

---

# Коллоидные растворы

## лекция 9

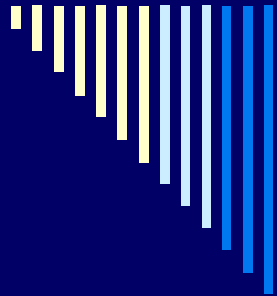
---



---

## **ПЛАН ЛЕКЦИИ**

- 1. Дисперсные системы и их классификация.**
  - 2. Методы получения и очистки коллоидных растворов.**
  - 3. Строение коллоидных частиц.**
  - 4. Устойчивость и коагуляция коллоидных систем.**
  - 5. Растворы биополимеров**
-



**ДИСПЕРСНАЯ СИСТЕМА** - это гетерогенная система, в которой одно (или несколько веществ) в мелко раздробленном состоянии распределено в объёме другого вещества.

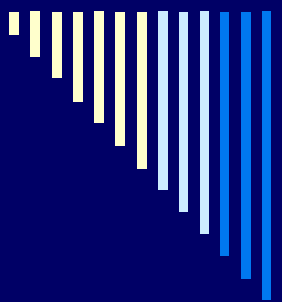
Частицы вещества, находящиеся в раздробленном состоянии, называются **дисперсной фазой (Д.Ф.)**

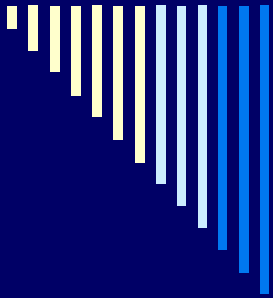
Вещество, в котором распределена Д.Ф., называется **дисперсионной средой (Д.С.)**.

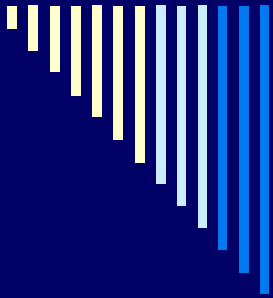
# КЛАССИФИКАЦИЯ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

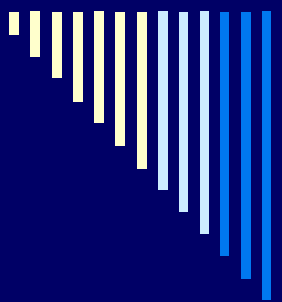
## I. По агрегатному состоянию фаз

Агрегатное состояние дисперсионной среды	Тип системы	Агрегатное состояние дисперсной фазы	Условное обозначение системы	Примеры систем
Газ	Аэрозоль	Газ Жидкость Твердое тело	Г / Г Ж / Г Т / Г	Отсутствует Туман, облака Дым, пыль, порошки
Жидкость	Лиозоль	Газ Жидкость Твердое тело	Г / Ж Ж <sub>1</sub> / Ж <sub>2</sub> Т / Ж	Пена Эмульсии Взвеси, суспензии
Твердое тело	Твердый золь	Газ Жидкость Твердое тело	Г / Т Ж / Т Т <sub>1</sub> / Т <sub>2</sub>	Пемза, хлеб Почва, грунт Минералы, сплавы

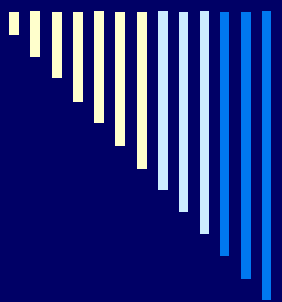


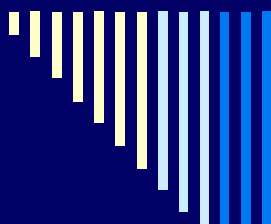






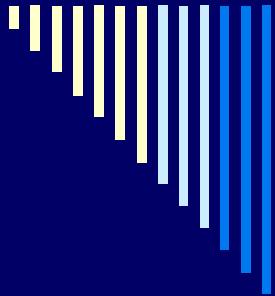






## II. По степени дисперсности дисперсной фазы

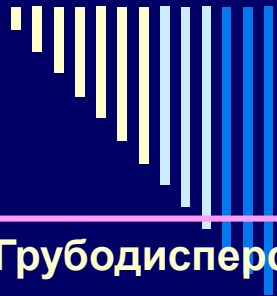
Тип системы	Размер частиц дисперсной фазы, м
Грубодисперсные системы	$\gg 10^{-7}$ $\gg (>100 \text{ нм})$
Коллоидно-дисперсные системы	$\gg \approx 10^{-9} < > 10^{-7}$ $\gg (1 - 100 \text{ нм})$
Истинные растворы	$\gg 10^{-9}$ $\gg (<1 \text{ нм})$



### III. По кинетическим свойствам дисперсной фазы

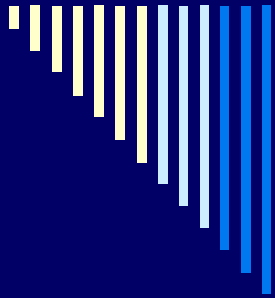
Свободнодисперсные системы (лиозоли, аэрозоли).

Связнодисперсные системы  
(концентрированные аэрозоли,  
концентрированные суспензии).



## Свойства систем различной степени дисперсности

Грубодисперсные системы	Коллоидно-дисперсные системы	Истинные растворы
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Гетерогенные</li><li>■ Термодинамически неустойчивые</li><li>■ Стареют со временем</li><li>■ Частицы не проходят через бумажный фильтр</li><li>■ Частицы не проходят через ультрафильтры (мембраны)</li><li>■ Отражают свет, поэтому непрозрачны</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Гетерогенные</li><li>■ Термодинамически неустойчивые</li><li>■ Стареют со временем</li><li>■ Частицы проходят через бумажный фильтр</li><li>■ Частицы не проходят через ультрафильтры (мембраны)</li><li>■ Прозрачные, но рассеивают свет, поэтому опалесцирующие</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Гомогенные</li><li>■ Термодинамически устойчивые</li><li>■ Не стареют</li><li>■ Частицы проходят через бумажный фильтр</li><li>■ Частицы проходят через ультрафильтры (мембраны)</li><li>■ Прозрачные</li></ul>



## МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ:

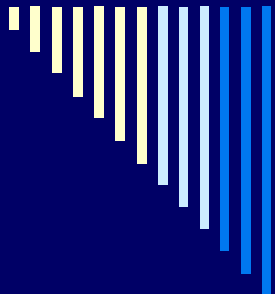
### *1. Методы диспергирования:*

**а** - механическое дробление

**б** - дробление ультразвуком

**в** - электрический метод

**г** - метод пептизации



## 2. Методы конденсации:

**а** - метод замены растворителя

**б** - метод конденсации паров

**в** - химический метод:

реакции восстановления ( $\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2 \longrightarrow 2\text{Ag} + \text{H}_2\text{O}$ )

реакции окисления ( $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \longrightarrow 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ )

реакции гидролиза ( $\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl}$ )

реакции обмена ( $\text{CuCl}_2 + \text{Na}_2\text{S} \longrightarrow \text{CuS} + 2\text{NaCl}$ )

# МЕТОДЫ ОЧИСТКИ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ:

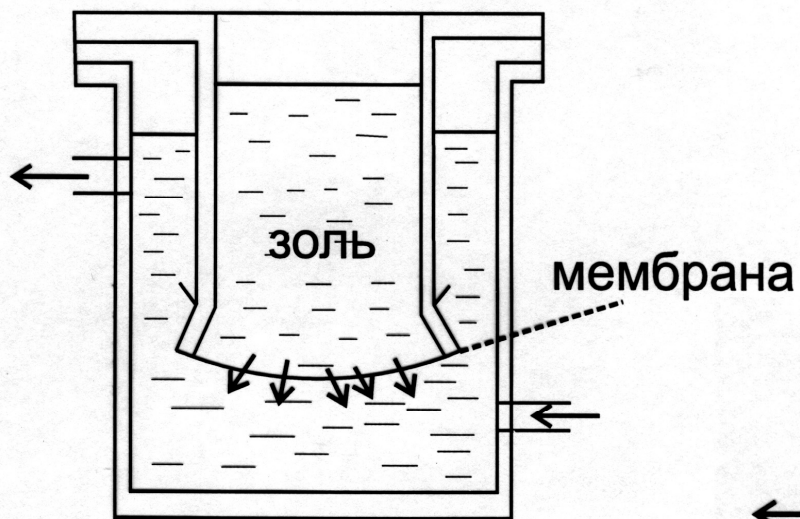


Схема диализатора

← Диализ

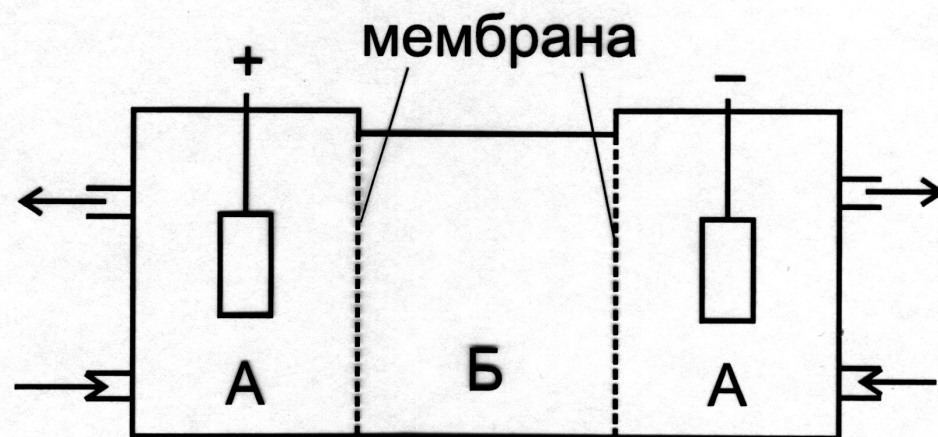
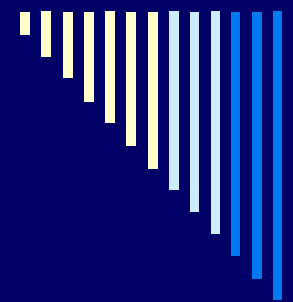


Схема электродиализатора

→  
Электродиализ



# Ультрафилтрация

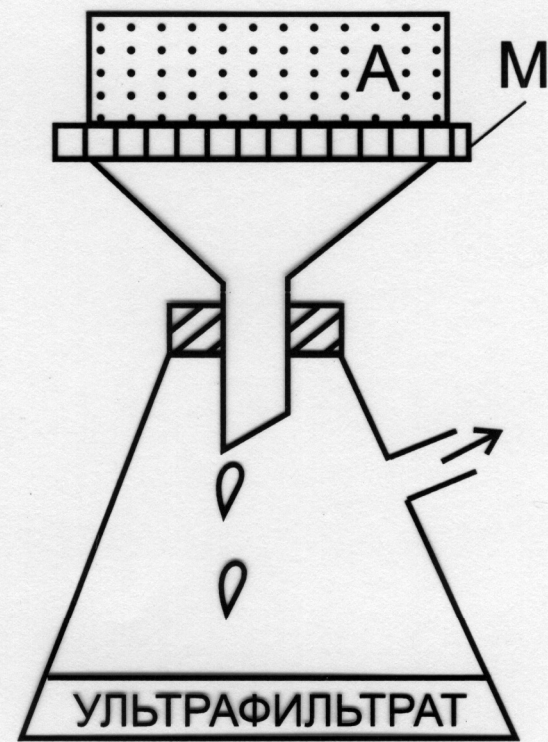
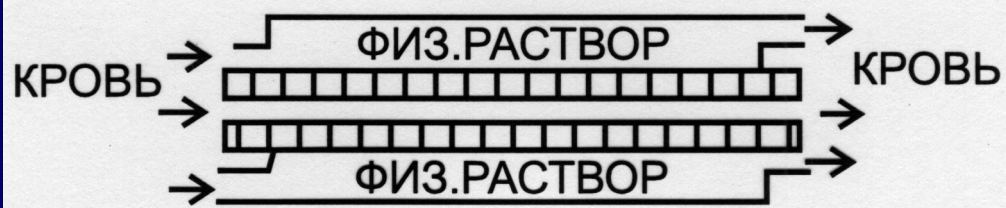
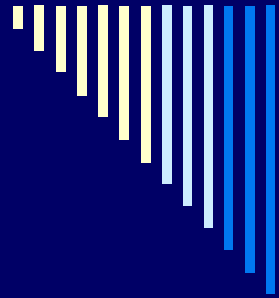


СХЕМА УСТАНОВКИ ДЛЯ  
УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ





**МИЦЕЛЛА** - это отдельная частица дисперсной фазы коллоидного раствора с жидкой дисперсионной средой. (Лат, Misa - крошка, крупинка).

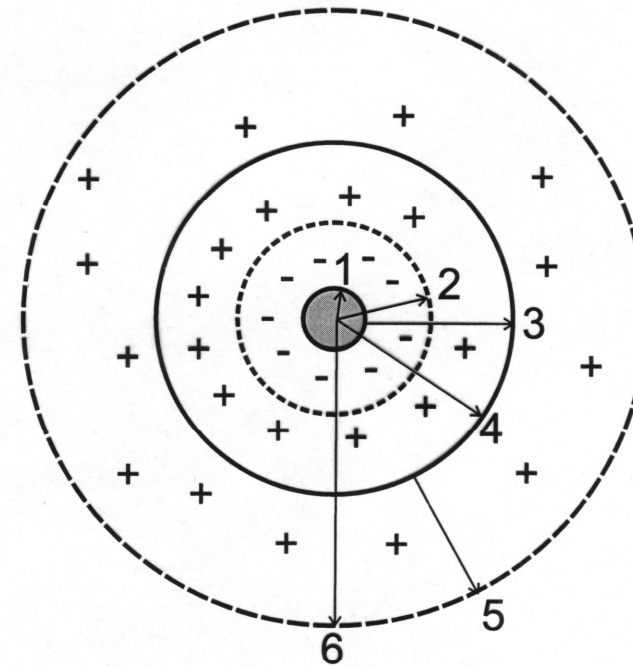
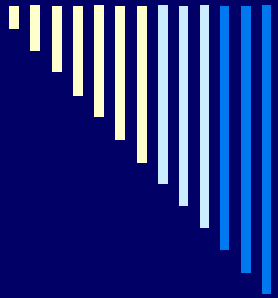


Схема строения мицеллы:  
1 - агрегат; 2 - ядро; 3 - адсорбиционный слой;  
4 - гранула; 5 - диффузный слой; 6 - мицелла

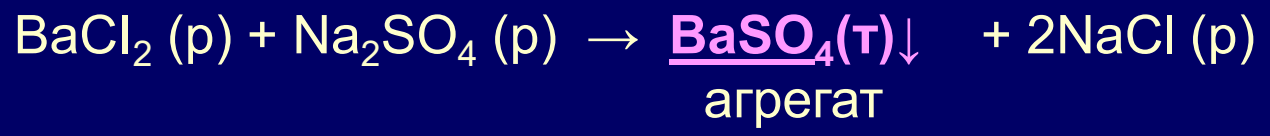
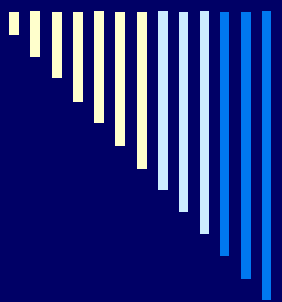
### **Правило ПАНЕТТА-ФАЯНСА:**

кристаллическую решетку ядра достраивает тот ион, который находится в растворе в избытке и содержится в агрегате, или родственен ему.



## **Условия получения золя:**

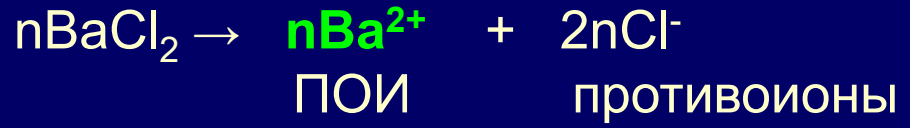
- 1. плохая растворимость Д.Ф. в Д.С., т.е. наличие границы раздела фаз;**
- 2. размер частиц  $10^{-7}$  -  $10^{-9}$  м (1-100 нм);**
- 3. наличие иона стабилизатора, который, сорбируясь на ядре, препятствует слипанию частиц (ион-стабилизатор определяется правилом Панетта-Фаянса)**



I случай:

Электролит - стабилизатор:

BaCl<sub>2</sub> взят в избытке n моль:



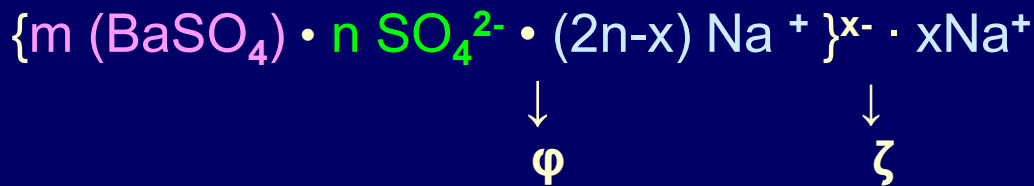
$$\varphi \approx 1\text{В}; \quad \zeta \approx 10\% \varphi$$



II случай:

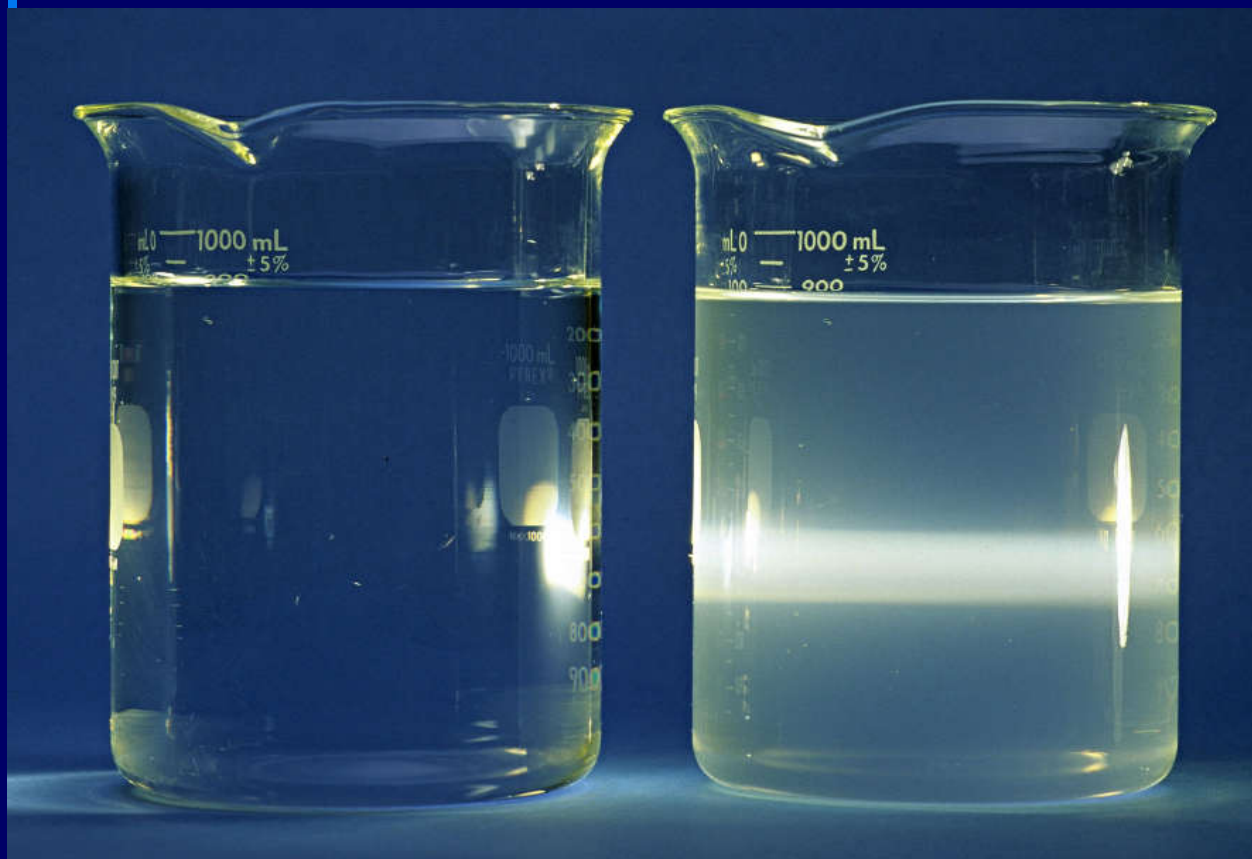
Электролит - стабилизатор

$\text{Na}_2\text{SO}_4$  взят в избытке  $n$  моль;



Состояние гранулы, когда все ионы диффузного слоя переходят в адсорбционный и  $\zeta = 0$  - называется ***изоэлектрическим***.

# Эффект Тиндалля





---

# Устойчивость коллоидных растворов

I. Седиментационная устойчивость -  
способность дисперсной системы  
противостоять оседанию частиц.

Критерии:

1. броуновское движение
  2. степень дисперсности
  3. вязкость дисперсионной среды
  4. температура
  5. средняя масса коллоидной частицы
-



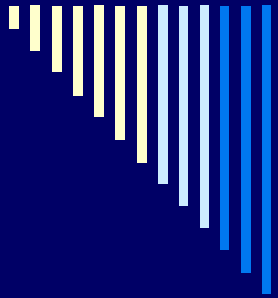
---

## II. Агрегативная устойчивость -

способность частиц дисперсной фазы противостоять слипанию частиц.

**Критерии:**

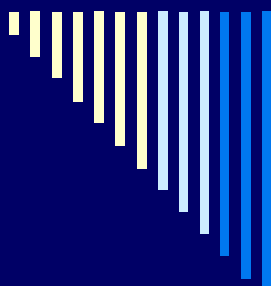
1. ионная оболочка, т.е. наличие двойного электрического слоя (ДЭС)
  2. толщина диффузного слоя противоионов
  3. сольватная (гидратная) оболочка растворителя вокруг ионов диффузного слоя
  4. температура
-



## **Факторы устойчивости коллоидных растворов:**

- 1. - величина электротермодинамического потенциала коллоидной частицы ( $\phi$ )**
- 2. - толщина диффузного слоя**
- 3. - величина заряда частицы (гранулы)**
- 4. - величина  $\zeta$ - потенциала**



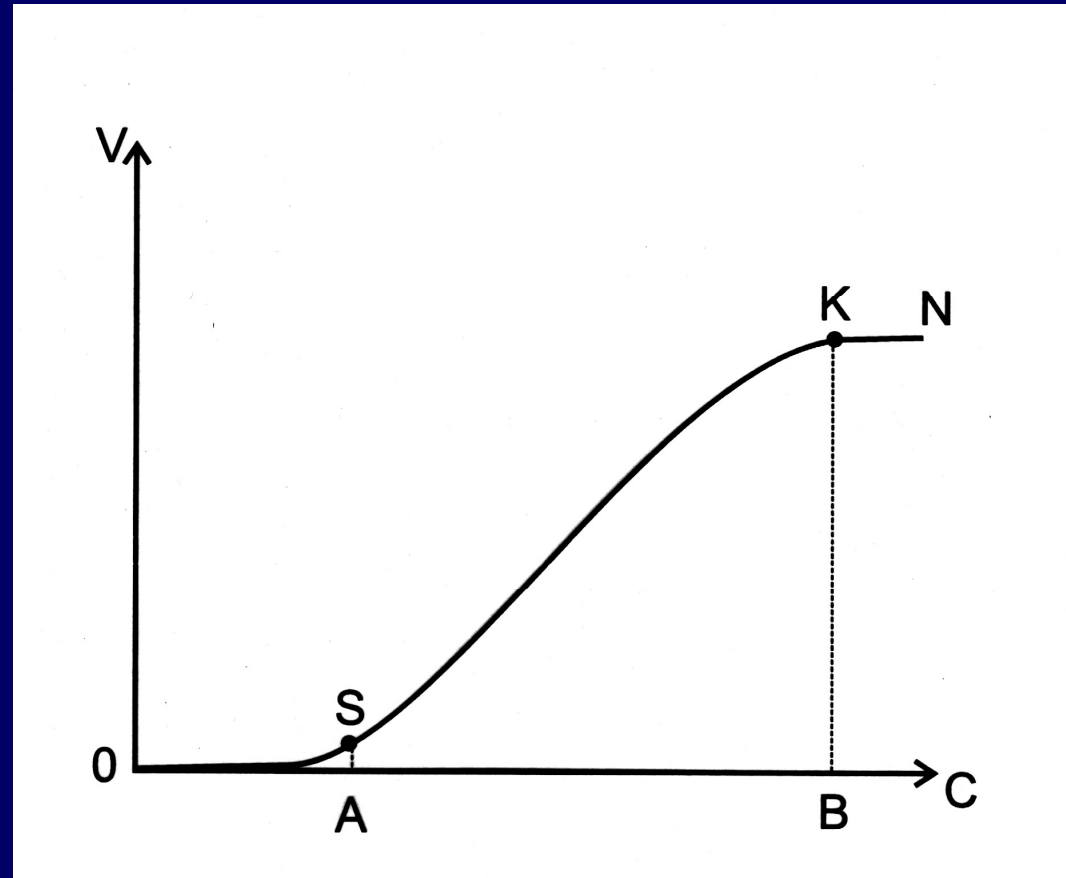
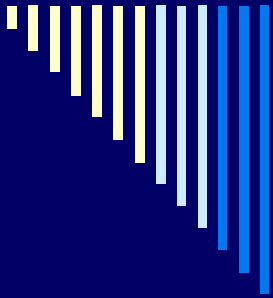


---

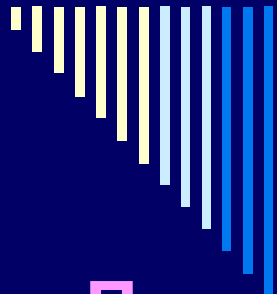
**КОАГУЛЯЦИЯ** - процесс укрупнения частиц дисперсной фазы золя с последующим выпадением в осадок.

**Факторы, вызывающие коагуляцию:**

1. изменение температуры
  2. увеличение концентрации золя
  3. действие света
  4. облучение
  5. добавление электролитов
-



**Зависимость скорости коагуляции  
от концентрации электролита**



**Порог коагуляции** - наименьшее количество электролита, которое вызывает коагуляцию 1 литра золя

$$\gamma = (C \cdot V) / V_0$$

$\gamma$  - порог коагуляции, моль/л;

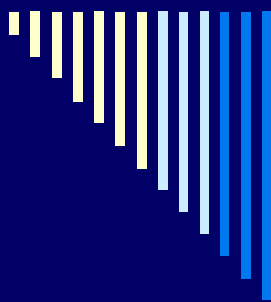
$C$  - концентрация электролита, моль/л;

$V$  - объем раствора электролита, л;

$V_0$  - объем золя, л.

$(1 / \gamma)$  - коагулирующая способность электролита

---



**Правило Шульца-Гарди: Для разновалентных ионов их коагулирующее действие прямо пропорционально зарядам ионов в шестой степени**

гранула (-)

$$1/\gamma (\text{Al}^{+3}) : 1/\gamma (\text{Ca}^{+2}) : 1/\gamma (\text{Na}^{+1}) \approx 3^6 : 2^6 : 1^6 \approx 730 : 64 : 1$$

$$\gamma (\text{Al}^{+3}) : \gamma (\text{Ca}^{+2}) : \gamma (\text{Na}^{+1}) \approx 1/3^6 : 1/2^6 : 1/1^6$$

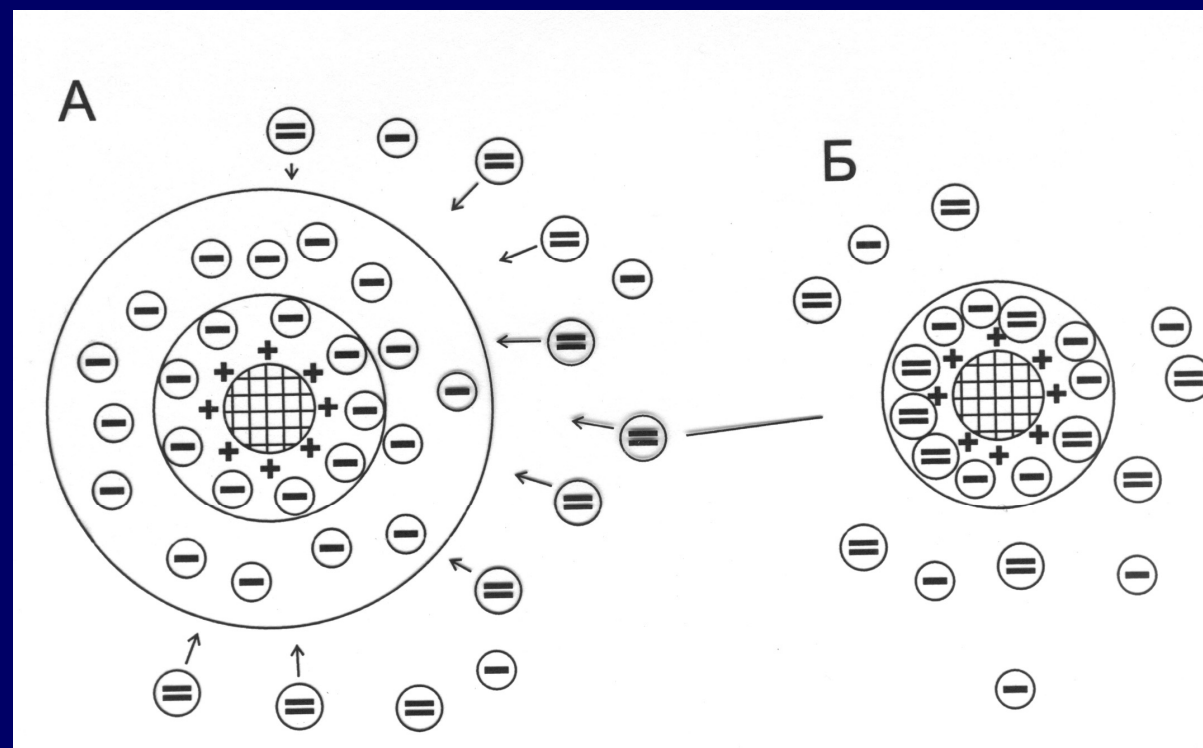
гранула (+)

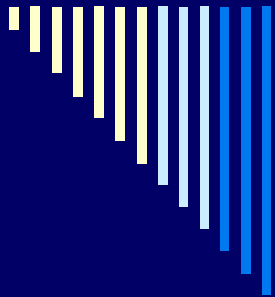
$$1/\gamma (\text{PO}_4^{-3}) : 1/\gamma (\text{SO}_4^{-2}) : 1/\gamma (\text{Cl}^{-1}) \approx 3^6 : 2^6 : 1^6 \approx 730 : 64 : 1$$

$$\gamma (\text{PO}_4^{-3}) : \gamma (\text{SO}_4^{-2}) : \gamma (\text{Cl}^{-1}) \approx 1/3^6 : 1/2^6 : 1/1^6$$

**Снятие заряда с коллоидной частицы при добавлении электролита с двухзарядными анионами:**

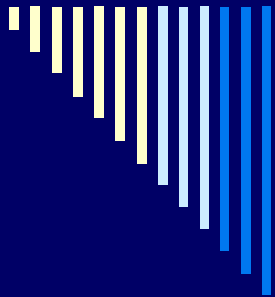
А - до начала коагуляции гранула заряжена положительно;  
Б - гранула стала электронейтральной, коагуляция протекает с максимальной скоростью





## **Механизм коагуляции зелей электролитами:**

- 1. сжатие ионной оболочки мицеллы (под действием ионов-коагулянтов данного электролита)**
- 2. уменьшение толщины диффузного слоя.**
- 3. понижение заряда гранулы (частицы), т.е. уменьшение  $\zeta$  потенциала.**



---

**Защитное число - это число мг сухого  
ВМС, защищающего 10 мл золя от  
коагуляции при добавлении к нему 1 мл  
10% раствора NaCl.**

---



# Белок - полиэлектролит

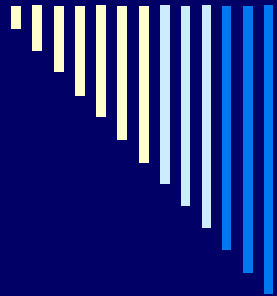
□ Депротонирование: при  $\uparrow$  pH



□ Протонирование: при  $\downarrow$  pH

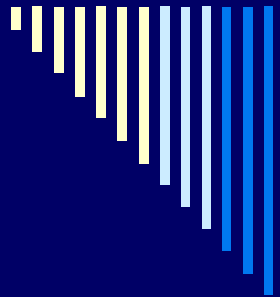






## Общий заряд белка определяется:

- аминокислотным составом (учитываются карбоксильные группы, аминогруппы, а также другие функциональные группы, способные к протонированию и депротонированию)
- pH раствора
- третичной и четвертичной структурой белка



# Как определить заряд белка?

$\text{pH} > \text{ИЭТ}$	отрицательный заряд	$(-\text{COO}^-)$
$\text{pH} = \text{ИЭТ}$	заряд отсутствует	
$\text{pH} < \text{ИЭТ}$	положительный заряд	$(-\text{NH}_3^+)$

Чем больше разность между  $\text{pH}$  и ИЭТ, тем больше (по модулю) заряд белка

---



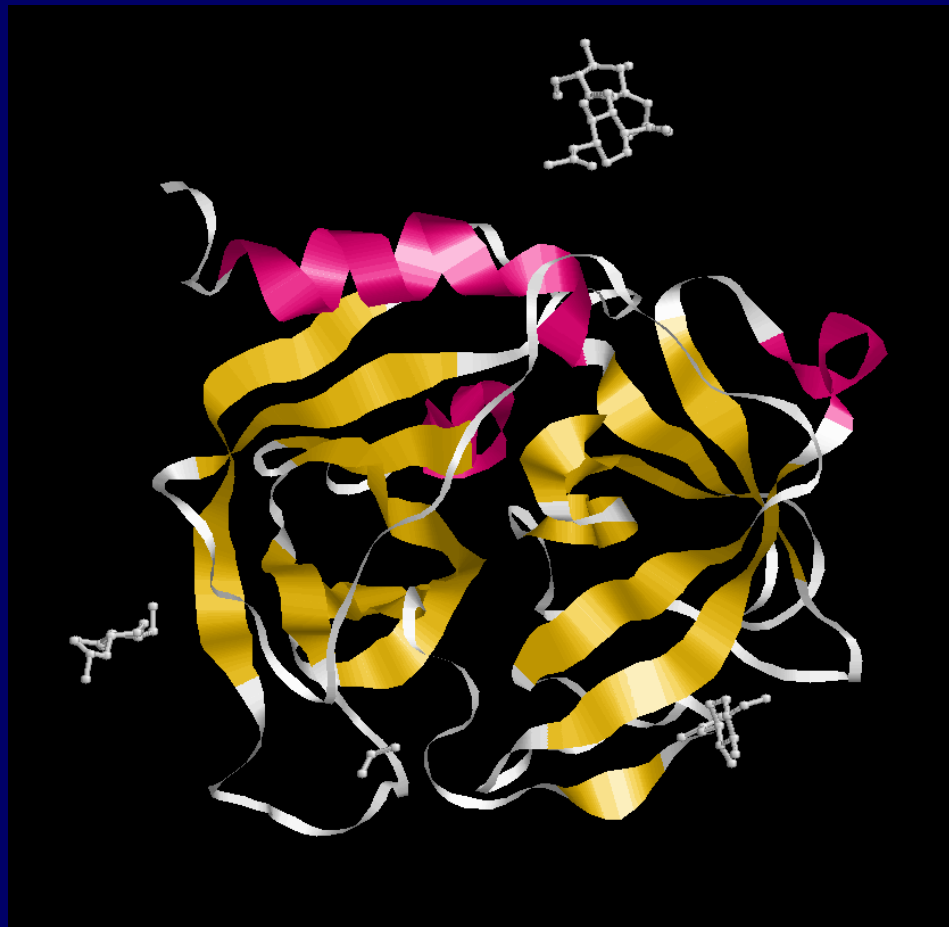
# Как выглядит белок?



---



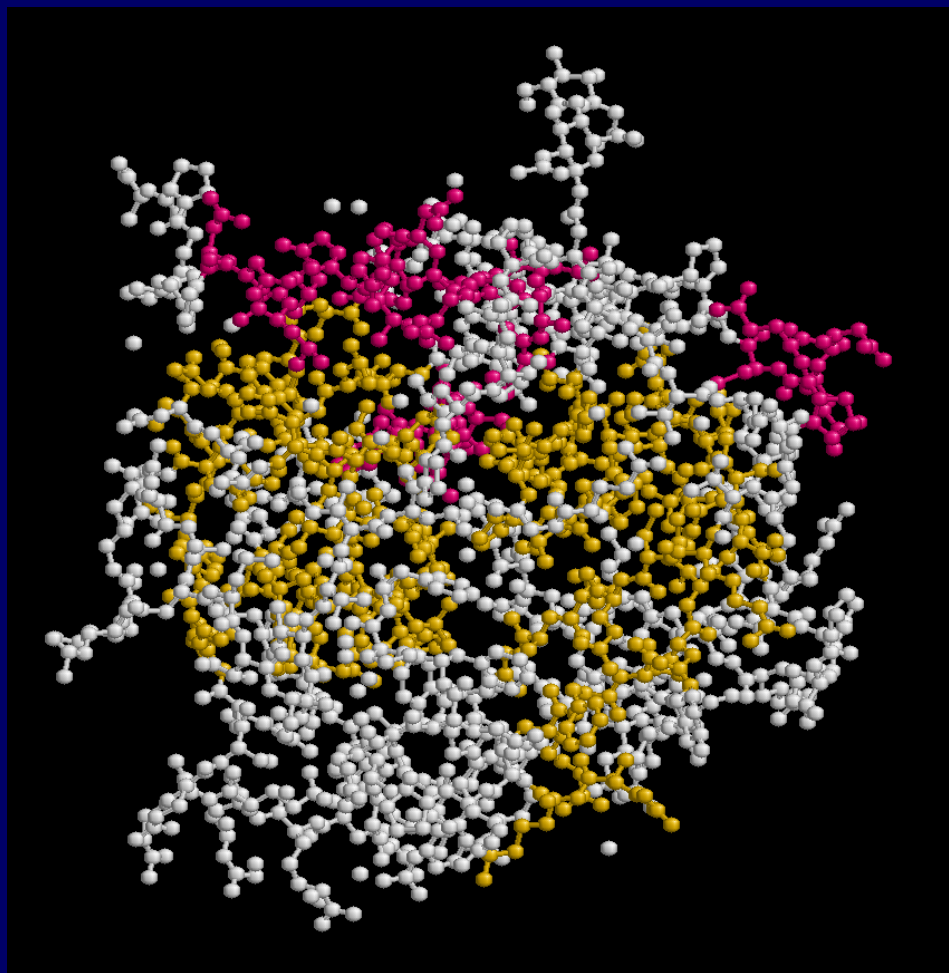
# Вторичная структура



---



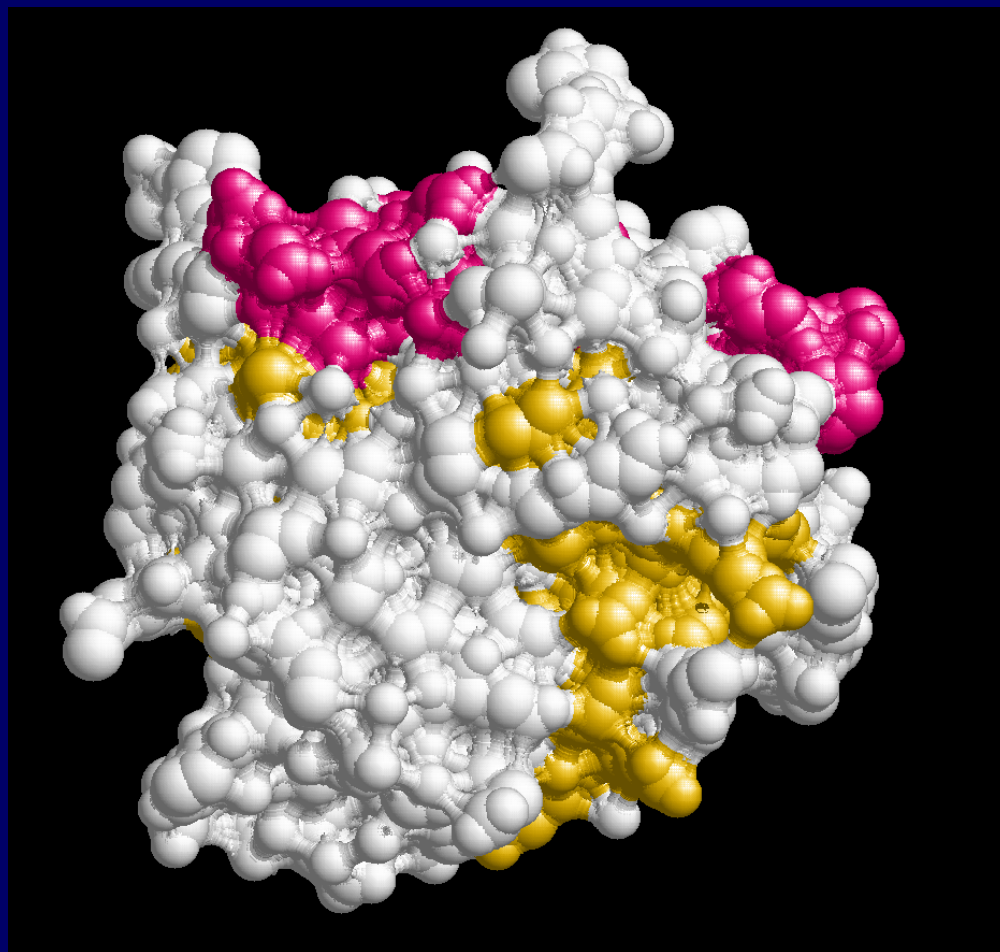
Каждый атом, кроме водорода

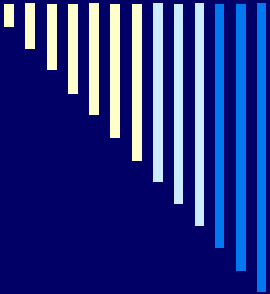


---



# Поверхность молекулы





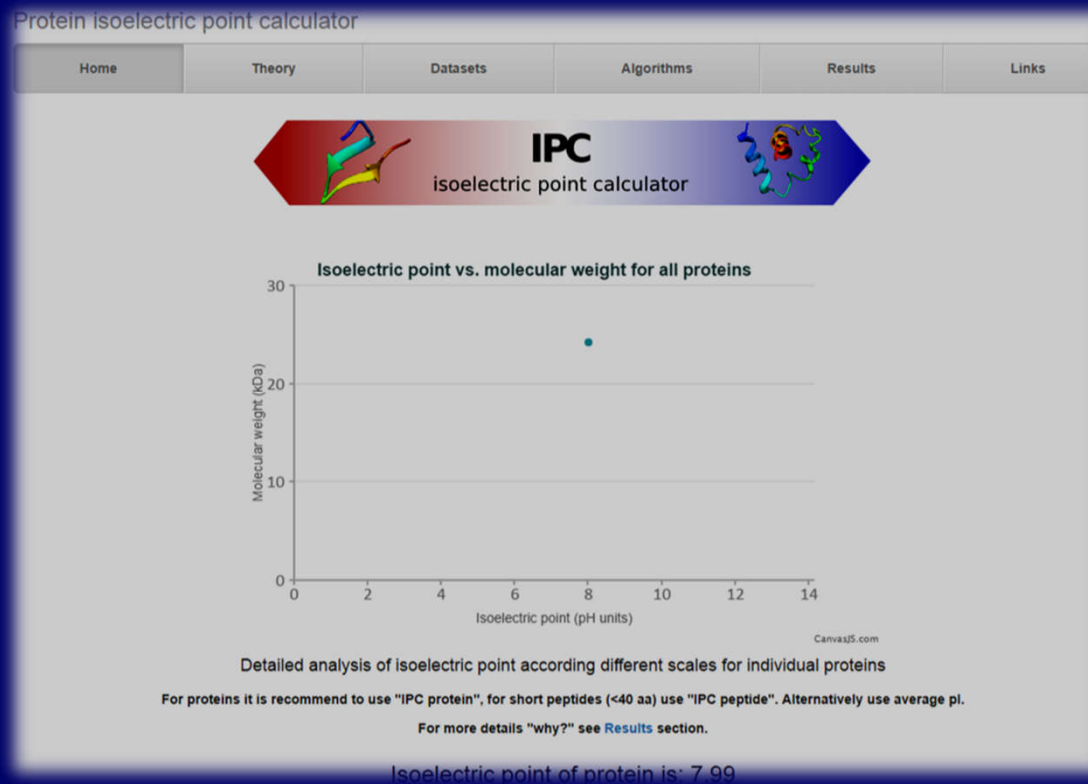
---

# ИЭТ можно рассчитать по аминокислотной последовательности

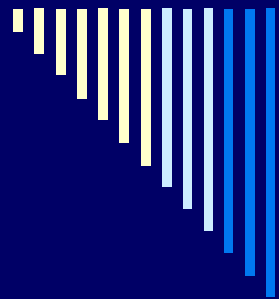
```
>1FY1 :A | PDBID | CHAIN | SEQUENCE  
IVGGRKARPRQFPFLASIQNQGSHCEGGALIHARFVMTAASCFQSQ  
NPGVSTVVLGAYDLRRRERQSRQTFSSISMSSENGYDPQQNLNDLML  
LQLDREANLTSSVTILPLPLQNATVEAGTRCQVAGWGSQRSGGRLS  
RFPRFVNVTVTPEDQCRPNNVCTGVLTRRGGICNGDGGTPLVCEGL  
AHGVASFSLGPCGRGPDDFFTRVALFRDWIDGVLNNPGPGA
```

---

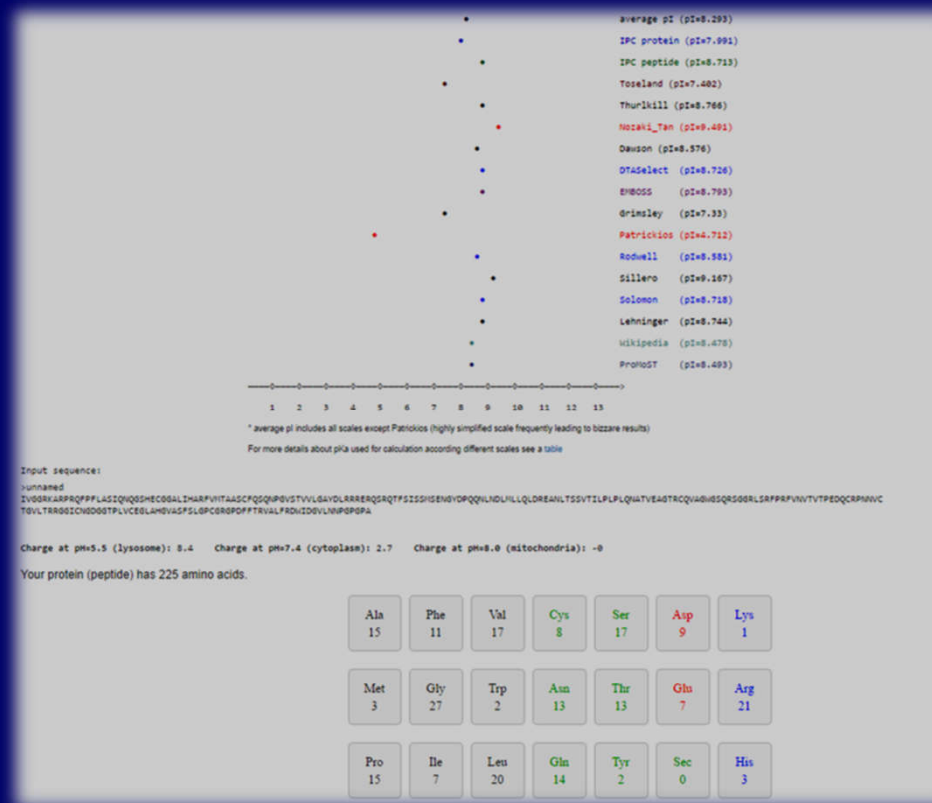
# Protein isoelectric point calculator





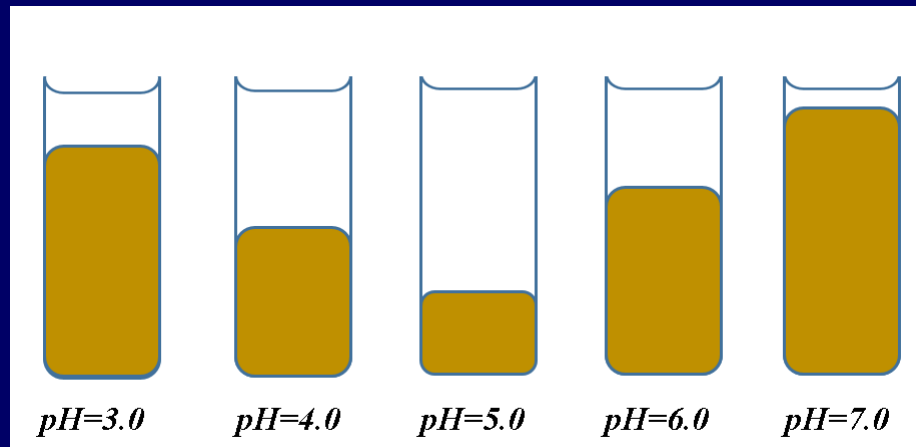


# По разным шкалам рК результаты расчёта отличаются



## Если $pH = IЭТ$ :

- Растворимость наименьшая
- Скорость застудневания наибольшая
- Электрофоретическая подвижность отсутствует
- Порог высаливания наименьший





---

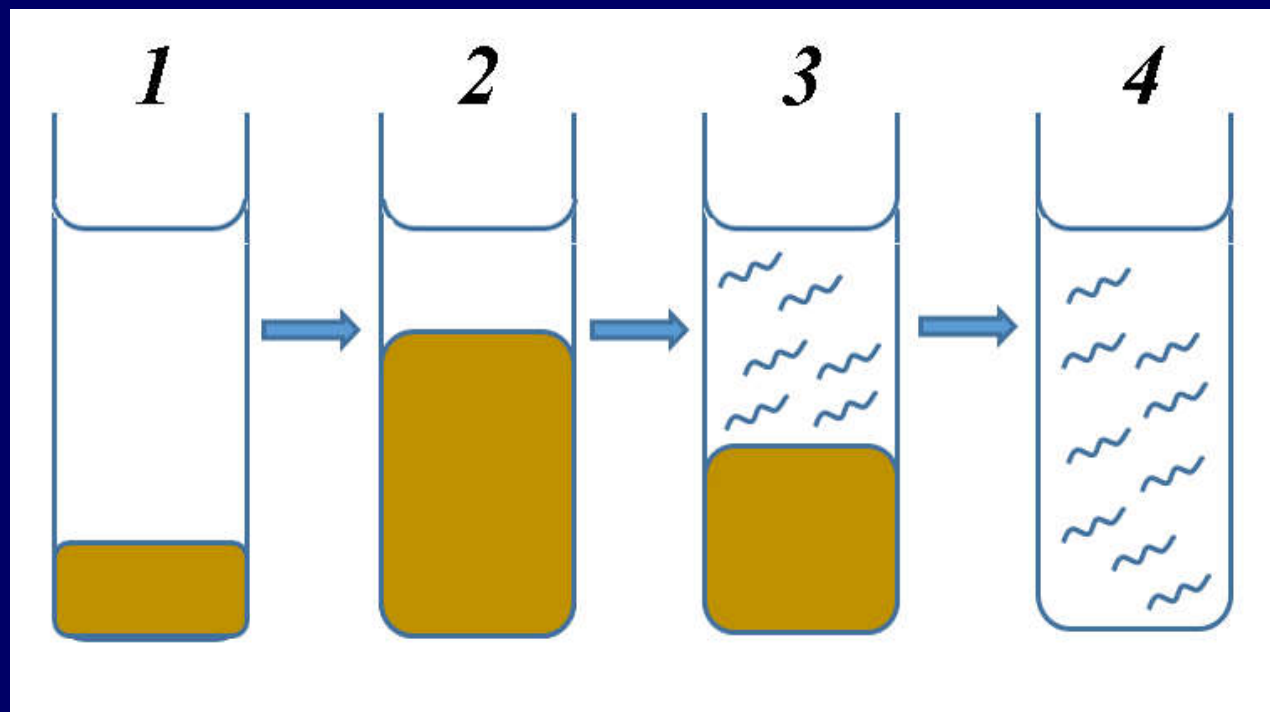
## Растворение белков:

- Ограниченное набухание
- Неограниченное набухание

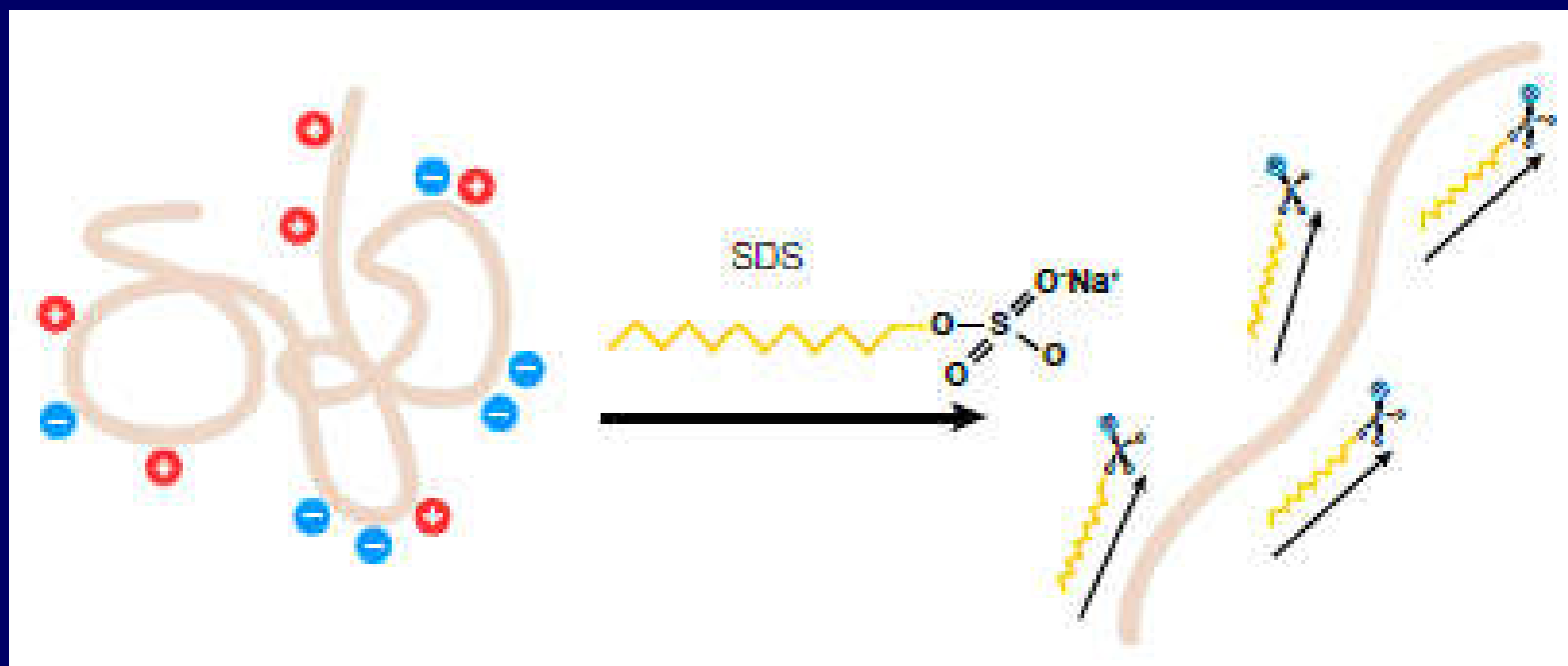
## Обратный процесс:

- Застудневание
  - Выпадение в осадок
-

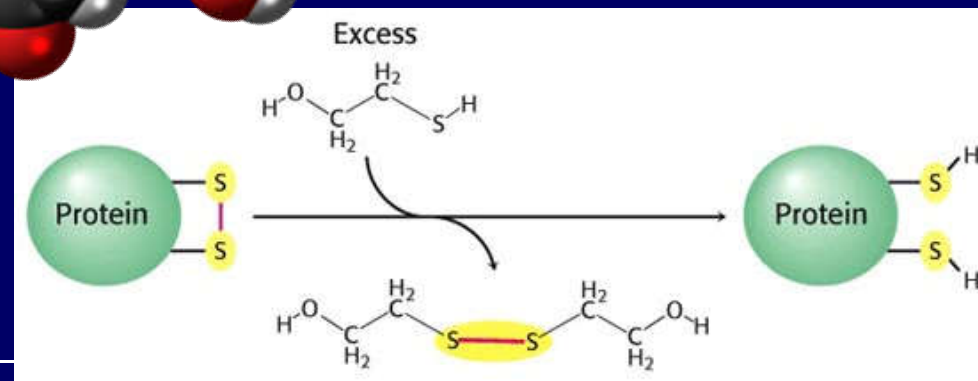
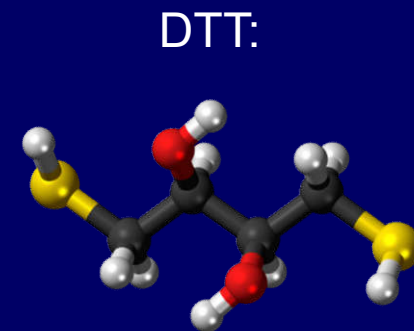
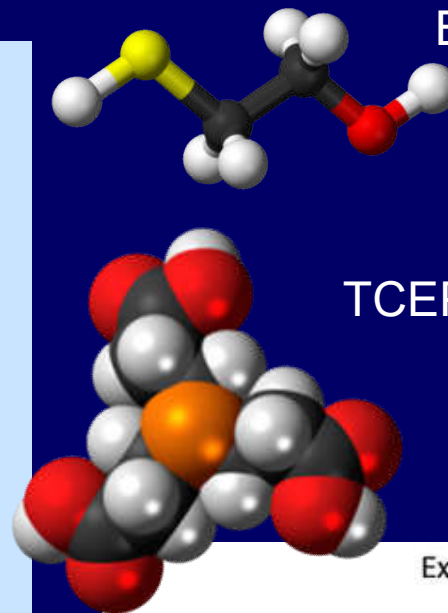
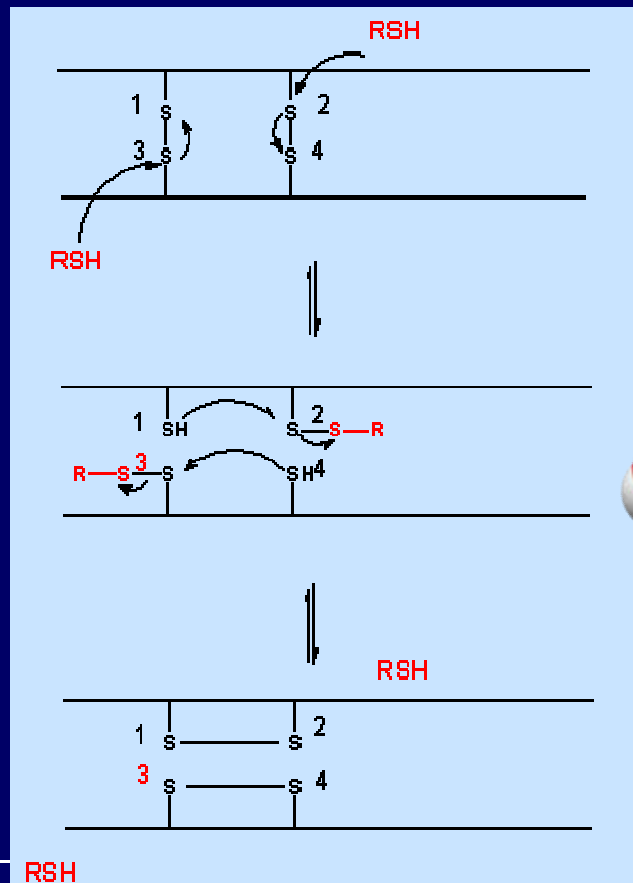
# Растворение белков



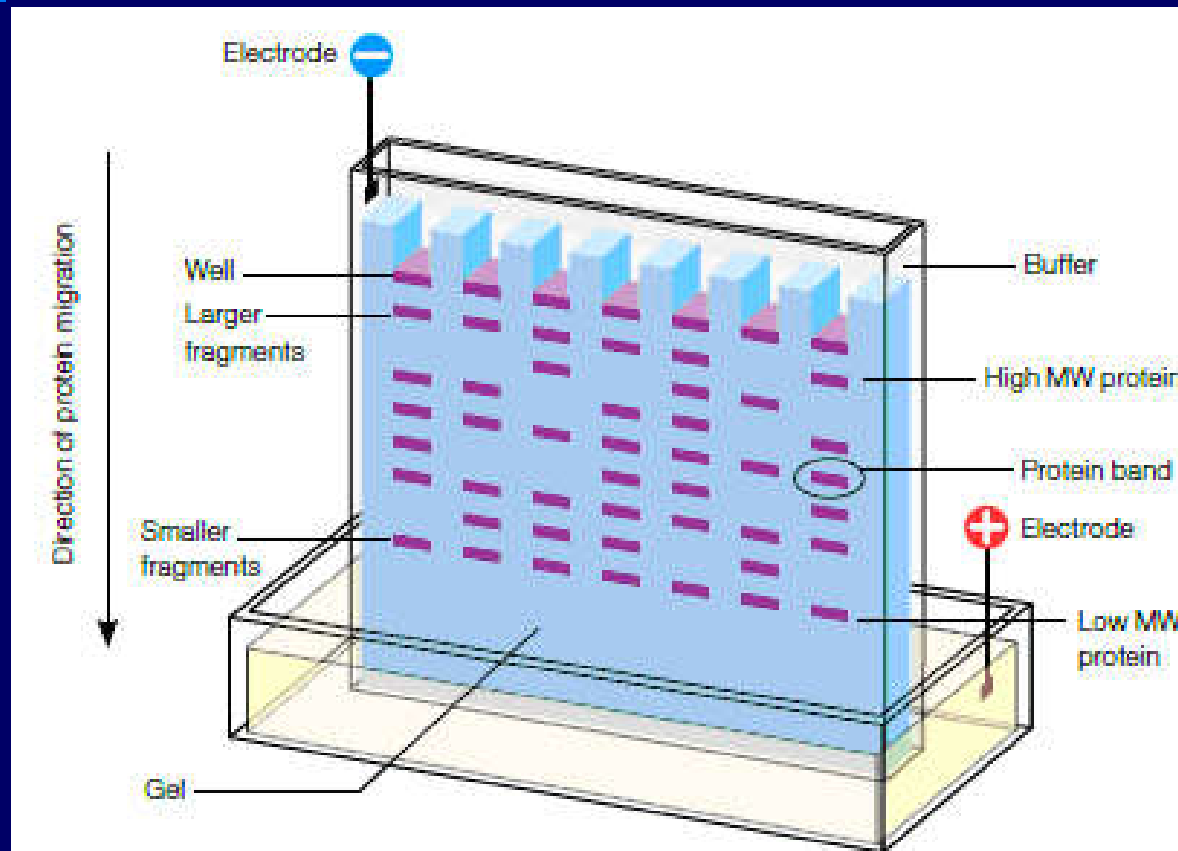
# Электрофорез с SDS



# Восстановление дисульфидных связей



# Электрофорез в полиакриламидном геле



# Электрофорез с SDS: разделение по массе

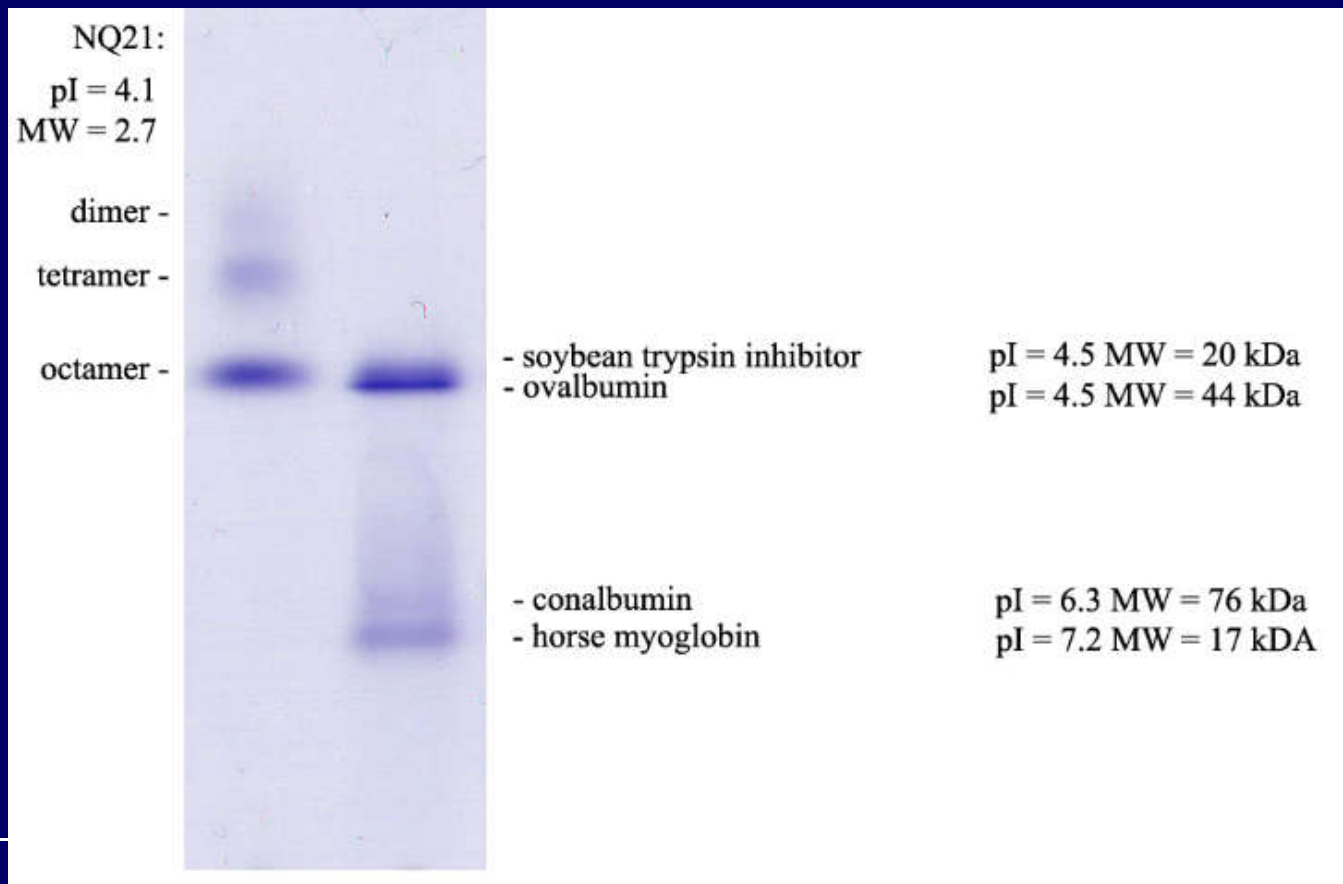
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

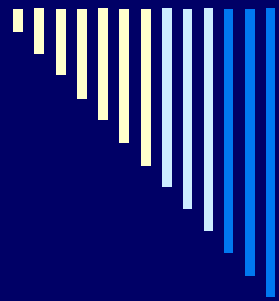
— - 200 кДа  
— - 150 кДа  
— - 120 кДа  
— - 100 кДа  
— - 85 кДа  
  
— - 70 кДа  
— - 60 кДа  
  
— - 50 кДа



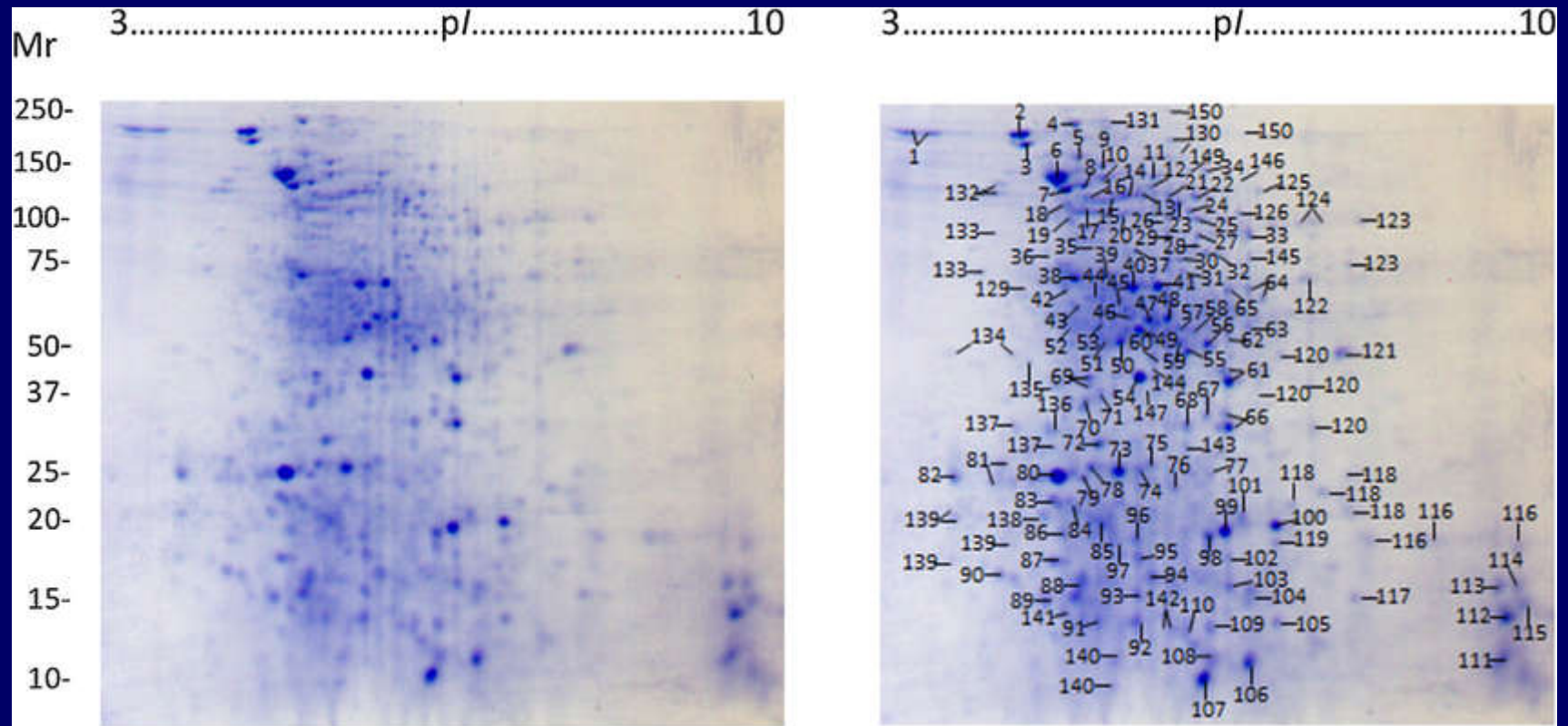


# Электрофорез без SDS: разделение по заряду и по массе (по одной оси)

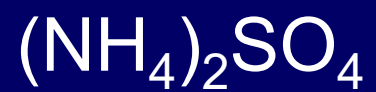
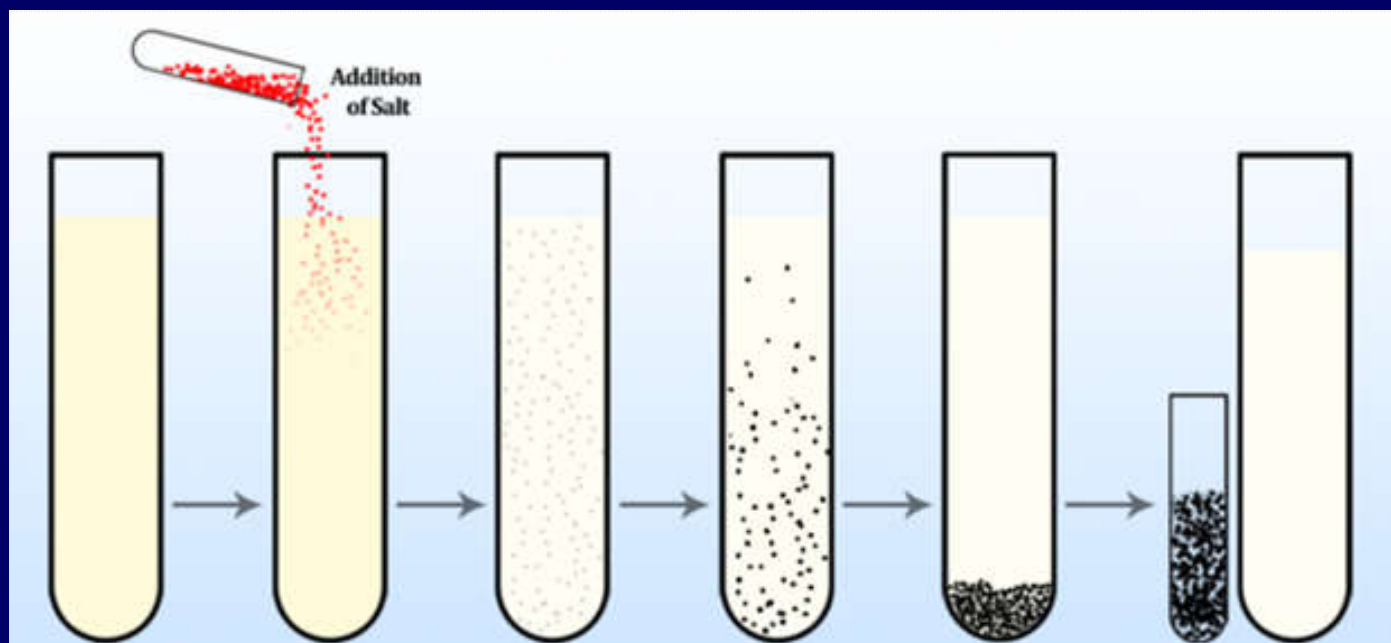




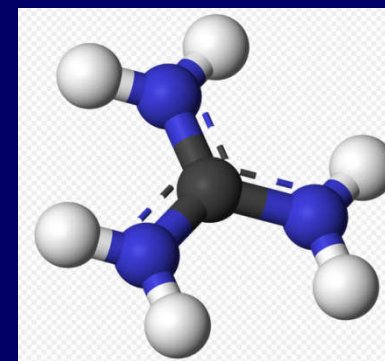
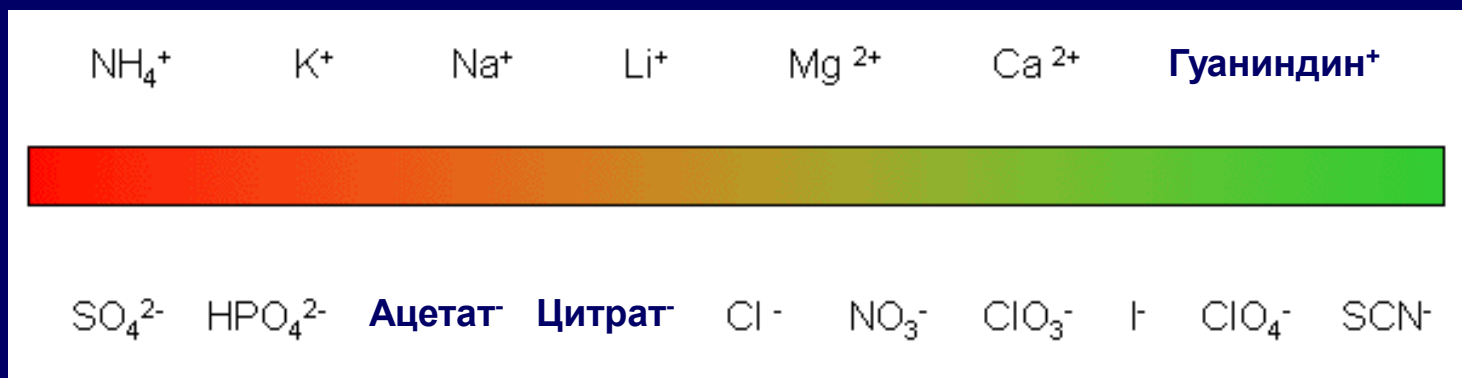
# 2D-электрофорез: разделение по заряду и по массе (по двум осям)



# Высаливание



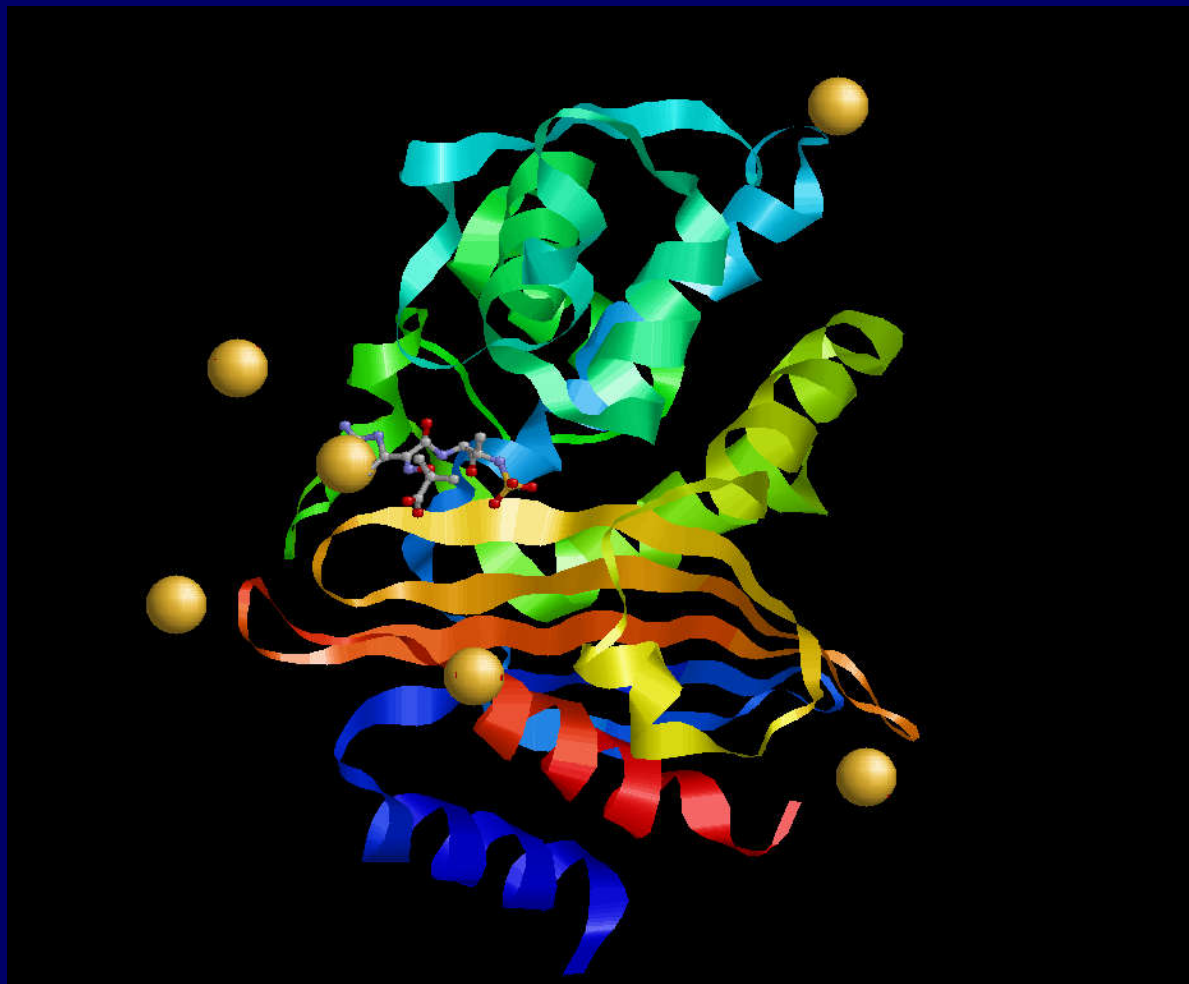
# Лиотропные серии ионов

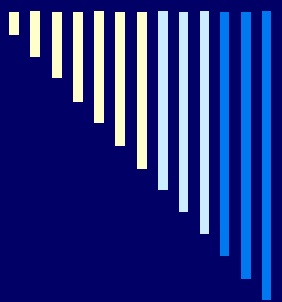


---



# Сульфат-ионы тоже могут связываться с белками





Спасибо за внимание!

