККМ уменьшается.
- **присутствия электролитов:** электролиты для неионогенного коллоидного ПАВ не оказывает существенного влияния на ККМ, для ионогенного ПАВ приводят к уменьшению ККМ.
- **температуры:** понижение температуры также способствует уменьшению ККМ.

# Солюбилизация

**Солюбилизацией (или коллоидным растворением) называется явление проникновения молекул низкомолекулярных веществ в мицеллы ПАВ.**

**Вещество, растворяющееся в мицеллах, называется солюбилизатором.**





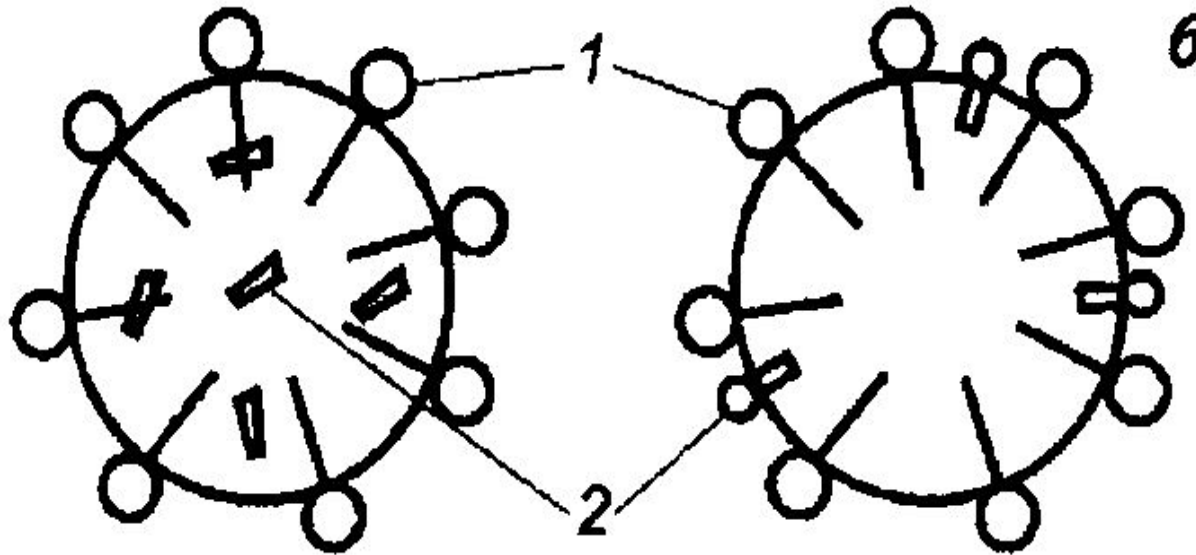
## *Солюбилизация*

**Способ включения молекул солюбилизата в мицеллы зависит от их природы.**

**Неполярные углеводороды, внедряясь в мицеллы, располагаются внутри углеводородных ядер мицелл.**

**Полярные органические вещества (спирты, амины, кислоты, жиры) встраиваются между молекулами ПАВ так, чтобы их полярные группы были обращены к воде, а углеводородные радикалы — ориентированы параллельно углеводородным радикалам ПАВ.**

## Солюбилизация



**Механизм солюбилизации:**

**1 - ПАВ; 2 - солюбилизат.**

## *Солюбилизация*

**Процесс солюбилизации является самопроизвольным и обратимым.**

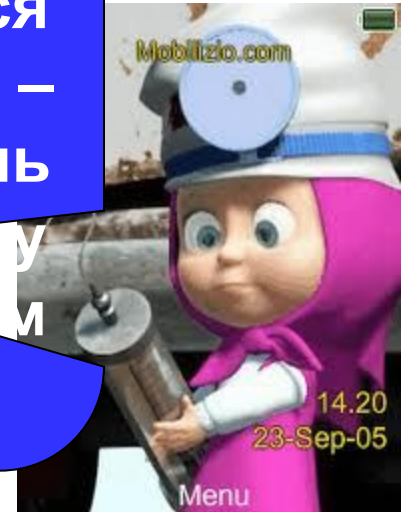
**Солюбилизация приводит к набуханию мицелл и, соответственно, к увеличению их размеров.**

**Процесс протекает медленно.**

**Перемешивание и повышение температуры ускоряет наступление равновесия.**

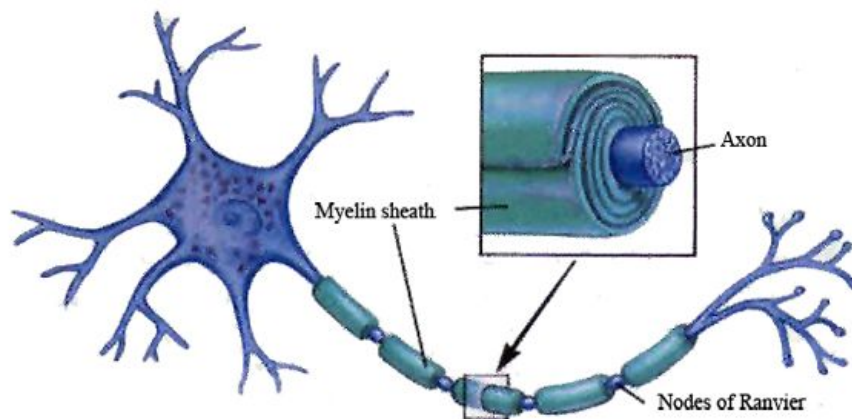
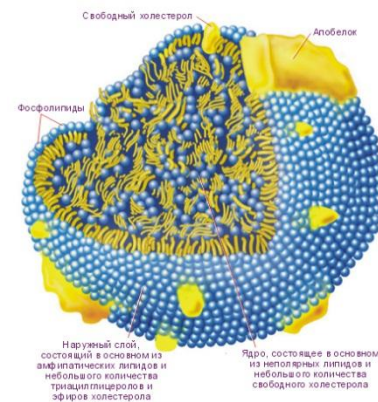
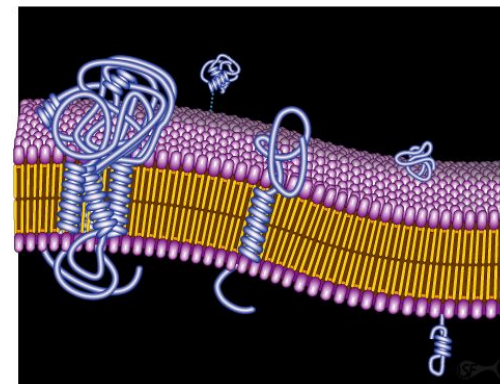
## Солюбилизация

Количественной характеристикой солюбилизации является *относительная солюбилизация* – отношение числа молей солюбилизированного вещества к числу молей ПАВ, находящегося в мицеллярном состоянии.

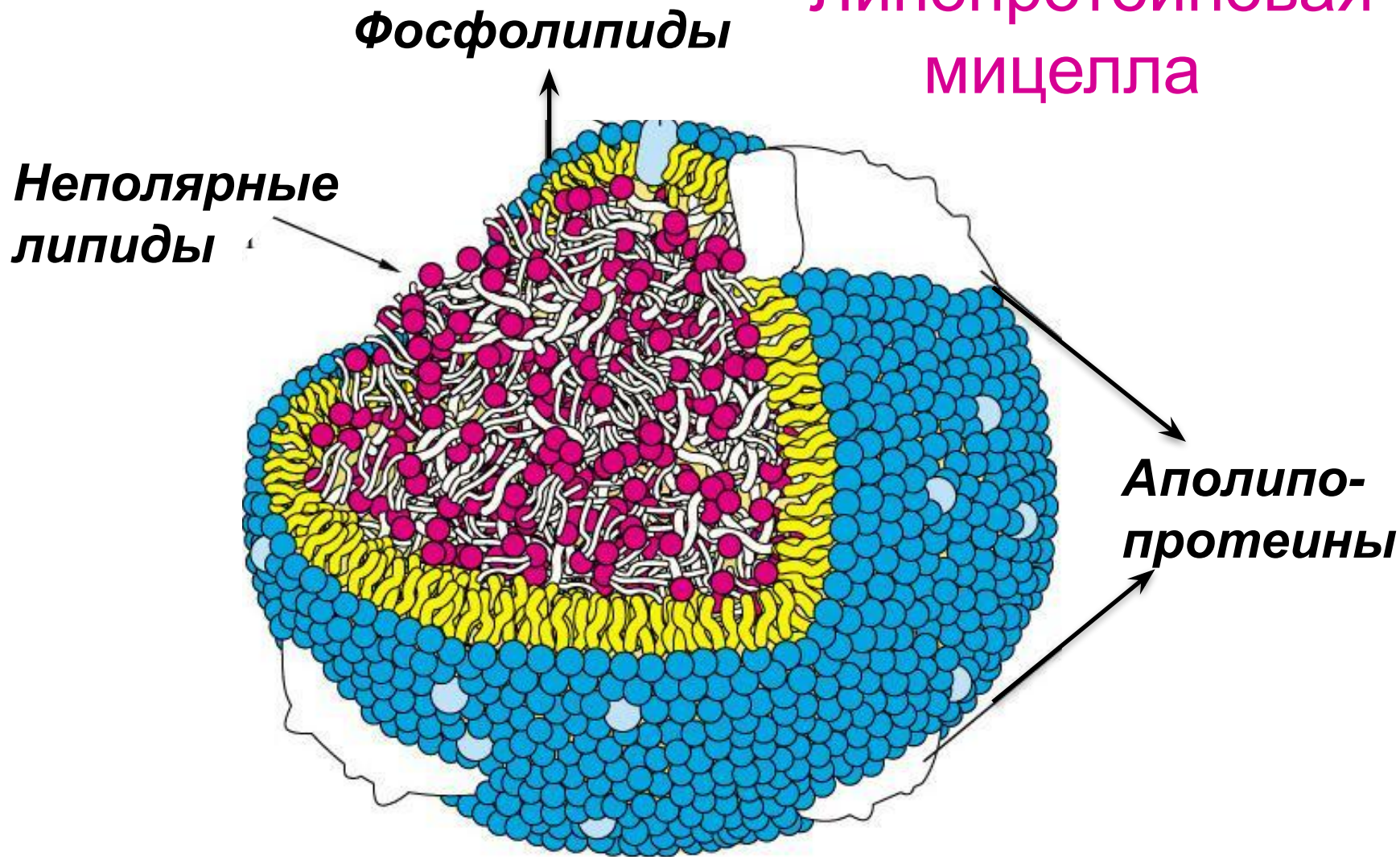


# Значение солюбилизации в физиологии, медицине и фармации

Известны мицеллярные липопротеины (свободные, или растворимые в воде - липопротеины плазмы крови), и нерастворимые, т. н. структурные - липопротеины мембран клетки, миелиновой оболочки нервных волокон).

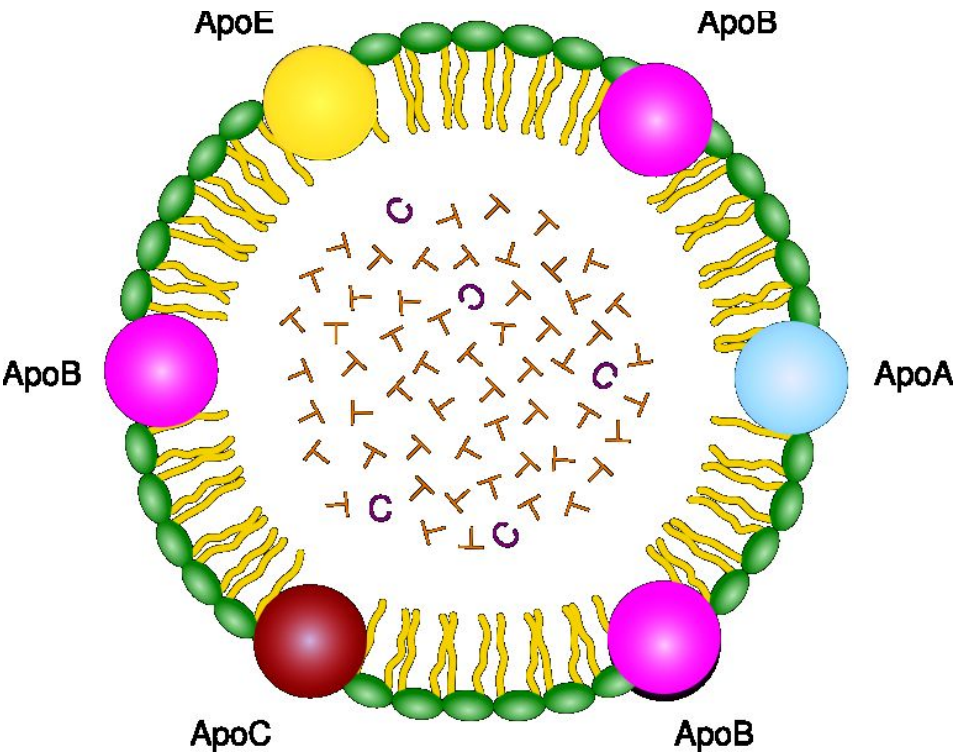


# Липопротеиновая мицелла





## Значение солюбилизации в физиологии, медицине и фармации

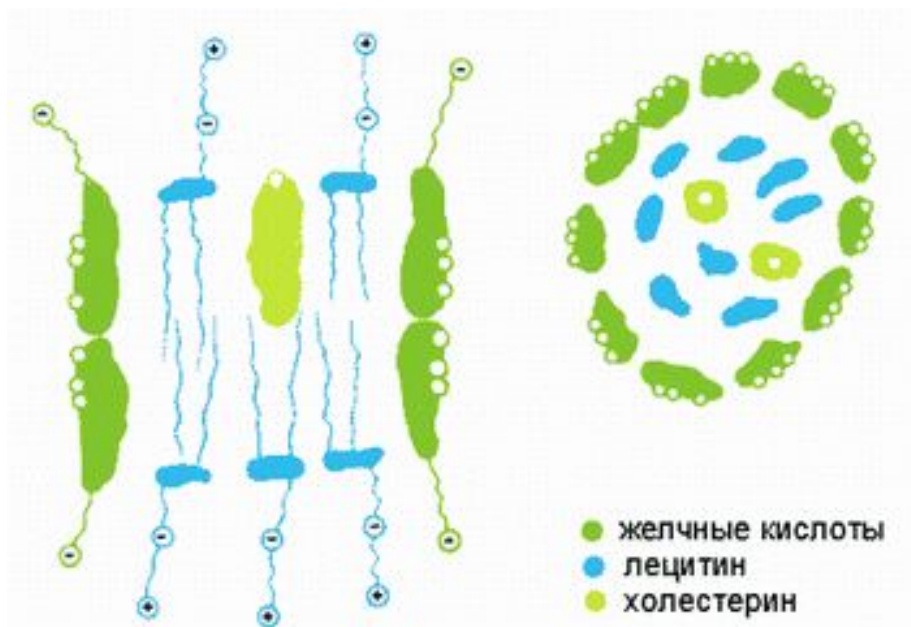


**Лipoproteиновая  
мицелла**

**В качестве мицеллообразующих ПАВ выступают белки крови и амфифильные липиды (аполипопротеины). Они располагаются на поверхности мицелл. Внутри же солюбилизируются гидрофобные липиды (нейтральный жир, стероиды).**

## Переваривание жиров:

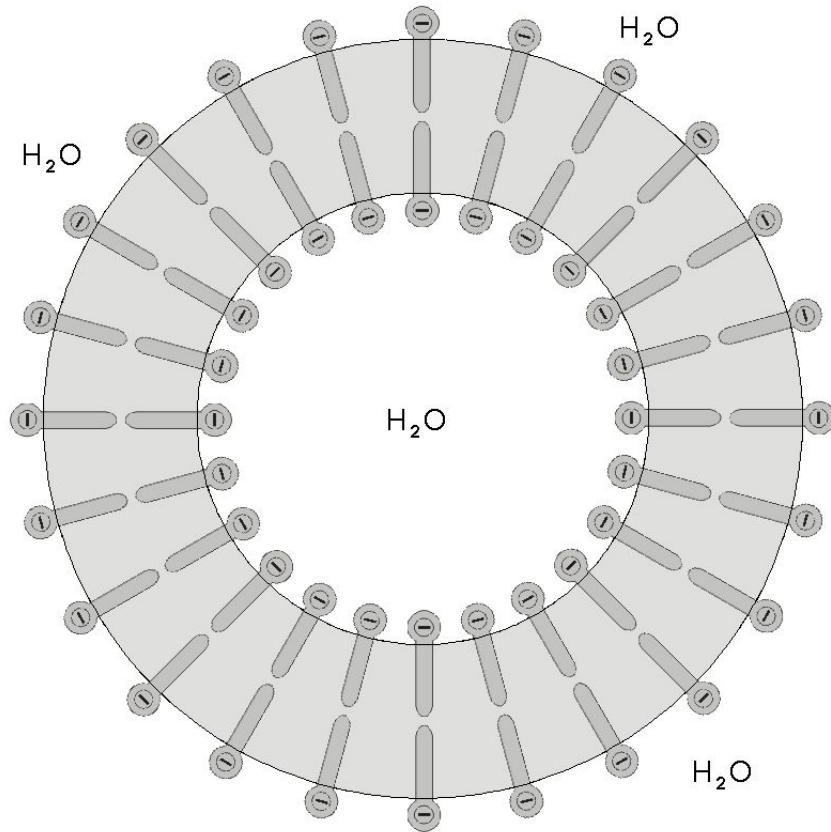
**Жирные кислоты и моноацилглицеролы образуют с компонентами желчи мицеллы, которые солюбилизируют холестерол и жирорастворимые витамины (А, D, Е, К).**



**Сложные мицеллы**



# *Значение солюбилизации в медицине, фармации и физиологии*

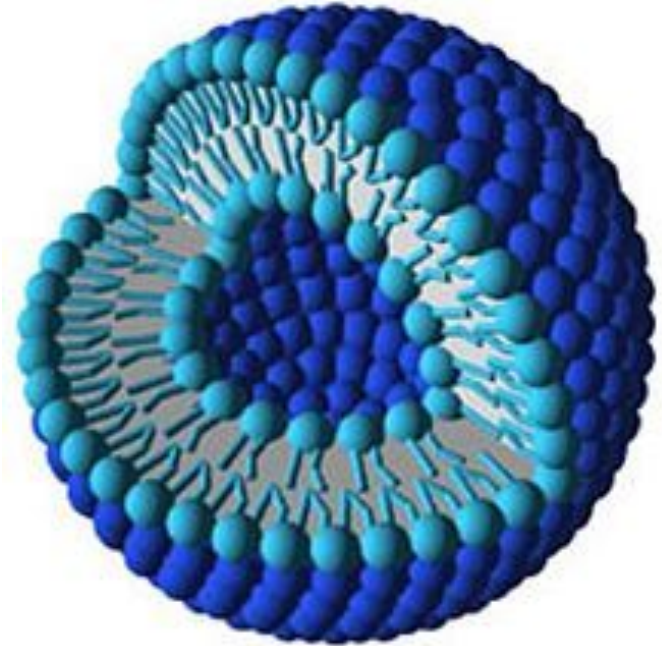


Липосома

В биологии, медицине и фармации применяют сферические мицеллы - ЛИПОСОМЫ.

# *Значение солюбилизации в медицине, фармации и физиологии*

**Липосомы рассматривают как модель биологических мембран. С их помощью можно изучать проницаемость мембран и влияние на нее разного рода факторов для различных соединений.**



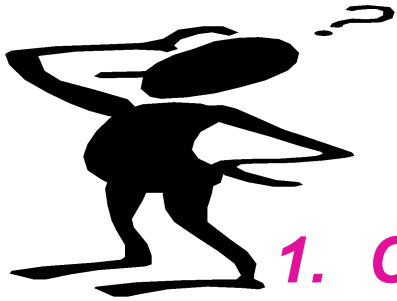
*Значение солюбилизации в медицине, фармации и физиологии*

Известны препараты иода, распределенного в **ПАВ** (иодофоры).

Введение **ПАВ** позволяет получать препараты стероидов для парентерального и наружного использования. С этой целью используют неионные **ПАВ**.

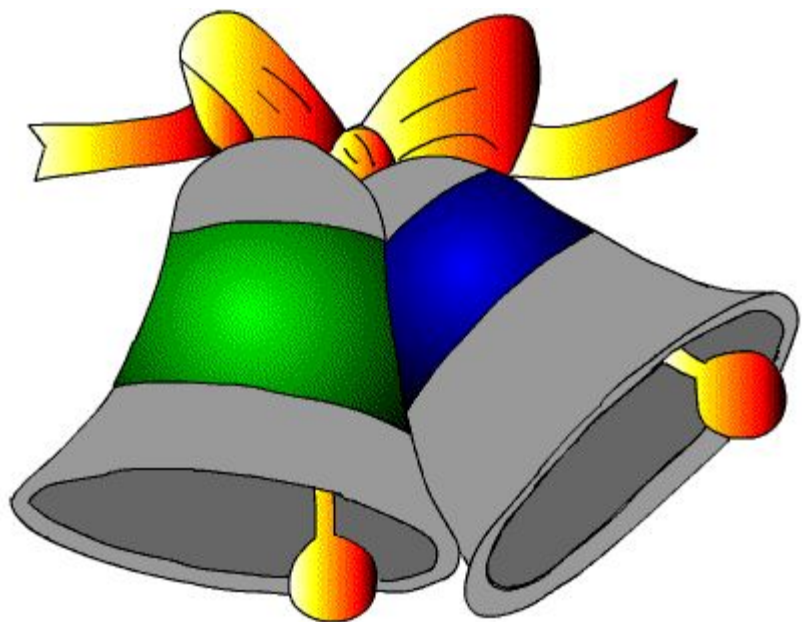
Широко известна солюбилизация витаминов и особенно масел. В частности, витамины **A** и **E** были солюбилизированы эфирами сахарозы.

Примером «адресного» лекарства является препарат «Веторон», содержащий каротин, солюбилизированный в липидных мицеллах.



## Вопросы для самоконтроля

- 1. Сформулируйте правила коагуляции зольей электролитами.**
- 2. Какие процессы происходят в растворах коллоидных ПАВ по мере увеличения концентрации?**
- 3. Что называется коллоидной защитой?**
- 4. Какое явление называется солюбилизацией?**



**Спасибо**

**за**

**Ваше внимание!**