

БЕЛКИ



Белки – высокомолекулярные азотосодержащие органические соединения состоящие из аминокислот

Биологические функции белков

Структурная (строительная, пластическая) функция

Эта функция заключается в том, белки являются универсальным строительным материалом, из которого строятся все структурные образования организма, прежде всего все клетки и все внутриклеточные органоиды. Белки также входят в состав внеклеточного вещества.

Поэтому белков в организме много и на их долю в среднем приходится $1/6$ часть от массы тела человека.

Каталитическая функция

В организме имеются особые белки, являющиеся катализаторами химических реакций. Такие белки получили название **ферменты** или **ЭНЗИМЫ**.

С помощью ферментов с большими скоростями в организме протекают все химические реакции, составляющие обмен веществ.

Сократительная функция

В основе всех форм движения и в первую очередь мышечного сокращения и расслабления лежит взаимодействие белков.

Благодаря сократительной функции животные в отличие от растений могут произвольно перемещаться в пространстве.

Основные сократительные белки – актин и миозин,

Регуляторная функция

Белки обладают амфотерностью и могут взаимодействовать как с кислотами, так и с основаниями. Поэтому белки являются важнейшими буферами организма, поддерживающие кислотность на необходимом уровне.

Белки также участвуют в регуляции осмотического давления и распределении воды между кровью и различными органами.

Некоторые белки, являясь гормонами, непосредственно участвуют в регуляции обмена веществ.

Транспортная функция

Белковые молекулы имеют большой размер, хорошо растворимы в воде и, перемещаясь по водным пространствам организма, могут переносить различные нерастворимые в воде соединения.

Гемоглобин участвует в транспорте молекулярного кислорода от легких к различным органам.

Белки плазмы крови обеспечивают перенос жиров и жирных кислот.

Защитная функция

Белки выполняют защитную функцию, участвуя в обеспечении иммунитета.

К защитной функции относится участие белков в свертывании крови. В этом случае благодаря образованию тромба организм защищается от потери большого количества крови.

Энергетическая функция

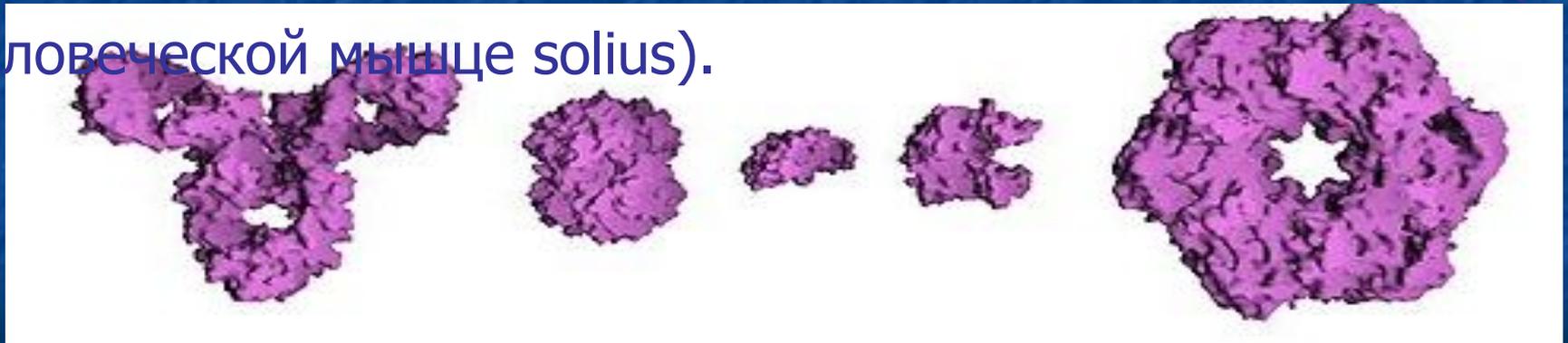
Окисление белков, как и всех других органических соединений, сопровождается выделением энергии. При окислении 1 г белков выделяется 4 ккал энергии. Однако роль белков как источников энергии невелика.

В обычных условиях белки обеспечивают около 10% суточной потребности организма в энергии.

Исходя из важнейшей биологической роли белков в организме, их еще называют протеинами

(от греч. proteus – первый, главный)

в **дальтонах** (**молекулярная масса**), чаще из-за относительно большой величины молекулы в производных единицах — килодальтонах (кДа). Белки дрожжей, в среднем, состоят из 466 аминокислот и имеют молекулярную массу 53 кДа. Самый большой из известных в настоящее время белков — **ТИТИН** — является компонентом **саркомеров** мышц, молекулярная масса его различных изоформ варьирует в интервале от 3 000 до 3 700 кДа, он состоит из 38 138 аминокислот (в человеческой мышце *solius*).

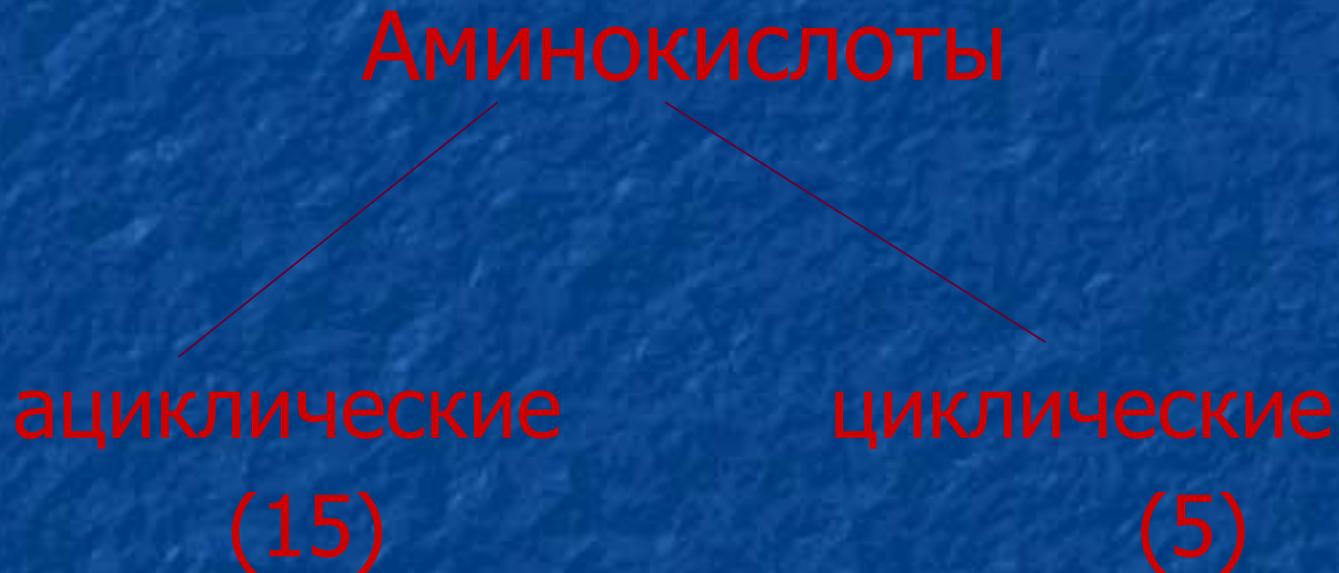


Сравнительный размер белков. Слева направо: Антителло (IgG), гемоглобин, инсулин (гормон), аденилаткиназа (фермент) и глютаминсинтетаза (фермент)

Общая формула аминокислот



Классификация аминокислот



Классификация ациклических аминокислот

Ациклические аминокислоты

моноаминомонокарбоновые

моноаминодикарбоновые

диаминомонокарбоновые

Моноаминомонокарбоновые кислоты



глицин

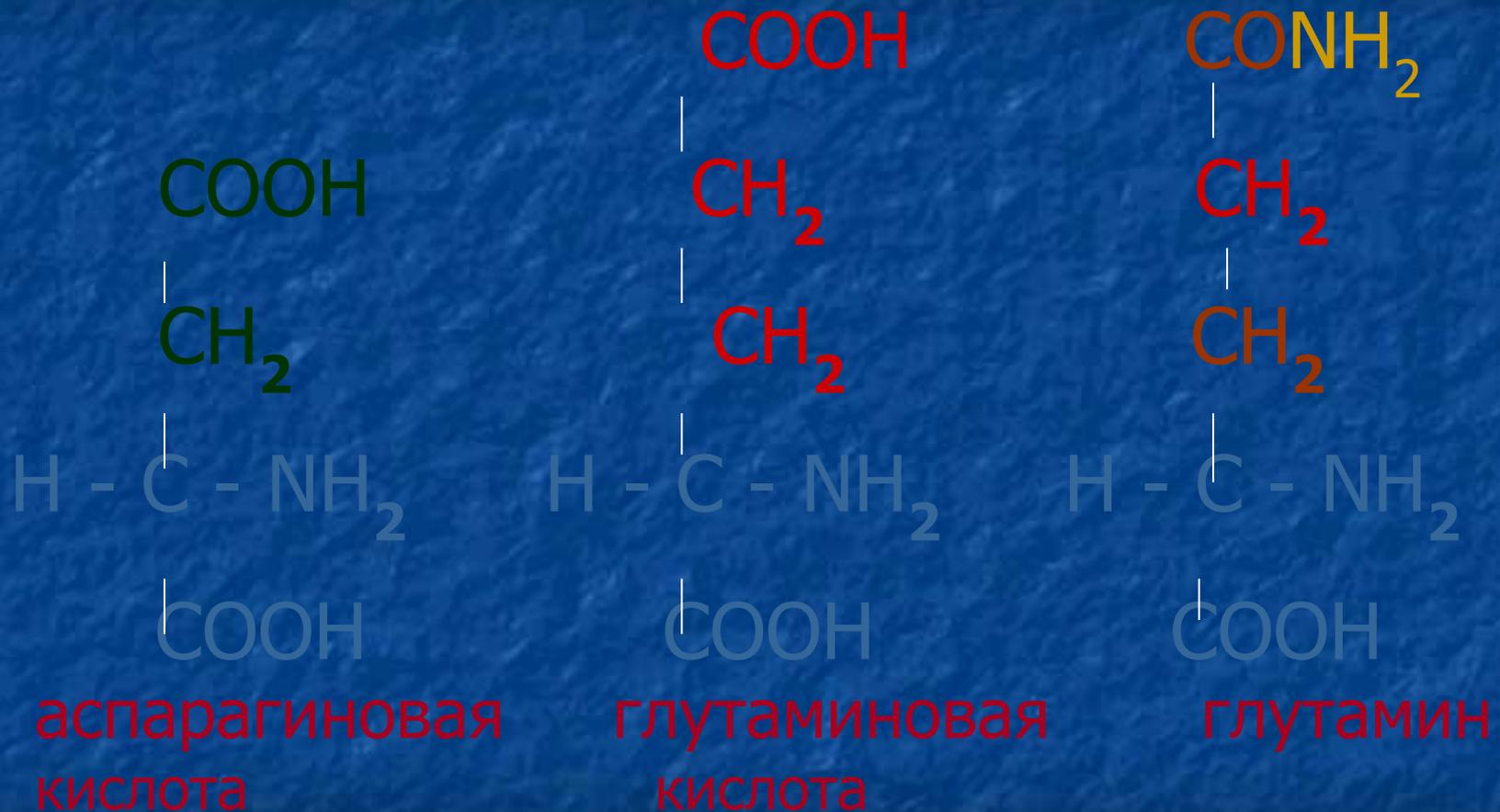


аланин

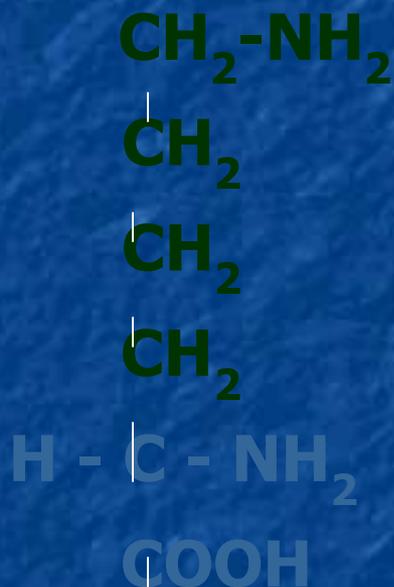


цистеин

Моноаминодикарбоновые кислоты



Диаминомонокарбоновые кислоты

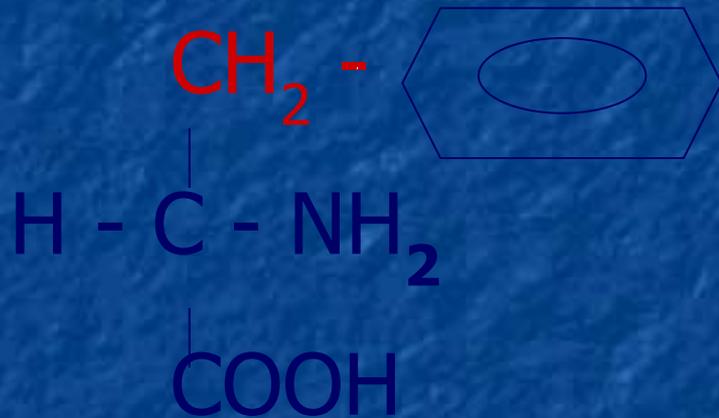


ЛИЗИН

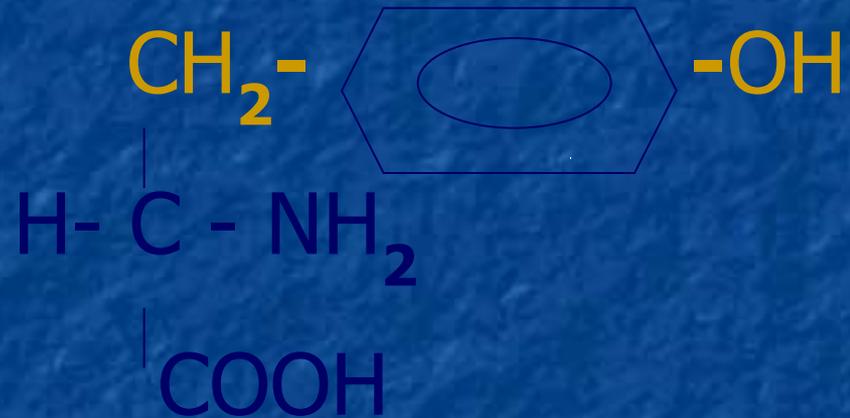


аргинин

Циклические аминокислоты



фенилаланин

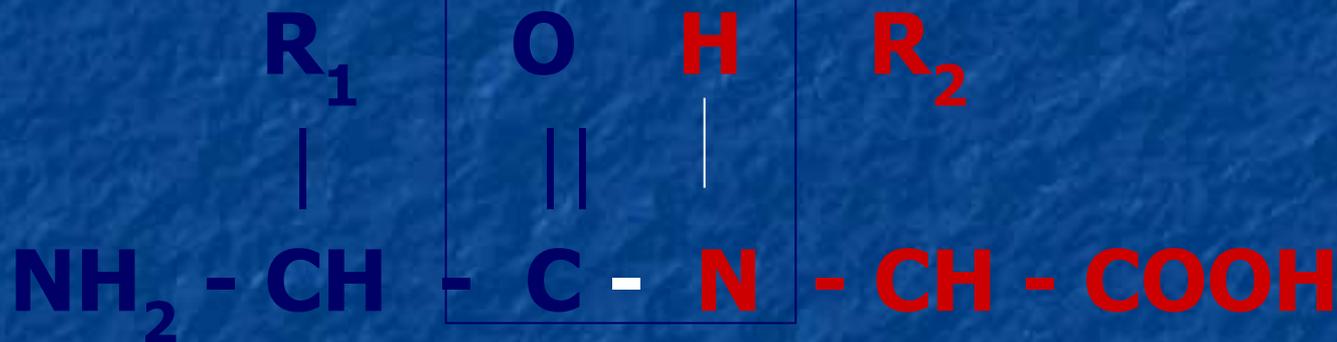


тирозин

Образование пептидной связи

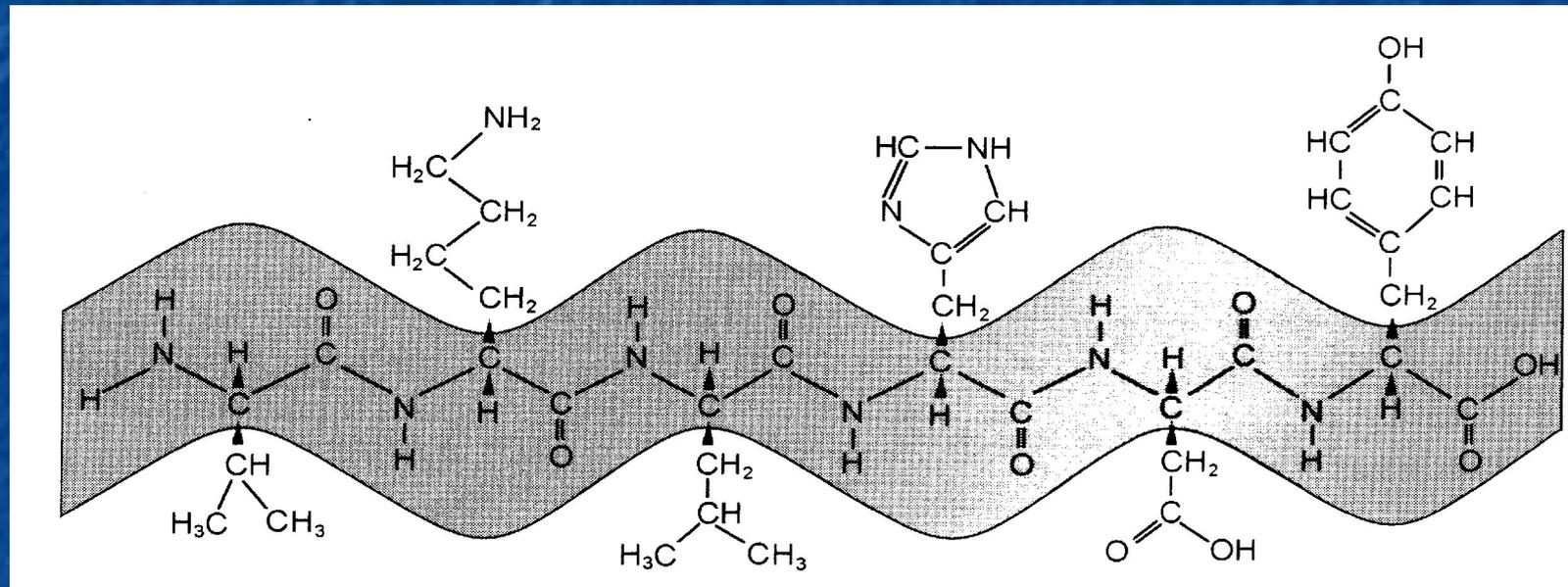


H_2O

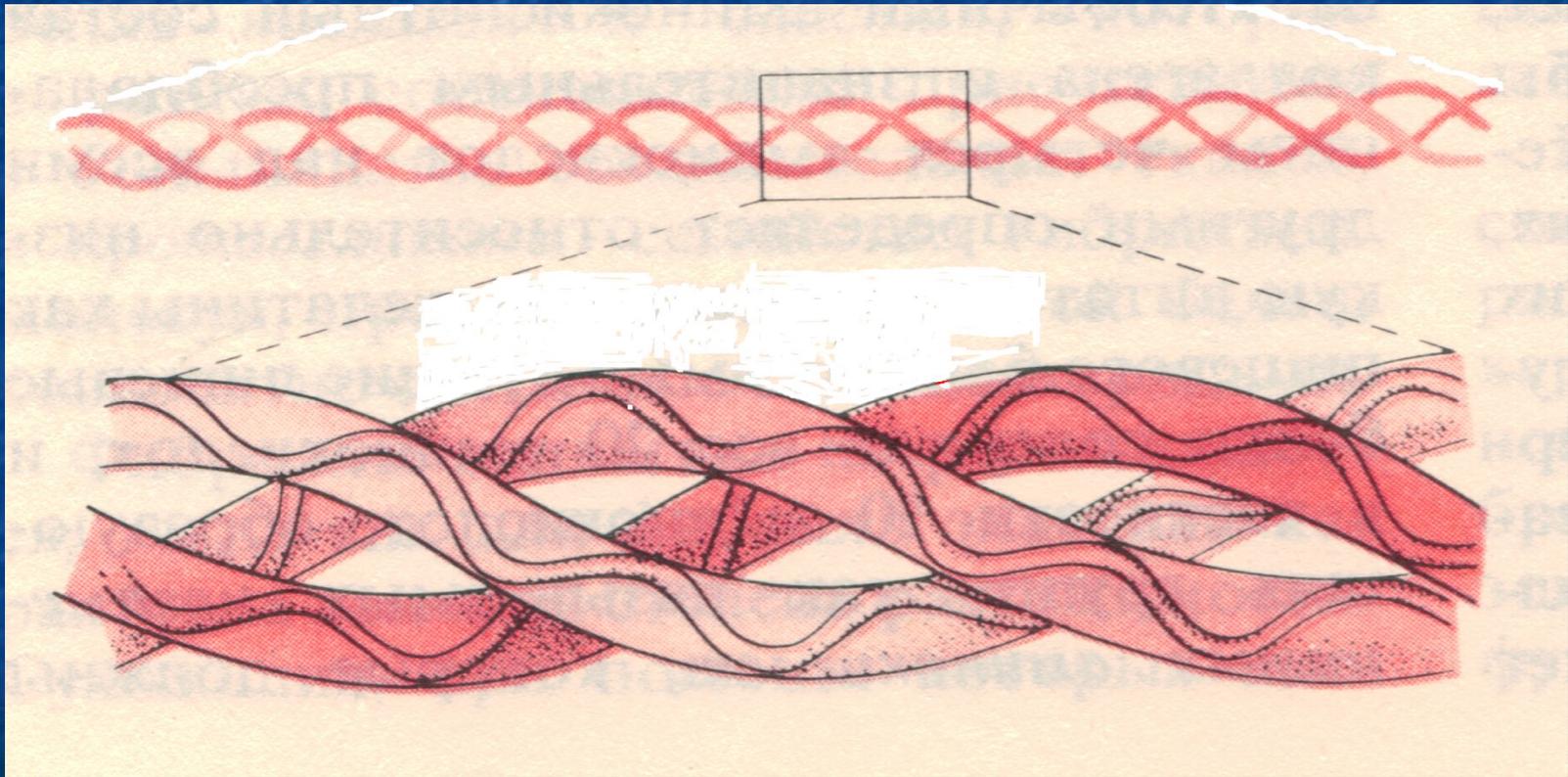


Пептидная
связь

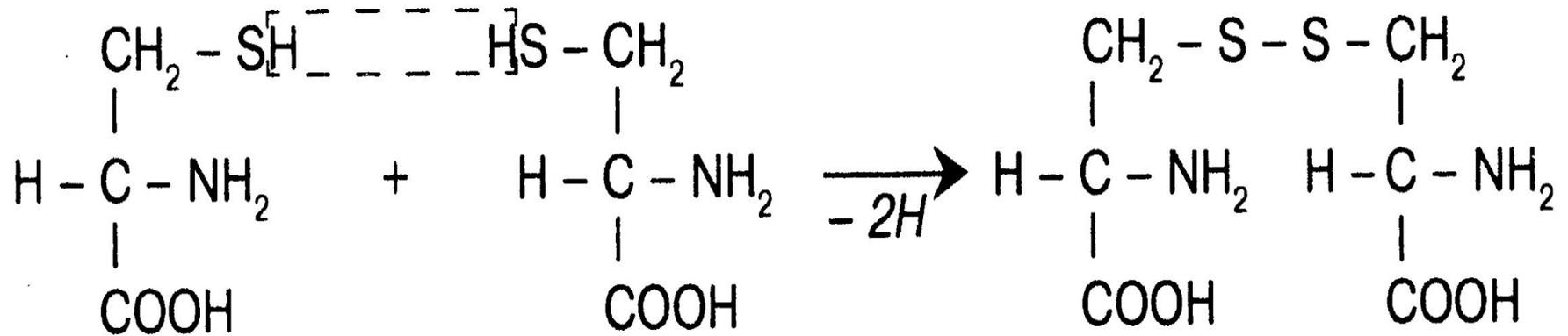
Схема строения полипептида



Участок молекулы коллагена



Образование дисульфидной связи

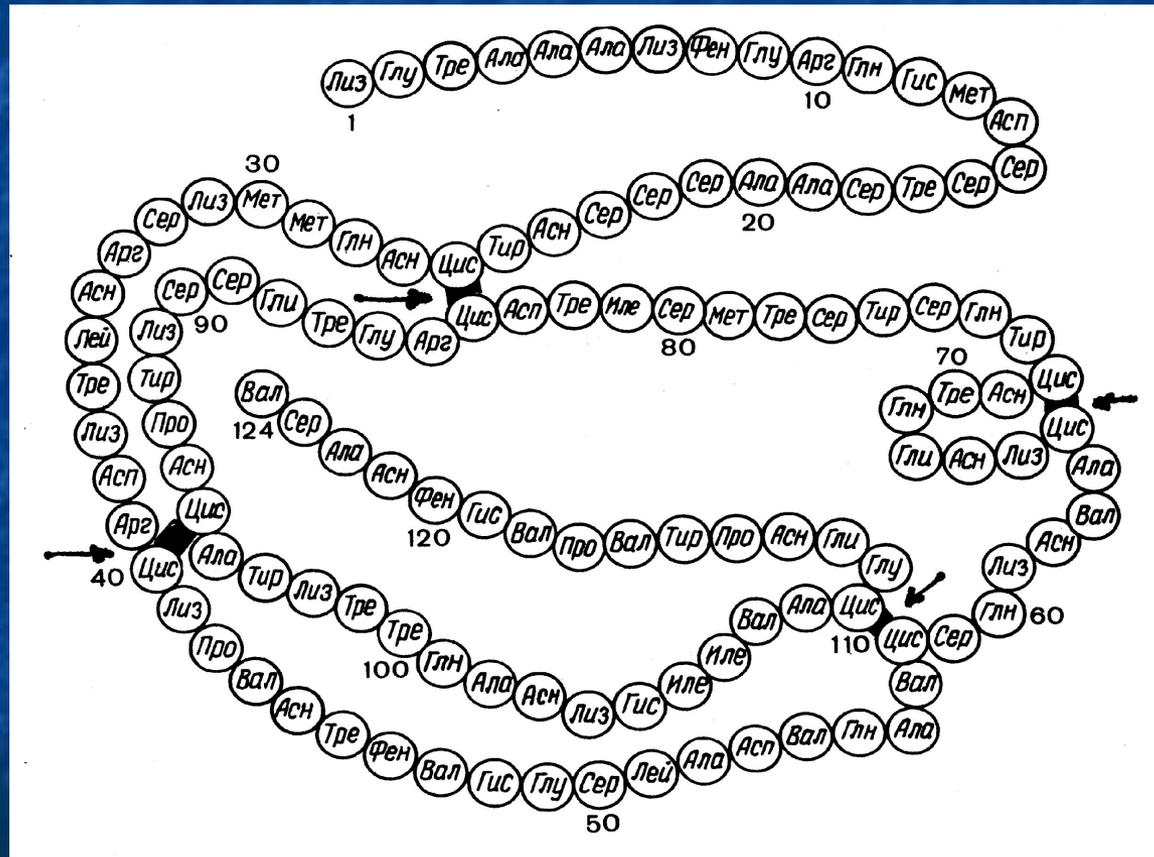


цистеин

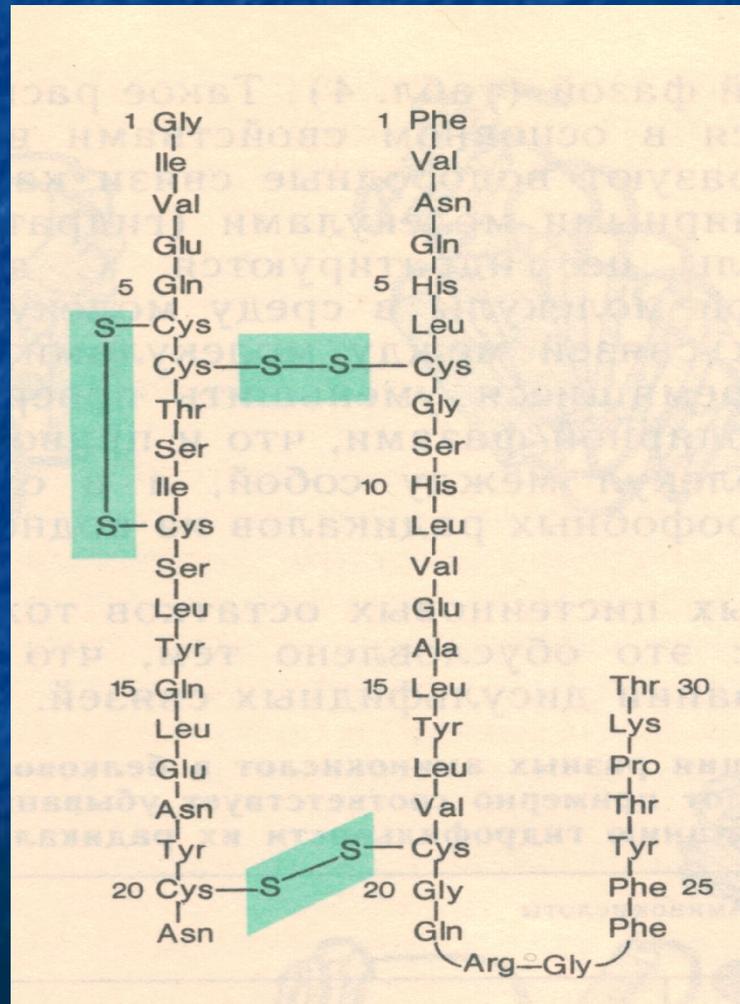
цистеин

По сравнению с пептидной связью дисульфидная менее прочная. Количество дисульфидных связей в молекулах белков намного меньше, чем пептидных.

Дисульфидные связи в молекуле белка-фермента РНК-азы



Дисульфидные связи в молекуле инсулина



Классификация белков

(по химическому составу)

Простые белки (протеины)

1. Альбумины
2. Глобулины
3. Гистоны
4. Белки опорных тканей
6. Металлопротеиды

Сложные белки (протеиды)

1. Фосфопротеиды
2. Нуклеопротеиды
3. Гликопротеиды
4. Липопротеиды
5. Хромопротеиды

Тест 2

Обязательным химическим элементом, входящим в состав белков, является:

- а) азот**
- б) кальций**
- в) селен**
- г) хлор**

Тест 3

Во все белки входят:

**а) 10 разновидностей
аминокислот**

**б) 20 разновидностей
аминокислот**

**в) 30 разновидностей
аминокислот**

**г) 40 разновидностей
аминокислот**

Тест 4

В состав аминокислот обязательно входят функциональные группы:

- а) альдегидная и спиртовая**
- б) карбоксильная и альдегидная**
- в) карбоксильная и аминная**
- г) карбоксильная и спиртовая**

Тест 5

Главной химической связью в белках является:

- а) водородная
- б) дисульфидная
- в) ионная
- г) пептидная

Тест 6

Простые белки отличаются от сложных:

- а) молекулярной массой**
- б) отсутствием дисульфидных связей**
- в) отсутствием простетической группы**
- г) формой молекул**

Тест 7

Сложные белки отличаются от простых:

- а) изоэлектрической точкой**
- б) наличием дисульфидных связей**
- в) наличием простетической группы**
- г) формой молекул**

Тест 8

В образовании дисульфидной связи участвует аминокислота:

- а) аланин**
- б) глицин**
- в) глутамин**
- г) цистеин**

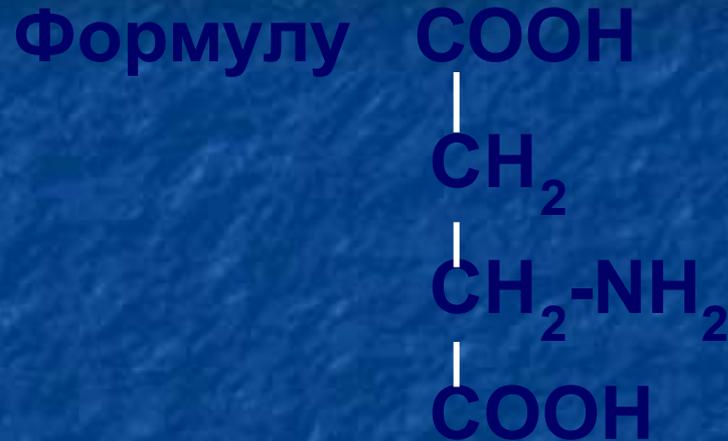
Тест 9



имеет аминокислота:

- а) аланин
- б) глицин
- в) глутамин
- г) цистеин

Тест 10



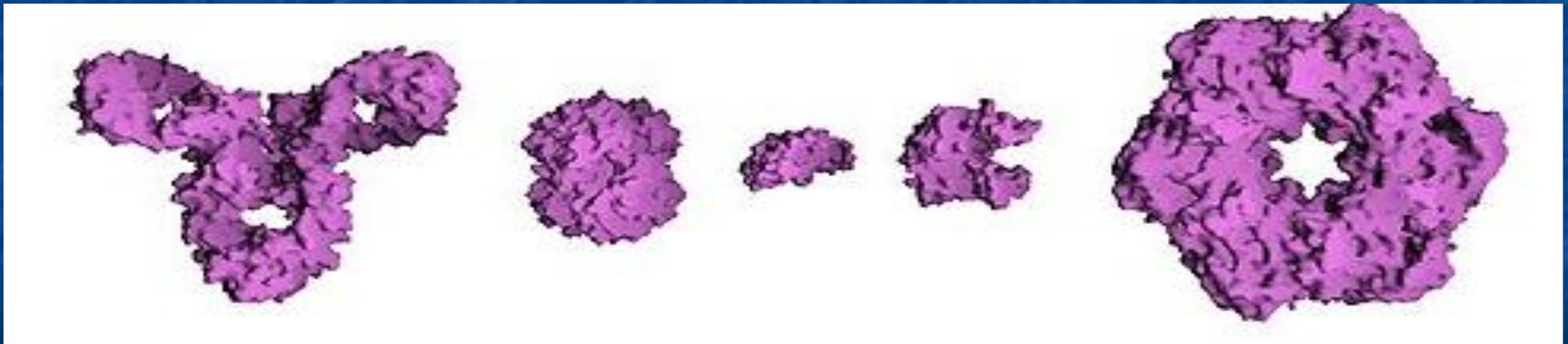
имеет аминокислота:

- а) аспарагиновая кислота
- б) глутамин
- в) глутаминовая кислота
- г) цистеин

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕЛКОВ

Размер белка может измеряться в числе аминокислот или в **дальтонах** (**молекулярная масса**), чаще из-за относительно большой величины молекулы в производных единицах — килодальтонах (кДа). **Инсулин - 6000 Да**
Миоглобин— 17000 Да **Гемоглобин – 68000 Да**

. Самый большой из известных в настоящее время белков — **ТИТИН** — является компонентом **саркомеров** мышц, молекулярная масса его различных изоформ варьирует в интервале от **3 000 до 3 700 кДа**, он состоит из 38 138 аминокислот (в человеческой мышце solius).



Сравнительный размер белков. Слева направо: Антителло (IgG), гемоглобин, инсулин (гормон), аденилаткиназа (фермент) и глютаминсинтетаза (фермент)

Пространственная форма белковых молекул

В молекуле белка условно выделяют четыре уровня её пространственной организации:

Первичная структура

Вторичная структура

Третичная структура

Четвертичная структура



Первичная структура

Первичная структура представляет собой последовательность расположения аминокислот в полипептидных цепях.

Фиксируется первичная структура прочными пептидными связями.

Каждый индивидуальный белок имеет уникальную первичную структуру

Вторичная структура

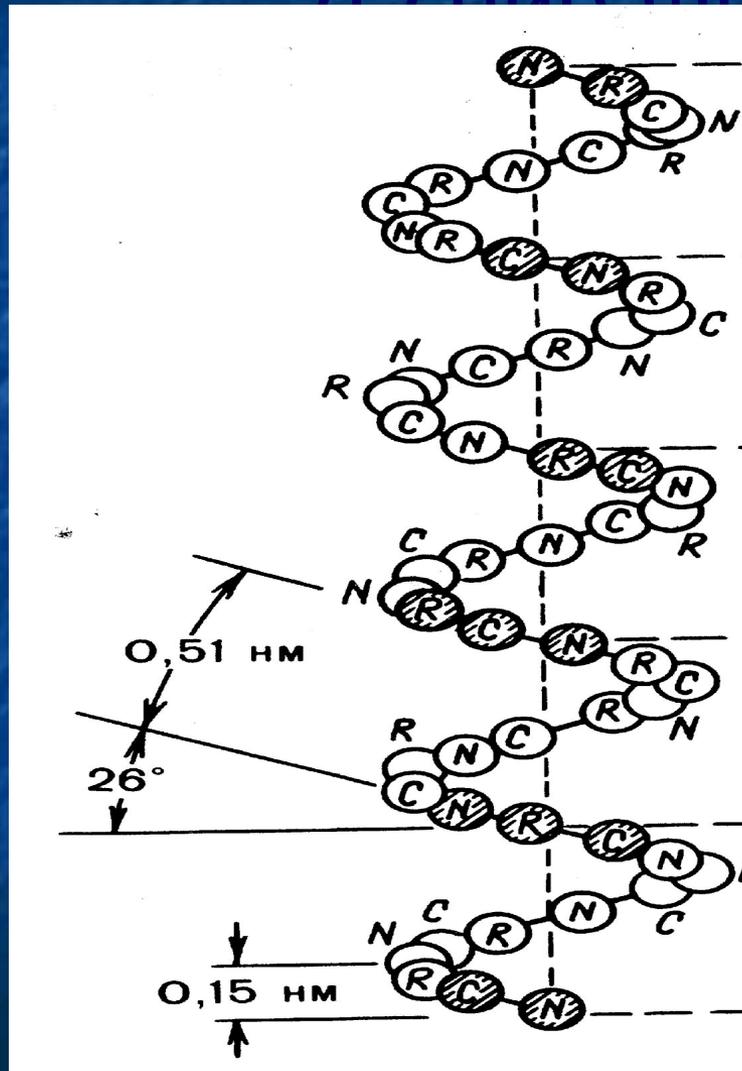
Вторичная структура характеризует пространственную форму полипептидных цепей.

Часто полипептидные цепи в белковых молекулах закручиваются в спираль.

Фиксируется вторичная структура дисульфидными и различными нековалентными (непрочными) связями.

Полипептидная цепь в форме

α-спирали

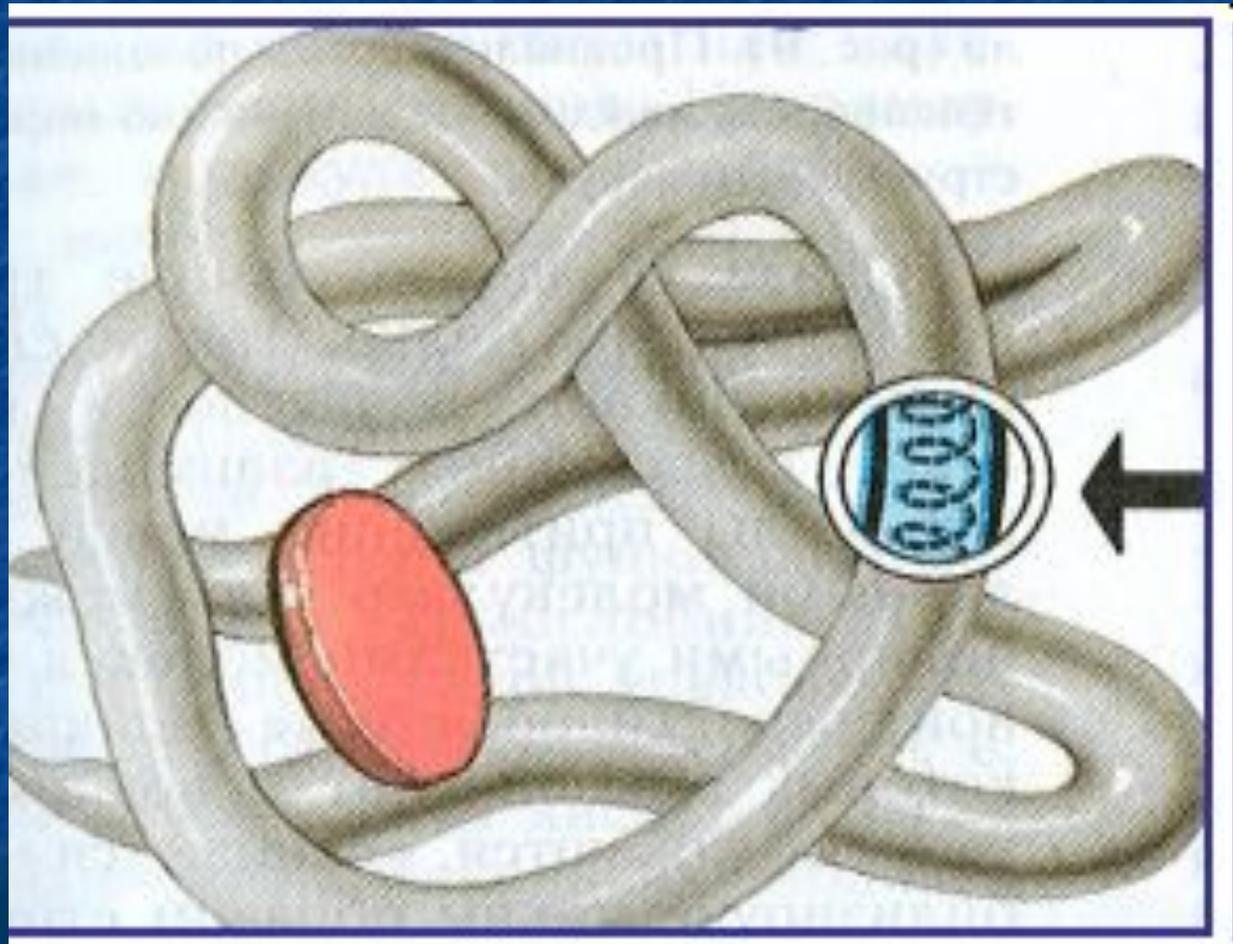


Третичная структура

Третичная структура отражает пространственную форму вторичной структуры. Например, вторичная структура в форме спирали может принять форму глобулы (шара).

Стабилизуется третичная структура слабыми связями: дисульфидными и нековалентными, вследствие чего является очень неустойчивой и легко изменяет свою форму.

Третичная структура молекулы миоглобина



Конформация белка

Пространственная форма всей белковой молекулы, являющаяся совокупностью первичной, вторичной и третичной структур обозначается термином «**конформация**».

Конформация белка характеризуется нестабильностью и поэтому возможно ее изменение.

Конформация, имея которую, белок обладает биологической активностью, называется **нативной**.

Четвертичная структура

Четвертичной структурой обладают только некоторые белки.

Четвертичная структура – сложное надмолекулярное образование, состоящее из нескольких белков, имеющих свою собственную первичную, вторичную и третичную структуры.

Каждый белок, входящий в состав четвертичной структуры, называется субъединицей.

Субъединицы объединяются в четвертичную структуру только за счет слабых нековалентных связей, и поэтому четвертичная структура неустойчива.

Схема строения белковой молекулы, обладающей четвертичной структурой





Кристаллы различных белков, выращенные на [космической станции «Мир»](#) Кристаллы различных белков, выращенные на космической станции «Мир» и во время полётов [шаттлов](#) Кристаллы различных белков, выращенные на космической станции «Мир» и во время полётов шаттлов [НАСА](#). Высокоочищенные белки при низкой температуре образуют кристаллы, которые используют для получения модели данного белка.

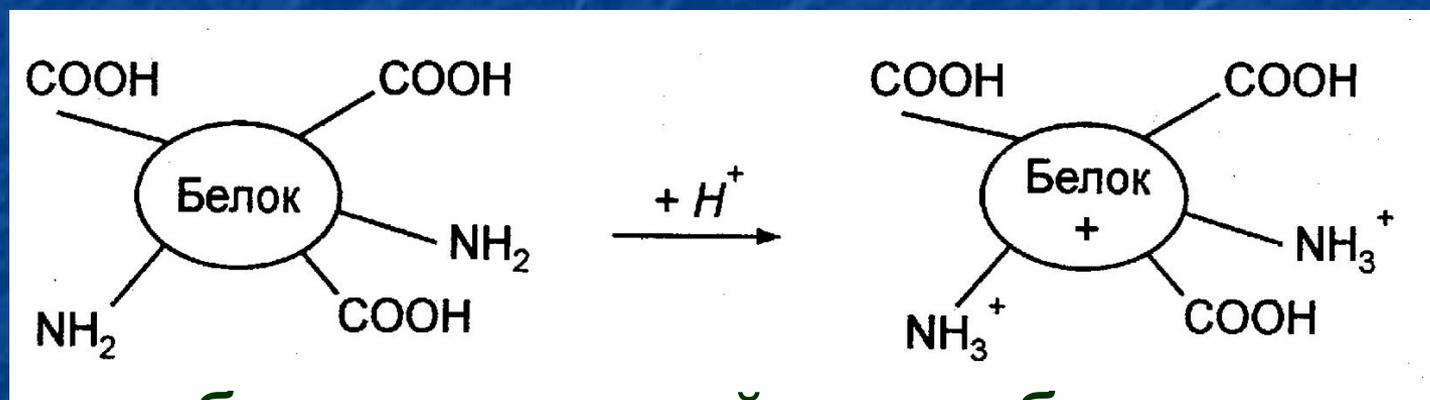
Амфотерность белков

Амфотерность белков (наличие как кислотных, так и основных свойств) обусловлена присутствием в их молекулах свободных карбоксильных (кислотные группы) и аминогрупп (основные группы), входящих в состав радикалов и не участвующих в образовании пептидных связей.

Проявление белками кислотных или основных свойств зависит от кислотности среды.

В кислой среде ($\text{pH} < 7$) вследствие избытка ионов водорода (протонов) диссоциация карбоксильных групп подавлена.

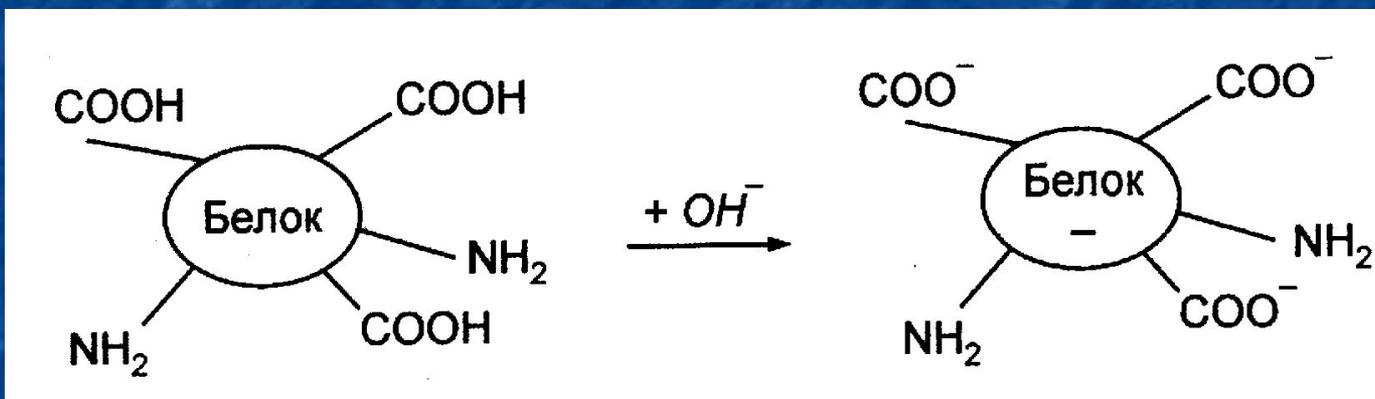
Свободные аминогруппы легко присоединяют к себе имеющиеся в избытке протоны и переходят в протонированную форму:



Таким образом в кислой среде белки проявляют **основные свойства** и находятся в **катионной форме**.

В щелочной среде ($\text{pH} > 7$) вследствие избытка ионов гидроксила (OH^-) легко протекает диссоциация карбоксильных групп.

Протонирование аминогрупп практически не происходит:

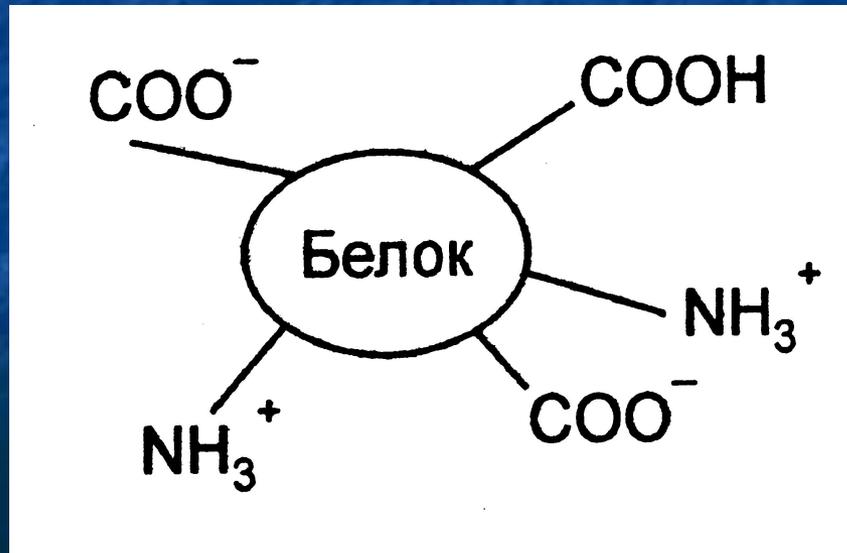


Таким образом в щелочной среде белки проявляют **кислые свойства** и находятся в **анионной форме**

Изоэлектрическое состояние

При определенной кислотности в молекуле белка может быть одинаковое количество диссоциированных карбоксильных групп ($-\text{COO}^-$) и протонированных аминогрупп ($-\text{NH}_3^+$).

Такая молекула белка не имеет заряда, является нейтральной и находится в изоэлектрическом состоянии:



Значение pH, при котором молекулы белка нейтральны, называется **изоэлектрической точкой** и обозначается **pI** или **$pH_{\text{ИЭТ}}$**

Для каждого белка изоэлектрическая точка имеет строго определенную величину, т.е. является константой.

Растворимость белков

Не смотря на большой размер молекул (1–100 нм), белки хорошо растворяются в воде, и их растворы по своим свойствам близки к коллоидным растворам.

Высокая стабильность белковых растворов обеспечивается факторами устойчивости.

$$(1\text{нм} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ м})$$

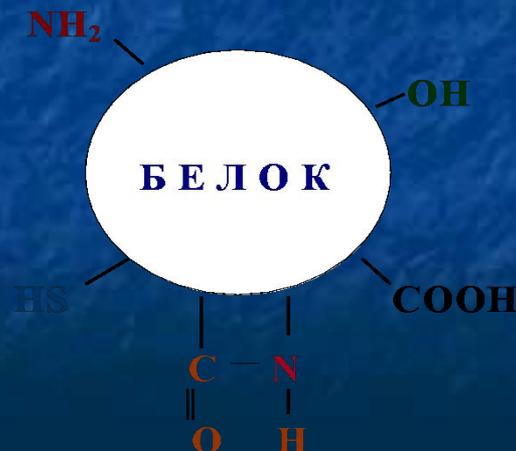
Наличие заряда

Только при одном строго определенном значении рН, равном изоэлектрической точке, белок нейтрален. При всех остальных значениях рН белковые молекулы имеют какой-то заряд.

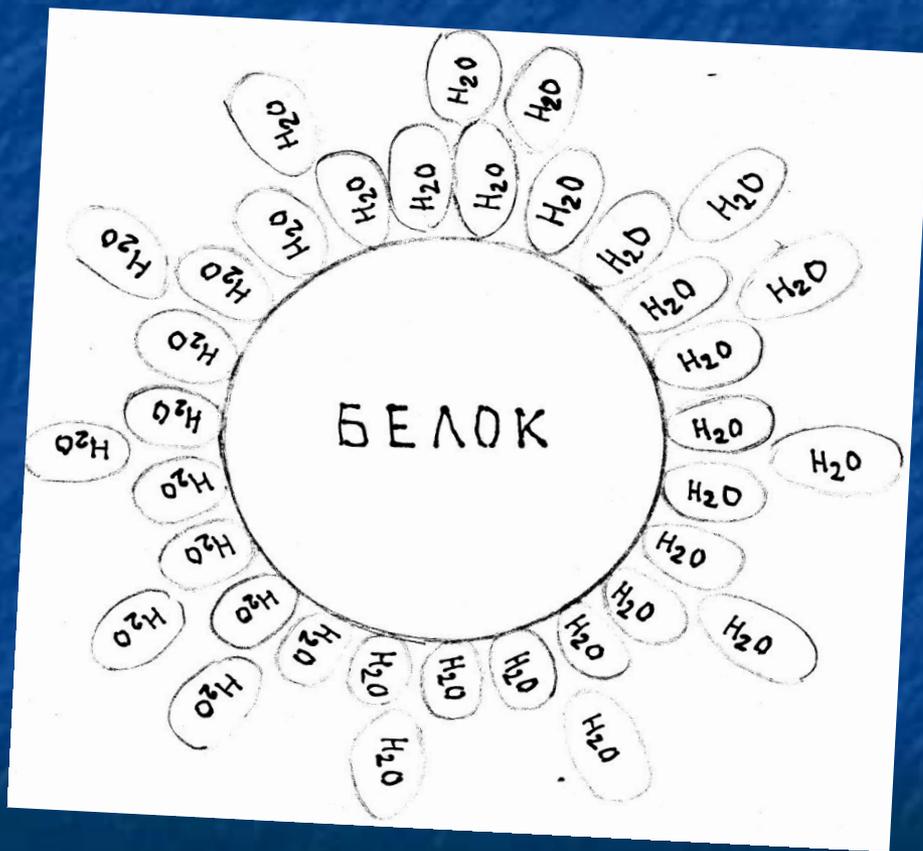
Благодаря наличию заряда при столкновениях молекулы белка отталкиваются друг от друга, и их объединения в более крупные частицы не происходит.

Наличие гидратной оболочки

У нативного белка гидрофобные группы (не взаимодействующие с водой) обычно находятся внутри молекулы, а группы гидрофильные, обладающие высоким сродством к воде, располагаются на поверхности белковой молекулы (аминогруппы и карбоксильные группы, входящие в радикалы аминокислот, гидроксильные и SH-группы, пептидной связи):



Гидратная оболочка белковой молекулы



Высаливание белков

Высаливание белков - выпадение белка в осадок под воздействием **водоотнимающих средств**, к которым в первую очередь относятся соли (Na_2SO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и др.).

При высоких концентрациях вследствие низкой молекулярной массы солей количество их ионов огромно по сравнению с макромолекулами белков.

В результате бóльшая часть воды связывается с ионами солей, что приводит к значительному уменьшению гидратных оболочек у белков, снижению их растворимости и выпадению в осадок.

Наиболее эффективно высаливание при рН, равном изоэлектрической точке осаждаемого белка. В этом случае белок не только теряет гидратную оболочку, но и лишается заряда, что приводит к его полному осаждению.

Денатурация белков

Денатурация – потеря белком нативных свойств.

Денатурация обычно сопровождается выпадением белка в осадок.

Факторы, вызывающие денатурацию, делятся на **физические** и **химические**.

Физические факторы денатурации

- Нагревание (выше 50-60°C);
- различные виды излучения (ультрафиолетовое и ионизирующее излучение);
- ультразвук;
- вибрация.

Химические факторы денатурации

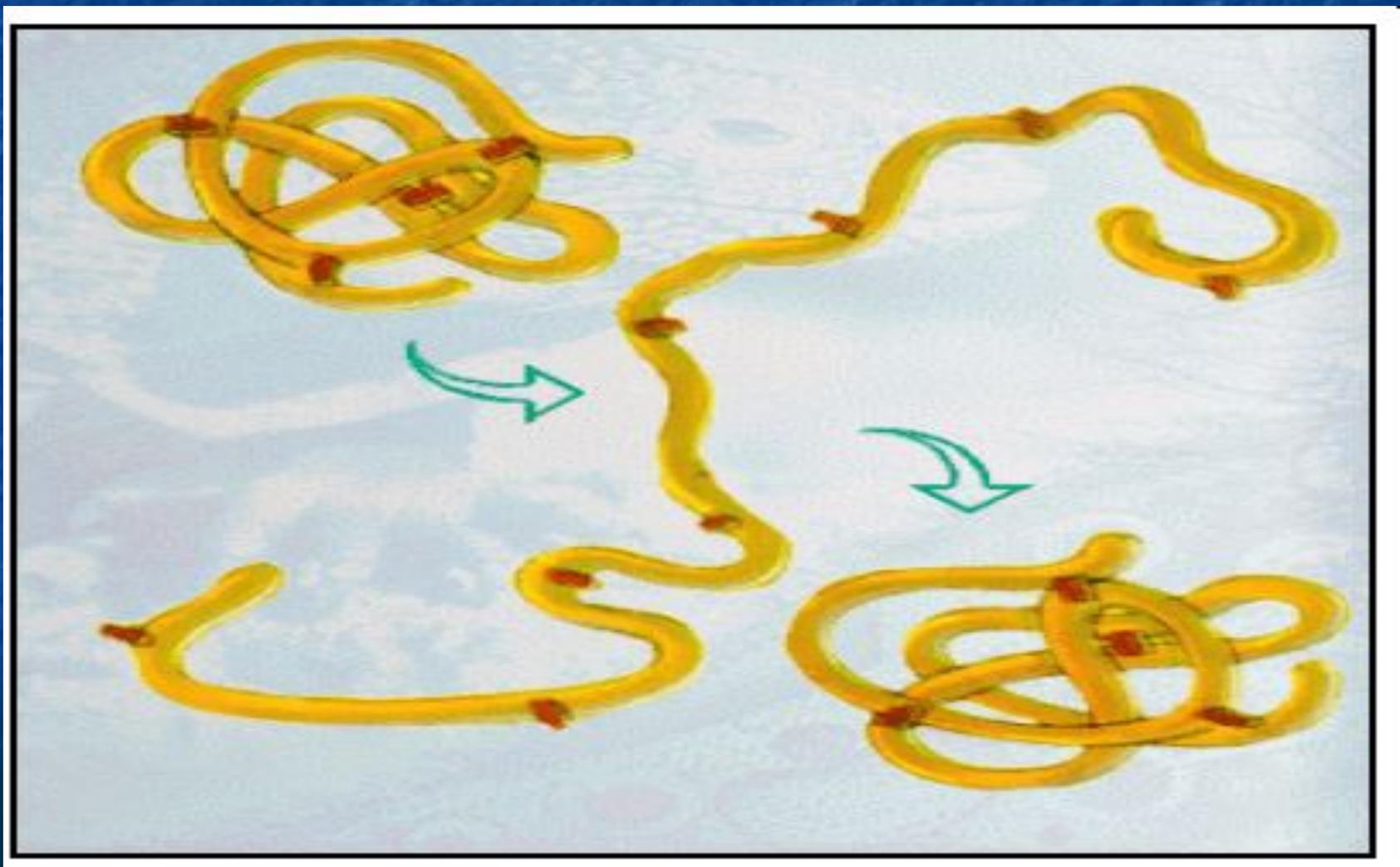
- Сильные кислоты;
- Сильные щелочи;
- Соли тяжелых металлов;
- Некоторые органические кислоты
(трихлоруксусная, сульфосалициловая)

Механизм денатурации

Под влиянием факторов денатурации в молекулах белков разрываются различные непептидные связи, что вызывает разрушению высших (кроме первичной) структур белка и переход белковых молекул в новую пространственную форму.

Такое изменение конформации приводит к утрате белками гидратных оболочек, их последующему выпадению в осадок и потере биологической активности.

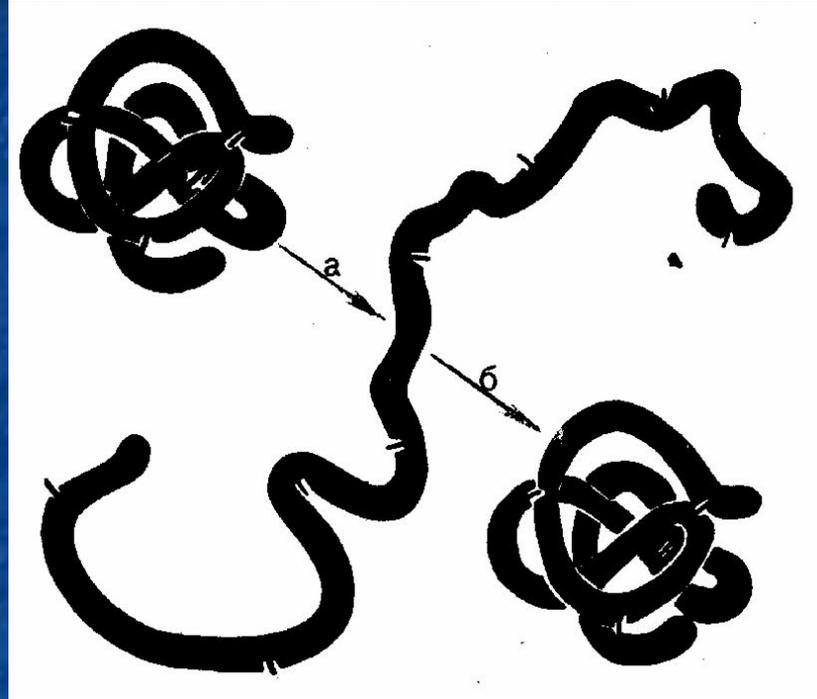
Схема денатурации белка



Обратимость денатурации белка

При кратковременном действии денатурирующих факторов конформационные изменения незначительны, поэтому возможен переход белка снова в нативную форму и восстановление его биологической активности

Ренатурация белка



а - денатурация

б - ренатурация

Тест 1

Первичная структура белковой молекулы фиксируется:

- а) водородными связями
- б) дисульфидными связями
- в) ионными связями
- г) пептидными связями

Тест 2

Простые белки отличаются от сложных:

- а) молекулярной массой
- б) отсутствием дисульфидных связей
- в) отсутствием простетической группы
- г) формой молекул

Тест 3

При высаливании белок:

- а) подвергается гидролизу
- б) приобретает заряд
- в) теряет гидратную оболочку
- г) теряет заряд

Тест 4

При денатурации у белков в первую очередь изменяется структура:

- а) первичная
- б) вторичная
- в) третичная

Тест 5

В кислой среде молекулы белков:

- а) имеют отрицательный заряд
- б) имеют положительный заряд
- в) нейтральны

Тест 6

В щелочной среде молекулы белков:

- а) имеют отрицательный заряд
- б) имеют положительный заряд
- в) нейтральны

Тест 7

При значении рН, равном изоэлектрической точке, молекулы белков:

- а) имеют отрицательный заряд
- б) имеют положительный заряд
- в) нейтральны

Тест 8

Молекулы белков всегда нейтральны:

- а) в кислой среде
- б) в нейтральной среде
- в) в щелочной среде
- г) при значении рН, равном рI

Тест 9

Сложные белки отличаются от простых:

- а) изоэлектрической точкой
- б) наличием дисульфидных связей
- в) наличием простетической группы
- г) формой молекул

Тест 10

В молекуле ДНК содержится информация о:

- а) первичной структуре белка
- б) вторичной структуре белка
- в) третичной структуре белка
- г) четвертичной структуре белка

