

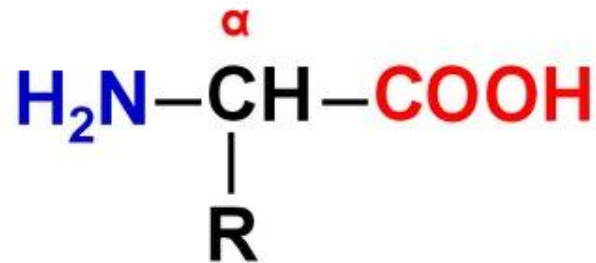
# Гетерофункциональные соединения

**Аминокислоты, пептиды, белки**

# АМИНОКИСЛОТЫ

- это органические вещества, содержащие карбоксильную и amino-группы.

Общая формула  $\alpha$ -аминокислоты



В состав белков входят 20 разновидностей  $\alpha$ , L-аминокислот.

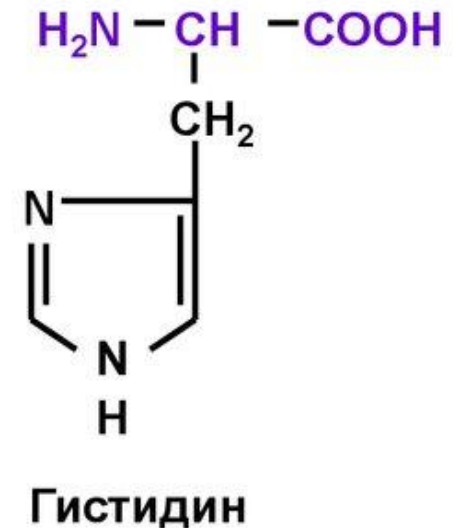
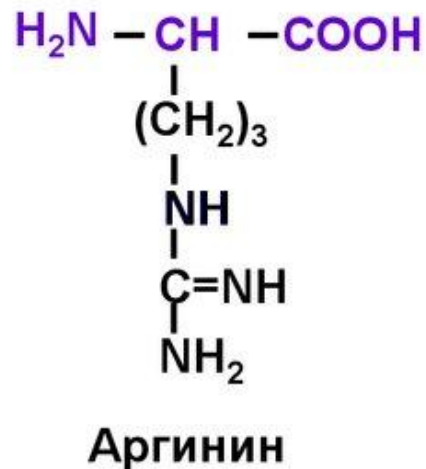
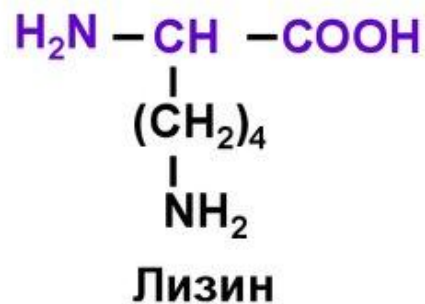
# Классификации аминокислот

## 1) по полярности и заряду радикала (рациональная)

Полярные (с гидрофильным радикалом)			Неполярные (с гидрофобным радикалом)
Положительно- заряженные	Отрицательно- заряженные	Незаряженные	
1. Лизин 2. Аргинин 3. Гистидин	1. Аспарагино- вая кислота 2. Глутаминовая кислота	1. Глицин 2. Серин 3. Треонин 4. Тирозин 5. Цистеин 6. Аспарагин 7. Глутамин	1. Аланин 2. Валин 3. Лейцин 4. Изолейцин 5. Пролин 6. Фенилаланин 7. Триптофан 8. Метионин

# I. Полярные аминокислоты (с гидрофильным радикалом)

## 1) Положительнозаряженные аминокислоты



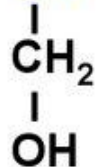
## 2) Отрицательнозаряженные аминокислоты



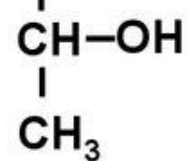
### 3) Полярные незаряженные аминокислоты



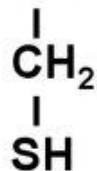
Глицин



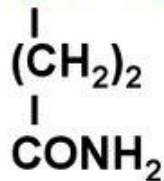
Серин



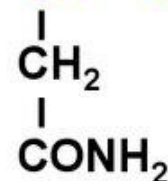
Треонин



Цистеин



Глутамин

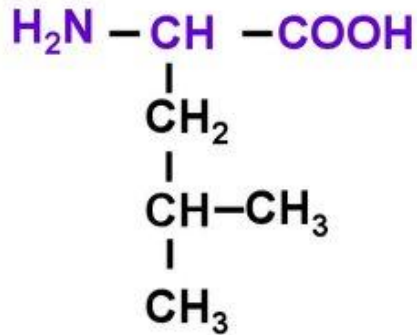


Аспарагин

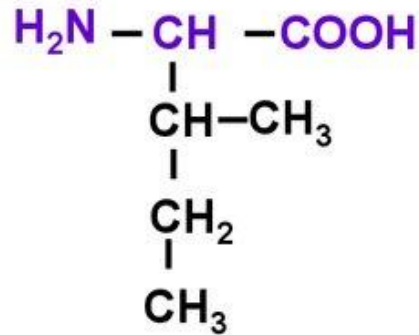


Тирозин

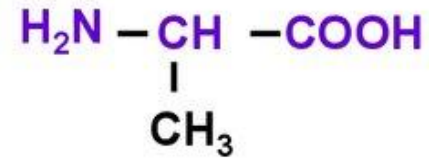
## II. Неполярные аминокислоты (с гидрофобным радикалом)



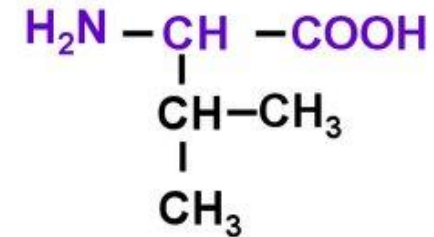
Лейцин



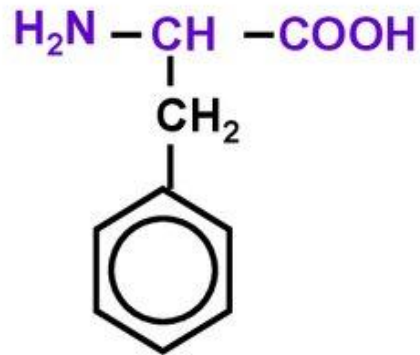
Изолейцин



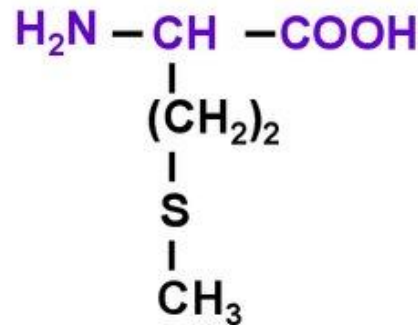
Аланин



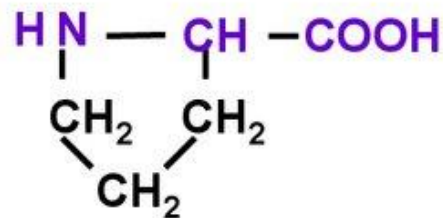
Валин



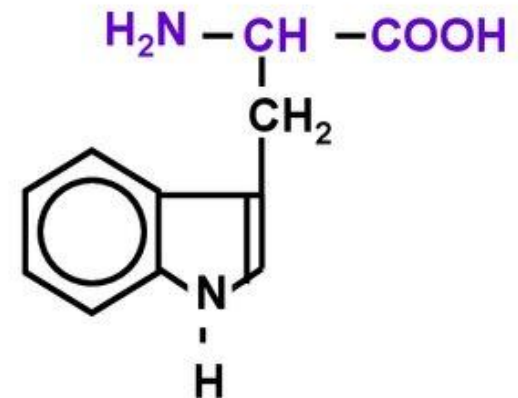
Фенилаланин



Метионин



Пролин



Триптофан

## 2) По числу карбоксильных групп и аминогрупп

Нейтральные	Основные	Кислые
1 $\text{NH}_2$ и 1 $\text{COOH}$ группы	2 $\text{NH}_2$ и 1 $\text{COOH}$ группы	1 $\text{NH}_2$ и 2 $\text{COOH}$ группы
1) Глицин 2) Аланин 3) Валин 4) Лейцин 5) Изолейцин 6) Цистеин 7) Серин 8) Треонин и др.	1) Лизин 2) Орнитин 3) Аргинин	1) Аспарагиновая кислота 2) Глутаминовая кислота

### 3) по строению радикала

<b>Алифатические</b>	<b>Ароматические</b>	<b>Гетеро-циклические</b>
Глицин Аланин Валин Лейцин Лизин Глутаминовая кислота Аспарагиновая	Фенилаланин Тирозин Триптофан Гистидин	Гистидин Триптофан Пролин



#### 4) По содержанию дополнительных функциональных групп

<b>Гидрокси-аминокислоты</b>	<b>Амиды аминокислот</b>	<b>Серу-содержащие АК</b>
Серин Треонин Тирозин	Аспарагин Глутамин	Цистеин Метионин

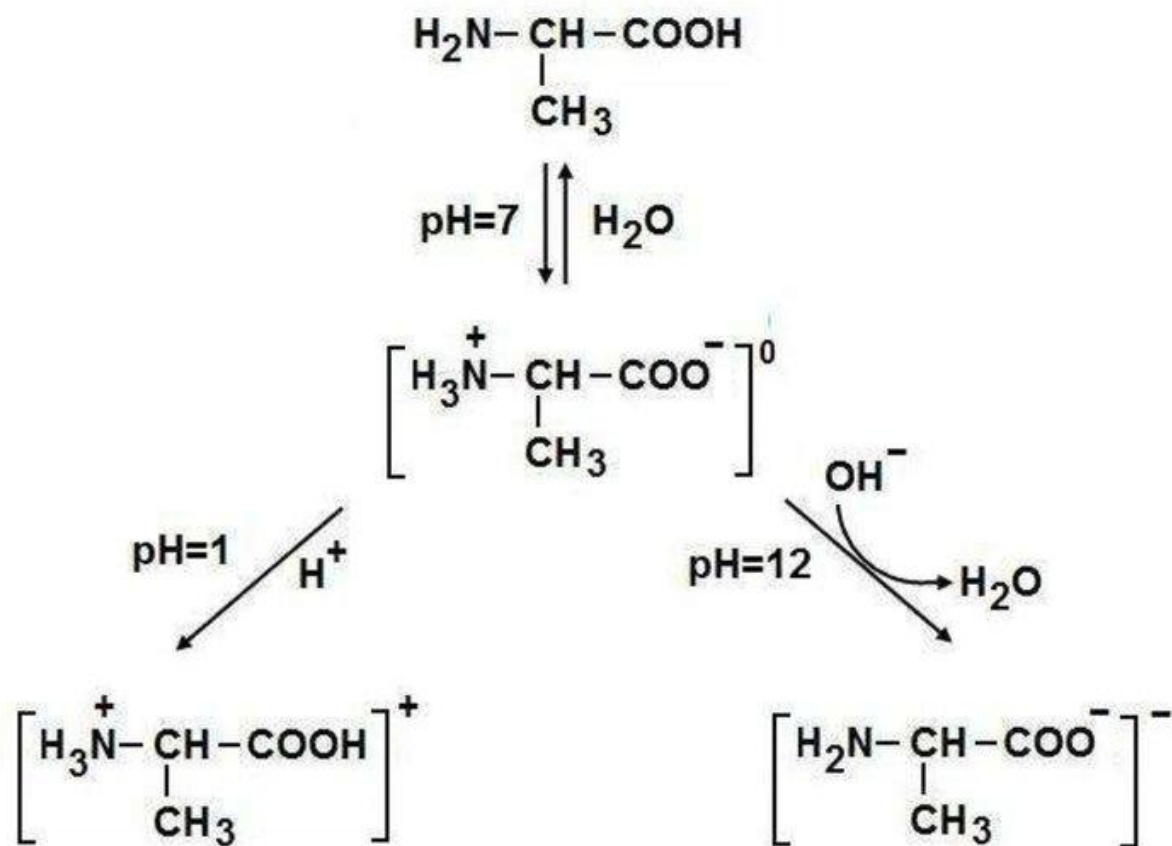
## 5) Биологическая классификация

<b>Заменимые</b>	<b>Абсолютно незаменимые</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Глицин</li><li>2. Аланин</li><li>3. Серин</li><li>4. Аспарагиновая кислота</li><li>5. Глутаминовая кислота</li><li>6. Аспарагин</li><li>7. Глутамин</li><li>8. Пролин</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Валин</li><li>2. Лейцин</li><li>3. Изолейцин</li><li>4. Треонин</li><li>5. Метионин</li><li>6. Лизин</li><li>7. Триптофан</li><li>8. Фенилаланин</li></ol>
<b>Условно заменимые</b>	<b>Условно незаменимые</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Цистеин</li><li>2. Тирозин</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Аргинин</li><li>2. Гистидин</li></ol>

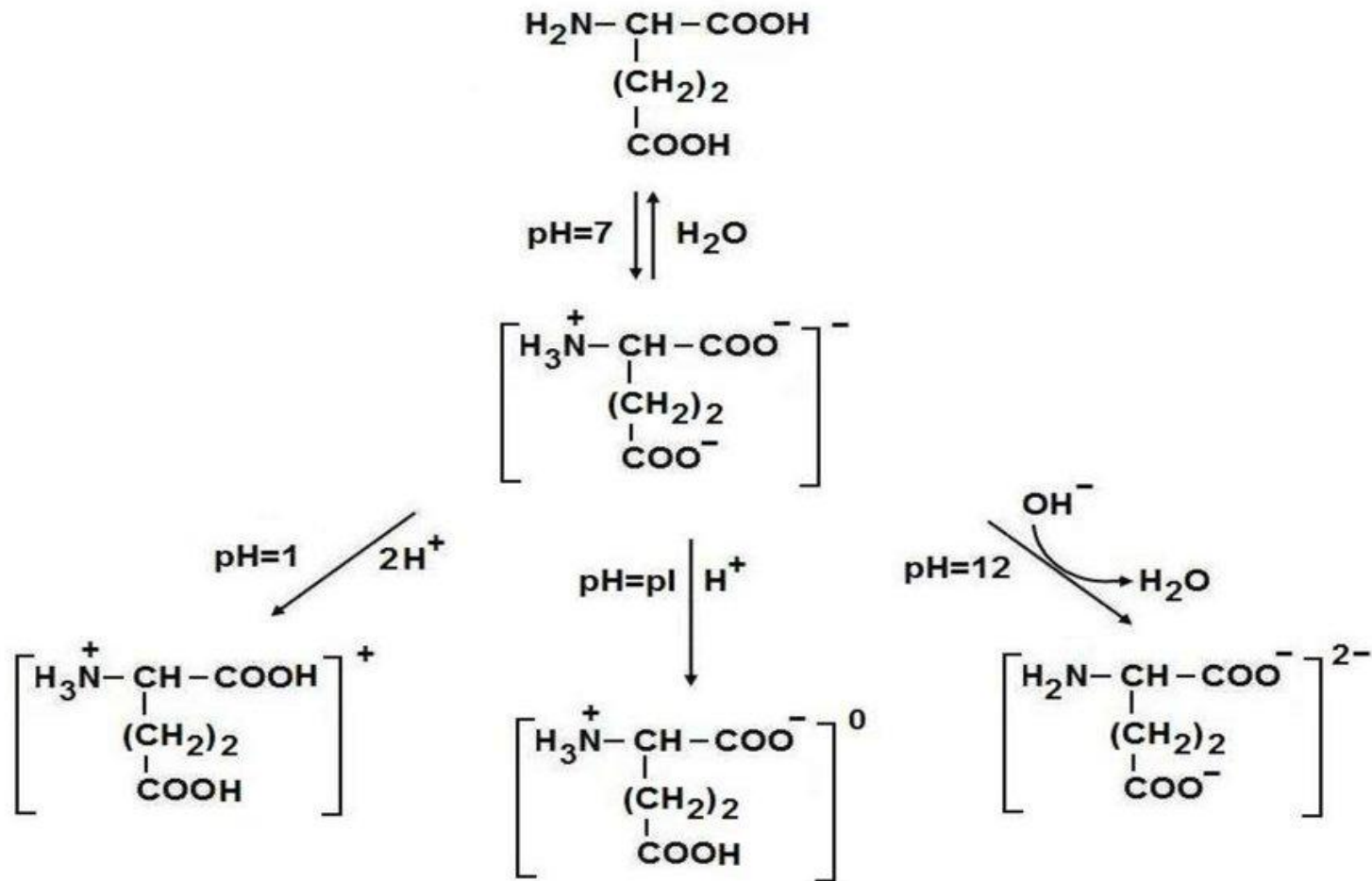




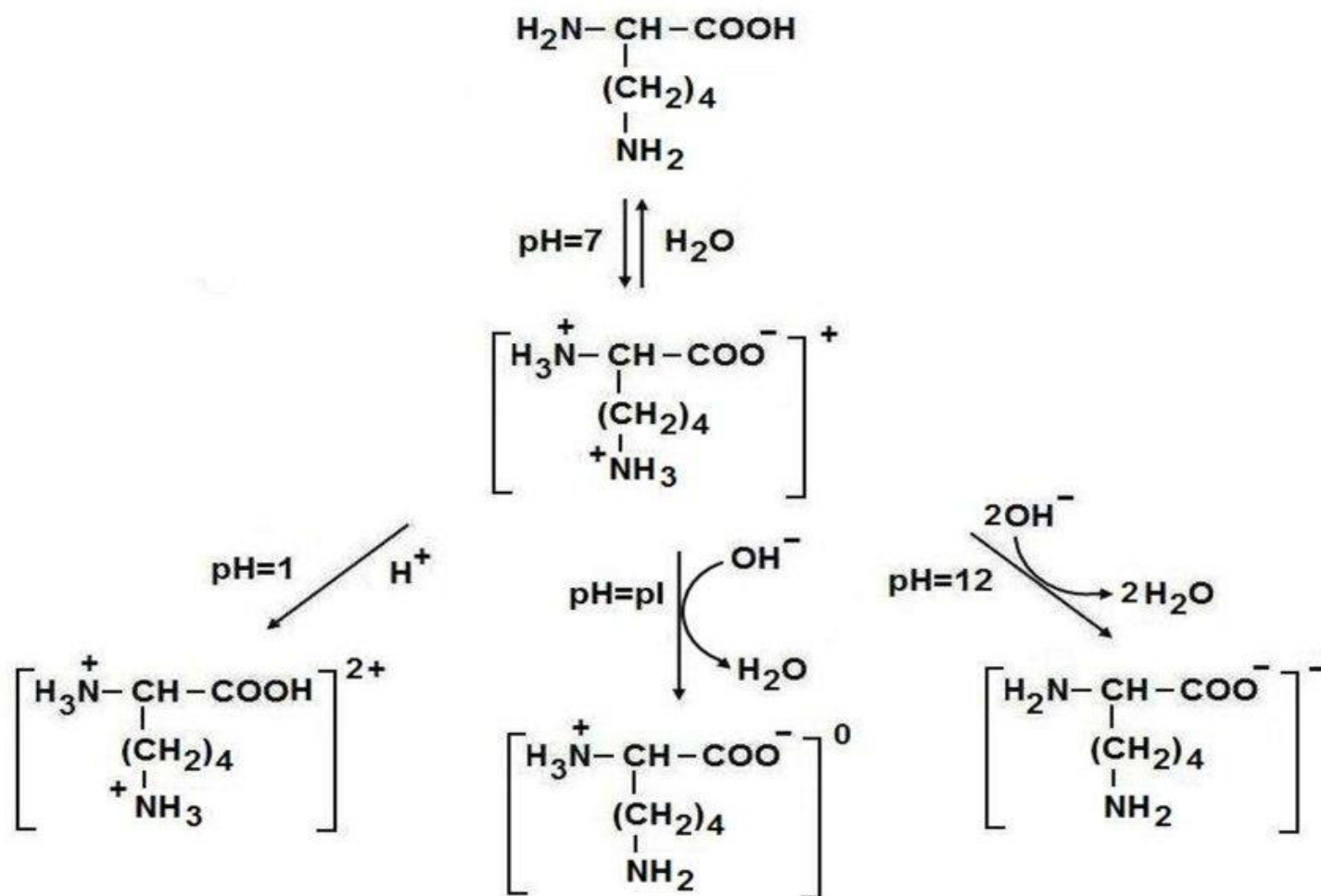
## Заряды моноаминомонокарбоновых аминокислот в разных средах на примере аланина



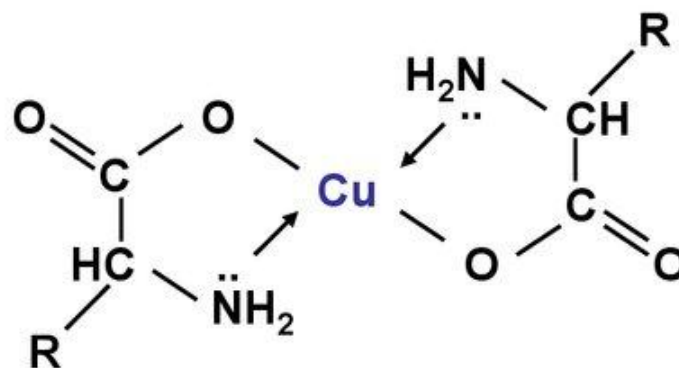
# Заряды моноаминодикарбоновых аминокислот в разных средах на примере глутаминовой кислоты



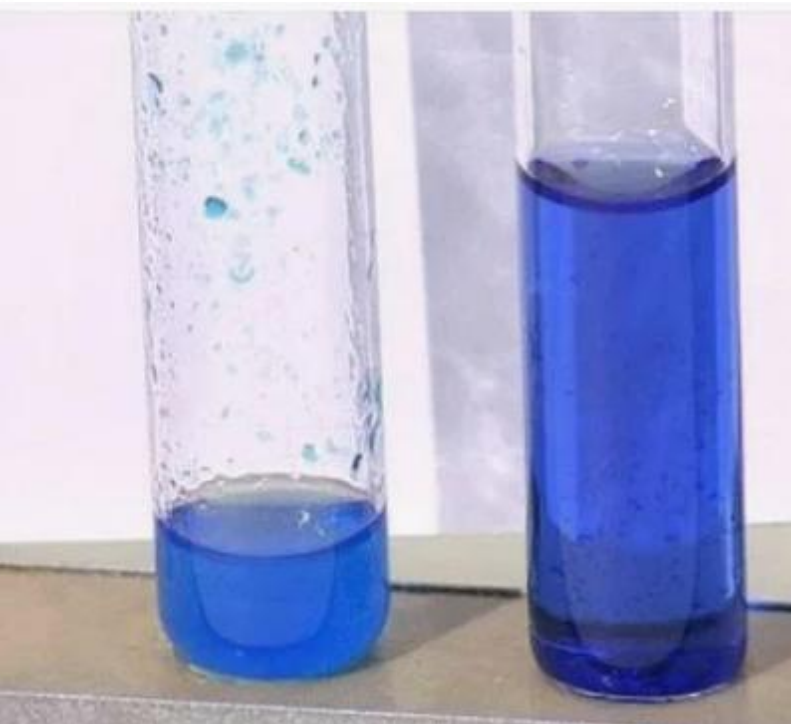
## Заряды диаминомонокарбоновых аминокислот в разных средах на примере лизина



### 3) Образование комплексной (хелатной) соли меди (II) с $\alpha$ -аминокислотами

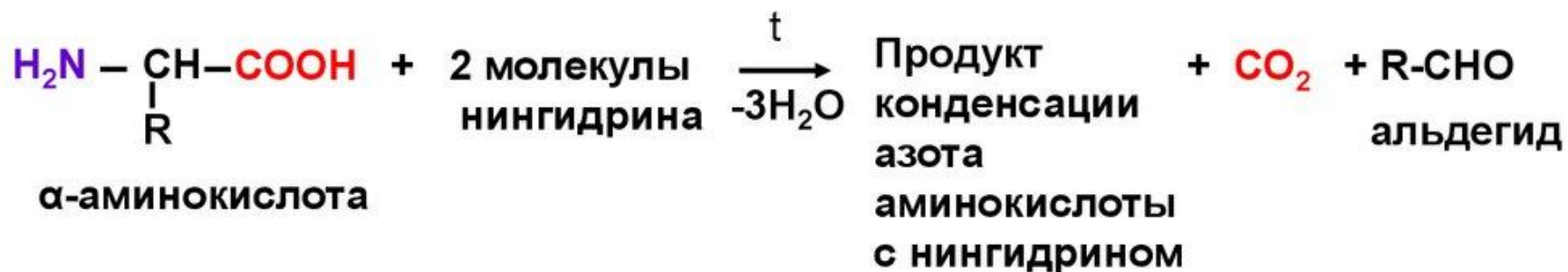


Комплексная соль меди (II)  
с  $\alpha$ -аминокислотой  
синего цвета

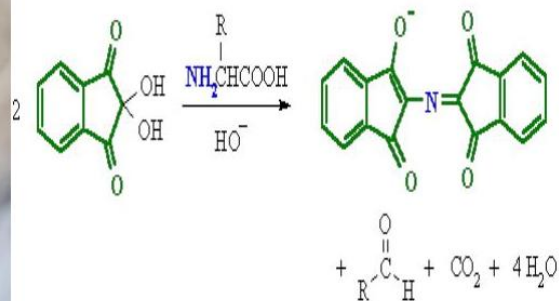




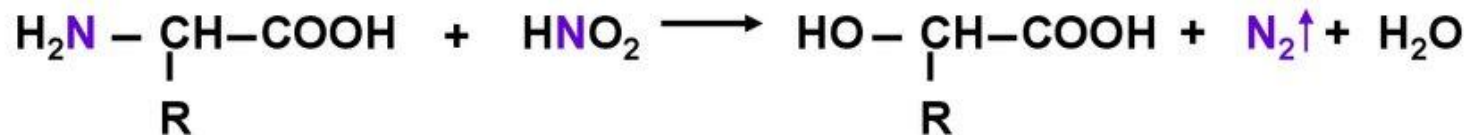
## 4) Общая качественная реакция на α-аминокислоты с нингидрином



Сине-фиолетового цвета



## 5) Дезаминирование с азотистой кислотой

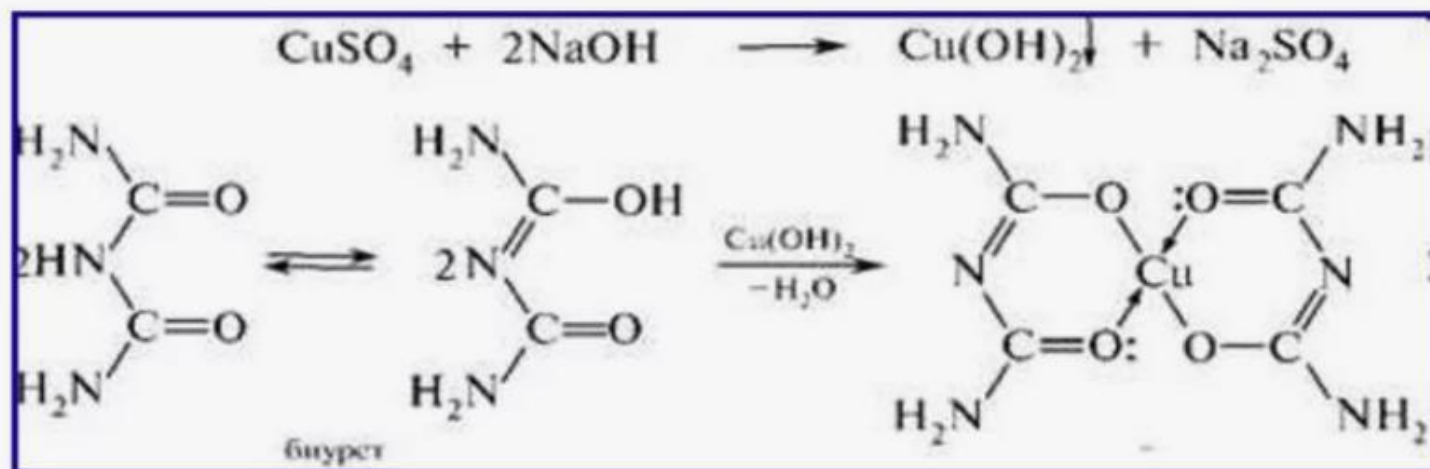


α-аминокислота

α-гидроксикислота

Данная реакция используется для **количественного определения α-аминокислоты** по объему выделившегося азота (метод Ван-Слайка)

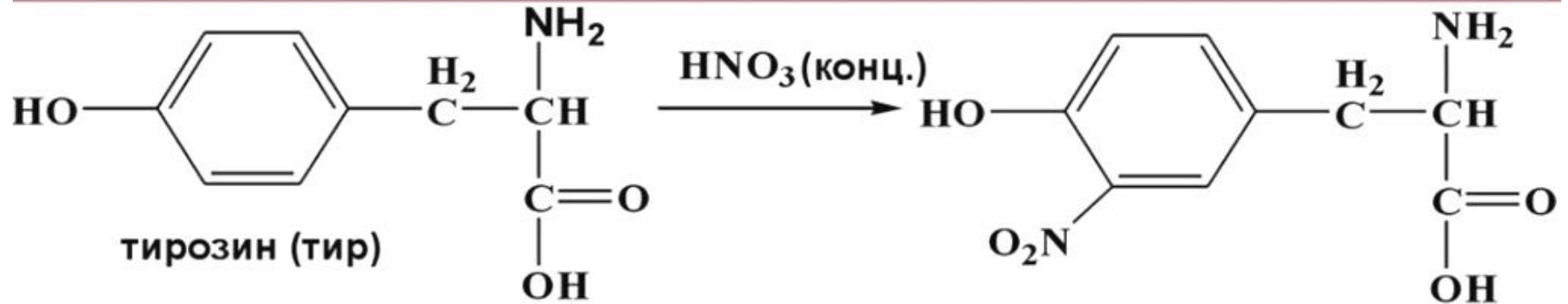
Биуретовая реакция служит для обнаружения пептидных связей в пептидах и белках.



При взаимодействии **биурета** в **щелочных растворах** с ионами меди (II) наблюдается **фиолетовое** окрашивание, принадлежащее хелатному комплексу.



**ксантопротеиновая реакция для ароматических и гетероциклических аминокислот (фен, тир, гис, три) – окрашивание в жёлтый цвет**



# **Общие пути превращения аминокислот в организме животных и человека**

**1. Дезаминирование**

**2. Трансаминирование**

**3. Декарбоксилирование**

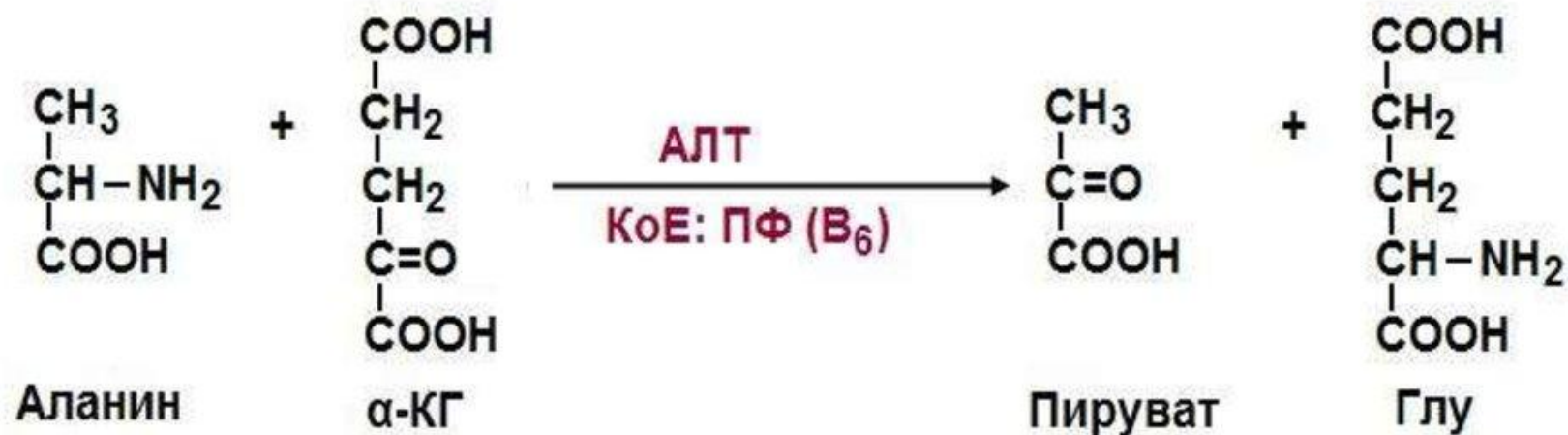
# 1. Дезаминирование – превращения аминокислот, протекающие с потерей аминогруппы в виде аммиака.



**Роль дезаминирования** - образование свободного аммиака и безазотистого вещества (кето-кислоты).

## 2. Трансаминирование (переаминирование) – перенос аминогруппы с аминокислоты на кетокислоту с образованием новой аминокислоты и новой кетокислоты.

Например, трансаминирование аланина



### 3. Декарбоксилирование – отщепление карбоксильной группы аминокислоты с образованием биогенного амина и углекислого газа.

Например, декарбоксилирование гистидина:



**Роль декарбоксилирования** – образование биогенных аминов (гистамина, серотонина, ГАМК, таурина, дофамина и др.)



# Пептиды

**Пептиды** - это органические вещества, содержащие в своем составе от 2 до 10 аминокислотных остатка, соединенных пептидными связями

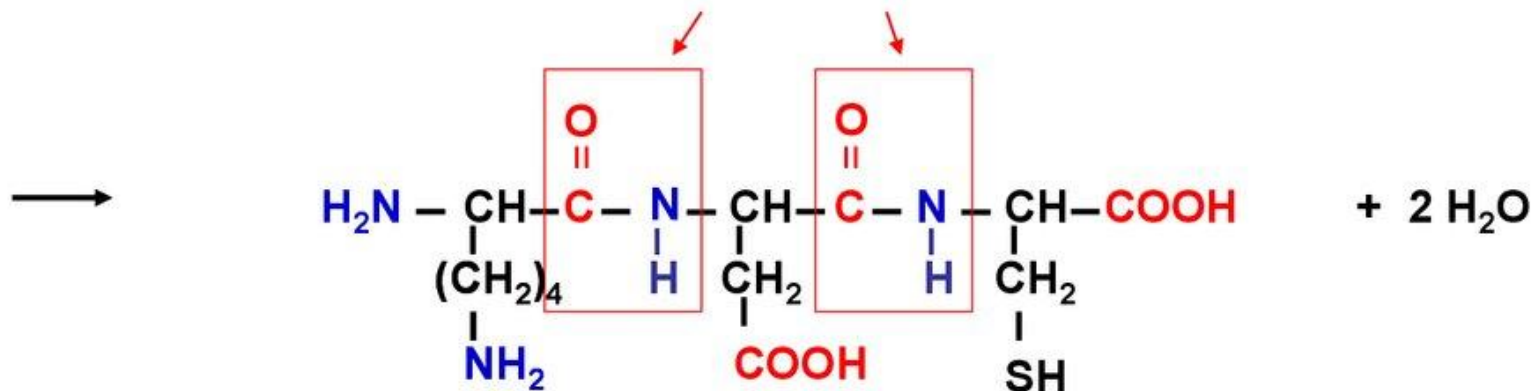
**Полипептиды** - это органические вещества, содержащие в своем составе более 10 АК остатка.

**Белки** – полипептиды, содержащие более 50 АК остатков.

# Образование пептидов



Пептидные связи



Трипептид: лизиласпартилцистеин

# Белки

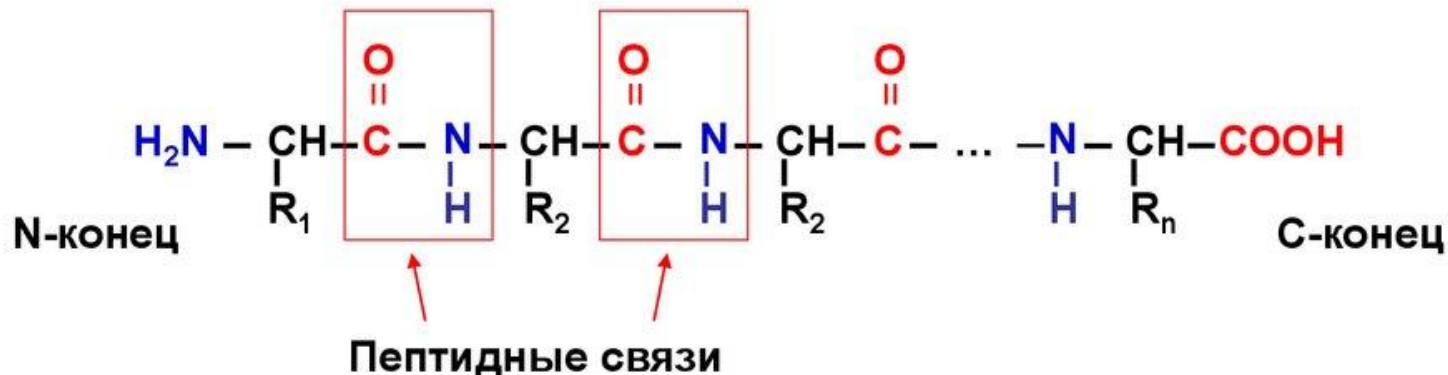
– высокомолекулярные азотсодержащие биополимеры (полипептиды), построенные из α-аминокислот, соединенных друг с другом при помощи пептидных связей.

## Элементарный состав белков

- Углерод – 52%
- Кислород – 22%
- **Азот – 16%**
- Сера – 1%

# Строение белковых молекул

**Первичная структура** – линейное последовательное расположение аминокислотных остатков, связанных между собой пептидными связями.



## Первичная структура белка

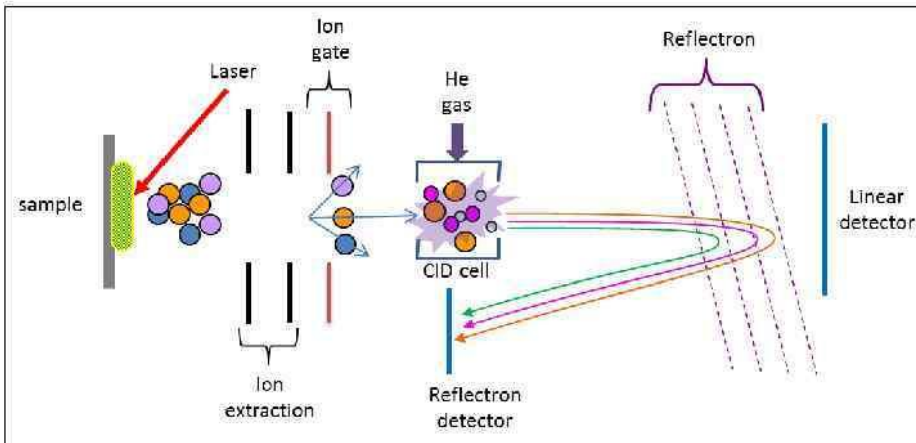
- уникальна и детерминирована генетически
- придает белку видовую специфичность
- определяет дальнейшую структурную организацию

**Секвенирование** – определение первичной структуры белка путем последовательного отщепления  $\alpha$ -аминокислот с N-конца полипептида по методу Эдмана.

Секвенирование проводят в автоматическом приборе **секвенаторе**.

SHIMADZU

### Секвенирование пептидов (HE-CID)



### Секвенаторы компании Ion Torrent

\$49 500



PGM

Throughput: Up to 1 Gb per run  
Read Length: Up to 300 bp  
Run Time: 2-4 hours  
Reads/Run: 0,6...8 million reads  
Weight: 30 kg

\$150 000

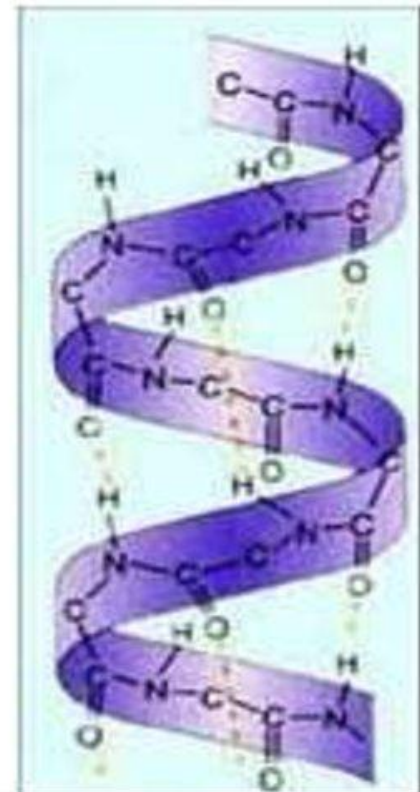
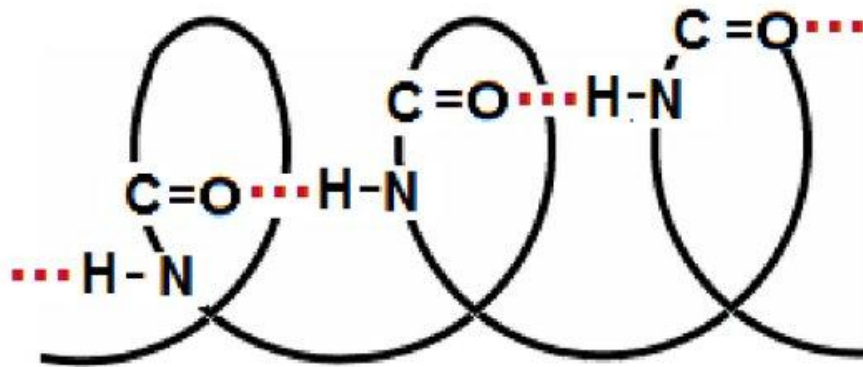


Ion Proton

Up to 10 Gb per run  
Up to 200 bp  
2-4 hours  
60-80 million reads  
59 kg

## Вторичная структура-

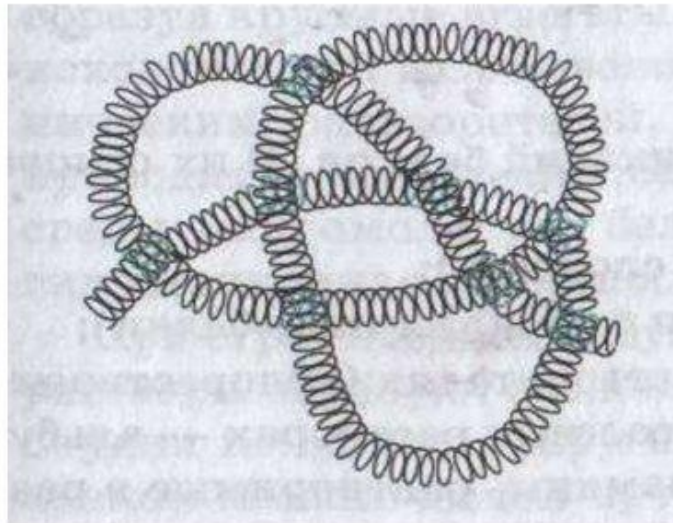
это расположение в пространстве одной полипептидной цепи в виде **альфа-спирали** или **бета-структуры**, стабилизированной при помощи водородных связей между пептидными группировками.



# Третичная структура -

это расположение в пространстве одной полипептидной цепи, стабилизированной связями между радикалами аминокислот:

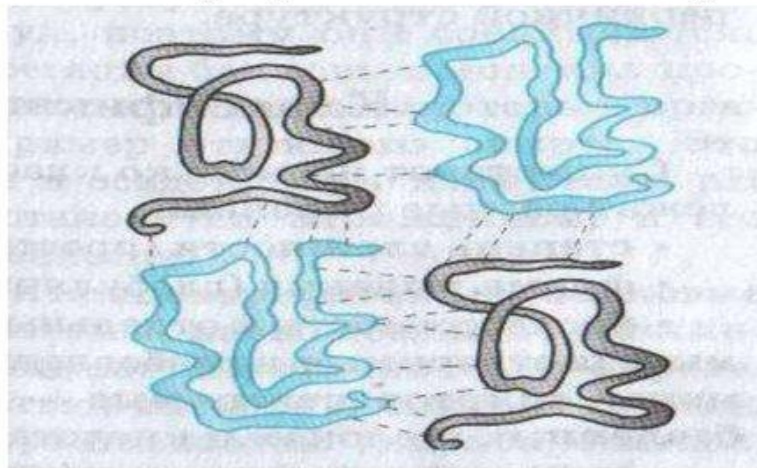
- водородными,
- дисульфидными,
- ионными,
- Ван-дер-Ваальсовыми силами,
- гидрофобными взаимодействиями.



# Четвертичная структура-

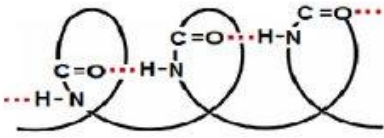

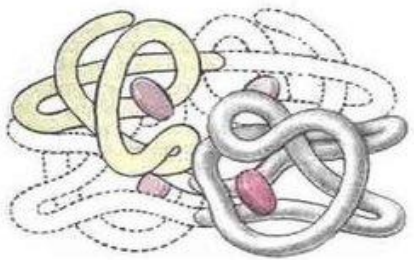
Это расположение в пространстве нескольких полипептидных цепей, соединенных между собой нековалентными межрадикальными связями. В итоге образуется единая функциональная система.

- Каждая отдельная цепь называется **протомером** (субъединицей).
- Белок, состоящий из протомеров, называется **олигомерным** белком (н-р: гемоглобин).





# Структуры белковых молекул

Структура	Определение	Связи, стабилизирующие структуру	Схема
Первичная	Порядок чередования аминокислотных остатков в полипептидной цепи	Пептидные	$\text{H}_2\text{N}-\underset{\text{R}_1}{\text{CH}}-\text{CO}-\underset{\text{R}_2}{\text{NH}}-\underset{\text{R}_2}{\text{CH}}-\text{CO}-\underset{\text{R}_3}{\text{NH}}-\underset{\text{R}_3}{\text{CH}}-\text{CO}-\dots-\text{NH}-\underset{\text{R}_n}{\text{CH}}-\text{COOH}$ <p style="text-align: center; margin-left: 100px;">Пептидная связь</p>
Вторичная	Пространственное расположение полипептидной цепи в виде α-спирали или β-складчатости	Водородные между амидными группировками	
Третичная	Пространственное расположение одной α-спирализованной полипептидной цепи в виде глобулы (клубочка) или фибриллы (нити)	Между радикалами аминокислот: а) водородные; б) дисульфидные; в) ионные; г) гидрофобные	
Четвертичная	Пространственное расположение нескольких полипептидных цепей с образованием единой функциональной системы	Ван-дер-Ваальсовы взаимодействия	

# Физико-химические свойства белков

- 1) **Наличие высокой молекулярной массы**  
( $>5000$  Да)
- 2) **Амфотерность** - обусловлена наличием свободных амино- и карбоксильных групп в радикалах аминокислот.

**3) Изоэлектрическая точка (pI)** – значение pH раствора, при котором суммарный заряд молекулы белка равен нулю, т.е. белок находится в **изоэлектрическом состоянии**.

**pI** белка зависит от соотношения свободных amino- и карбоксильных групп в молекуле белка:

Если число  $-\text{NH}_2 > -\text{COOH}$ , то  $pI > 7$

Если число  $-\text{NH}_2 < -\text{COOH}$ , то  $pI < 7$

**В изоэлектрическом состоянии белок выпадает в осадок!**

## **Растворимость в воде**

**Факторы, стабилизирующие белки в растворе:**

- а) заряд молекулы**
- б) гидратная оболочка**

**Растворимость придают гидрофильные группы в составе радикалов аминокислот:**

**-COOH**

**-NH<sub>2</sub>**

**-OH**

**-SH**

**Глобулярные белки (альбумины, глобулины) обычно растворимые,**

**Фибриллярные (коллаген, эластин) – не растворимые**

# осаждаемость

## Обратимое осаждение

белок лишается гидратной оболочки, но не теряет способности растворяться вновь в воде после удаления осаждающего фактора.

**Высаливание** – обратимое осаждение белка солями щелочных и щелочно-земельных металлов и  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

## Необратимое осаждение (денатурация)

**Денатурация** – любое негидролитическое нарушение уникальной структуры белка, приводящее к потере физических, химических и биологических свойств.

При денатурации нарушаются все структуры, кроме первичной.

**Денатурирующие факторы:** высокая температура, кислоты, щелочи, соли тяжелых металлов, алкалоиды, разные виды излучения.

# Классификация белков

**Простые** - при гидролизе дают только аминокислоты

Альбумины и глобулины (белки крови)

Протамины и гистоны (ядерные белки)

Проламины и глютелины (растительные белки)

Протеиноиды (фибриллярные белки соединительной ткани: коллаген, эластин)

**Сложные** - при гидролизе дают аминокислоты и небелковый компонент – простетическую группу

Нуклеопротейны

Хромопротейны

Гликопротейны

Металлопротейны

Фосфопротейны

Липопротейны

# Функции белков

1. **Структурная** (коллаген, эластин, кератин)
2. **Сократительная** (актин, миозин и др.)
3. **Транспортная** (альбумины, глобулины, трансферрин и др.)
4. **Защитная** (иммуноглобулины)
5. **Питательная** (казеин, овоальбумин)
6. **Гормональная** или регуляторная (инсулин)
7. **Каталитическая** или ферментативная (пепсин, амилаза, липаза и др.)
8. **Энергетическая** (1 г белка дает 4,1 ккал)