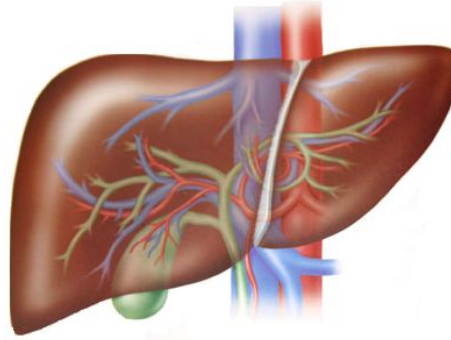


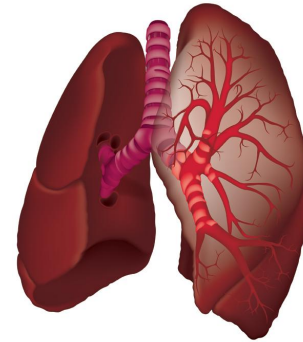
Содержание белков в животных и растительных тканях



18-23% (сух. 80%)



18-19%



14-15% (сух. 82%)



(сух. 28%)



1,2-3%



10-13%

Биологические свойства – функции белков

каталитическая

структурная

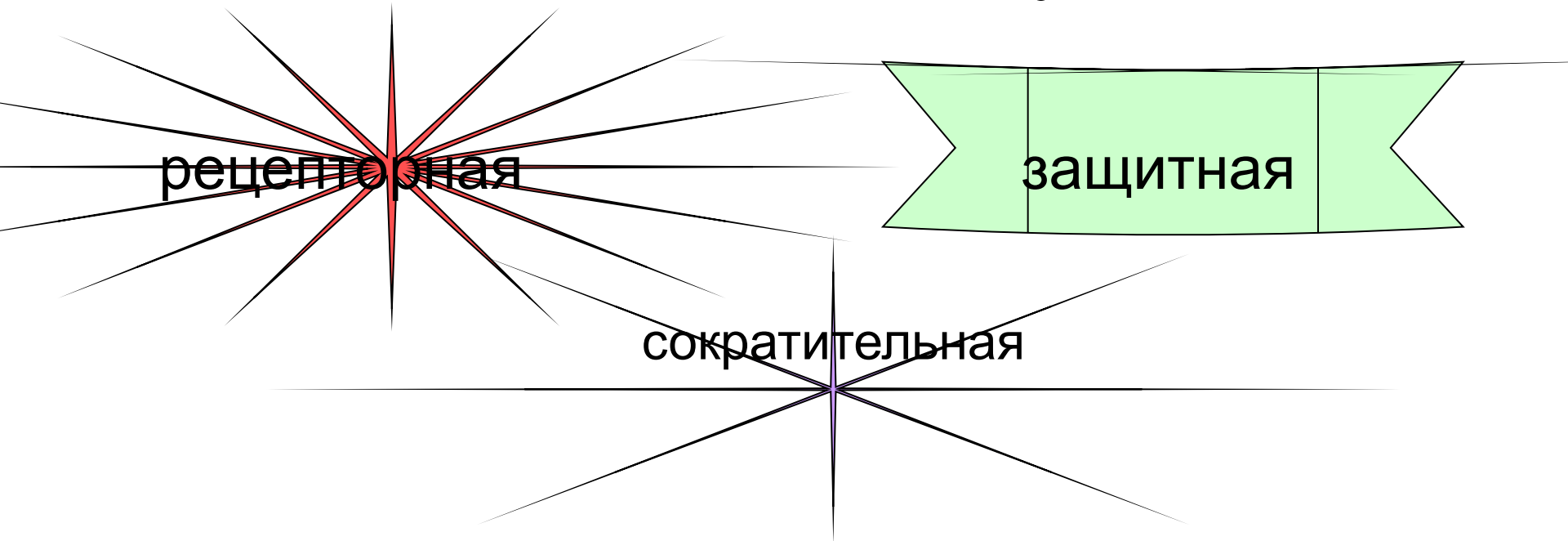
транспортная

регуляторная

рецепторная

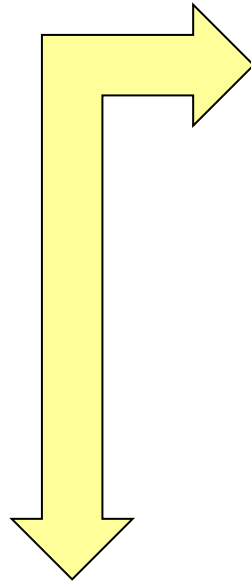
защитная

сократительная



Классификация белков

I. По строению



простые – **протеины**

Альбумины
Глобулины
Протамины
Гистоны
Глютелины
Проламины

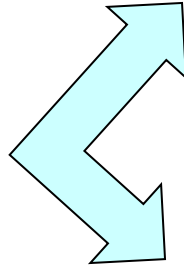
сложные – **протеиды**

белок + небелковый
компонент

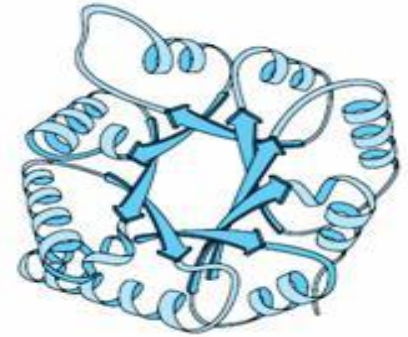
Нуклеопротеиды
Гликопротеиды
Липопротеиды
Фосфопротеиды
Хромопротеиды
Металлопротеиды

Классификация белков

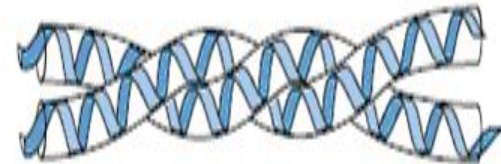
II. По форме белковой молекулы



глобулярные белки (> 1:10)



фибриллярные белки (<1:10)



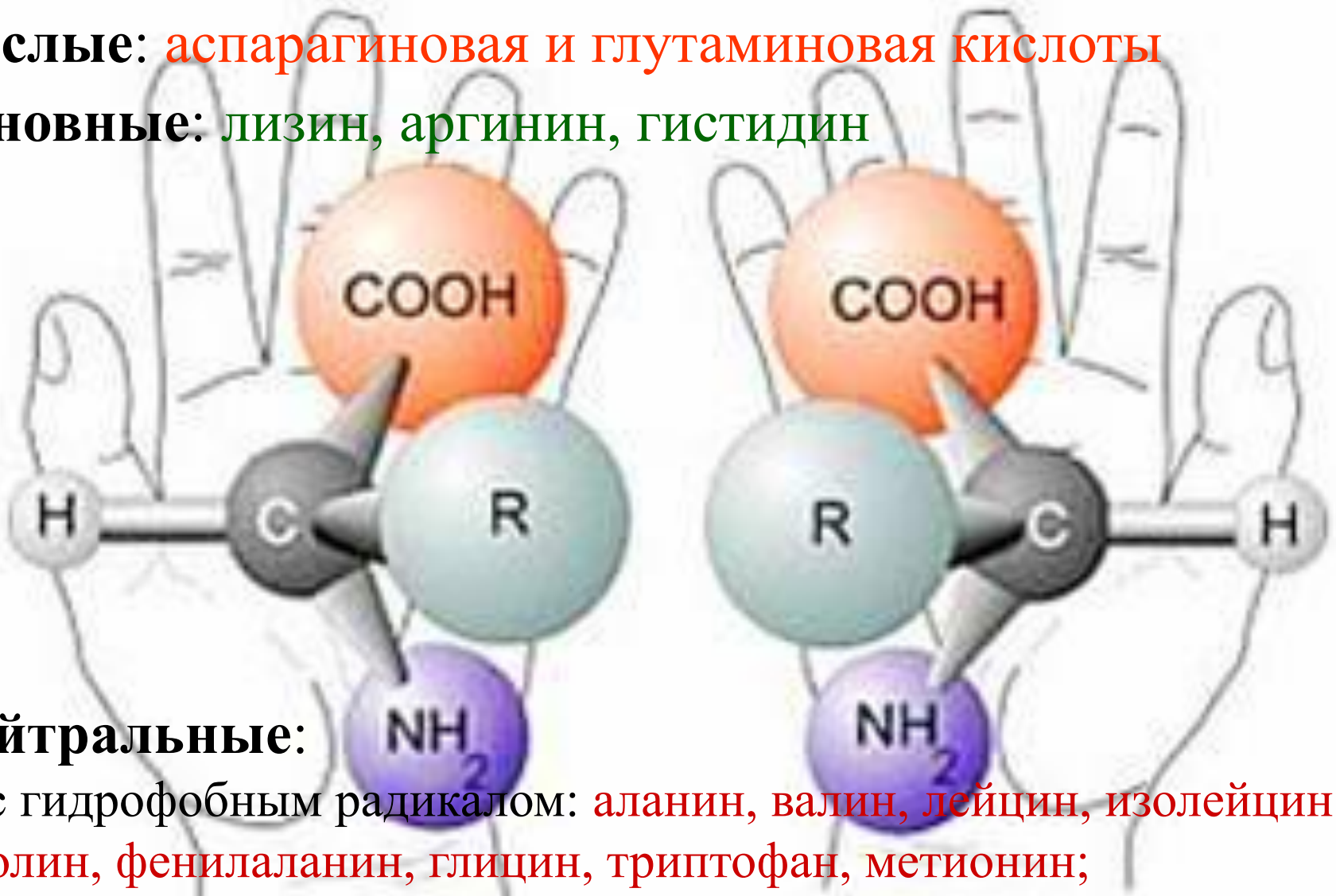
III. По функциональному признаку

Ферменты
Гормоны
Защитные
Резервные
Транспортные
Структурные
Сократительные

Классификация аминокислот

кислые: аспарагиновая и глутаминовая кислоты

основные: лизин, аргинин, гистидин



нейтральные:

а) с гидрофобным радикалом: аланин, валин, лейцин, изолейцин, пролин, фенилаланин, глицин, триптофан, метионин;

б) с гидрофильным радикалом: треонин, серин; тирозин, цистеин, аспарагин, глутамин.

Аминокислотный анализ белков

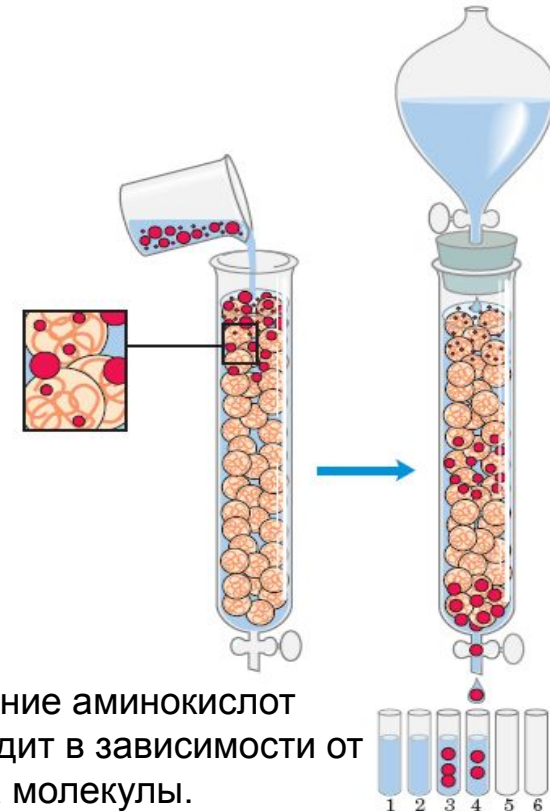
Задача: определить сколько и каких аминокислот входит в состав белка

1. Расщепление ППЦ на отдельные аминокислоты - **гидролиз**
2. Анализ смеси аминокислот

Кислый
Щелочной
Ферментативный

Электрофорез

Хроматография



Разделение аминокислот происходит в зависимости от размера молекулы.

Полипептидная теория строения белков

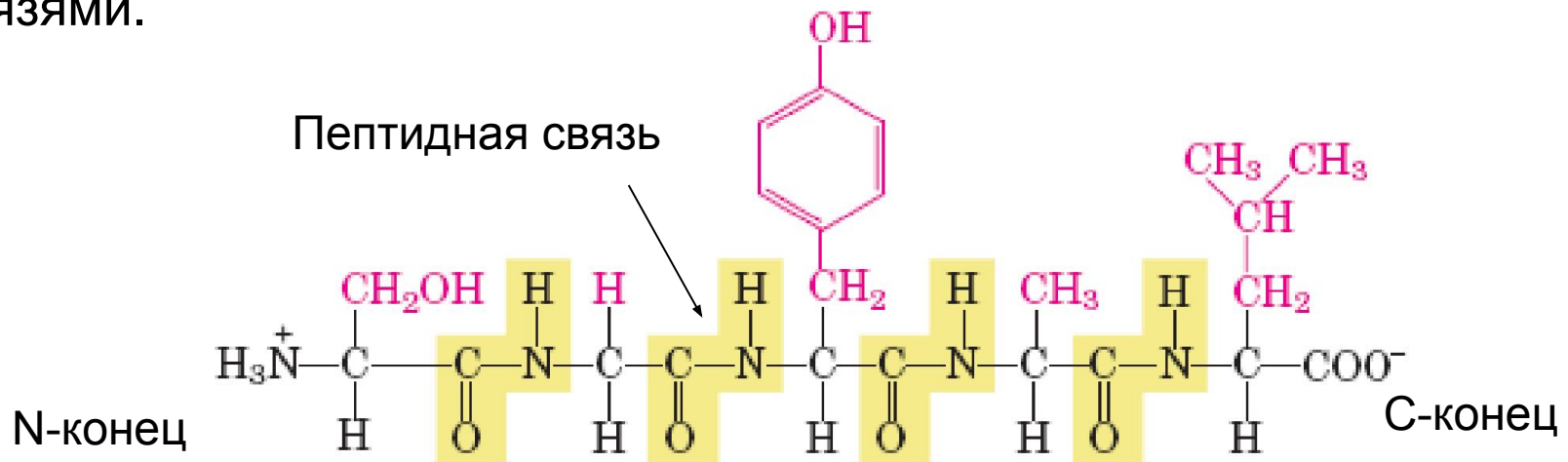


Александр Яковлевич
Данилевский



Эмиль Фишер

Белки состоят из аминокислот, соединенных между собой пептидными связями.



Уровни структурной организации белковых молекул

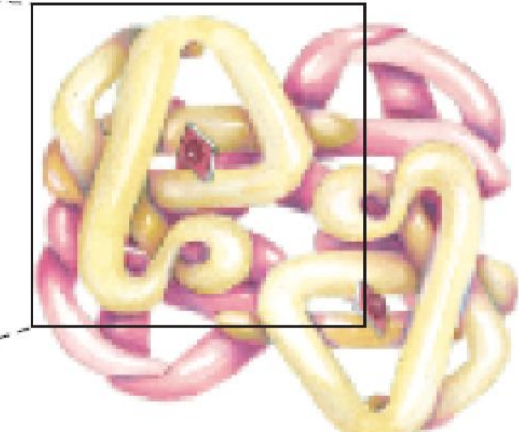
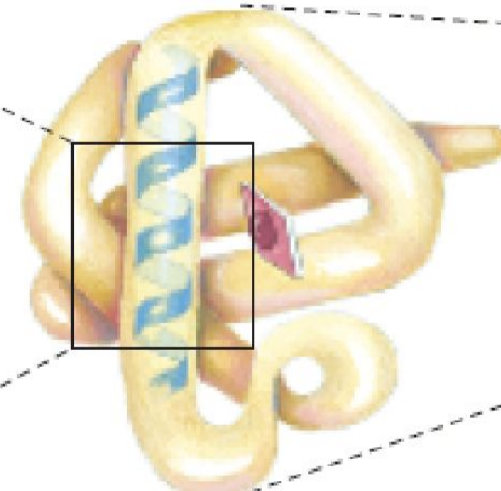
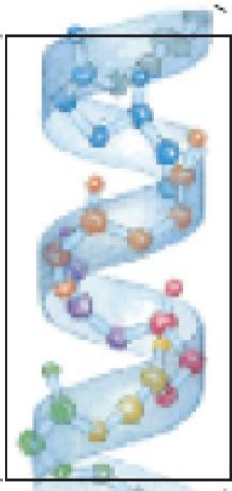
Первичная структура

Вторичная структура

Третичная структура

Четвертичная структура

Lys
Lys
Gly
Gly
Leu
Val
Ala
His



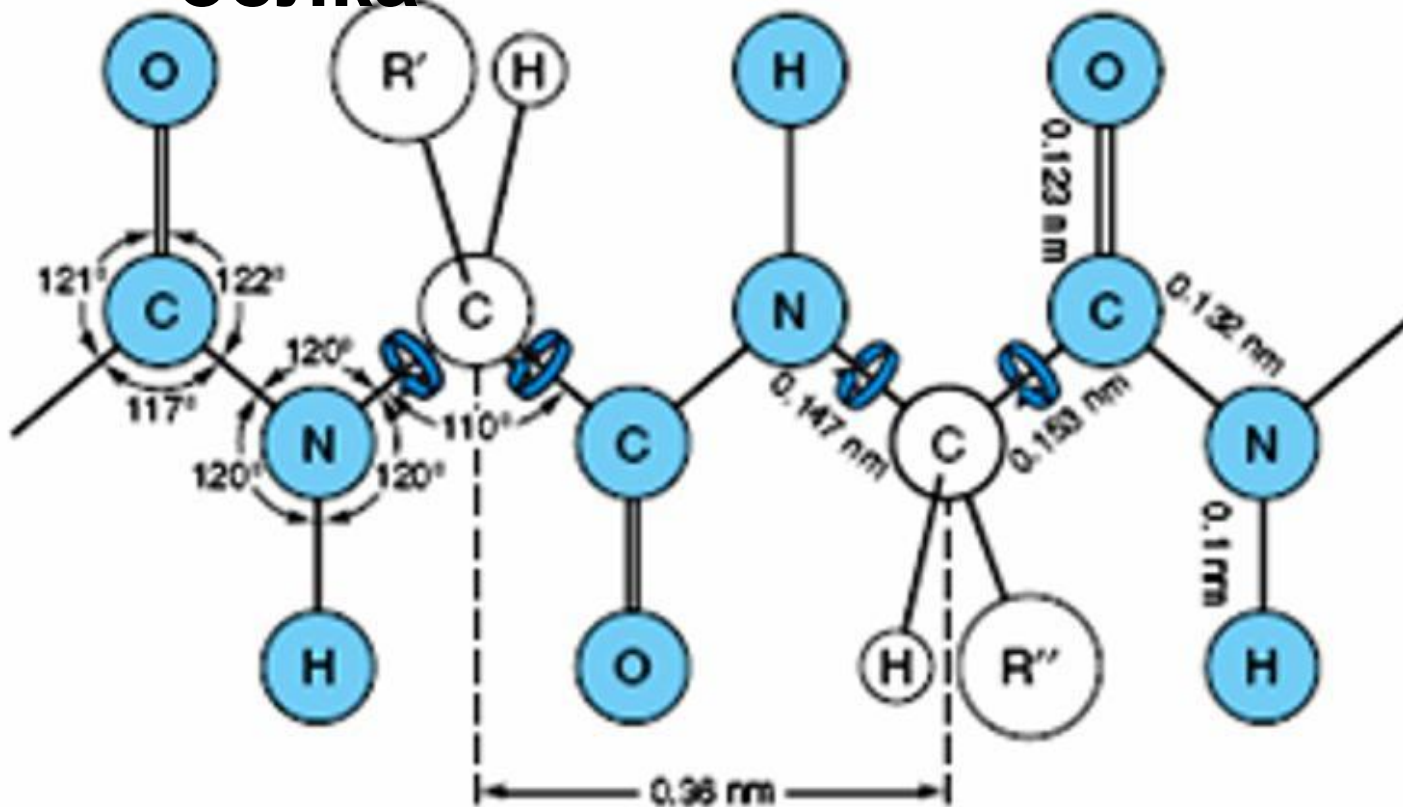
Последовательность аминокислот

α -спираль

Полипептидная цепь

Ассамблея субъединиц

Первичная структура белка



Стабилизируется пептидными связями, которыми соединены аминокислотные остатки в определенном направлении: от N-конца к C-концу белковой молекулы.

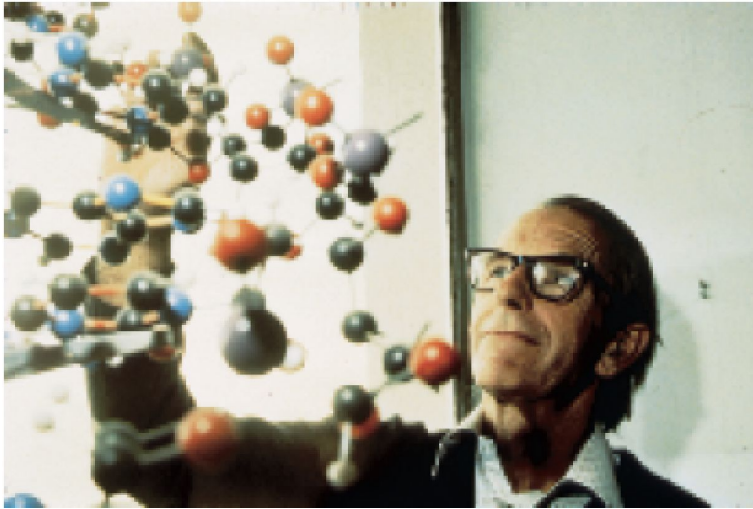
Методы определения аминокислотной последовательности белка

1. Химическая модификация концевых аминокислот
 - N-концевая а/к – метод Сэнжера
 - С-концевая а/к – метод восстановления концевой COOH группы в спиртовую
2. Избирательный гидролиз полипептида
 - с С-конца – Карбоксипептидазный метод
 - с N-конца – Аминопептидазный метод
3. Метод Эдмана (фенилизотиоцианатный метод)

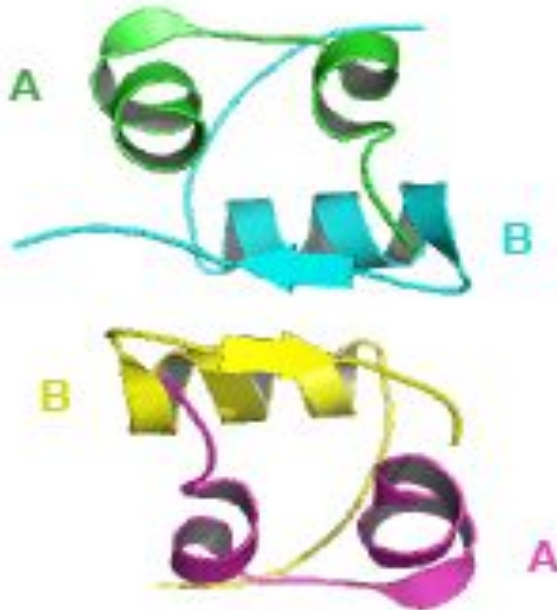


Секвенатор белков, работающий на основе метода Эдмана.

Аминокислотная последовательность инсулина быка

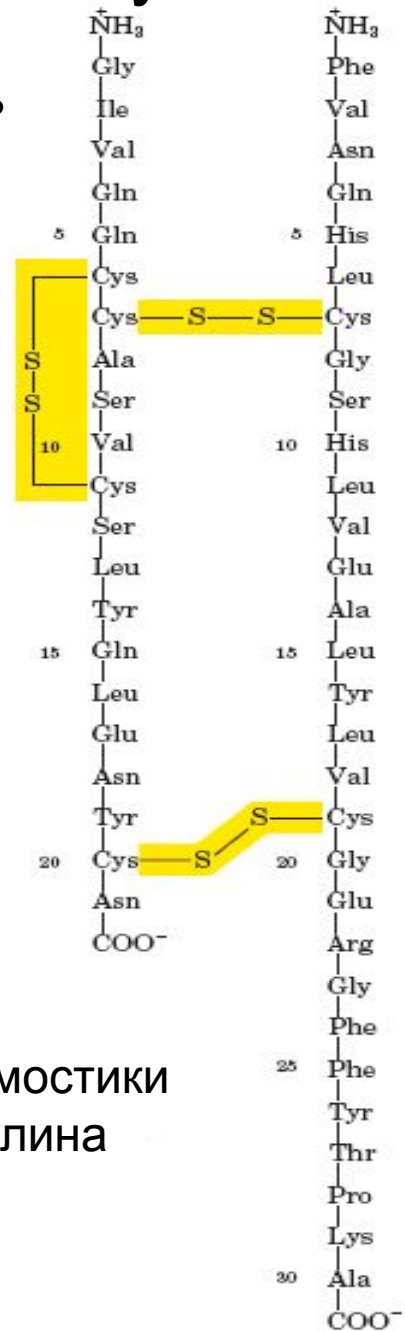


Frederick Senger



А цепь

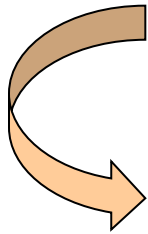
В цепь



Дисульфидные мостики
в молекуле инсулина

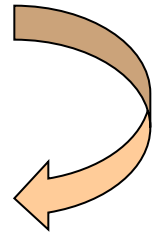
Вторичная структура белка

В зависимости от конфигурации



**α-
спираль**

правозакрученные
витки с регулярным
шагом 0,54 нм и
углом подъема 26°

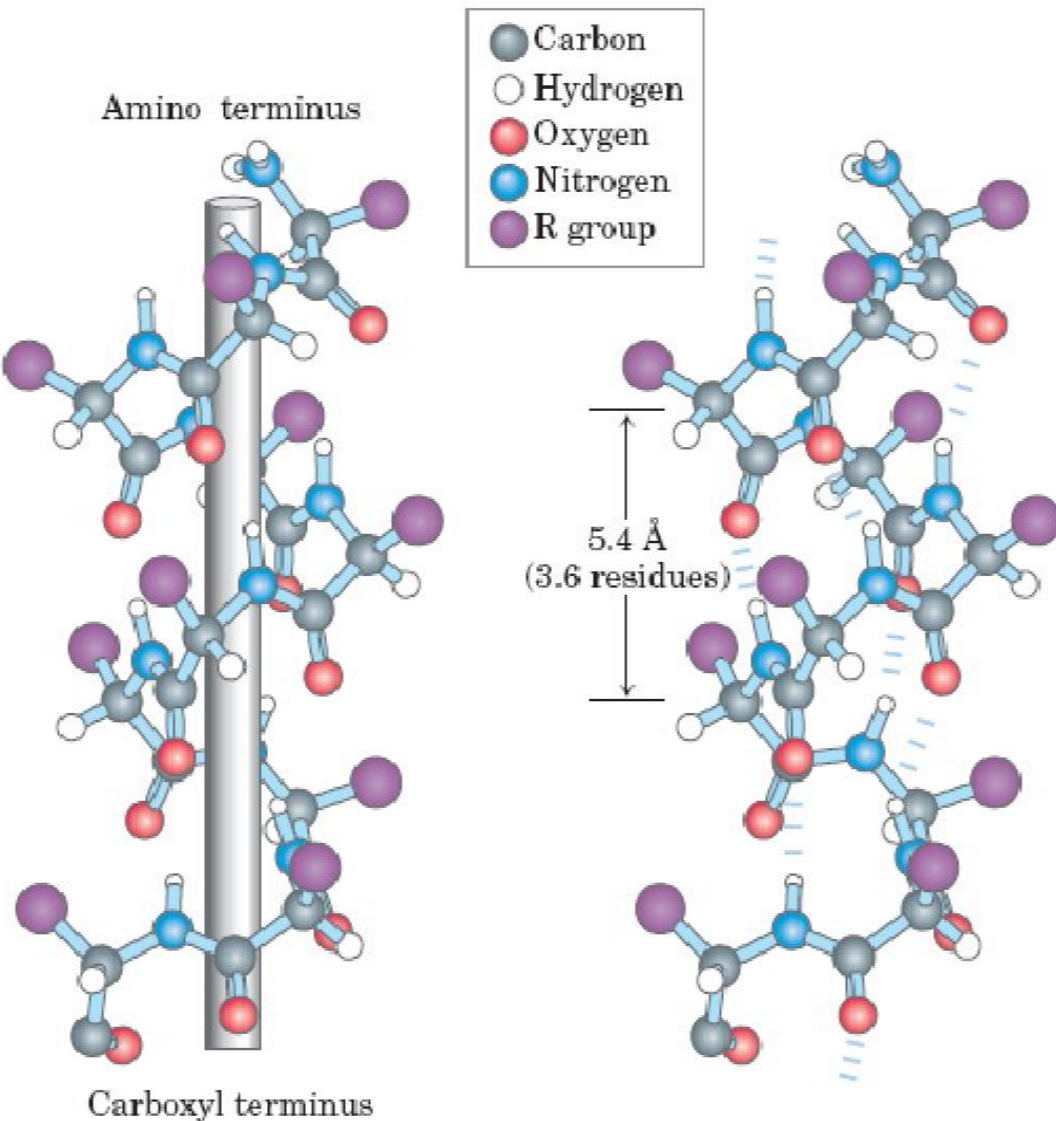


**β-
складчатость**

линейная структура
с участками белковой цепи,
приближенными друг к другу
на расстояние 0,272 нм.

Стабилизируется за счет множественных **водородных связей** между пептидными группами полипептидной цепи

Вторичная структура белка: α -спираль



Л. Полинг

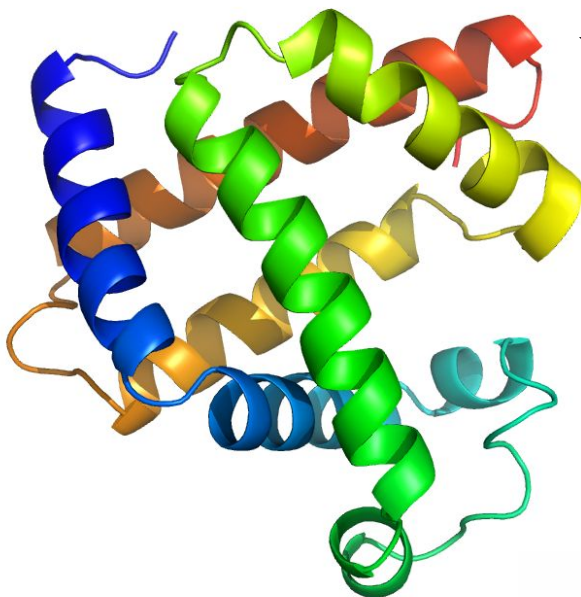


Р. Кори

Модель строения правозакрученной α -спирали (1949-1951 гг.)

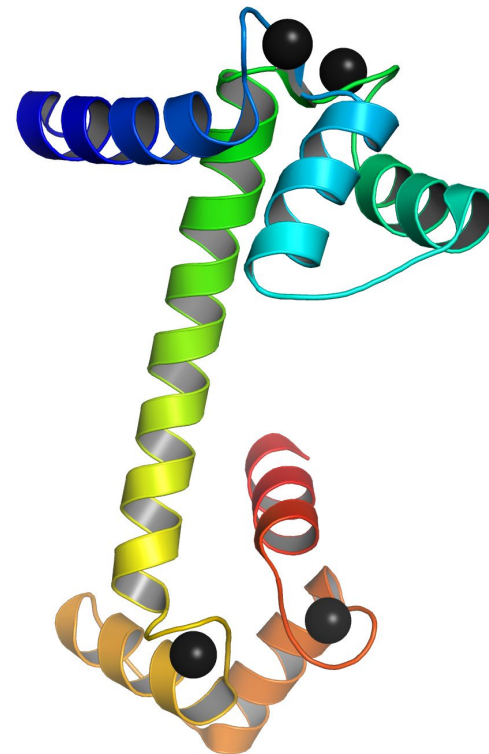
α-спиральные участки в некоторых белках

Миоглобин – 70%

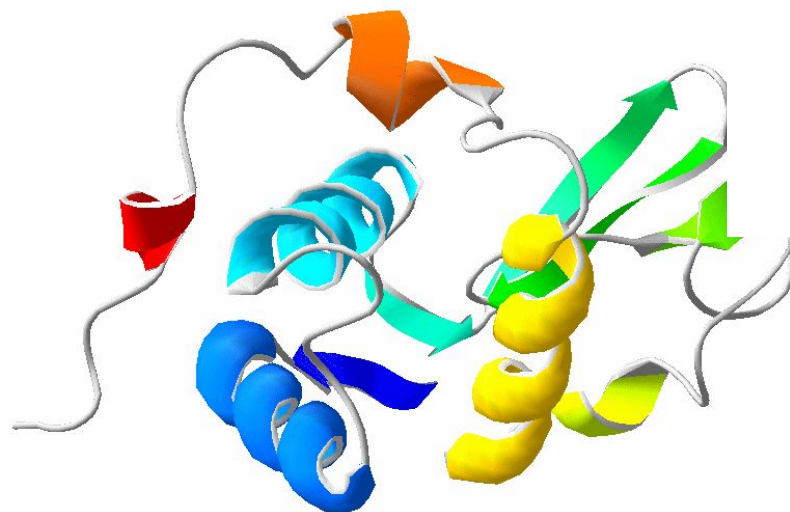


α-спиральные
структуры

Са-связывающий белок

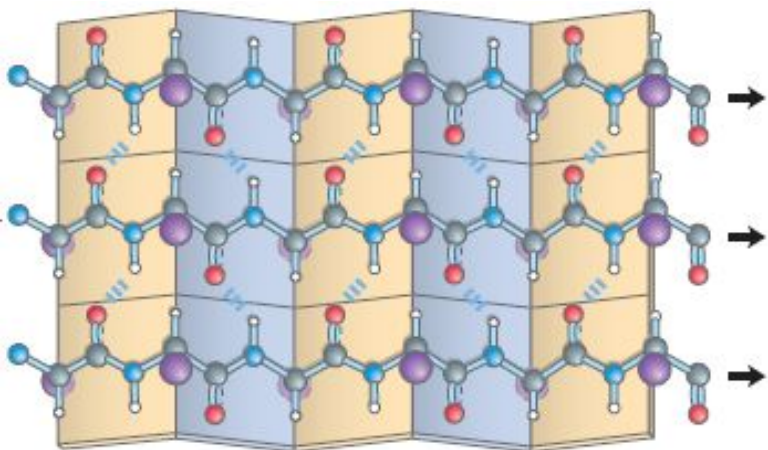


Лизоцим – 42%

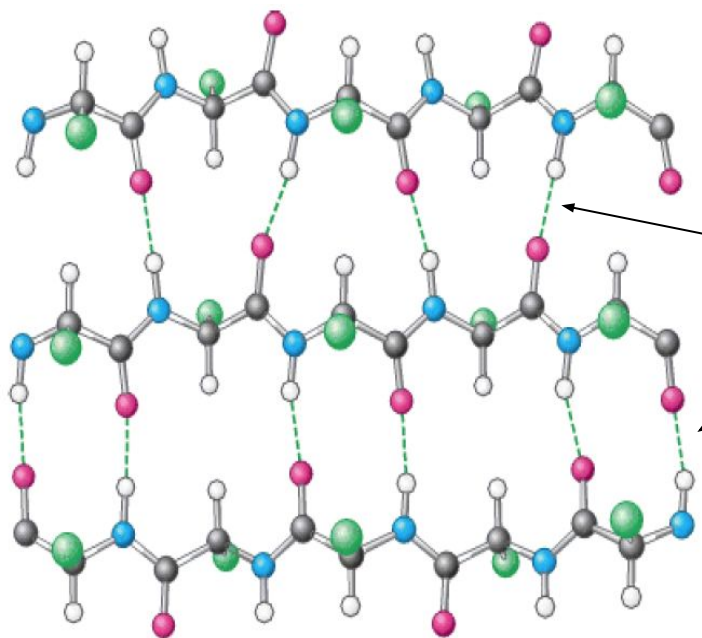
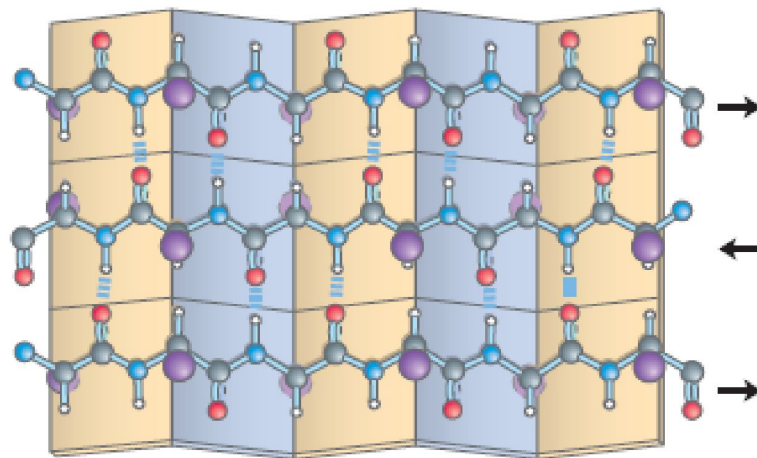


Вторичная структура белка: β -складчатость

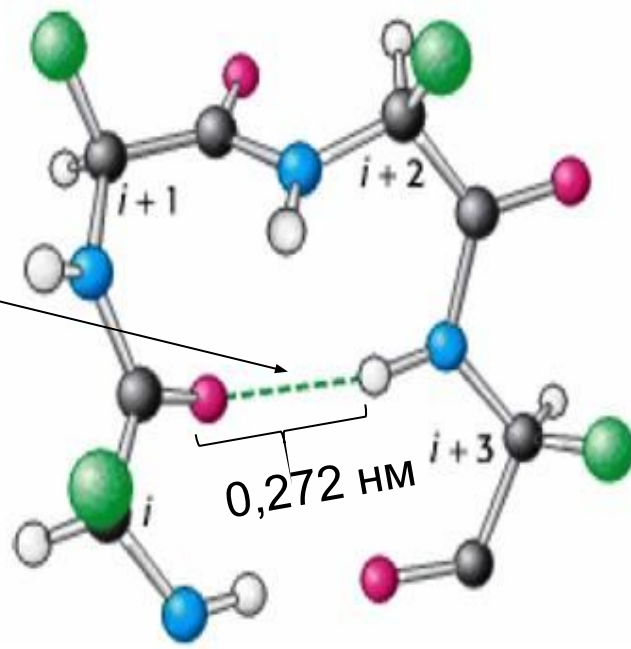
параллельная



антипараллельная

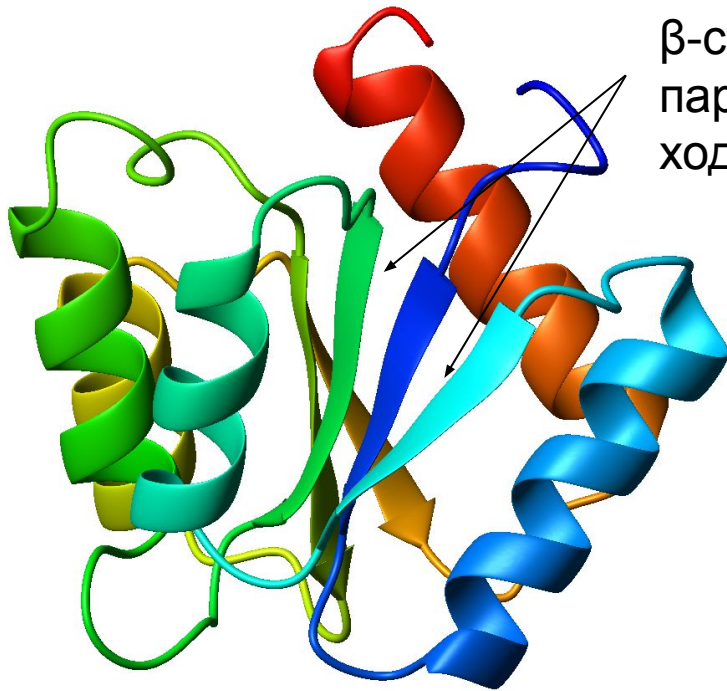


водородная
СВЯЗЬ



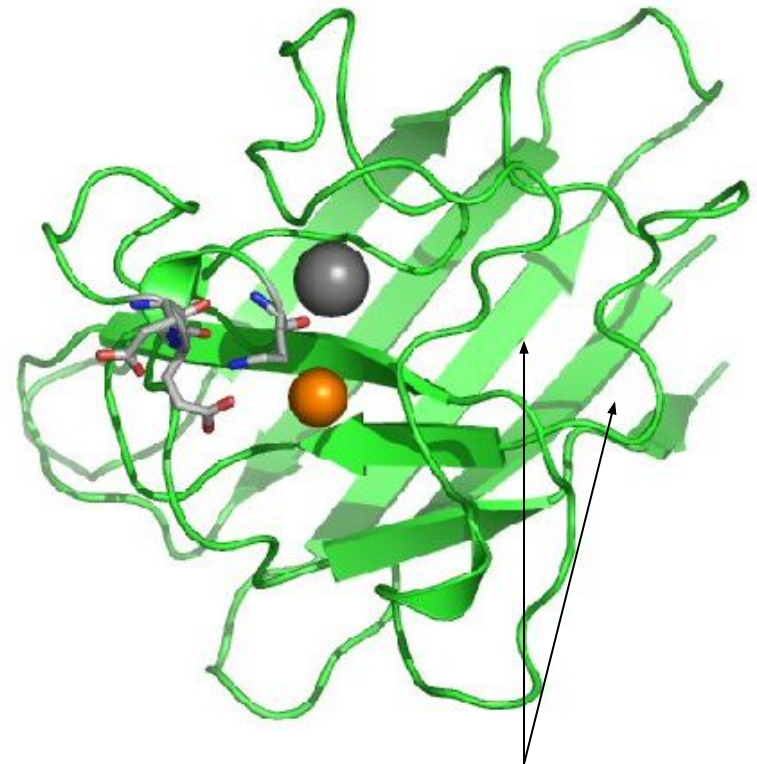
β-складчатые участки в некоторых белках

Флаводоксин



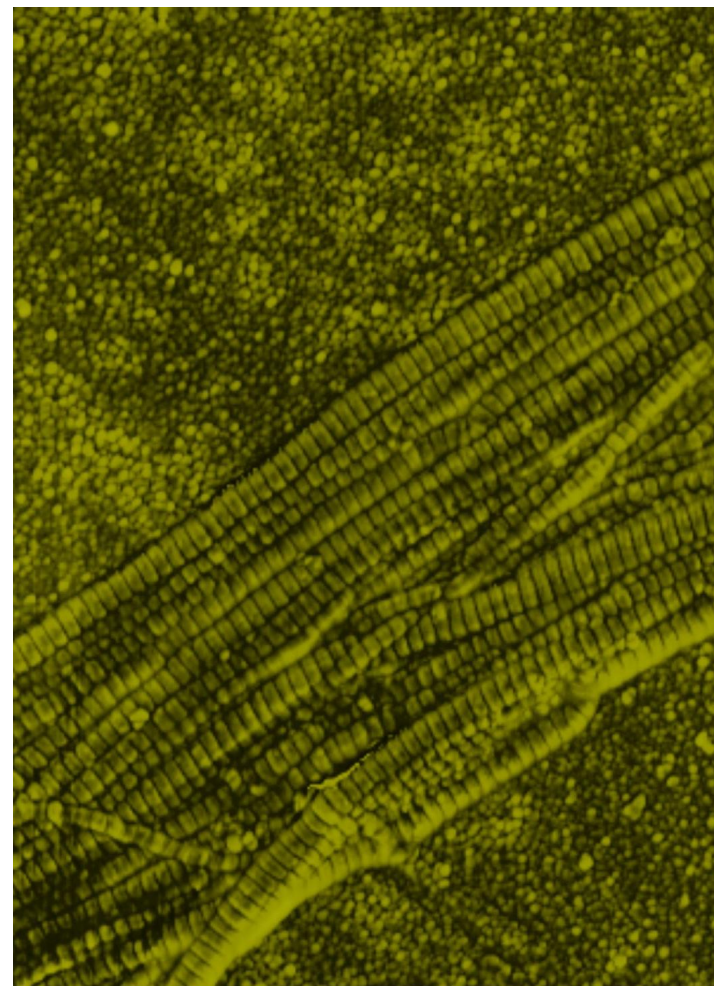
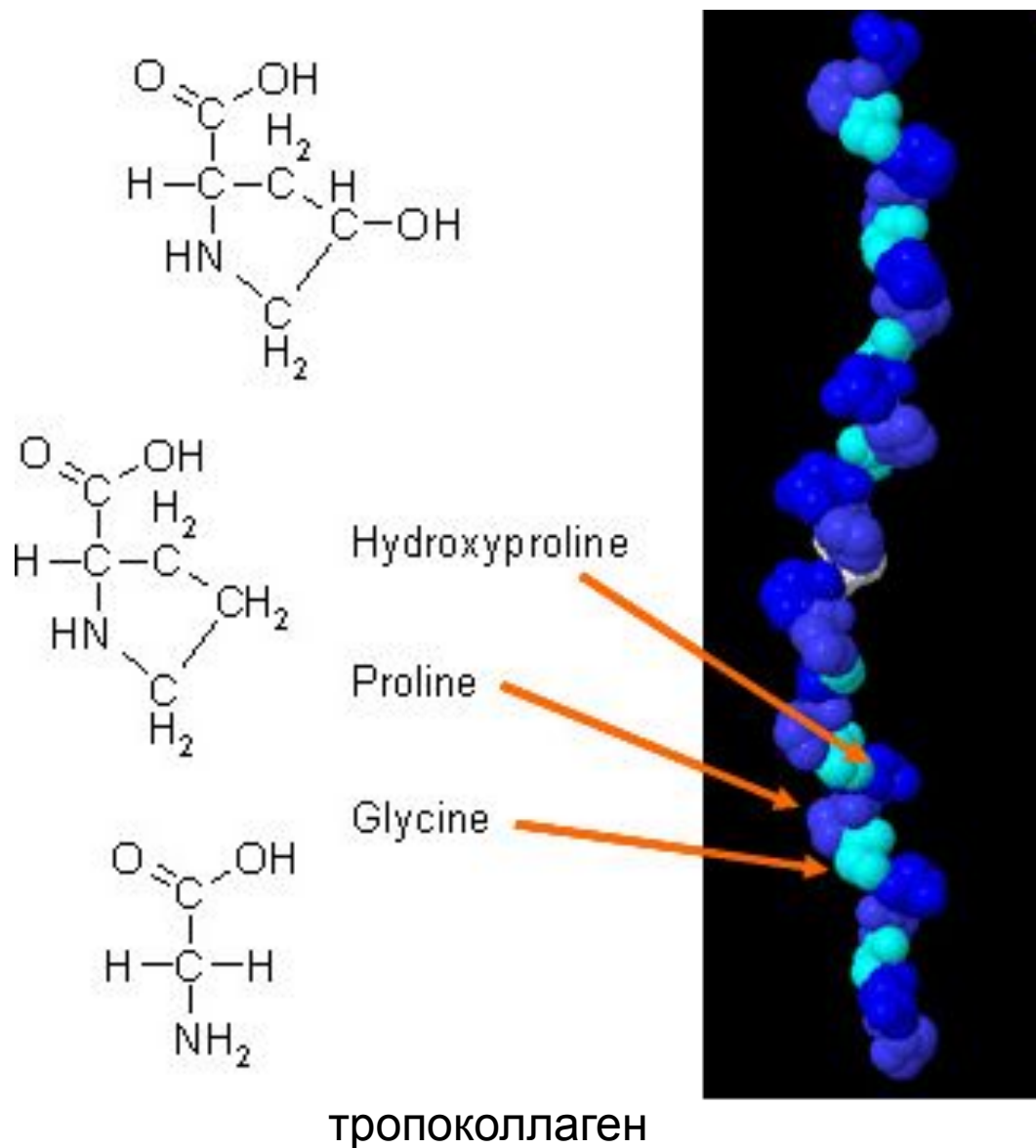
β-структура с
параллельным
ходом цепей

Супероксиддисмутаза



β-структура с
антипараллельным
ходом цепей

Особенности строения коллагена



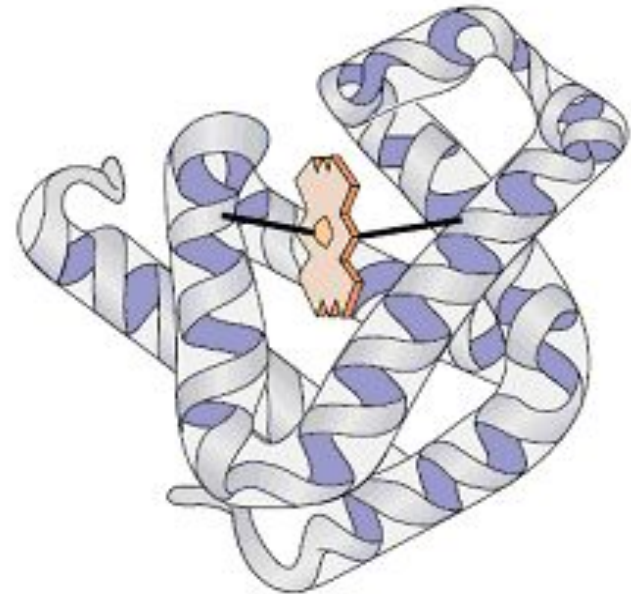
Волокна коллагена

Третичная структура белка (нативная)

формируется за счет множественных сильных и слабых взаимодействий, возникающих между боковыми радикалами аминокислотных остатков



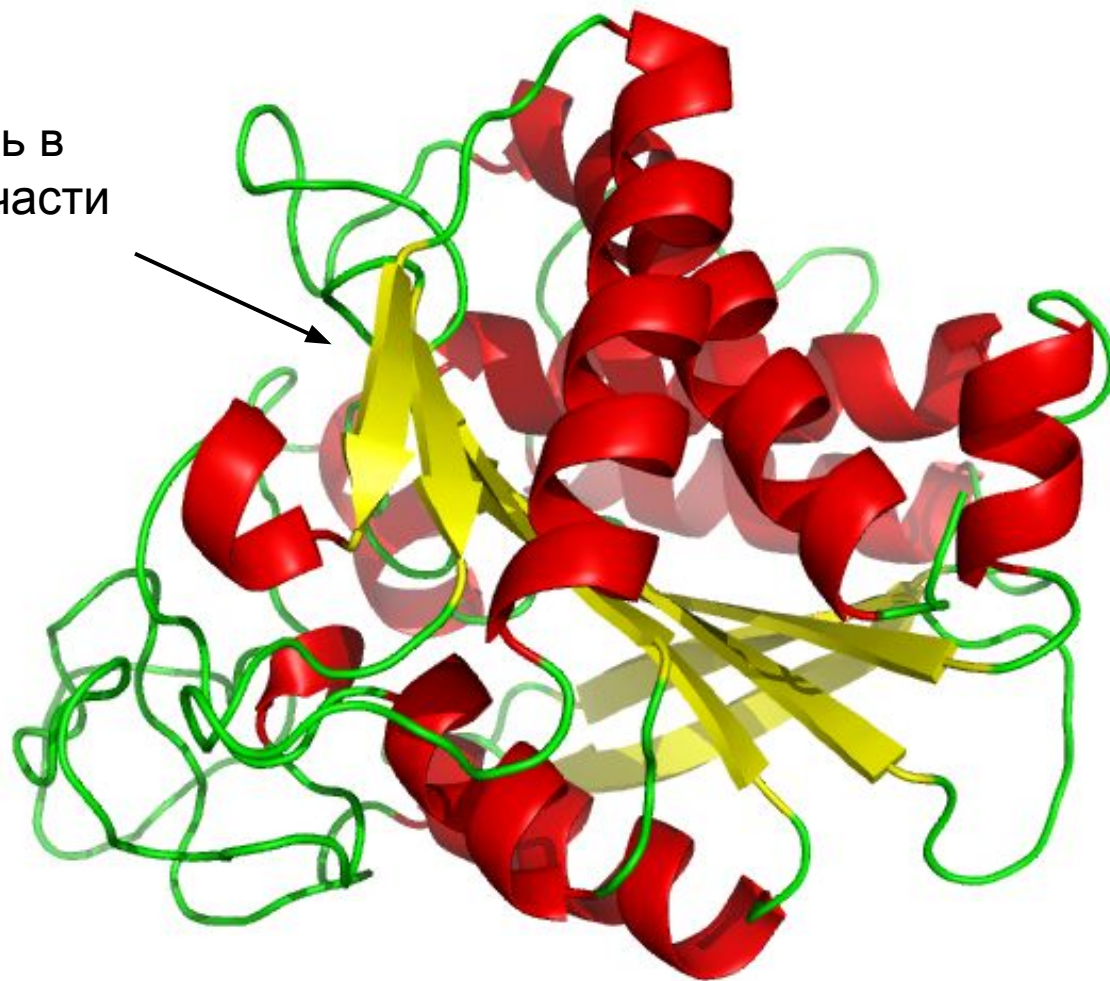
коллаген
(фибриллярный белок)



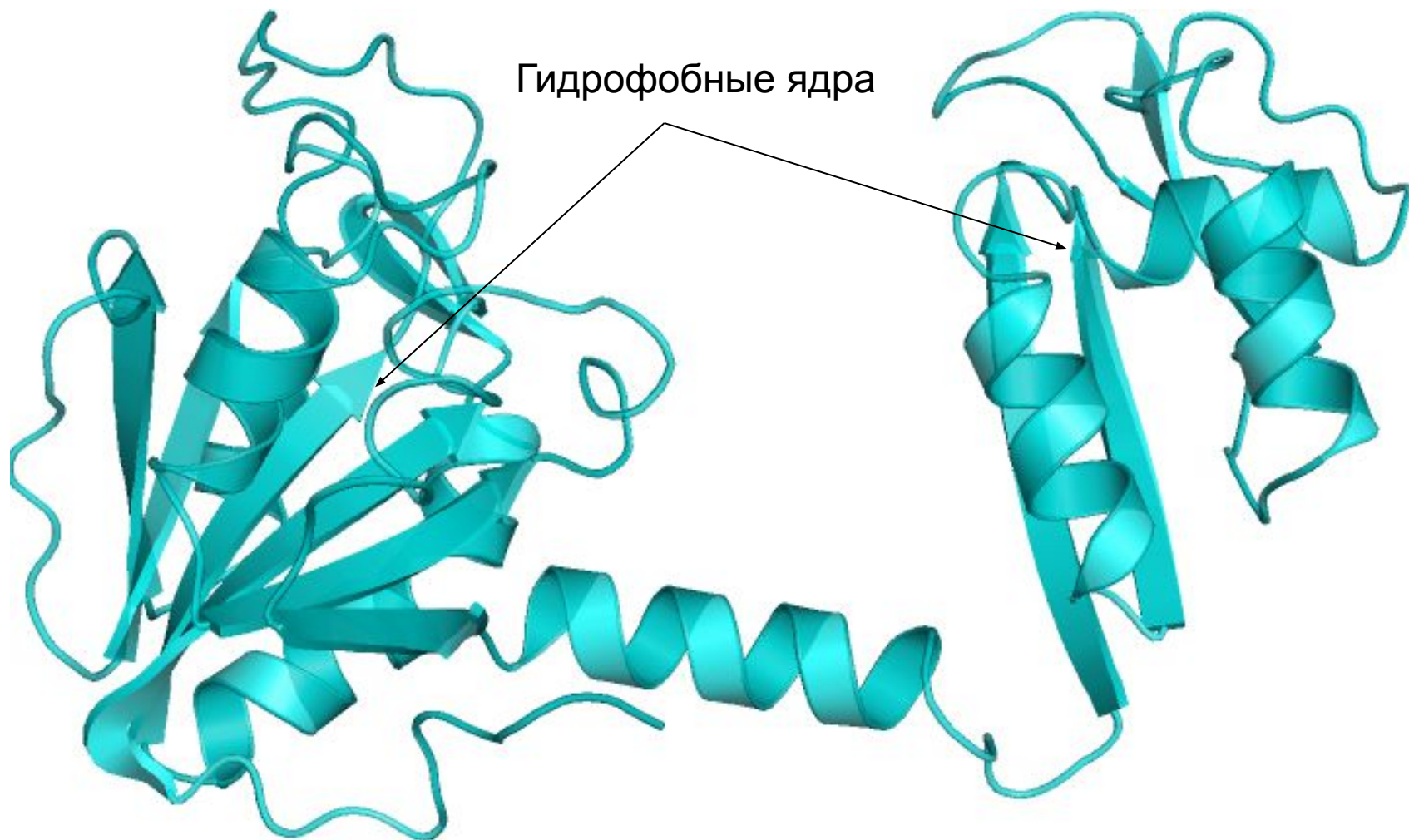
миоглобин
(глобулярный белок)

Нативная структура карбоксипептидазы

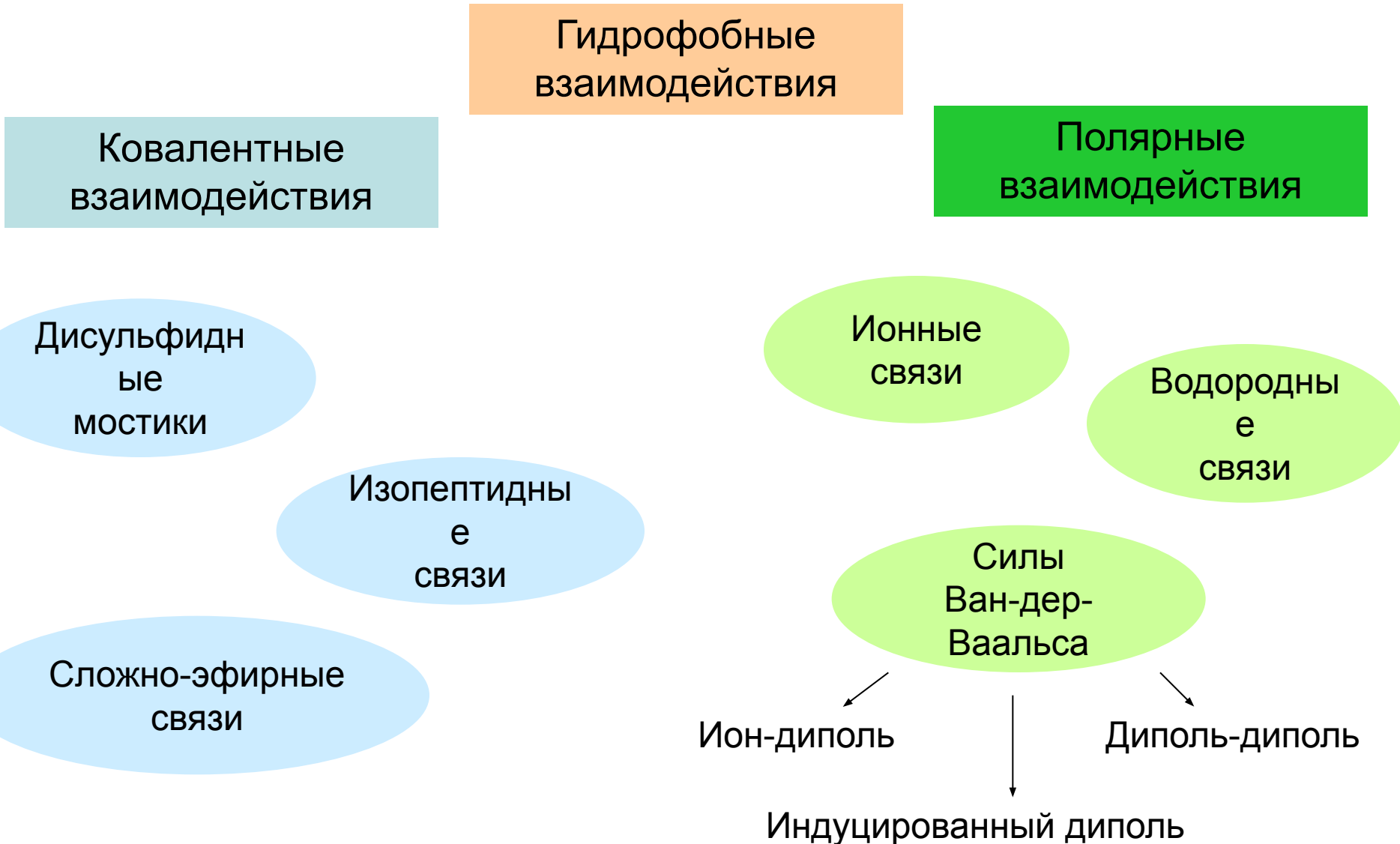
β -складчатость в
центральной части
молекулы



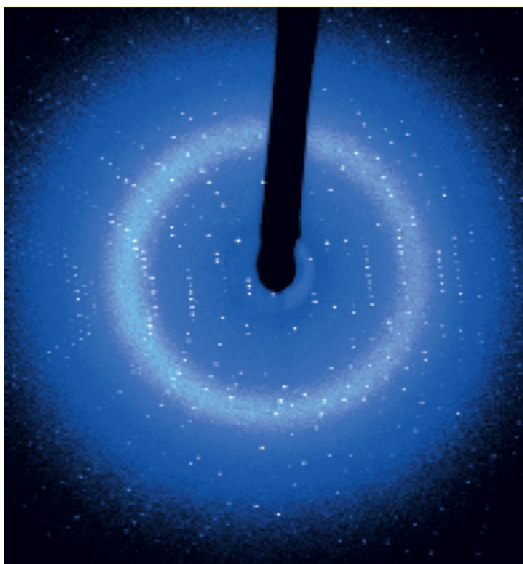
Доменная структура фосфоглицераткиназы



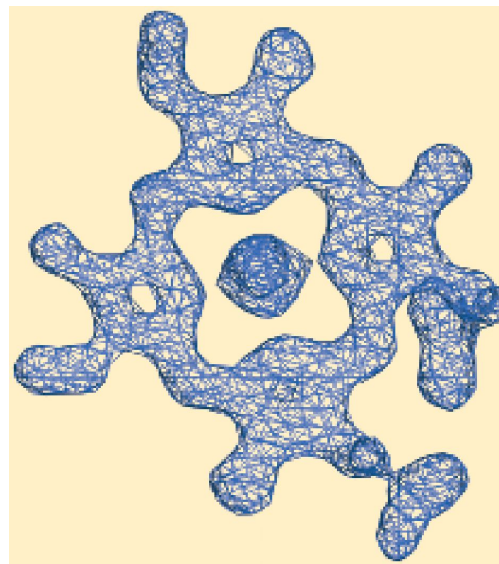
Стабилизация третичной структуры белка



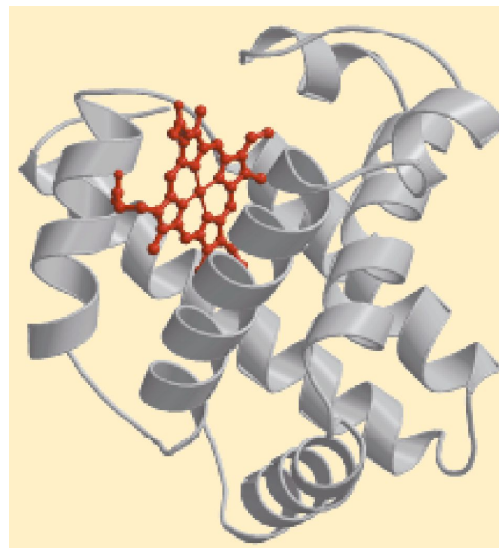
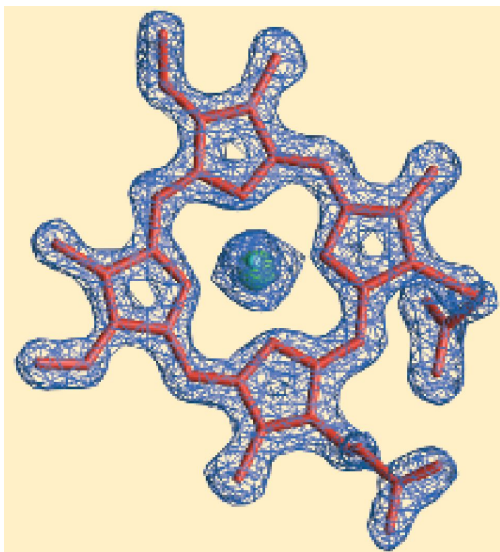
Рентгеноструктурный анализ белков



Дифракционная картина, в которой заключена информация о структуре белка



Модель электронной плотности гема

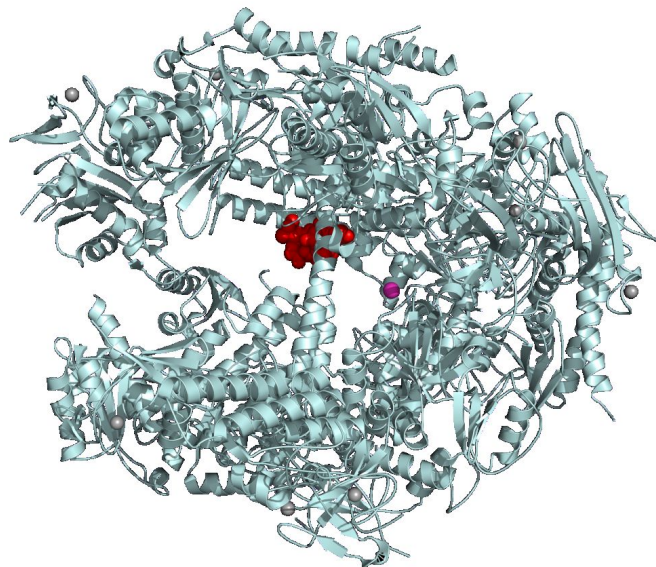


Структура миоглобина с гемом

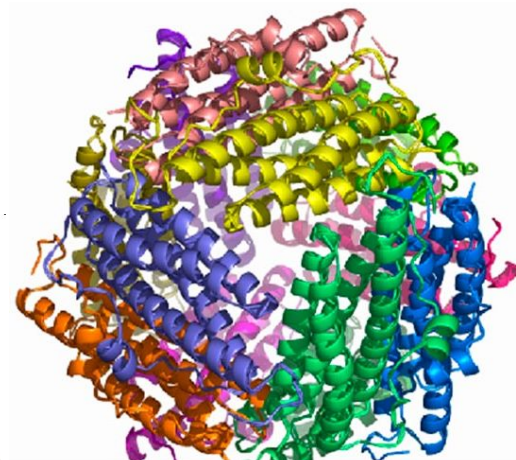
Четвертичная структура белка



Гемоглобин - 4



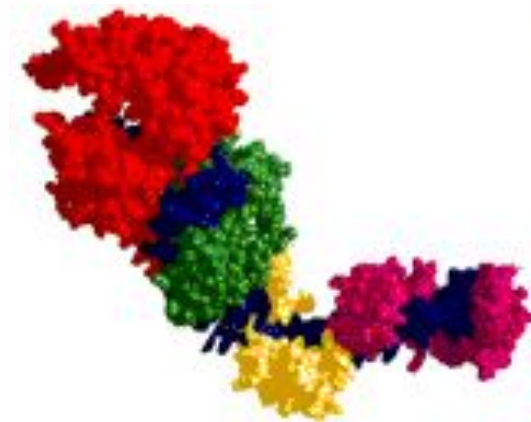
РНК полимераза – 10-12



Ферритин - 24

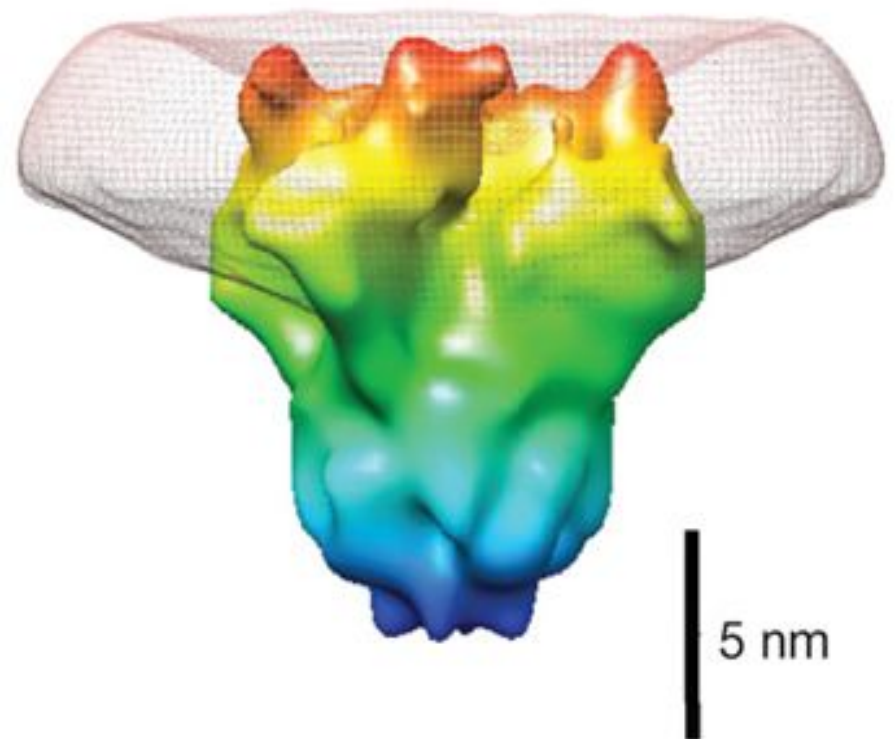


Глутаматдегидрогеназа - 6



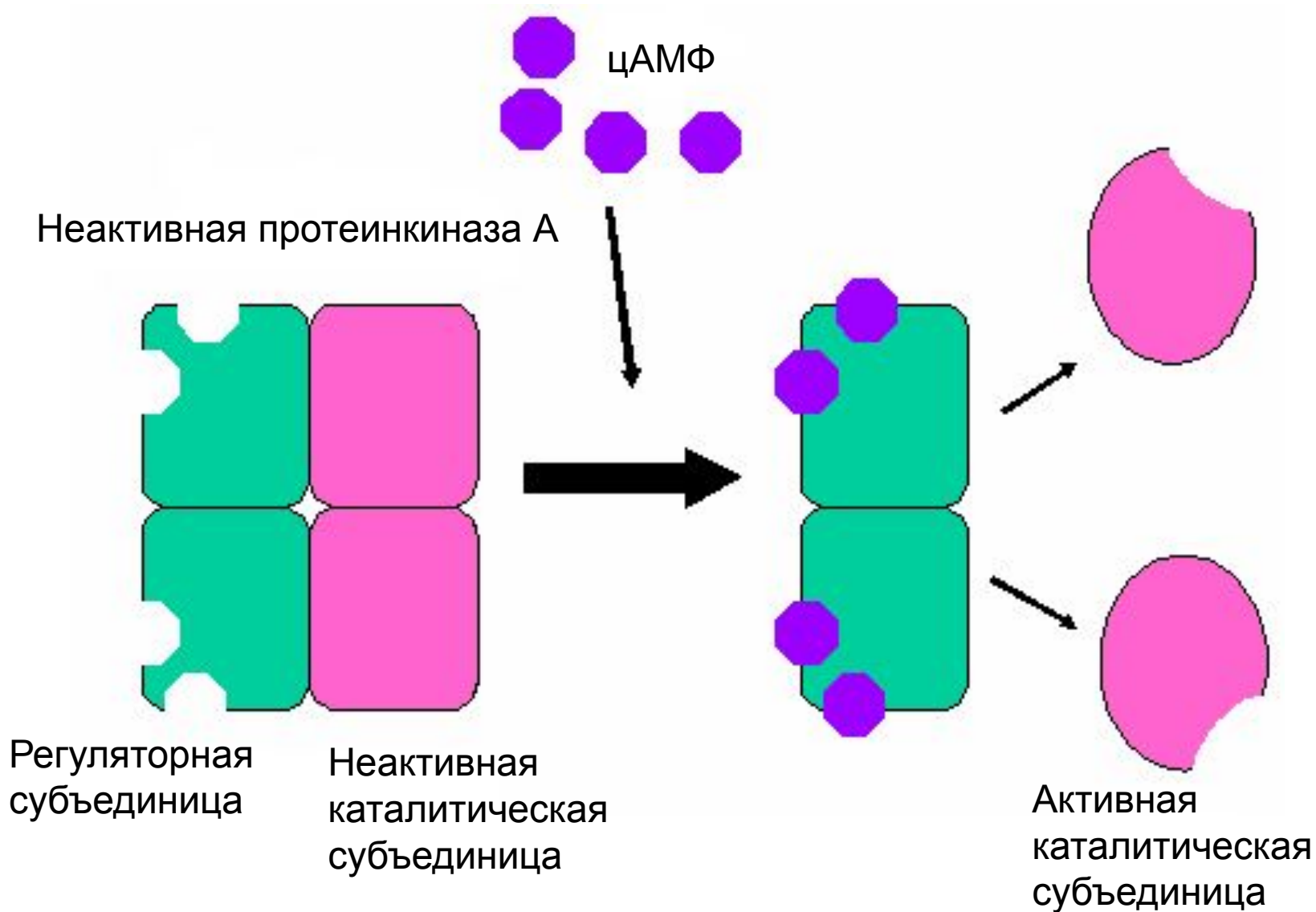
Миозин - 6

Электронная микроскопия

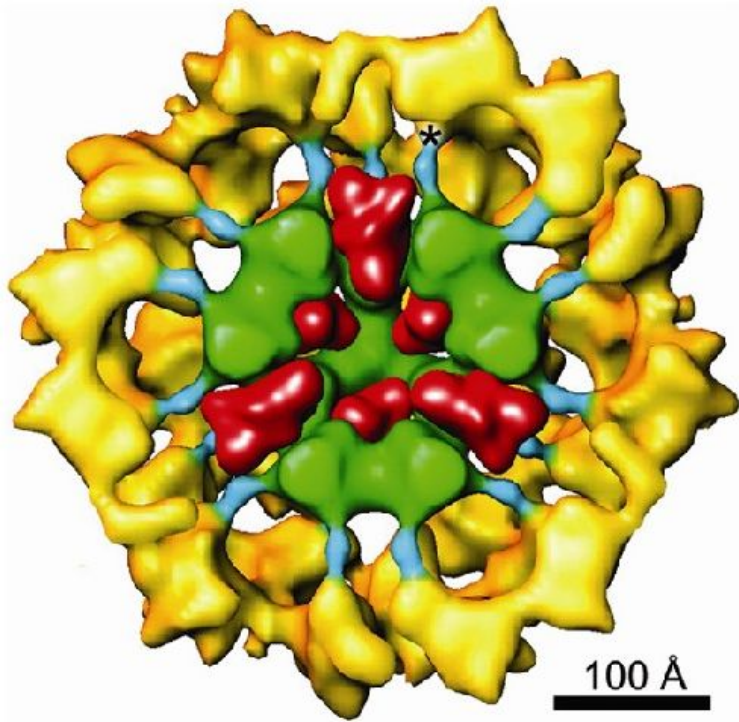


Реконструкция пространственной структуры молекулы белка

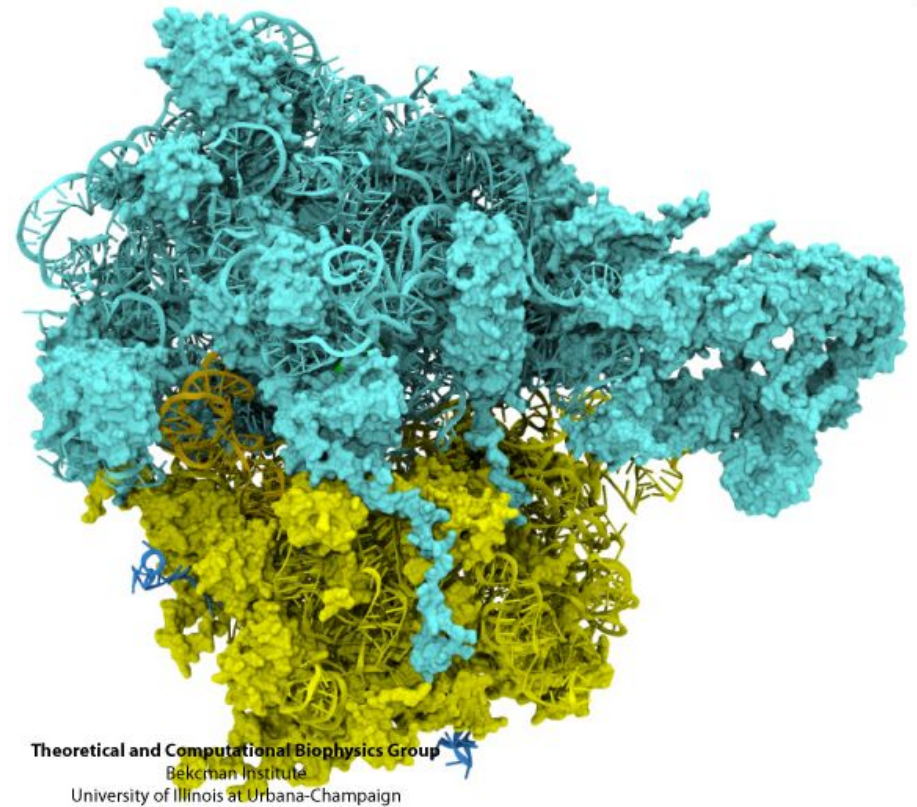
Диссоциация протеинкиназы А



Надмолекулярные белковые комплексы



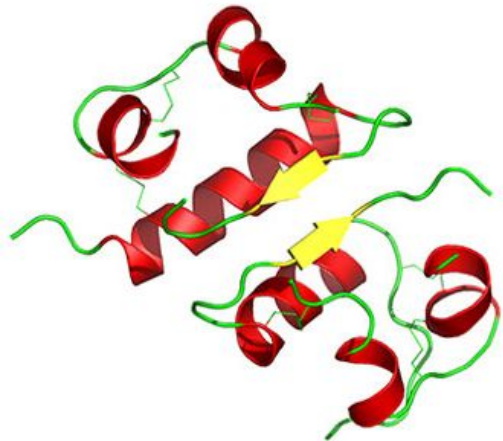
Пируватдегидрогеназный
комплекс



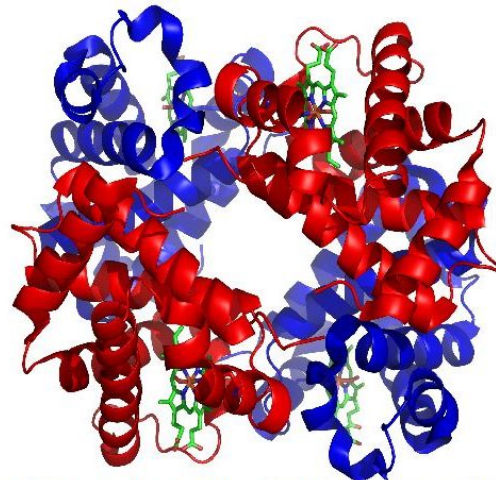
Рибосома

Молекулярная масса белковой молекулы

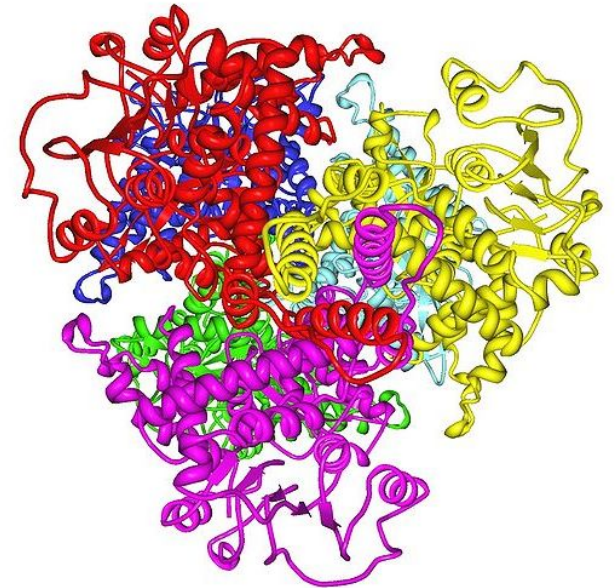
5000 ÷ несколько млн Дальтон



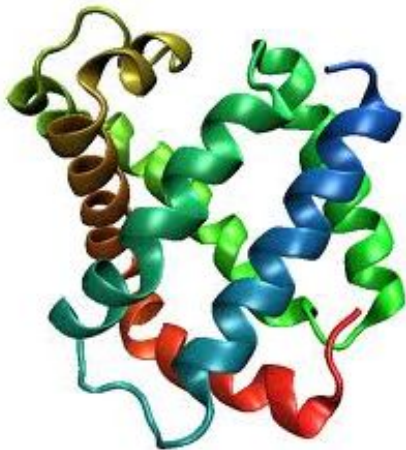
Инсулин – 5 733 Да



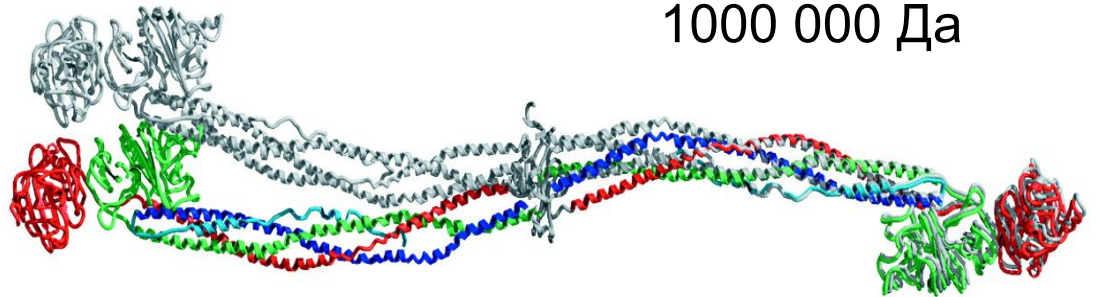
Гемоглобин – 64 500 Да



Глутаматдегидрогеназа –
1 000 000 Да



Миоглобин – 17 000 Да



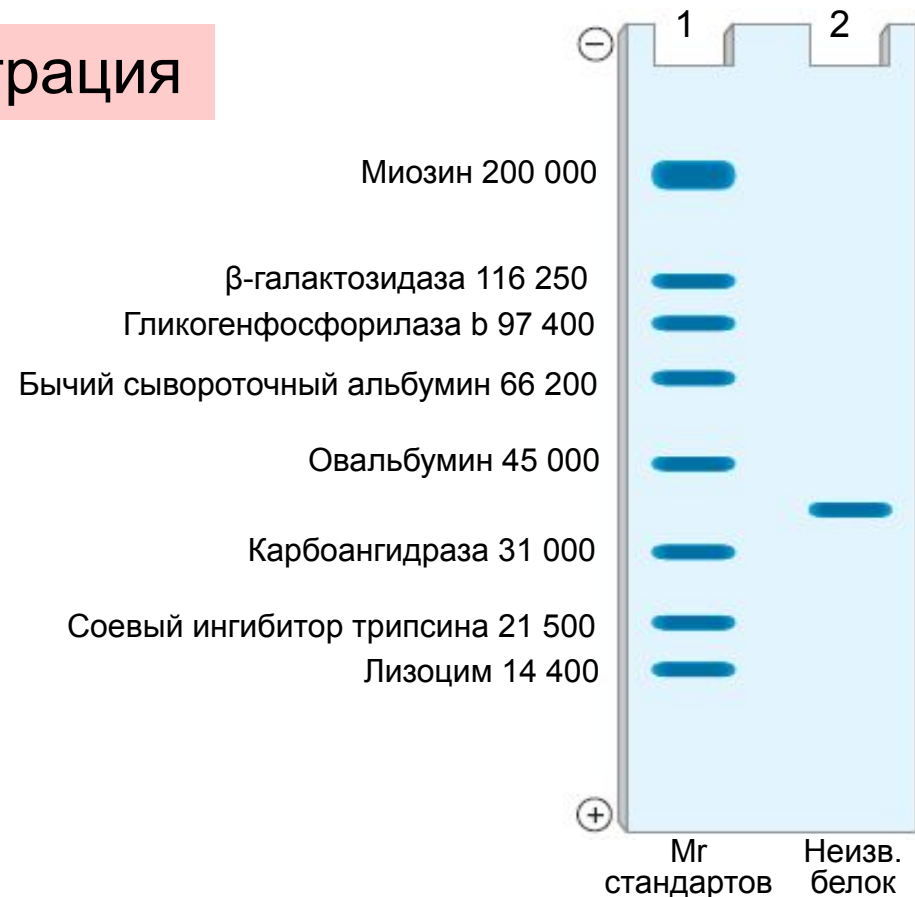
Фибриноген – 330 000 Да

Методы измерения молекулярной массы белков

Ультрацентрифугирование

Электрофоретические методы

Гель-фильтрация

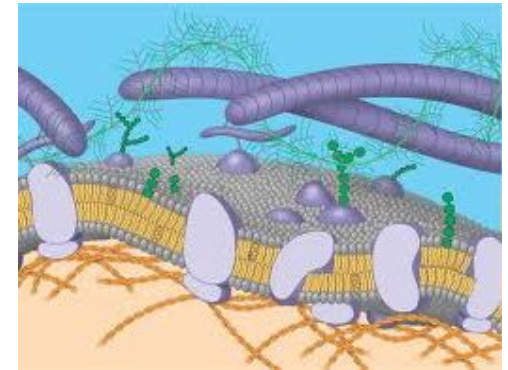


Растворимость белков

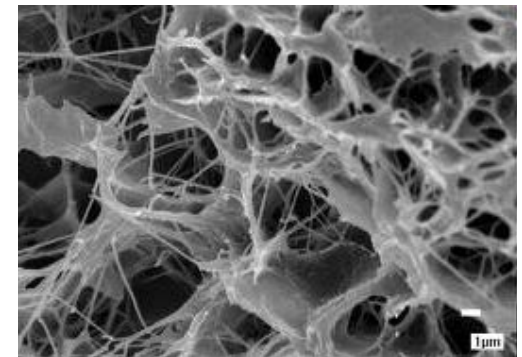
I. **Гидрофильные белки** – растворимы в воде и солевых растворах (гемоглобин, миоглобин, амилаза, пепсин и др.)



II. **Гидрофобные белки** – растворимы в аполярных растворителях (белки, входящие в состав клеточных мембран и др.)

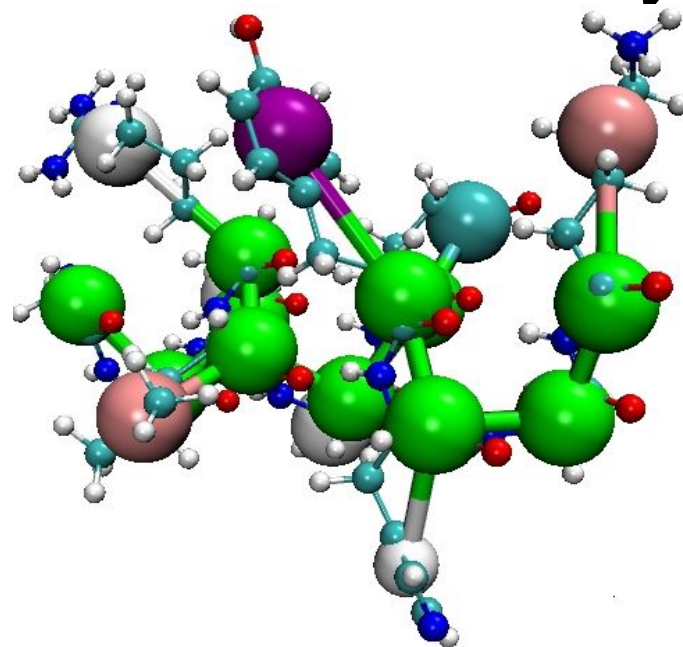
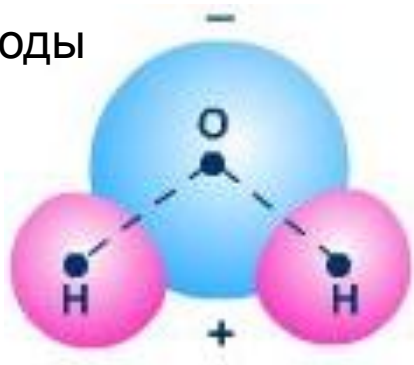


III. **Белки, не растворимые** ни в воде, ни в аполярных растворителях (кератин, коллаген, фиброин и др.)

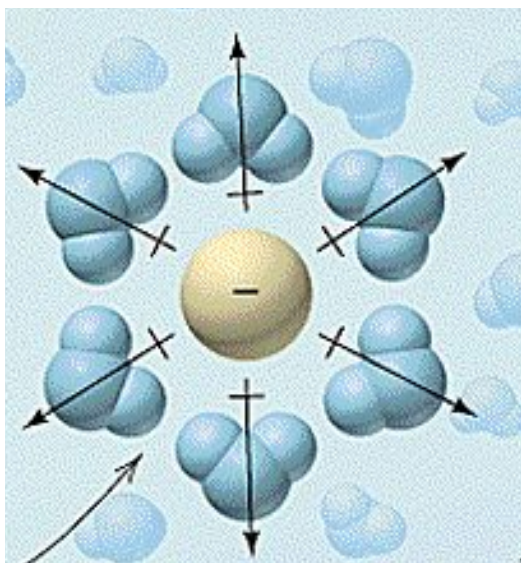


Гидратная оболочка белковых молекул

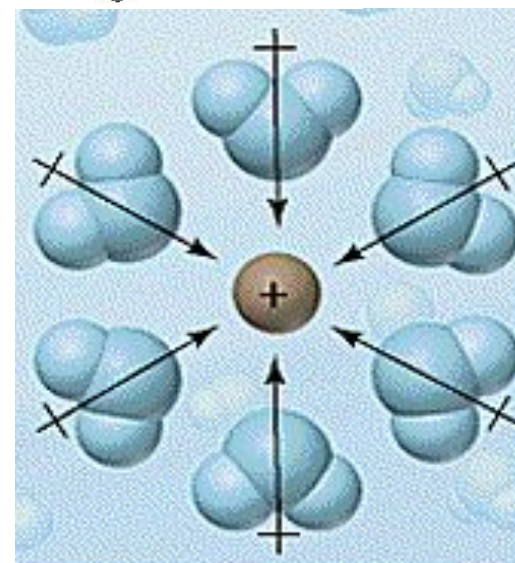
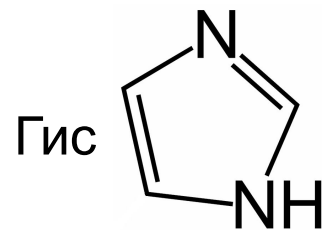
Диполь молекулы воды



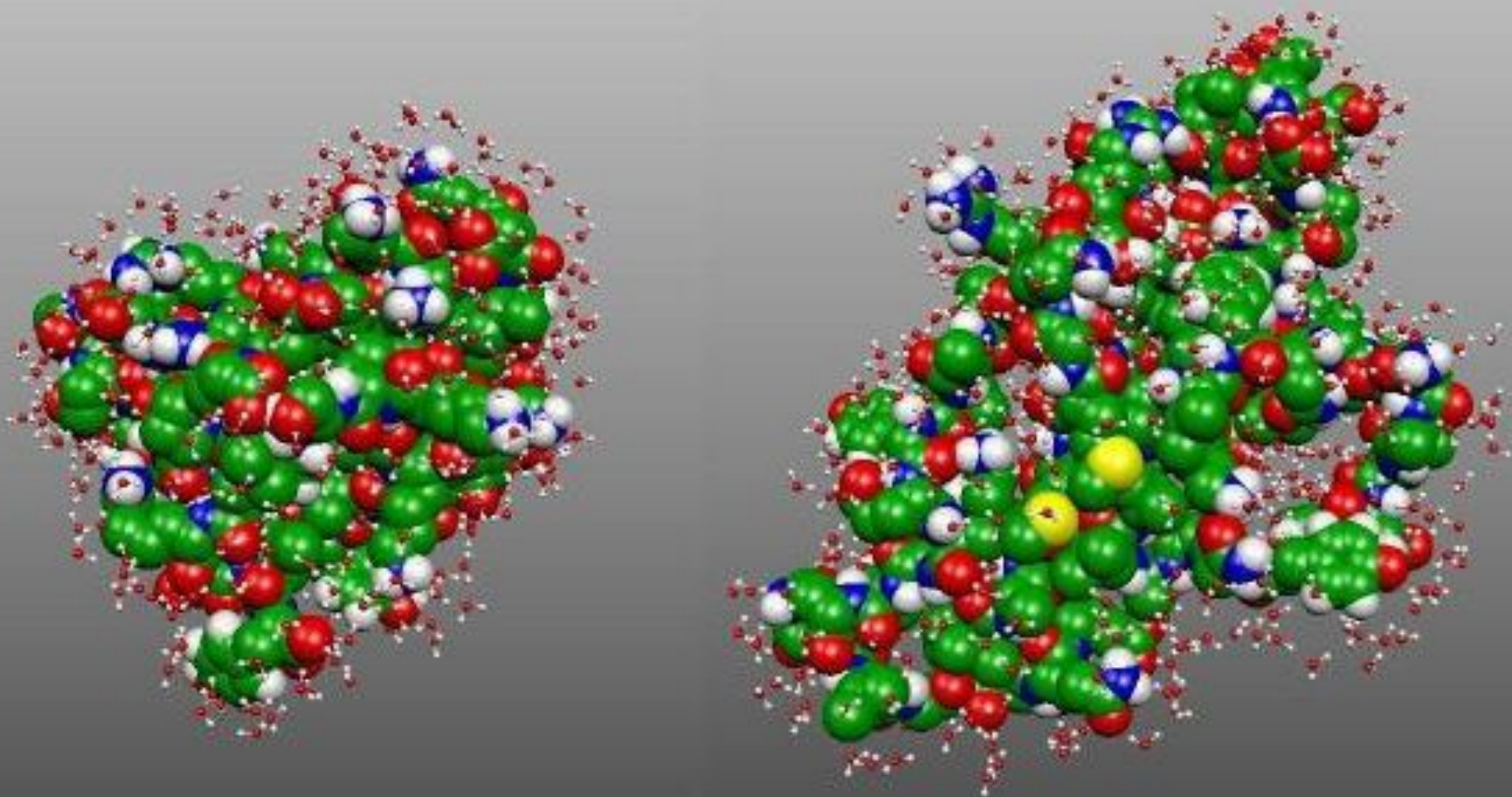
Асп
Глу COO^-



Лиз
Арг NH_3^+



Гидратная оболочка белковых молекул



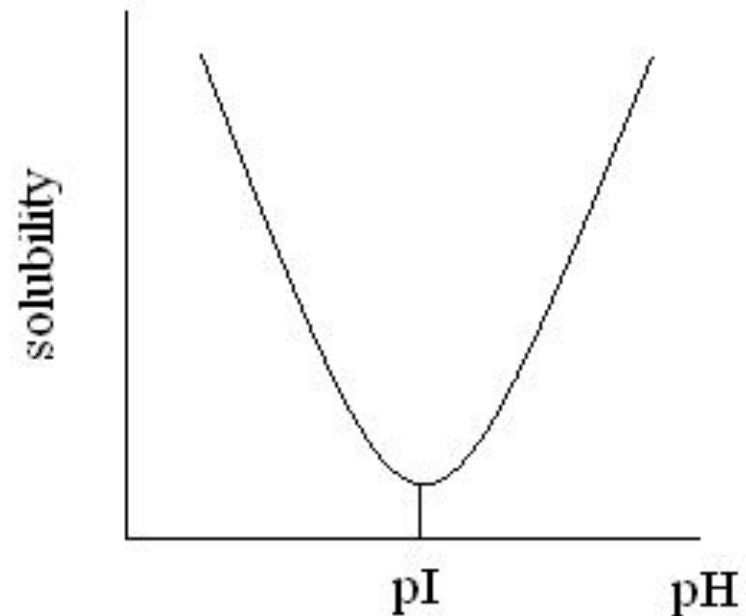
Изоэлектрическая точка (pI) белка

pI – значение pH, при котором суммарный заряд белковой молекулы равен нулю.

pH < pI - молекула белка несет **положительный** заряд

pH > pI - молекула белка несет **отрицательный** заряд

	pI
Гемоглобин	6,9
Фибриноген	5,5
Каталаза	5,6
Рибонуклеаза	7,8
Пепсин	1,0



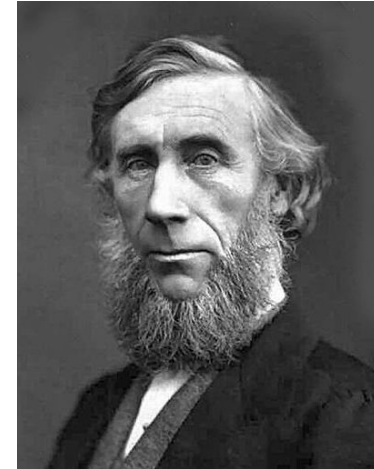
Свойства белковых растворов

1. Растворы белков – коллоидные растворы (эффект Тиндаля)



Коллоидный раствор
рассеивает свет

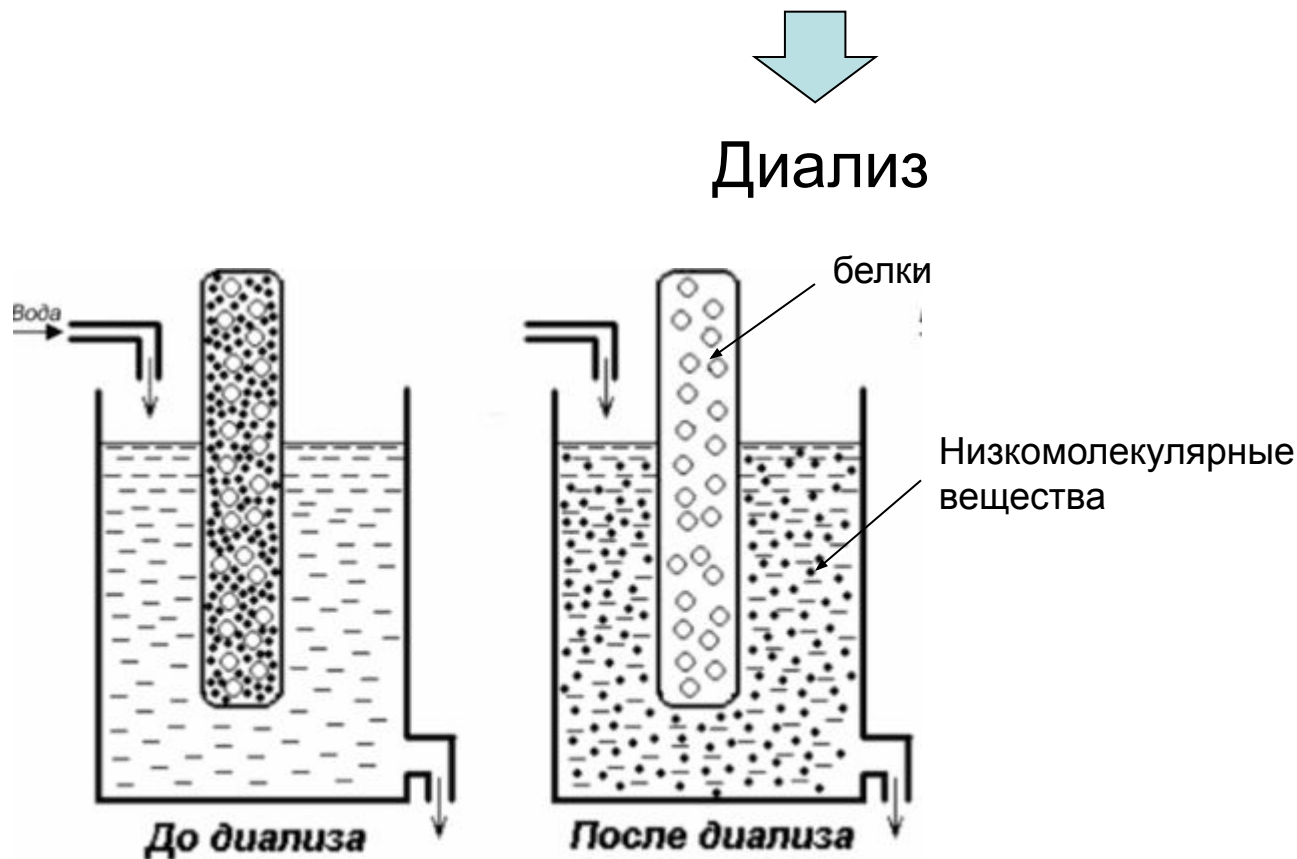
Истинный раствор
пропускает свет



Джон Тиндаль
(1820-1893)

Свойства белковых растворов

2. Белки не проходят через полупроницаемые мембраны



Аппарат искусственная почка
(гемодиализный аппарат)

Свойства белковых растворов

3. Водные растворы белков опалесцируют



Величина показателя преломления \sim [белка] в растворе

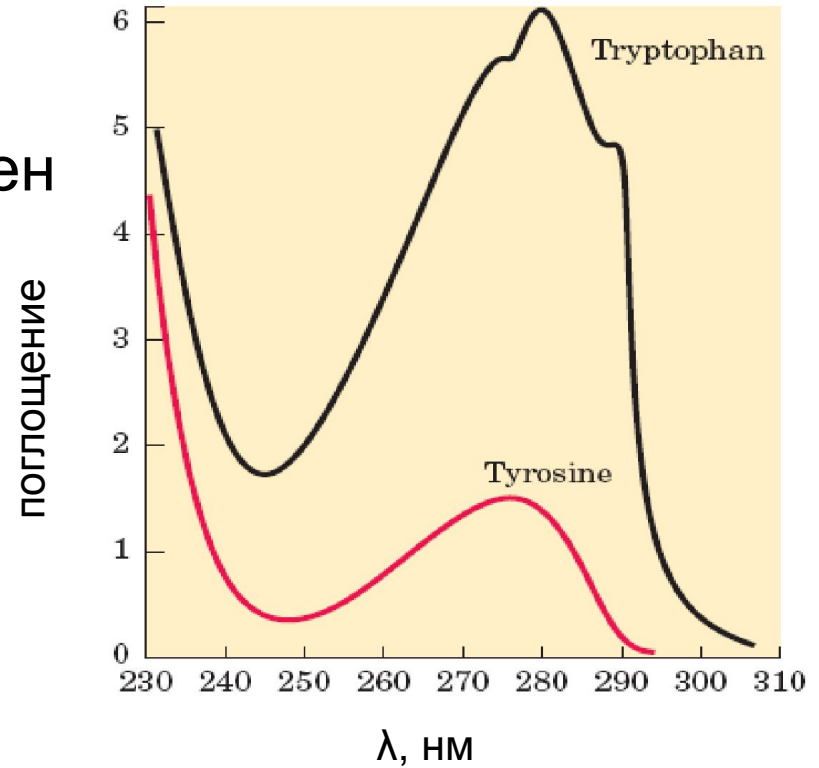
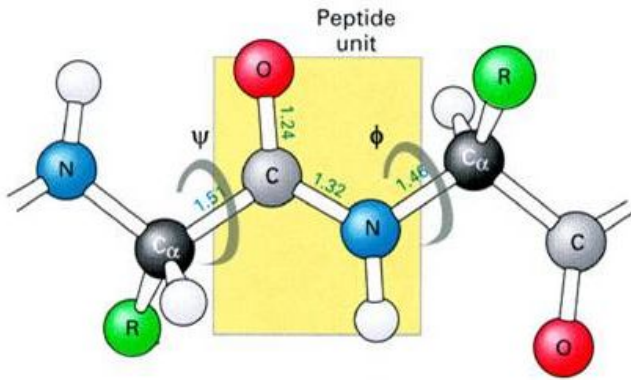
Свойства белковых растворов

4. Растворы белков поглощают ультрафиолетовые лучи

max: 190-210 нм и 260-280 нм

Пептидная связь

Три, Тир, Фен



5. Растворы белков обладают оптической активностью

Осаждение белков из водных растворов

высаливание



с сохранением
пространственной
структуры

1. Нейтральные соли сильных кислот и оснований:

NaCl , KCl ,

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, Na_2SO_4

2. Малополярные органические растворители при низкой температуре: этанол, метанол, ацетон.

денатурация

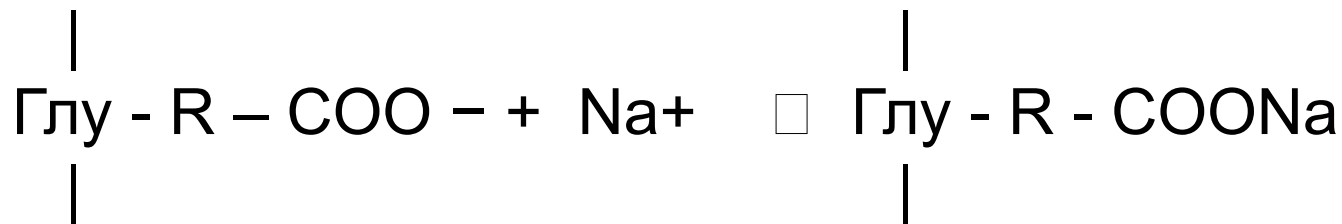


с нарушением
пространственной
структуры

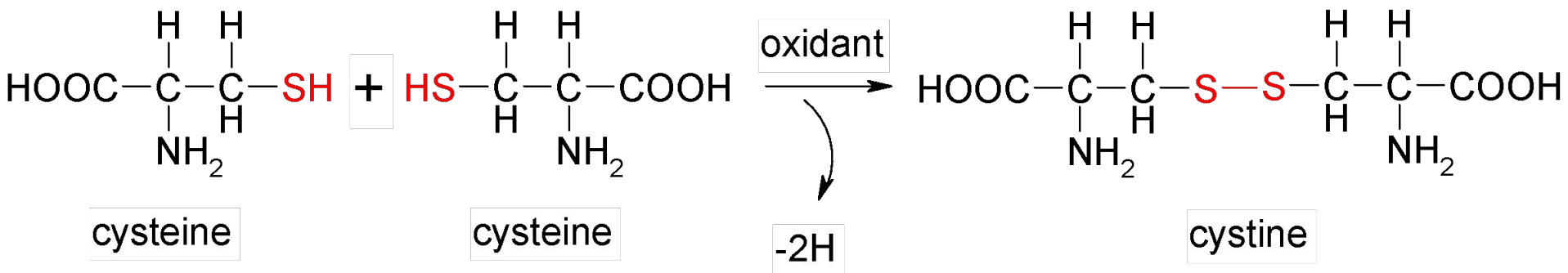
1. Высокая температура
2. Высокое давление
3. Радиация
4. Изменение pH среды
5. Органические аполярные растворители
6. Соли тяжелые металлы
7. Встряхивание

Химические свойства белков

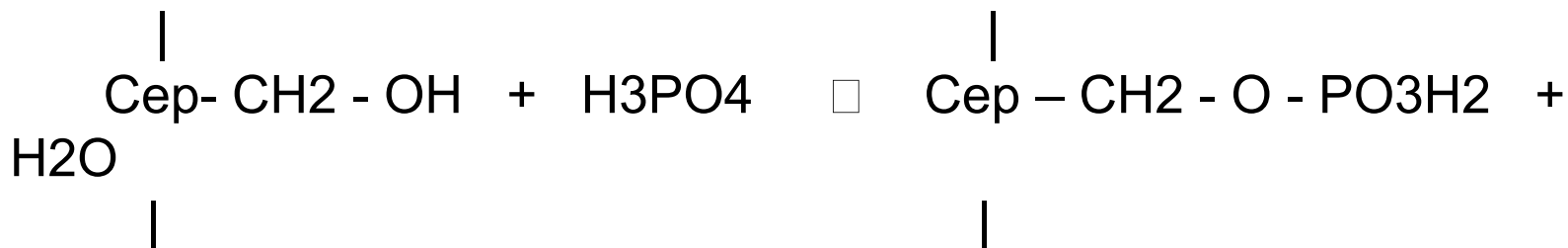
1. Амфотерность белков



2. Восстановление или окисление -S-S- и -SH групп



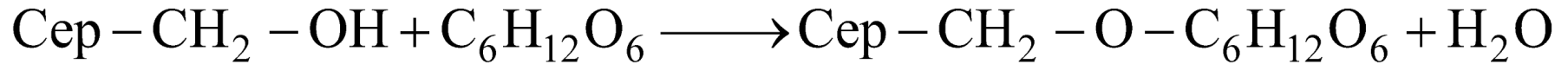
3. Фосфорилирование по -OH группам Тре, Тир, Сер



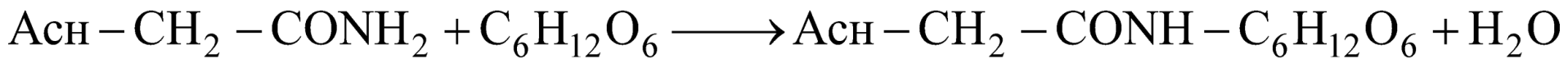
Химические свойства белков

4. Гликозилирование

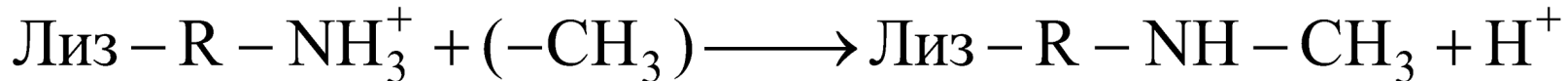
- О-гликозидные связи (-ОН группы Сер, Тре и Тир)



- N-гликозидные связи (амидные группы Асн)



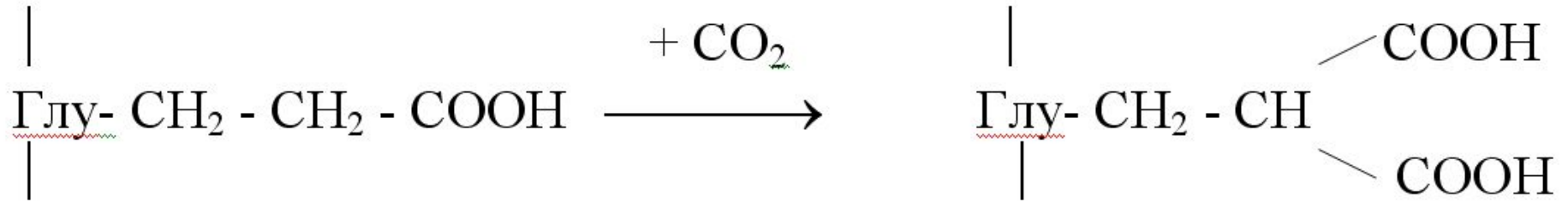
5. Метилирование



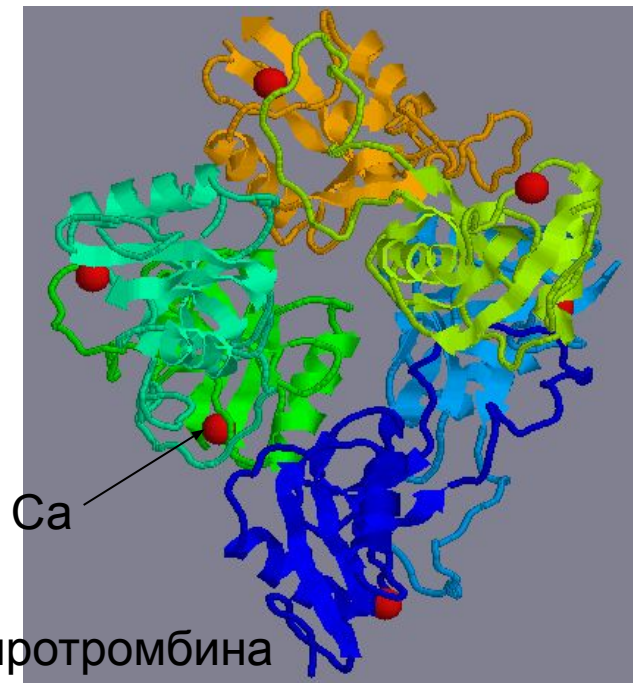
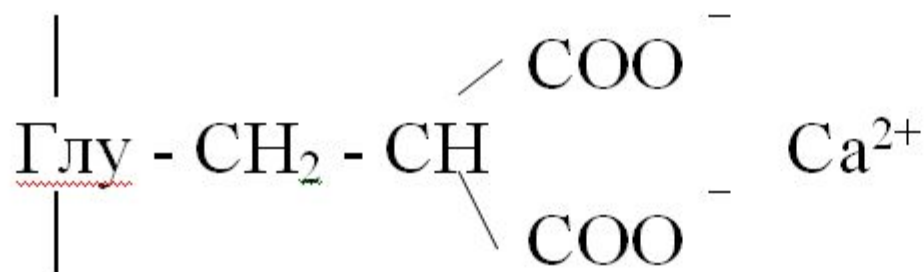
S-аденозилметионин – источник метильных групп

Химические свойства белков

6. γ -карбоксилирование остатков Глу



Захват двухвалентного кальция:



Структура протромбина

Химические свойства белков

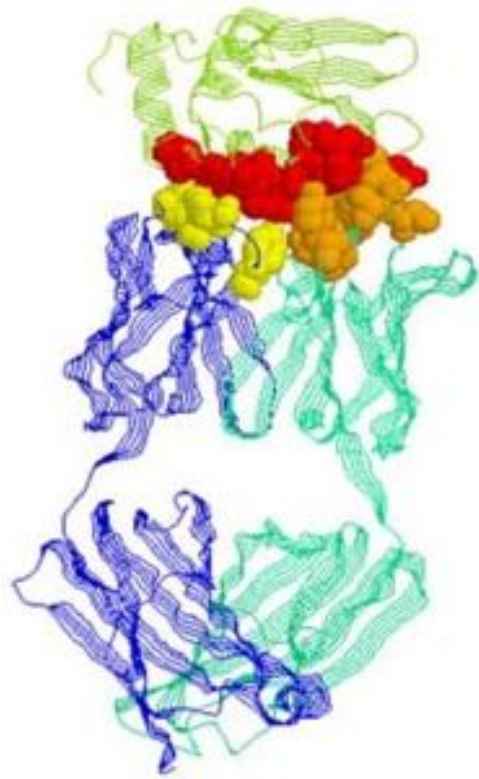
7. Цветные реакции белков

- реакция Миллона на остатки Тир
- реакция Фолля на остатки Цис
- реакция Сакагучи на остатки Арг
- биуретовая р-я на наличие пептидной группировки

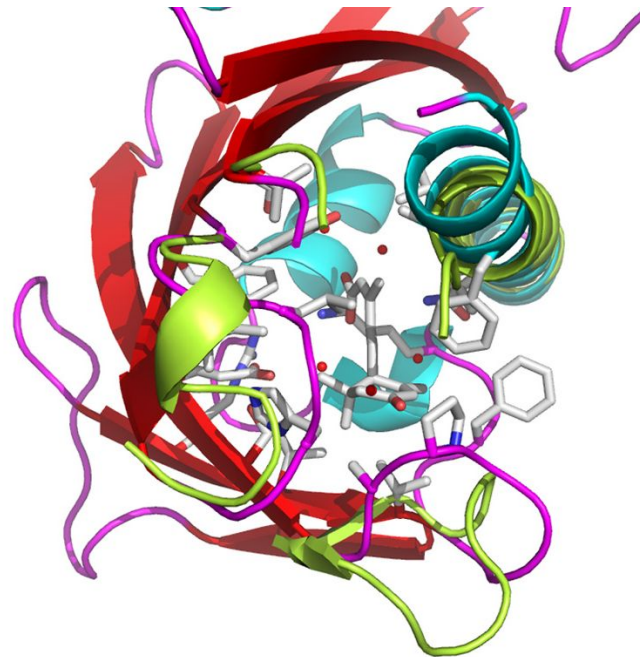
8. Гидролиз белков

- кислотный
- щелочной
- ферментативный

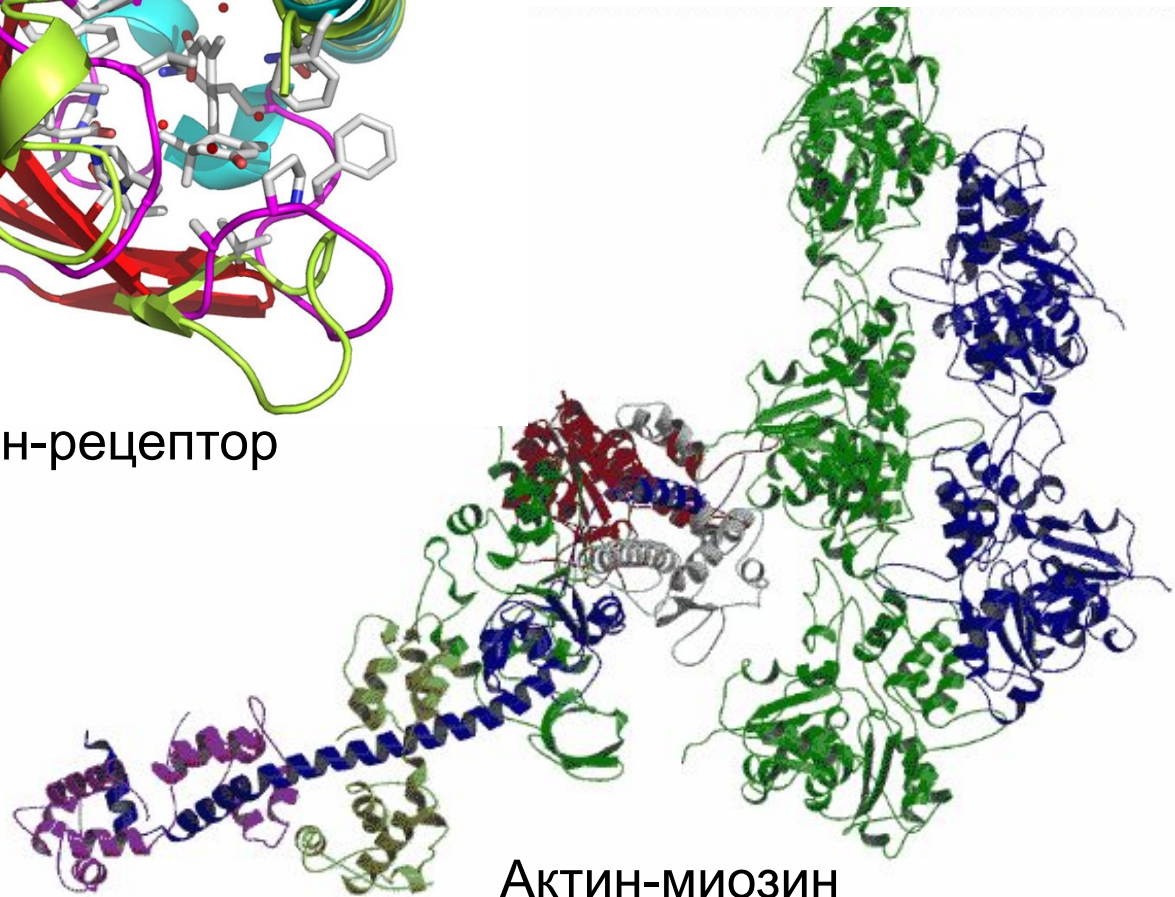
Белок-белковые взаимодействия



Антиген-антитело



Гормон-рецептор



АКТИН-МИОЗИН

Белок-лигандные взаимодействия

Лиганды:

- метаболиты
- гормоны (тироксин, адреналин, кортизол и др.)
- АДФ, цАМФ, АТФ и др.
- ионы металлов (Са, Mg и др.)

