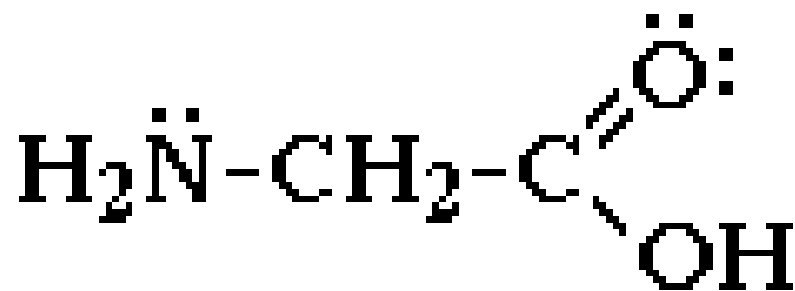
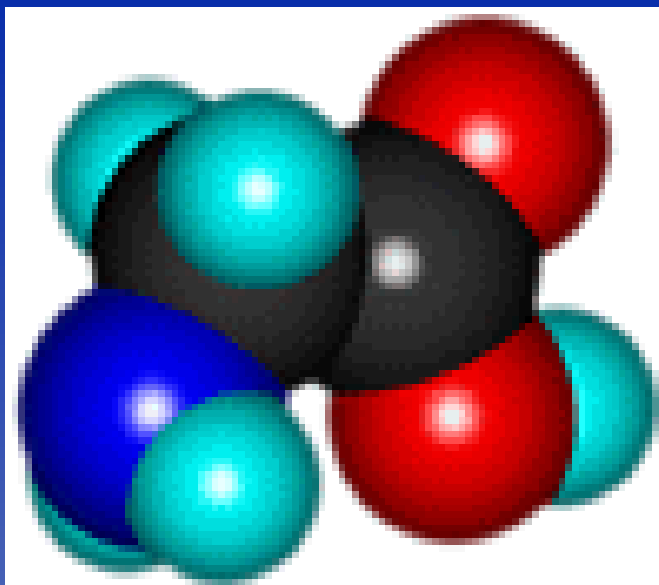


**ЛЕКЦИЯ**  
**Азотсодержащие**  
**соединения:**

**аминокислоты**

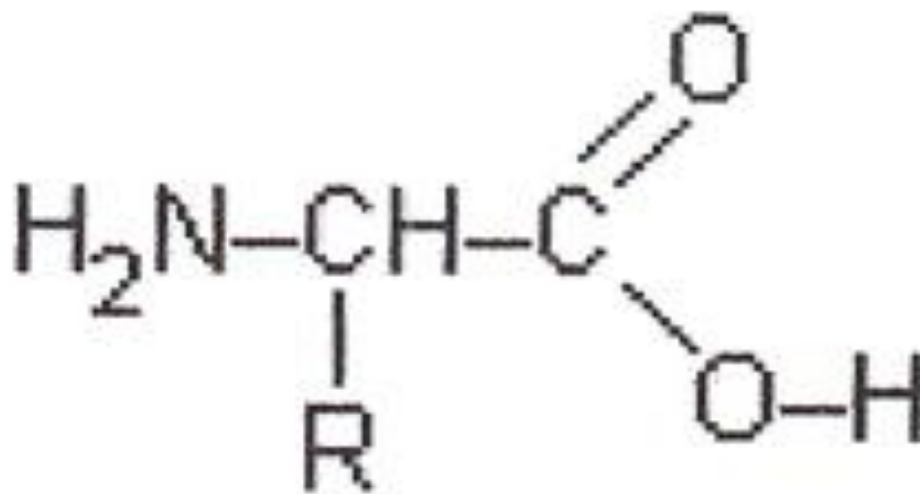
# План:

1. Классификация аминокислот.
2. Получение аминокислот.
3. Аминокислоты и их свойства.



**Известно более 150 аминокислот,  
20 из них играют исключительную  
биологическую роль**

**Общая формула аминокислот:**

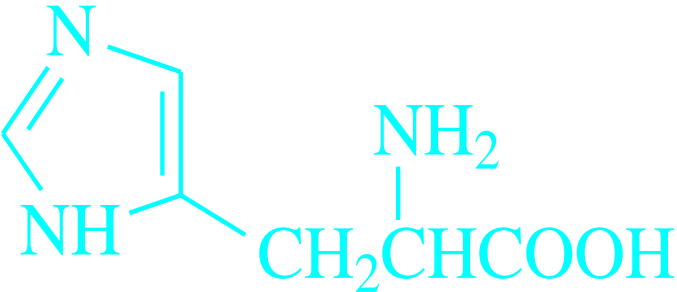
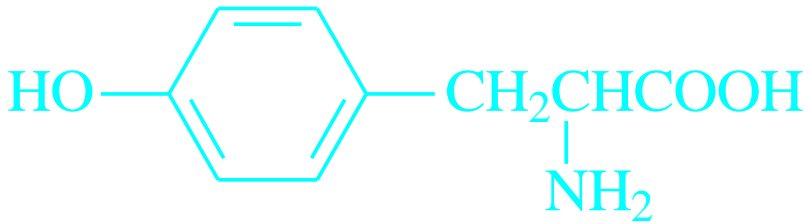
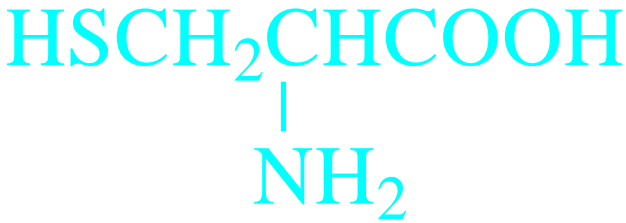


***Аминокислоты*** –  
органические соединения,  
содержащие два типа  
функциональных групп с  
противоположными свойствами:  
аминогруппу ( $-\text{NH}_2$ ) и  
карбоксильную группу ( $-\text{COOH}$ ).



Название	Сокращение	Структурная формула	(pI)
Глицин	gly	$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$	5.97
Аланин	ala	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	6.02
Валин	val	$\begin{array}{c} (\text{CH}_3)_2\text{CHCHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.97
Лейцин	leu	$\begin{array}{c} (\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.98
Пролин	pro		6.10
Фенилаланин	phe	$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.88
Триптофан	try	$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.88

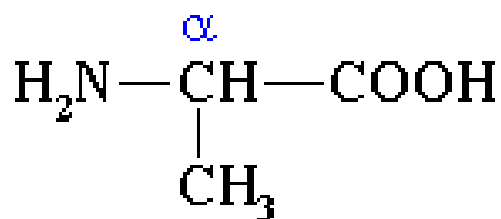
Название	Сокращение	Структурная формула	(pI)
Аспарагин	asn	$\text{H}_2\text{N}(\text{O})\text{CCH}_2\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}\text{COOH}$	5.41
Глутаминовая кислота	glu	$\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}\text{COOH}$	3.22
Лизин	lys	$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}\text{COOH}$	9.74
Аргинин	arg	$\begin{array}{c} \text{HN} \\ \text{H}_2\text{N} \end{array} \text{C} = \text{NH} - \text{CH}_2\text{CH}_2\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}\text{COOH}$	10.76

Название	Сокращение	Структурная формула	(pI)
Гистидин	his	 <chem>NC(=O)CNC1=CN=CN1</chem>	7.58
Тирозин	tyr	 <chem>NC(=O)CNC1=CC=C(O)C=C1</chem>	5.65
Цистеин	cySH	 <chem>NC(=O)CS</chem>	5.02

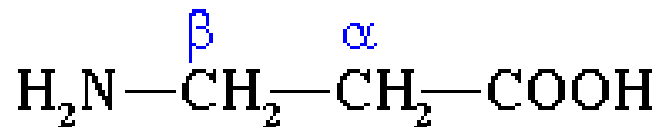
# 1.Классификация аминокислот

# Аминокислоты классифицируют по двум структурным признакам.

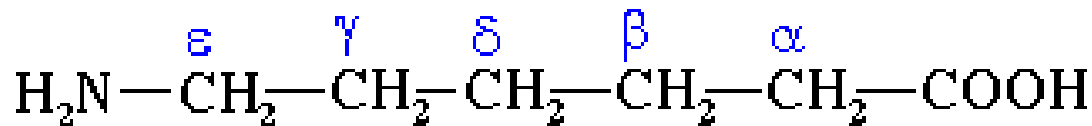
В зависимости от взаимного расположения амино- и карбоксильной групп аминокислоты подразделяют на  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -,  $\varepsilon$ - и т. д.



2-аминопропановая кислота  
( $\alpha$ -аминопропионовая,  
аланин)



3-аминопропановая кислота  
( $\beta$ -аминопропионовая)



6-аминогексановая кислота  
( $\varepsilon$ -аминокапроновая)

# По функциональным группам

## Алифатические

- Моноаминомонокарбоновые: глицин, аланин, валин, изолейцин, лейцин
- Оксимонаминокислоты: серин, треонин
- Моноаминодикарбоновые: аспартат, глутамат, за счёт второй карбоксильной группы несут в растворе отрицательный заряд
- Амиды моноаминодикарбоновых: аспарагин, глутамин
- Диаминомонокарбоновые: лизин, аргинин, несут в растворе положительный заряд
- Серосодержащие: цистеин, метионин

Ароматические: фенилаланин, тирозин, триптофан, (гистидин)

Гетероциклические: триптофан, гистидин, пролин

# Незаменимые аминокислоты —

необходимые аминокислоты, которые не могут быть синтезированы в том или ином организме. Поэтому их поступление в организм с пищей необходимо.

- Незаменимыми являются

**9 аминокислот: валин, гистидин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан, фенилаланин.**

Остальные аминокислоты могут синтезироваться в организме животных, их называют **заменимыми**: аланин, аргинин, аспарагин, аспарагиновая кислота, глицин, глутамин, глутаминовая кислота, пролин, серин, цистеин, тирозин.

**Содержание самых важных аминокислот:  
триптофана, метионина и лизина в некоторых  
продуктах, наиболее близкое к идеальному  
составу:**

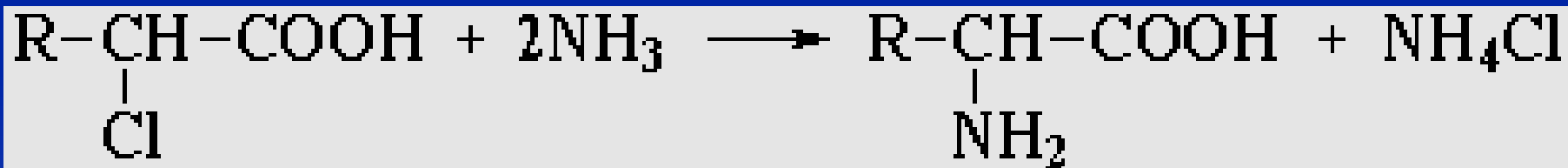
- в мясе 1:2,5:8,5
- в рыбе 0,9:2,8:10,1
- в куриных яйцах 1,6:3,3:6,9
- в свежем молоке 1,5:2,1:7,4
- в пшеничном зерне 1,2:1,2:2,5
- в сое 1,0:1,6:6,3

# Незаменимые кислоты содержатся в следующих продуктах:

- Валин – в зерновых, грибах, мясе, молочных продуктах, сое, арахисе.
- Изолейцин – в орехах кешью и миндале, курином мясе и яйцах, рыбе, печени, мясе, ржи, чечевице, сое и в большинстве семян.
- Лейцин – в мясе и рыбе, орехах, чечевице, буром рисе и также в большинстве семян.
- Лизин – в рыбе, мясе, молоке и молочных продуктах, пшенице и орехах.
- Метионин – в молоке, рыбе, яйцах, мясе, бобовых.
- Треонин – в яйцах и молочных продуктах.
- Триптофан – в мясе, бананах, финиках, кунжуте, арахисе, овсе.
- Фенилаланин – в говядине, курице, рыбе, яйцах, сое, молоке и твороге.

## **2. Получение аминокислот.**

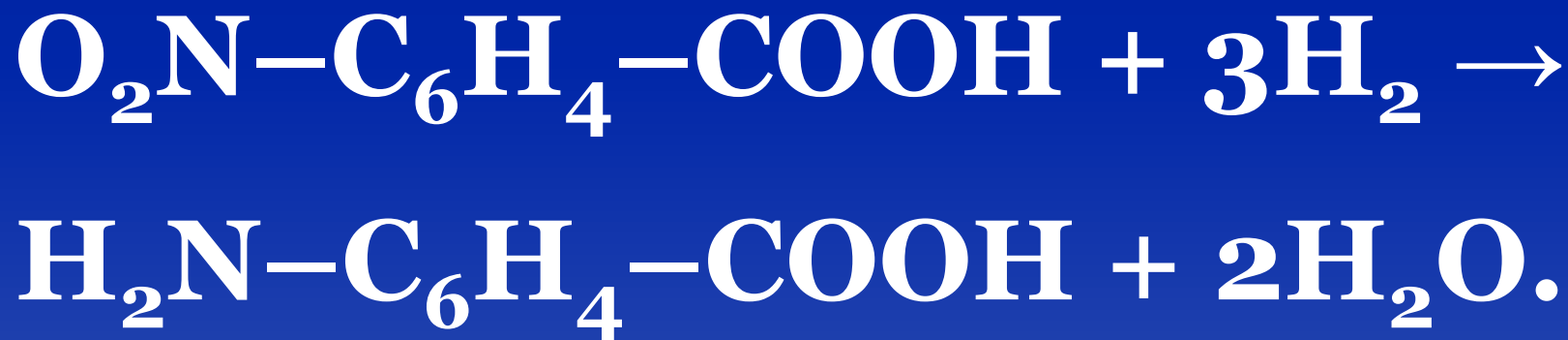
**1. Замена галогена на  
аминогруппу в соответствующих  
галогензамещенных кислотах:**



2. Присоединение аммиака к  $\alpha$ -,  $\beta$ -  
непредельным кислотам с  
образованием  $\beta$ -аминокислот:

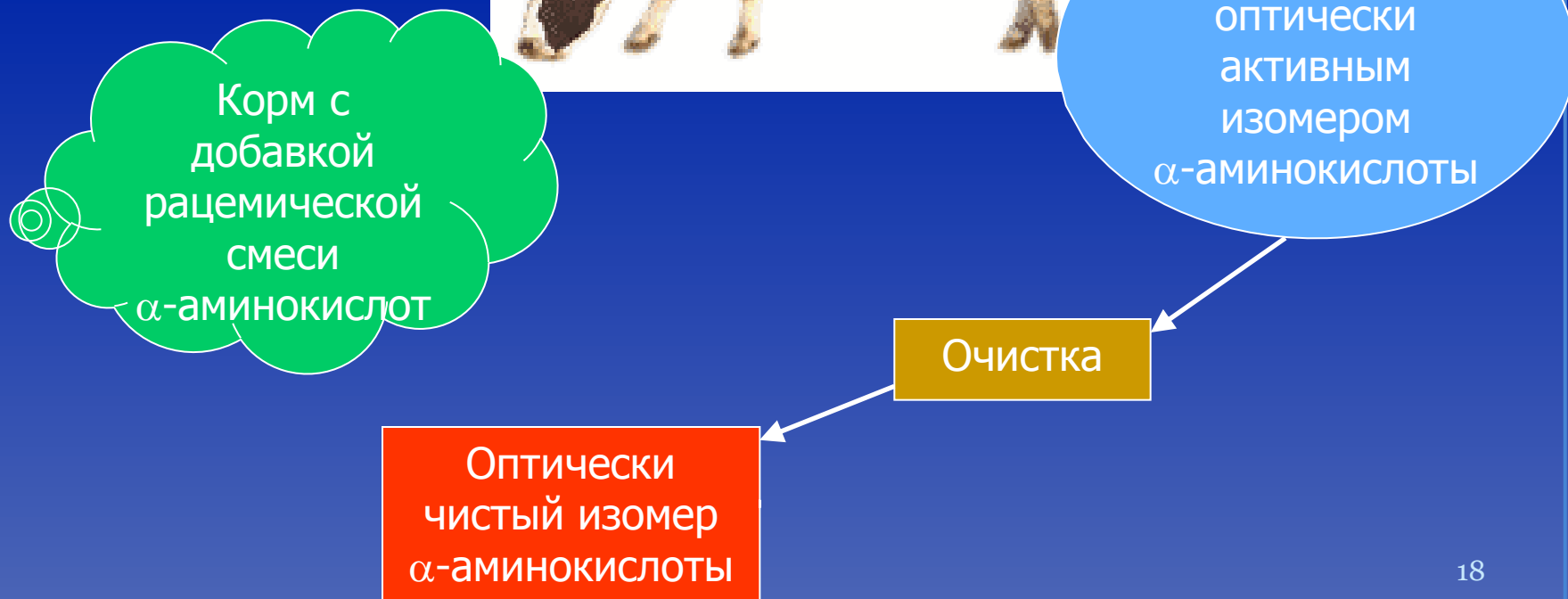


3. Восстановление нитрозамещенных карбоновых кислот (применяется обычно для получения ароматических аминокислот):



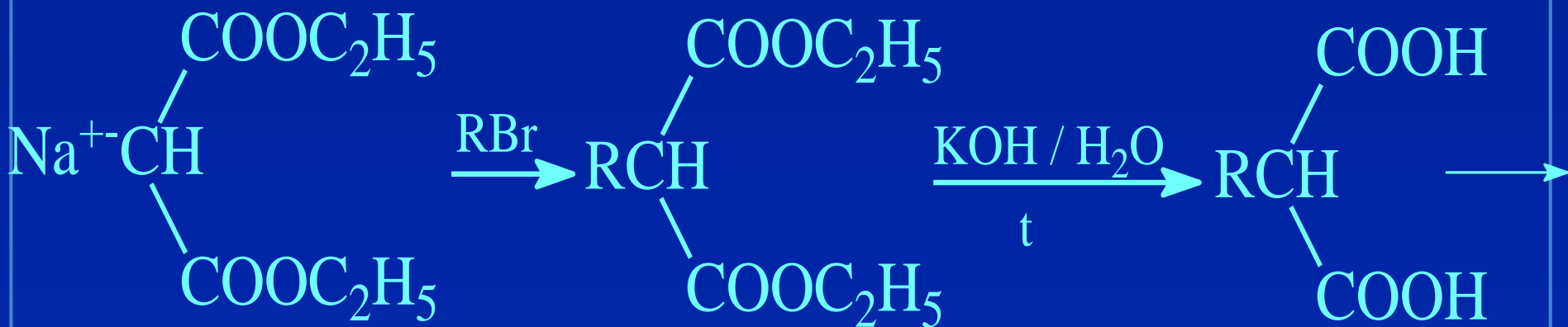
# Способы получения аминокислот

## Биологический способ получения аминокислот

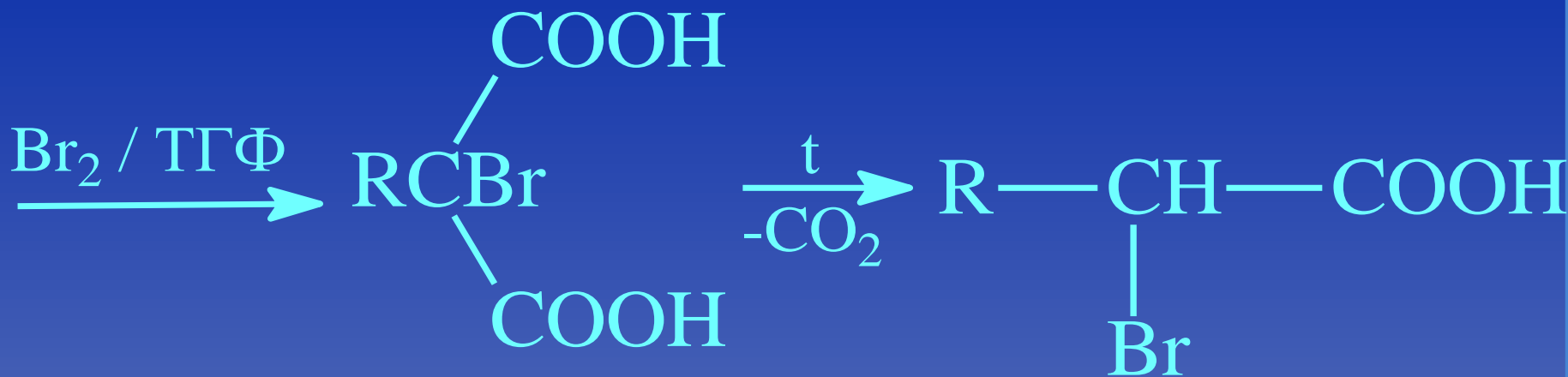


# Способы получения аминокислот

## Бромирование при помощи малоновой кислоты

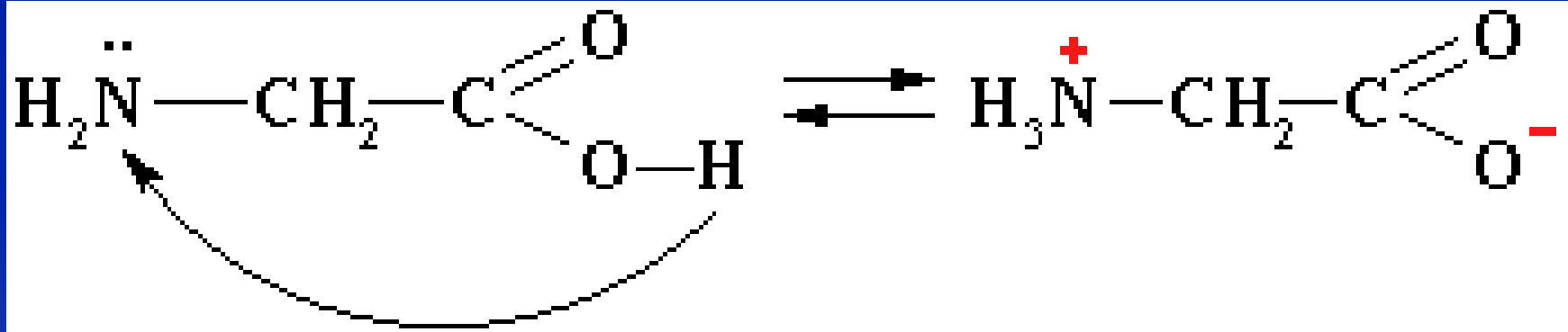


натрмалоновый эфир



# 3. АМИНОКИСЛОТЫ И ИХ СВОЙСТВА.

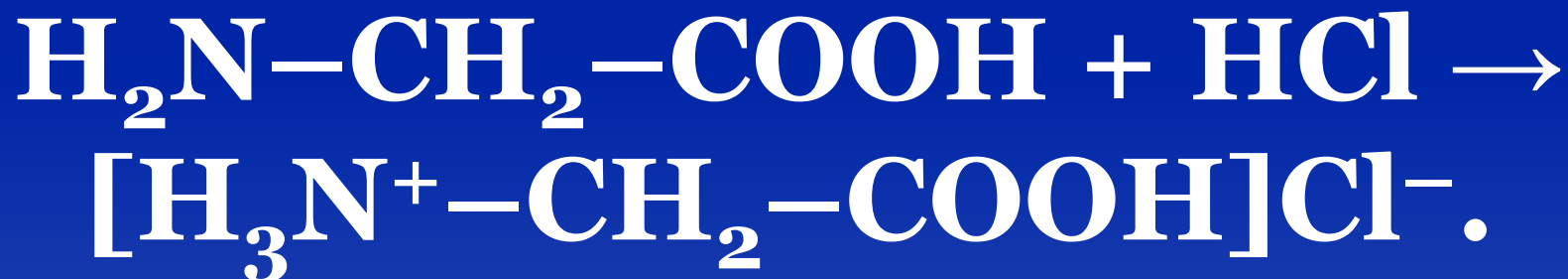
# Аминокислоты находятся в растворах в виде биполярных ионов





Аминокислоты проявляют свойства оснований за счет аминогруппы и свойства кислот за счет карбоксильной группы, т. е. являются амфотерными соединениями.

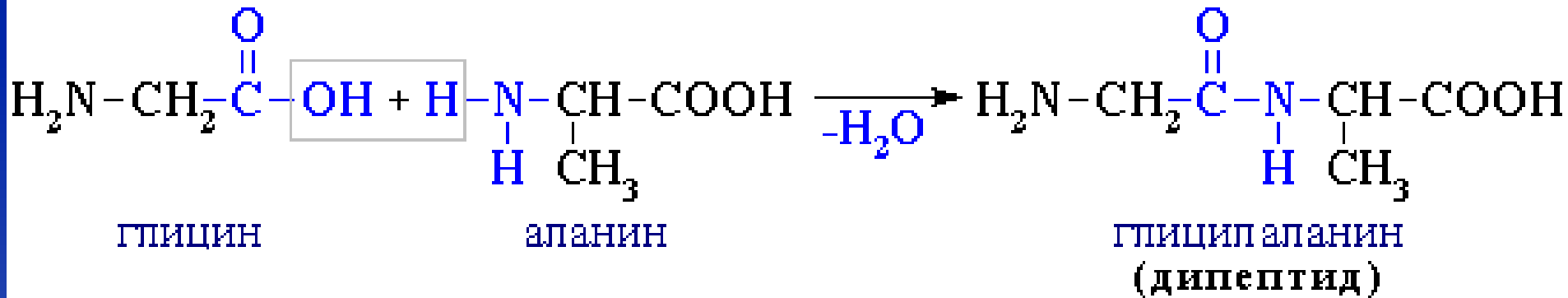
- Подобно аминам, они реагируют с кислотами с образованием солей аммония:



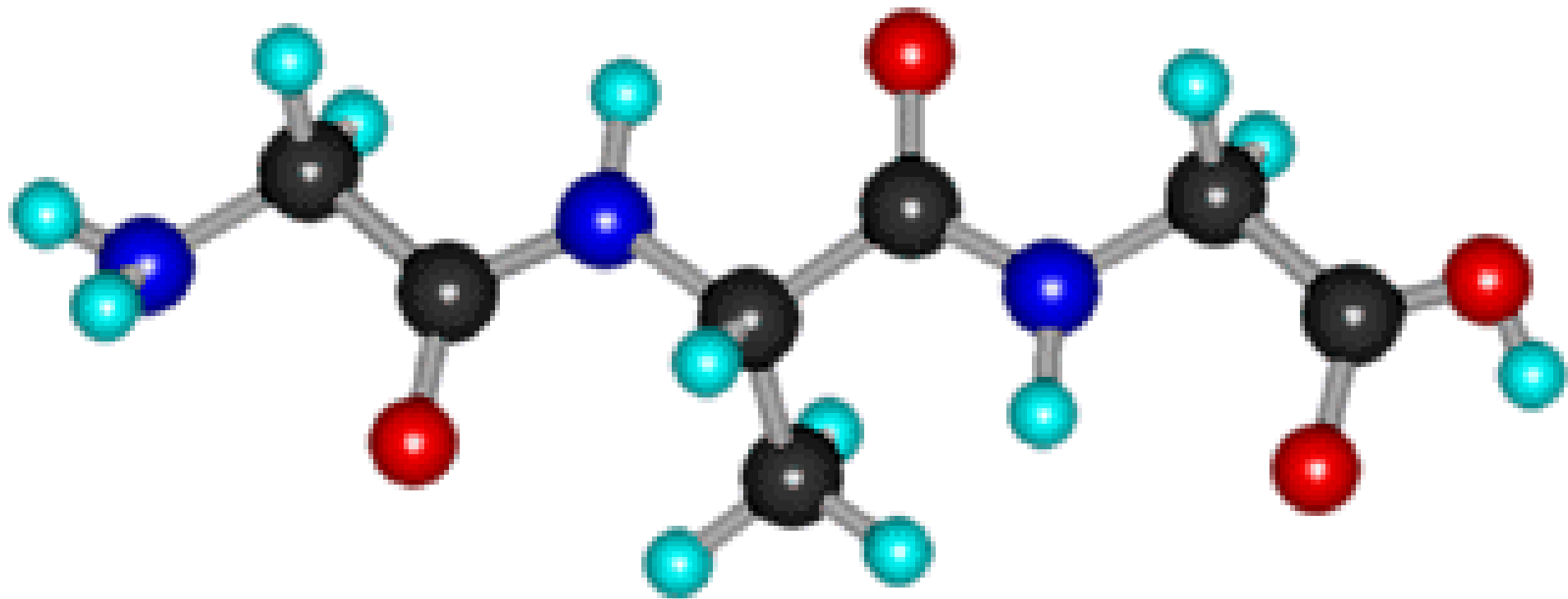
- Как карбоновые кислоты они образуют соли :



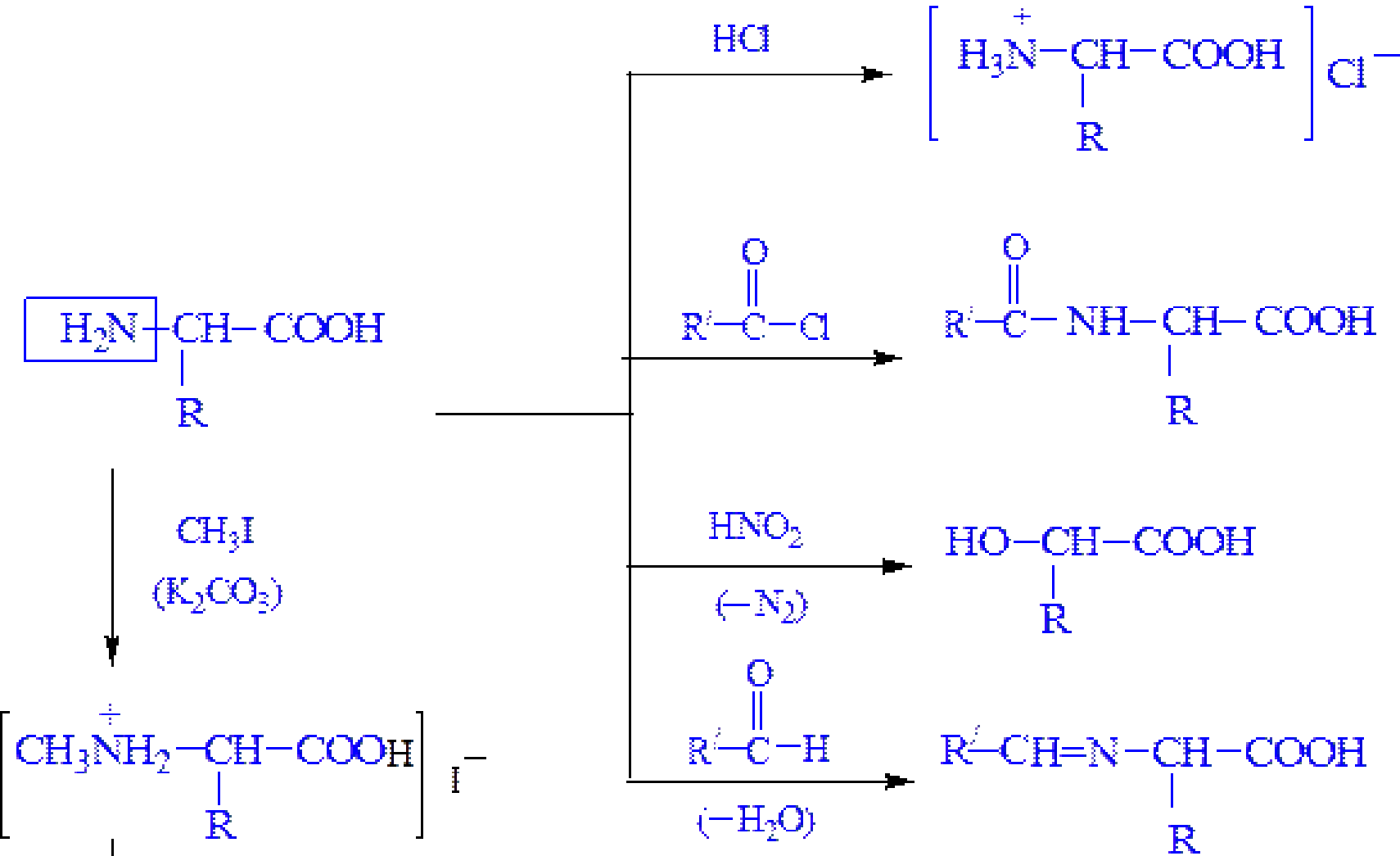
# Межмолекулярное взаимодействие α-аминокислот приводит к образованию пептидов.



Из трех молекул  $\alpha$ -аминокислот  
(глицин + аланин + глицин)  
образуется трипептид:  
 $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}_2\text{COOH}$ .

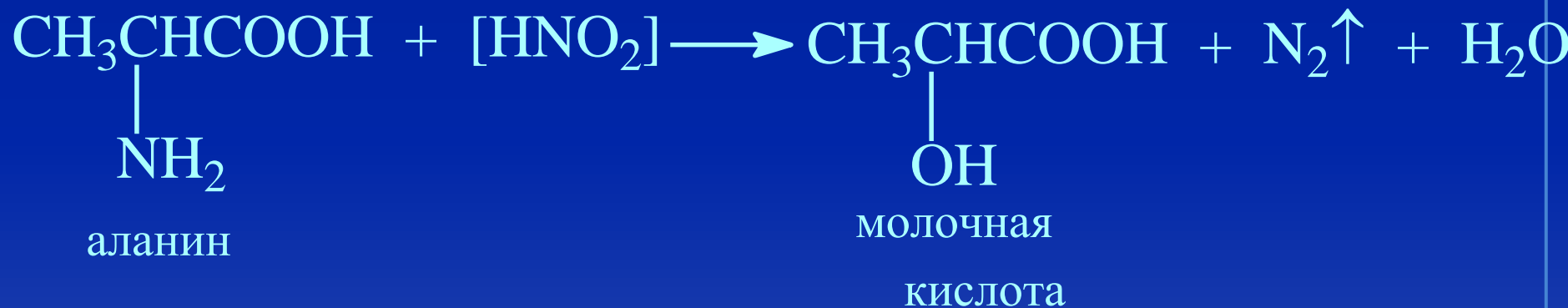


# Реакции, обусловленные аминогруппой



# Химические свойства аминокислот

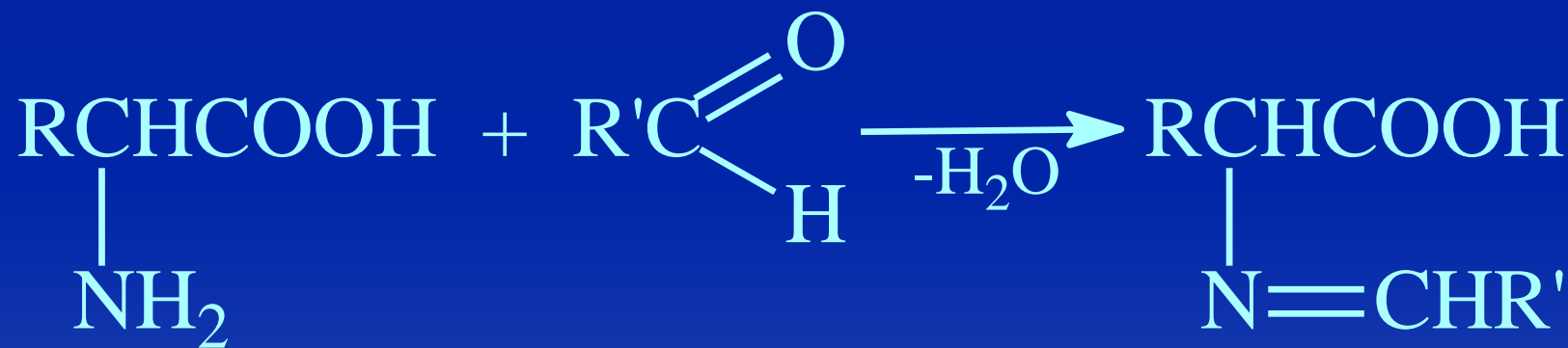
## Реакции аминогруппы



***Метод Ван-Слайка***

# Химические свойства аминокислот

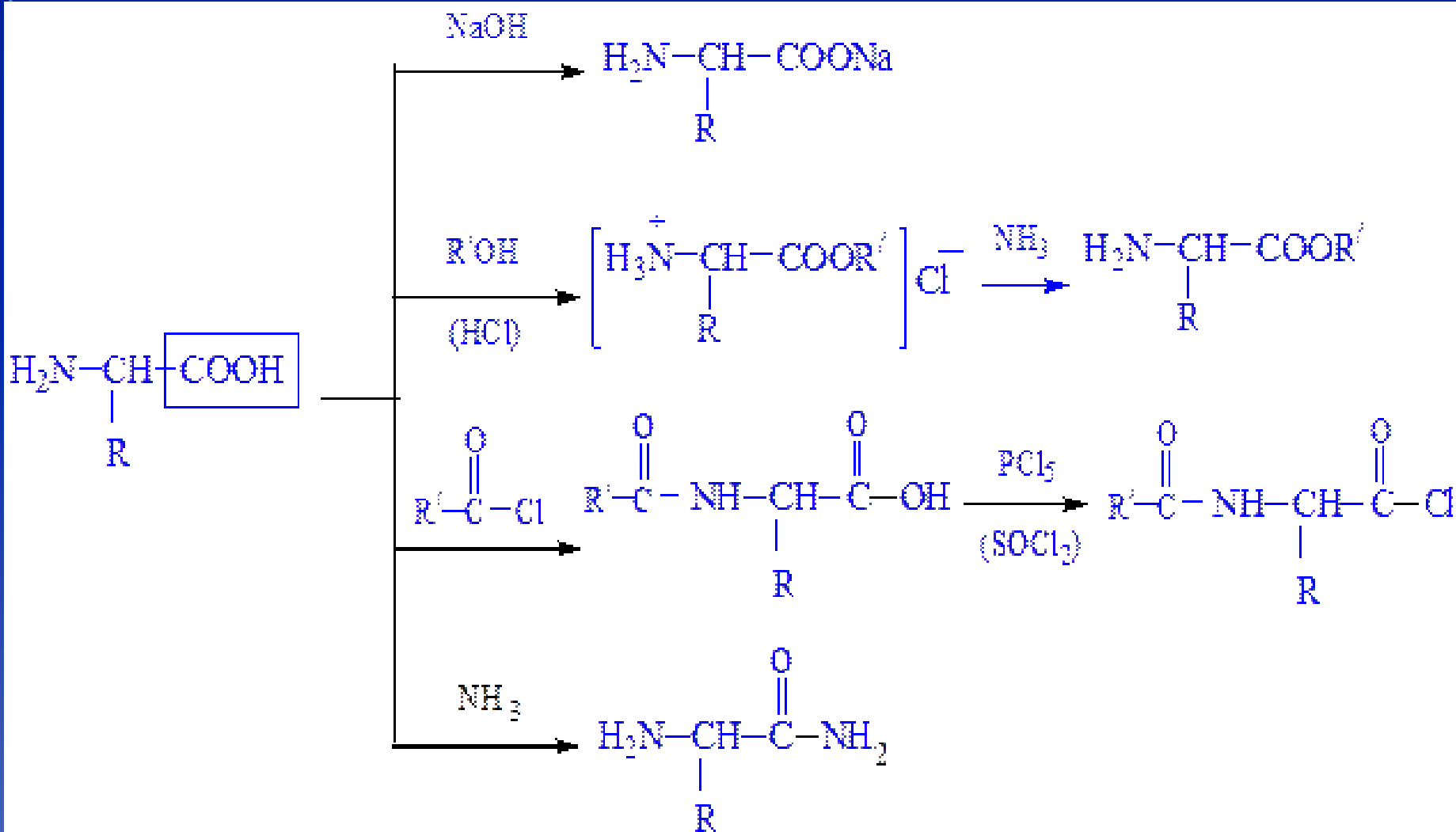
## Реакции аминогруппы



основание

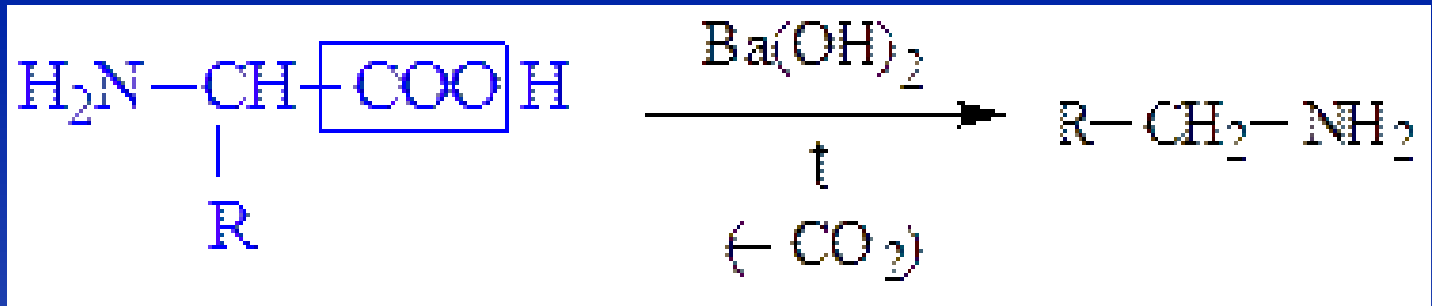
Шиффа

# Реакции, обусловленные карбоксильной группой



# Реакции декарбоксилирования

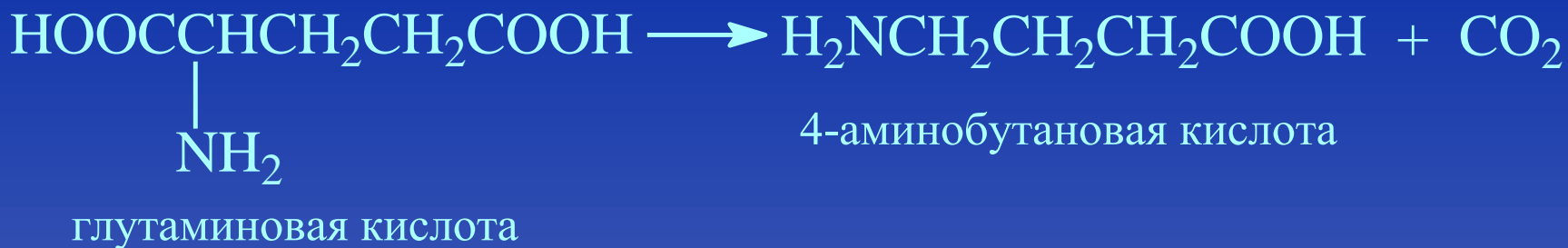
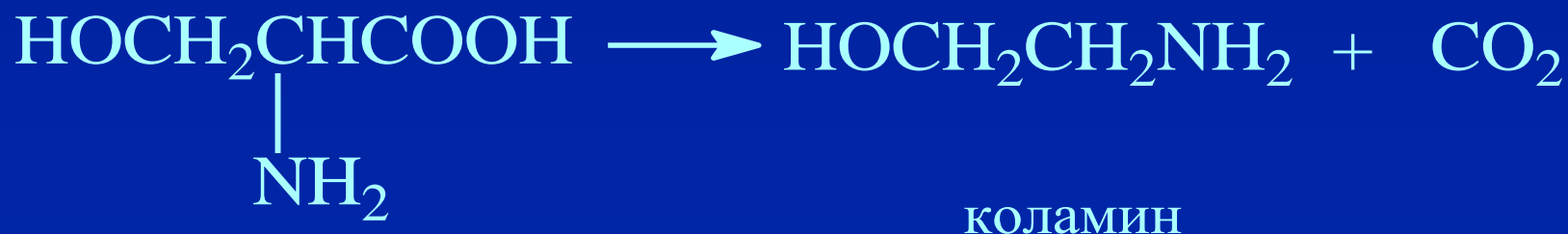
Декарбоксилирование  $\alpha$ -аминокислот, содержащих в качестве заместителя  $^+\text{NH}_3$ -группу, приводит к образованию биогенных аминов. В живом организме данный процесс протекает под действием фермента декарбоксилазы и витамина пиридоксальфосфата.



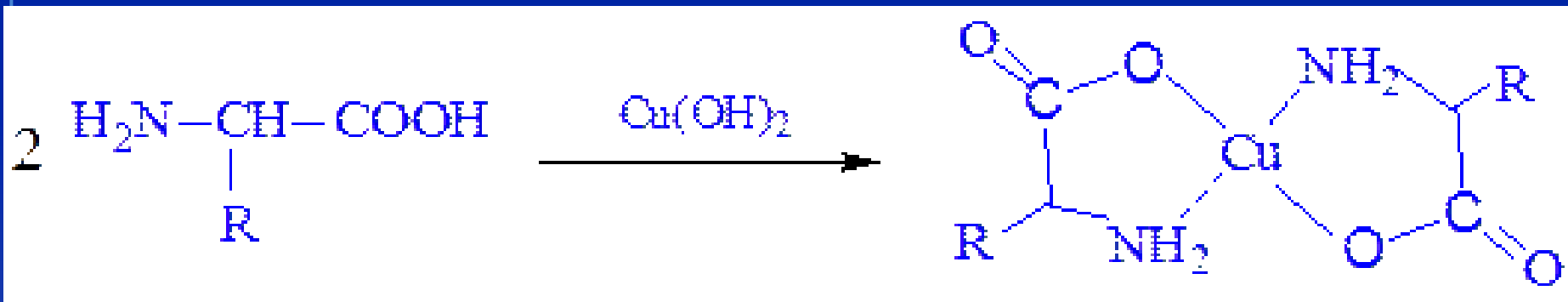
При декарбоксилировании  $\beta$ -фенил- $\alpha$ -аланина, лизина, серина и гистидина образуются, соответственно, фенамин, 1,5-диаминопентан (кадаверин), 2-аминоэтанол-1 (коламин) и триптамин.

# Химические свойства аминокислот

## Реакции карбоксильной группы



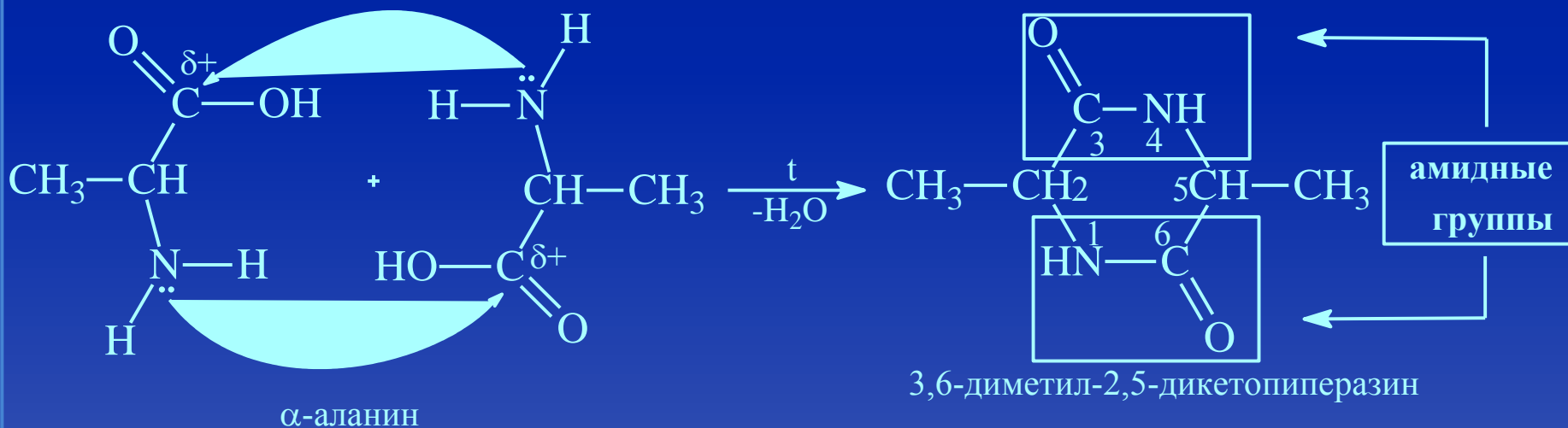
# Образование комплексов с металлами



# Химические свойства аминокислот

## Специфические реакции $\alpha, \beta, \gamma$ -аминокислот

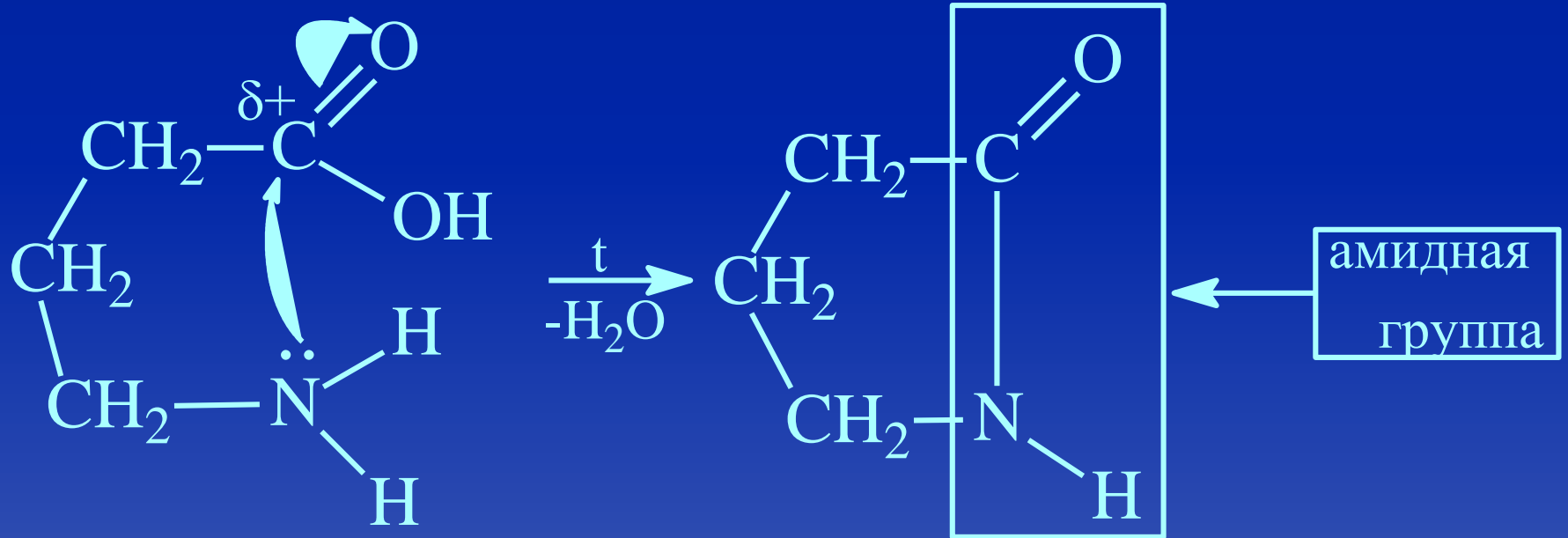
### Реакции $\alpha$ -аминокислот



# Химические свойства аминокислот

## Специфические реакции $\alpha, \beta, \gamma$ -аминокислот

### Реакции $\gamma$ -аминокислот

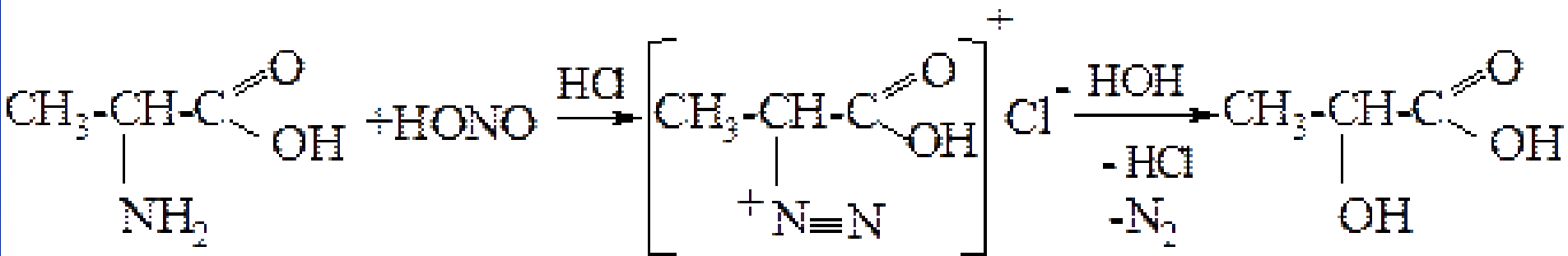


$\gamma$ -аминомасляная  
кислота

$\gamma$ -бутиролактам

# Действие азотистой кислоты

## Образование гидроксикислот:

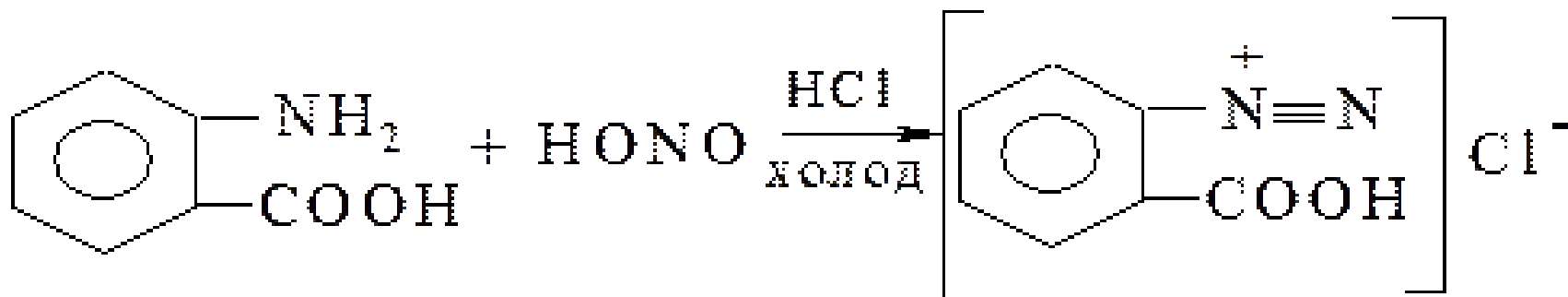


АЛАНИН

α-ГИДРОКСИ-  
ПРОПИОНОВАЯ  
К-12

# Действие азотистой кислоты

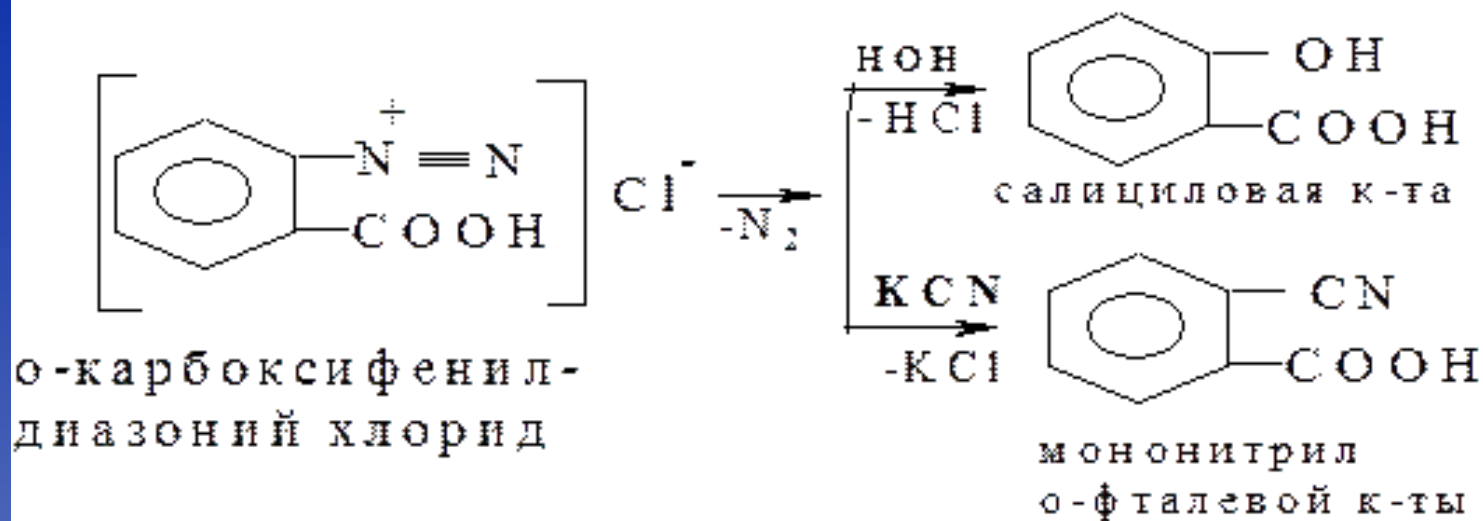
## Реакция диазотирования:



антраниловая

к-та

о-карбоксофенилдиазоний  
хлорид



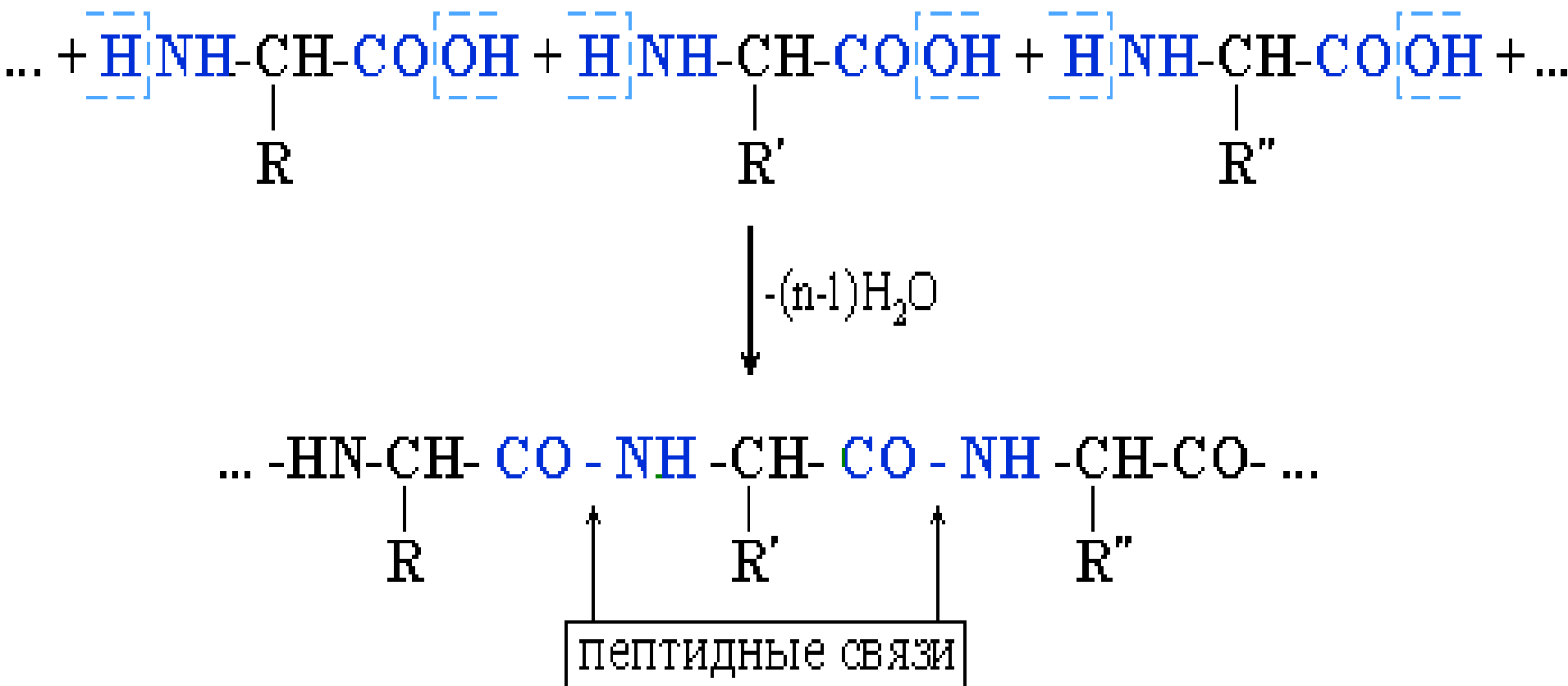
о-карбоксофенил-  
диазоний хлорид

мононитрил  
о-фталево́й к-ты

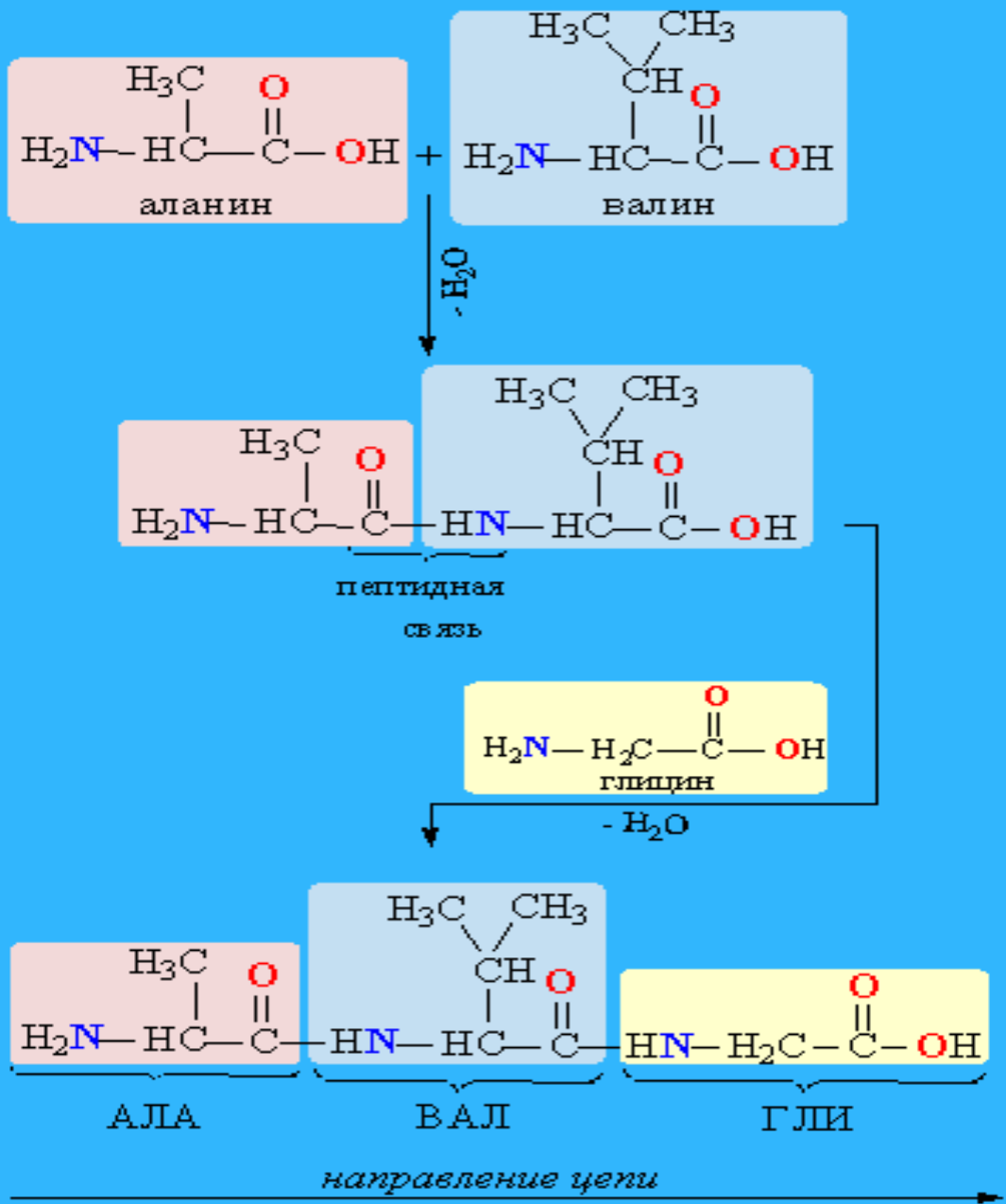
**ЛЕКЦИЯ**

# **Пептиды и белки**

**Белки (полипептиды) – биополимеры, построенные из остатков α-аминокислот, соединенных пептидными (амидными) связями.**

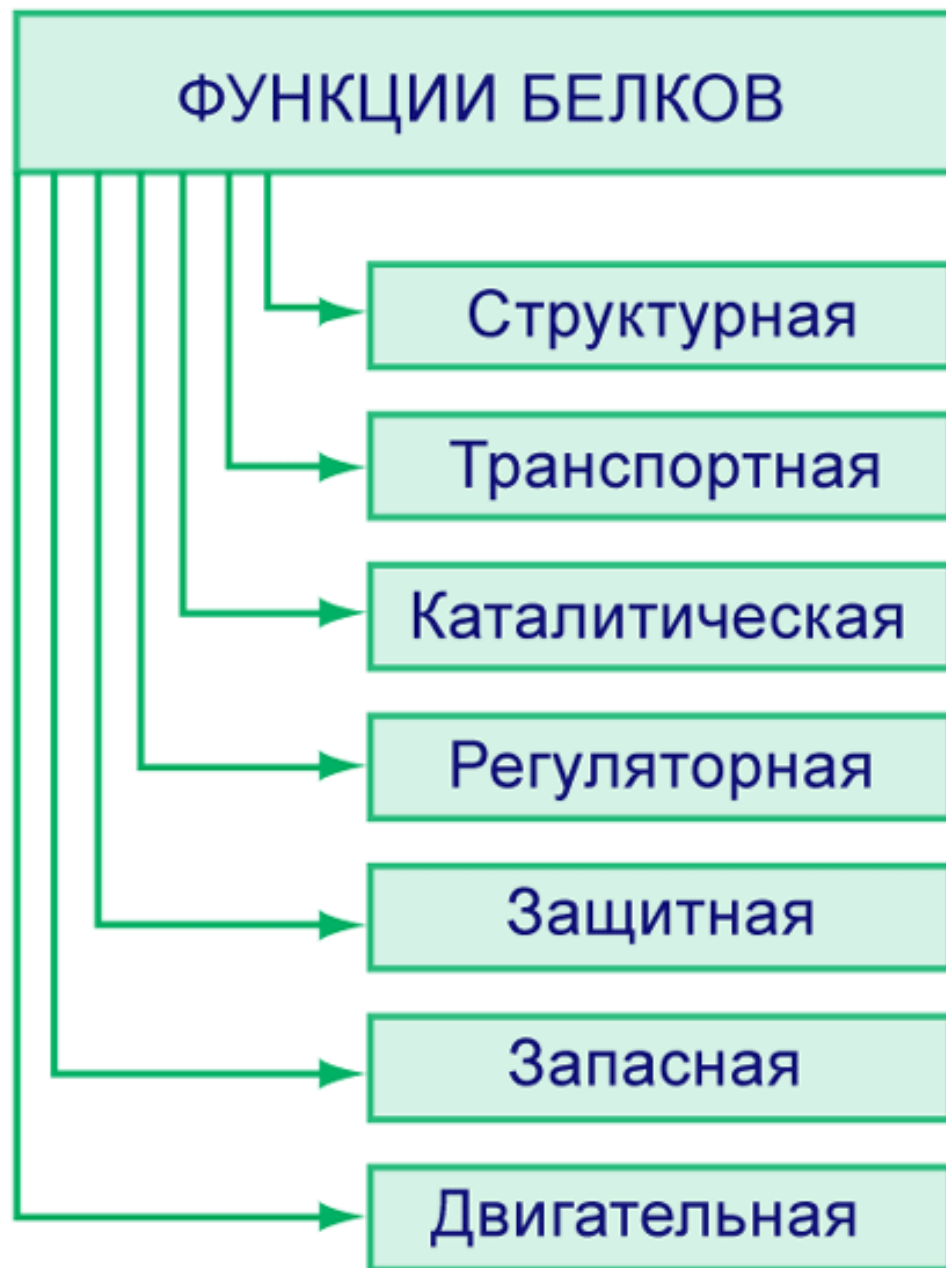


# Пептиды и белки



**ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ  
СОЕДИНЕНИЕ  
АМИНОКИСЛОТ**

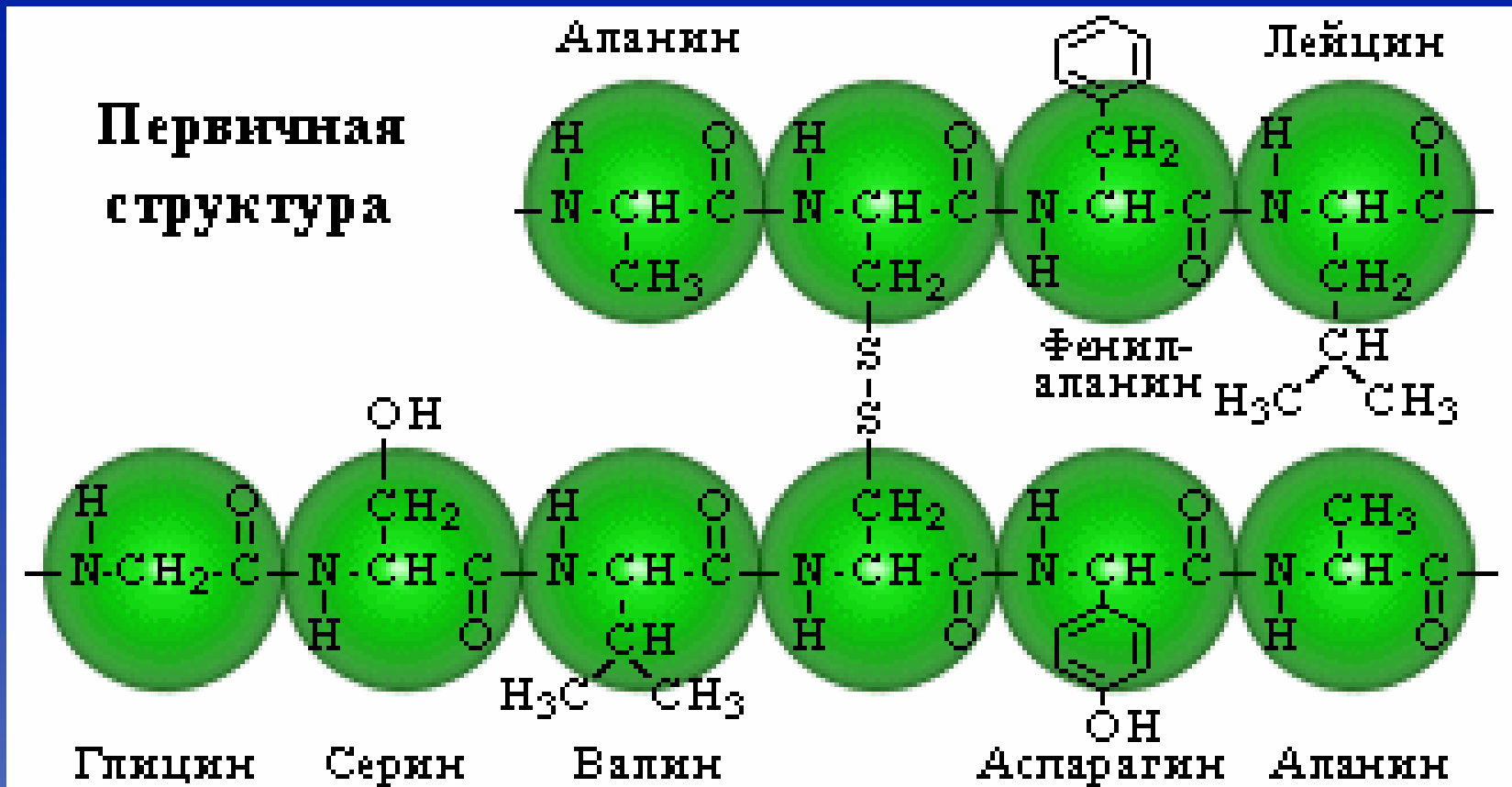
# Цепт



# **Выделяют четыре уровня структурной организации белков.**

- Первичная структура**
- Вторичная структура**
- Третичная структура**
- Четвертичная структура**

# Первичная структура – определенная последовательность $\alpha$ -аминокислотных остатков в полипептидной цепи.

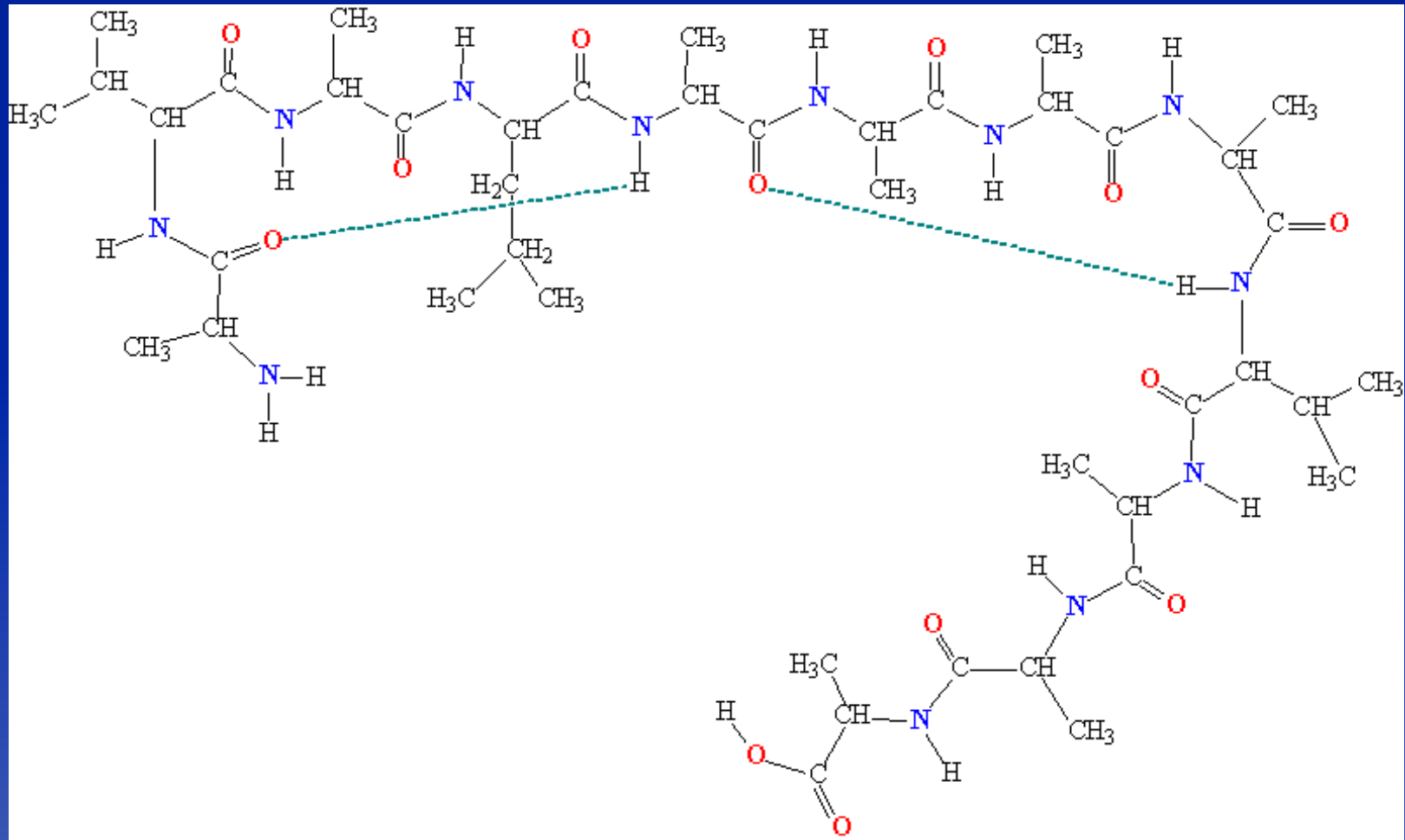






# Пептиды и белки

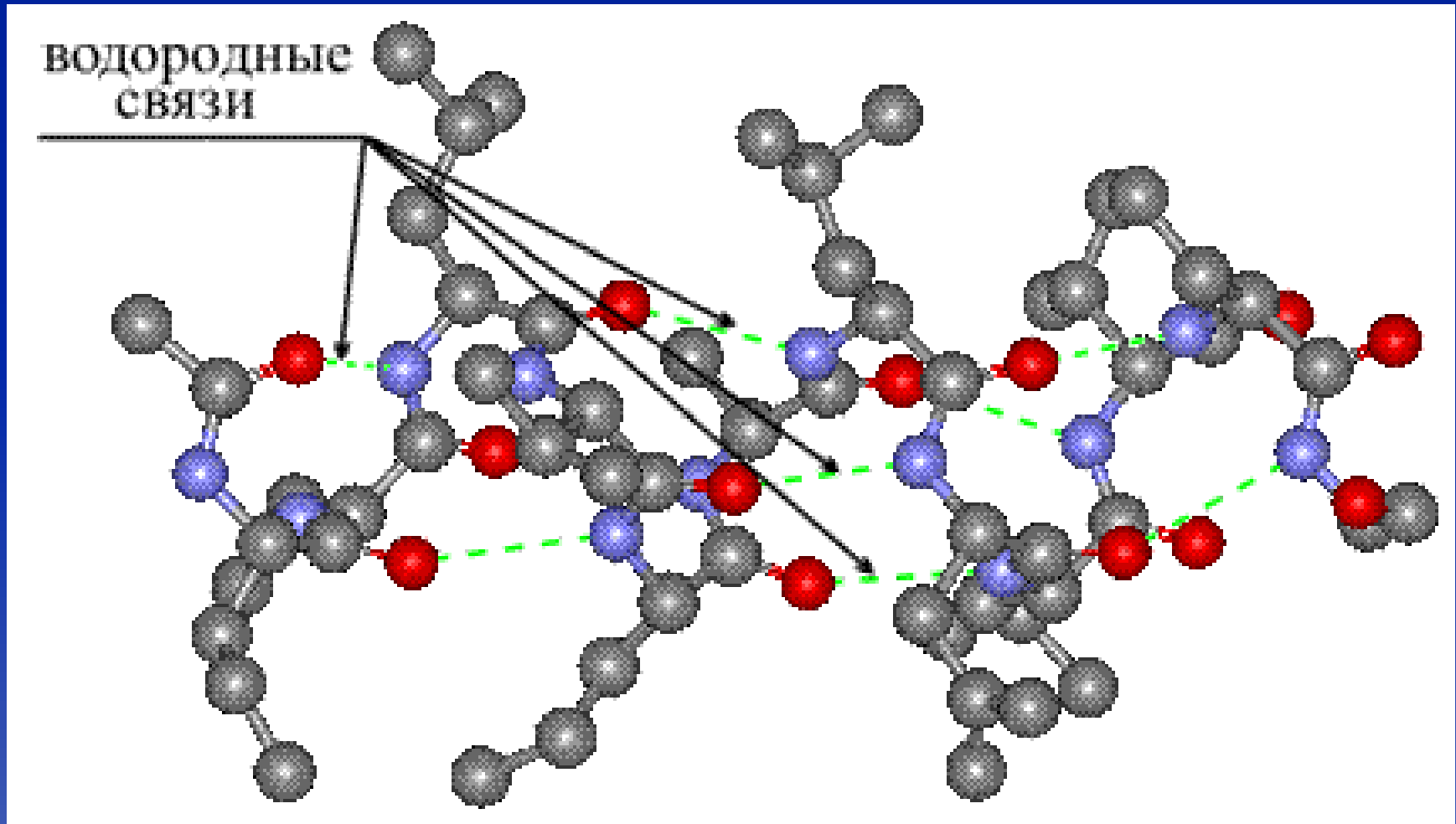
## Вторичная структура белков



**ОБРАЗОВАНИЕ ВНУТРИМОЛЕКУЛЯРНЫХ ВОДОРОДНЫХ СВЯЗЕЙ**  
(изображены пунктирными линиями) в молекуле полипептида

# Пептиды и белки

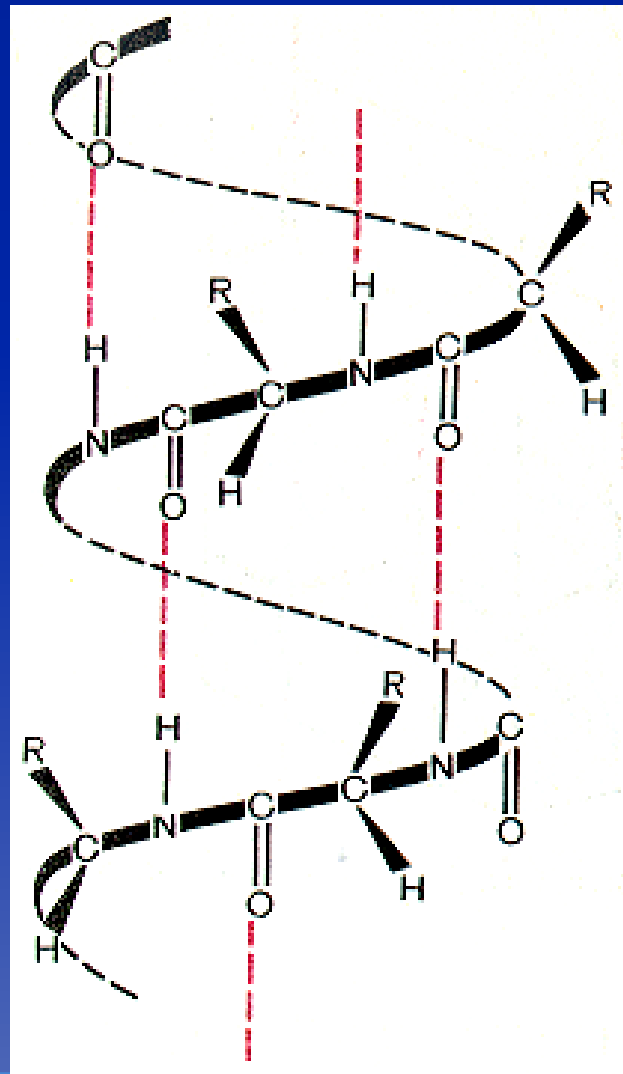
## *Вторичная структура белков*



**ОБЪЕМНАЯ МОДЕЛЬ МОЛЕКУЛЫ БЕЛКА** в форме  $\alpha$ -спирали.  
Водородные связи показаны зелеными пунктирными линиями

# Пептиды и белки

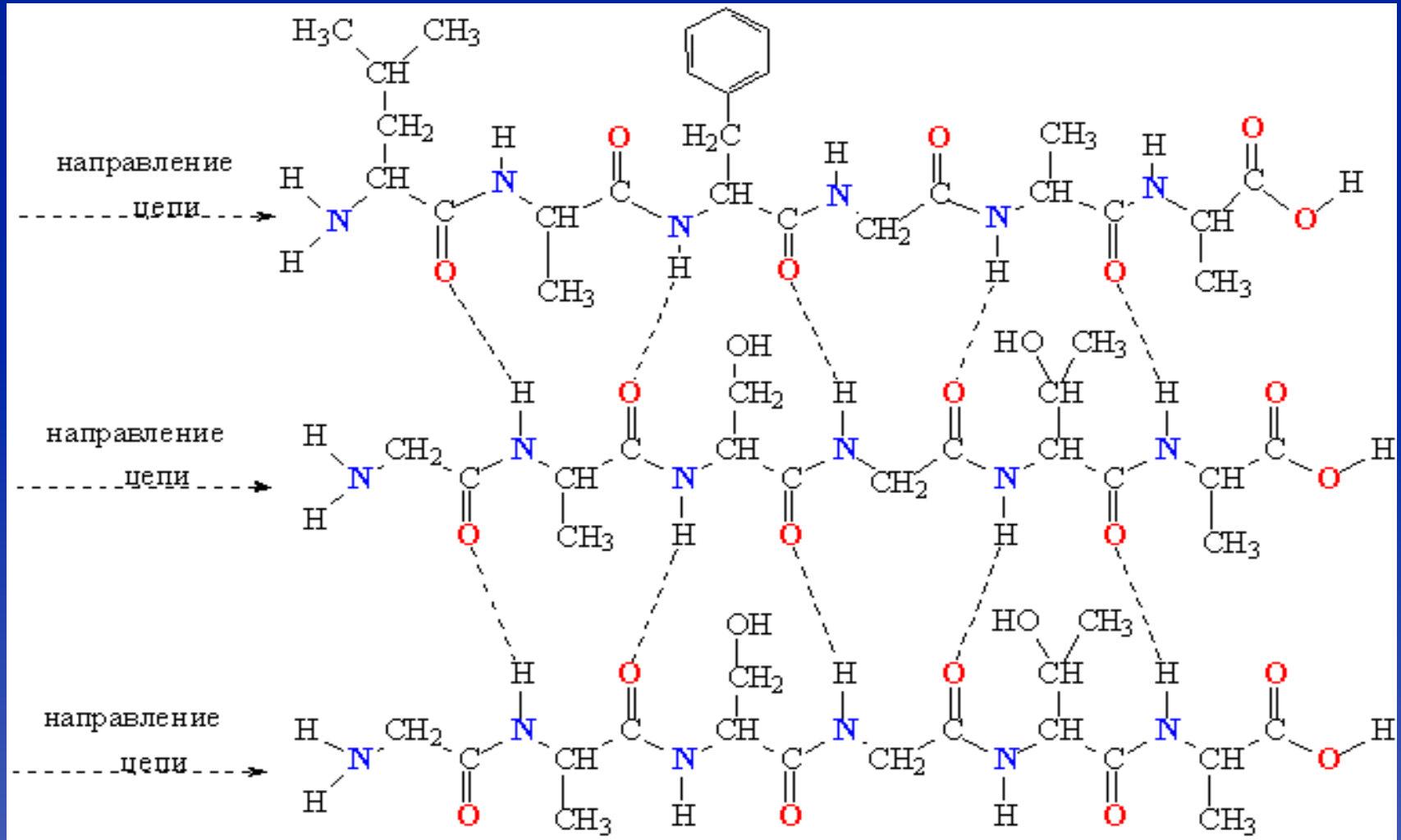
## *Вторичная структура белков*



$\alpha$ -спираль  
молекулы белка

# Пептиды и белки

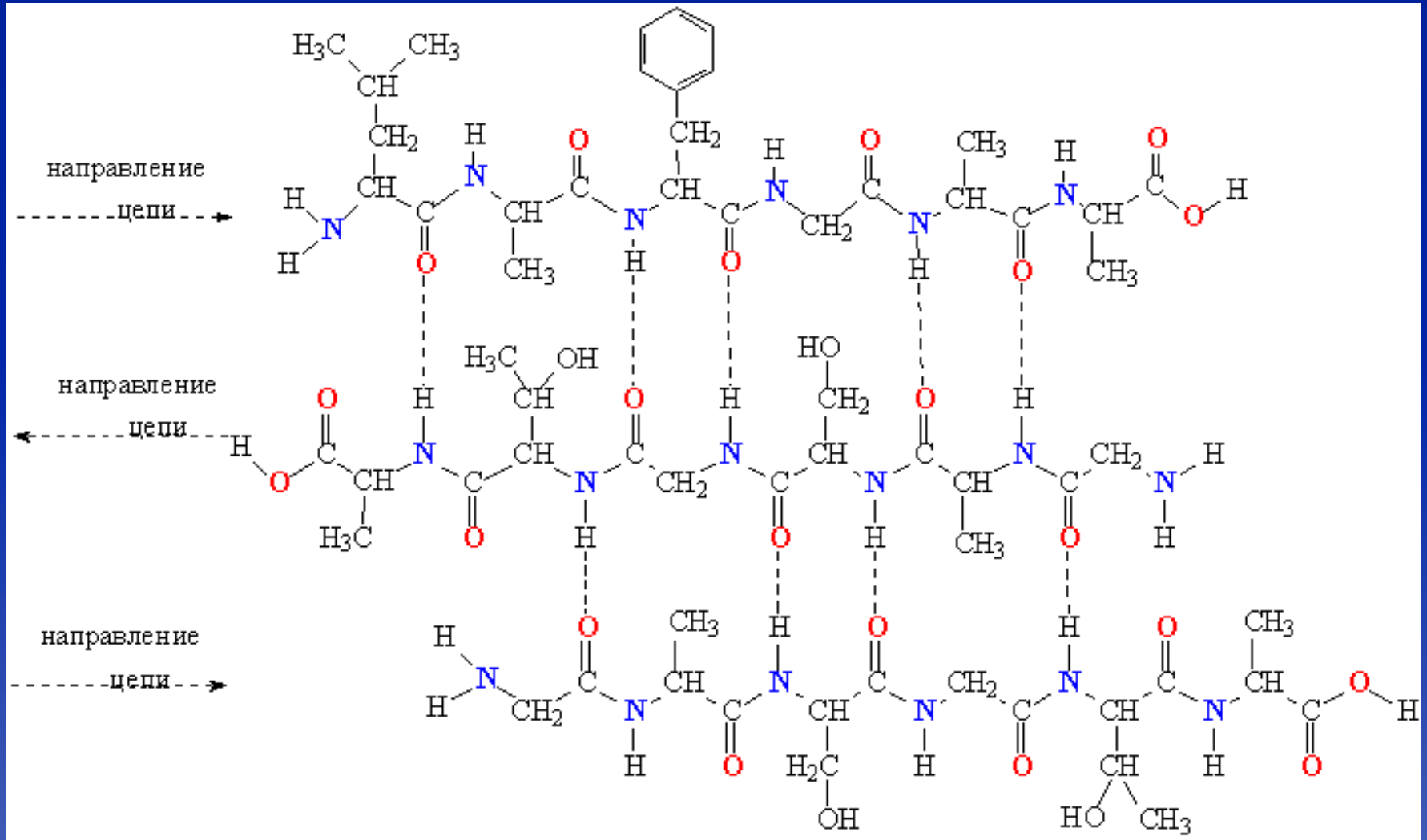
## Вторичная структура белков



**ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ  $\beta$ -СТРУКТУРА**, состоящая из трех полипептидных молекул

# Пептиды и белки

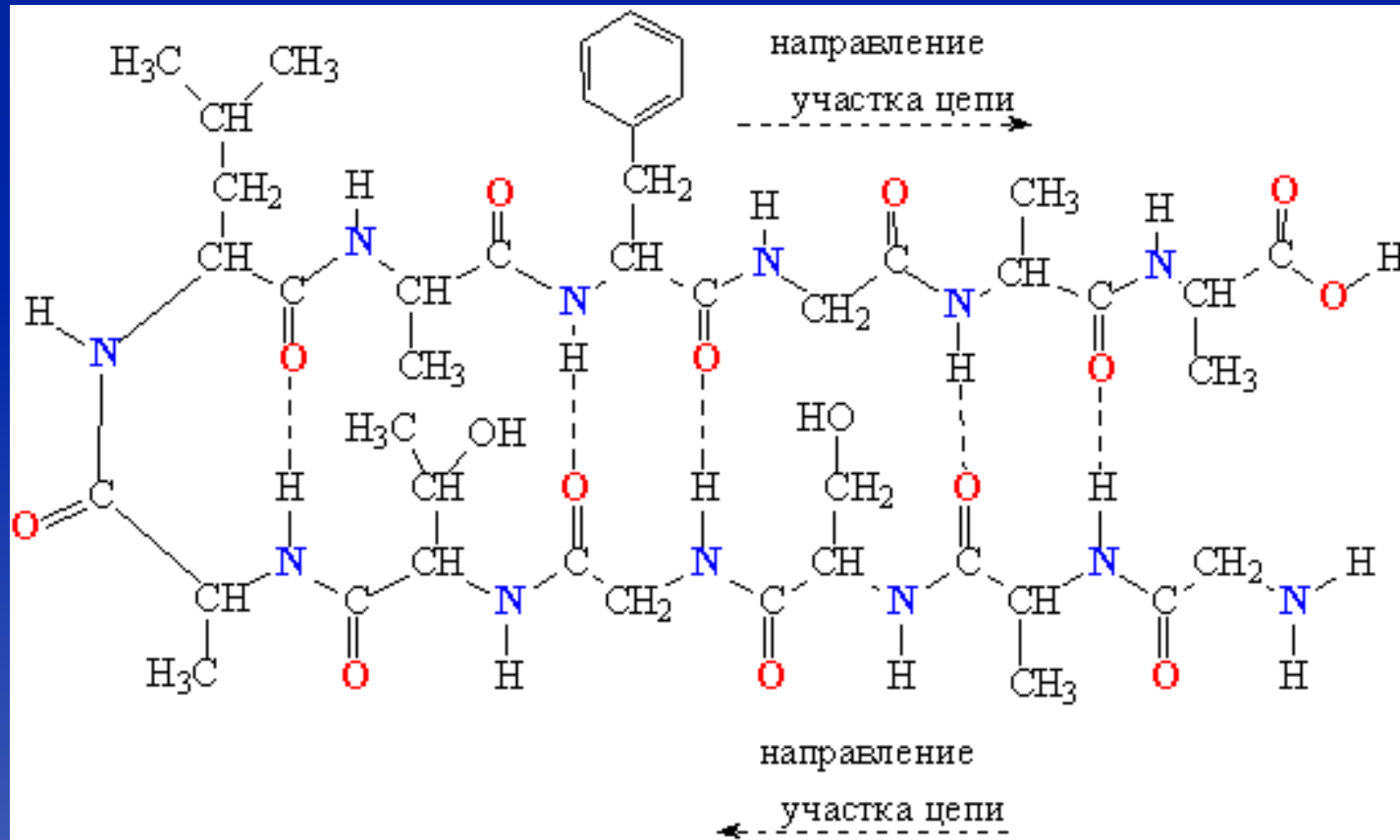
## Вторичная структура белков



АНТИПАРАЛЛЕЛЬНАЯ  $\beta$ -СТРУКТУРА, состоящая из трех полипептидных молекул

# Пептиды и белки

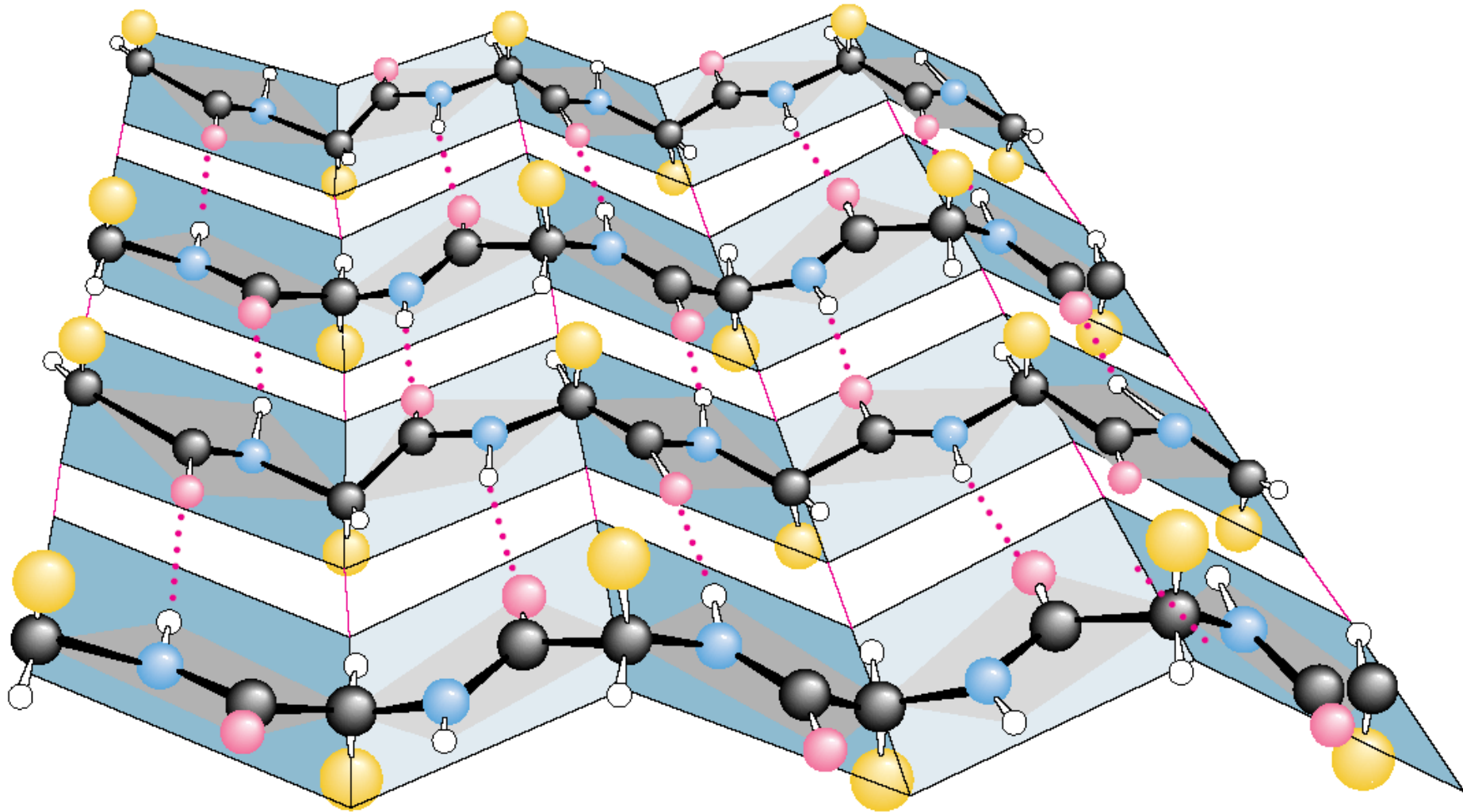
## Вторичная структура белков



**ОБРАЗОВАНИЕ  $\beta$ -СТРУКТУРЫ** внутри одной полипептидной цепи

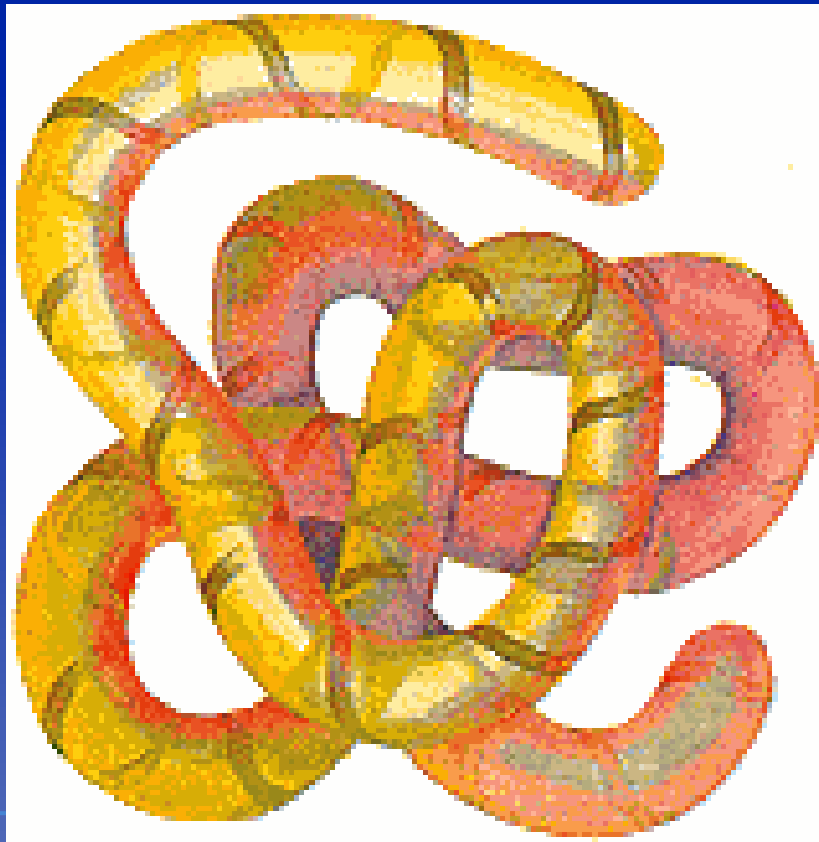
# Пептиды и белки

## Вторичная структура белков



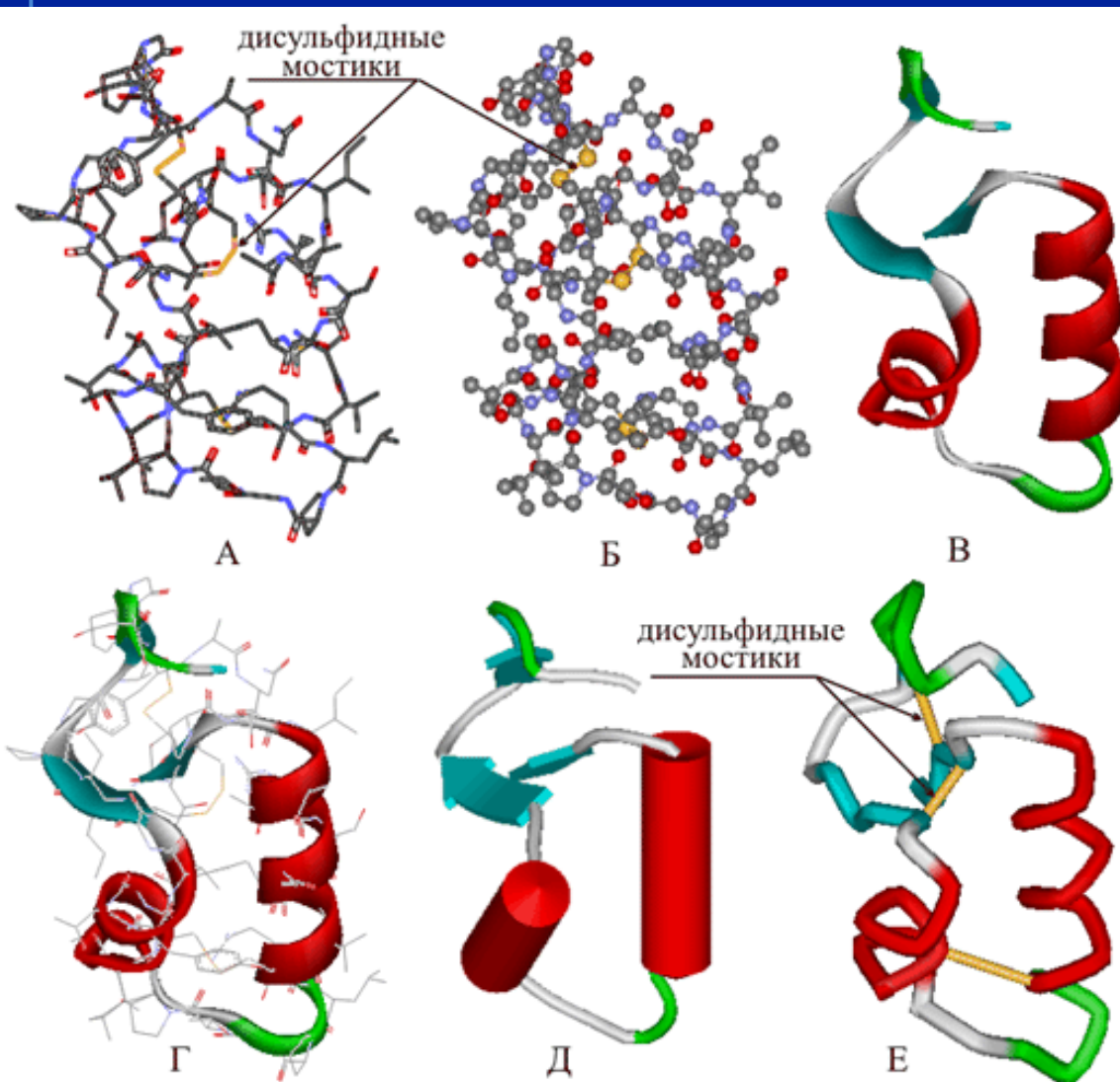
$\beta$ -структура белка

**Третичная структура – форма  
закрученной спирали в пространстве,  
образованная главным образом за счет  
дисульфидных мостиков –S–S–,  
водородных связей, гидрофобных и  
ионных взаимодействий.**



# Пептиды и белки

## Третичная структура белков



**РАЗЛИЧНЫЕ ВАРИАНТЫ  
ИЗОБРАЖЕНИЯ СТРУКТУРЫ  
БЕЛКА КРАМБИНА.**

**А – структурная формула в  
пространственном  
изображении.**

**Б – структура в виде объемной  
модели.**

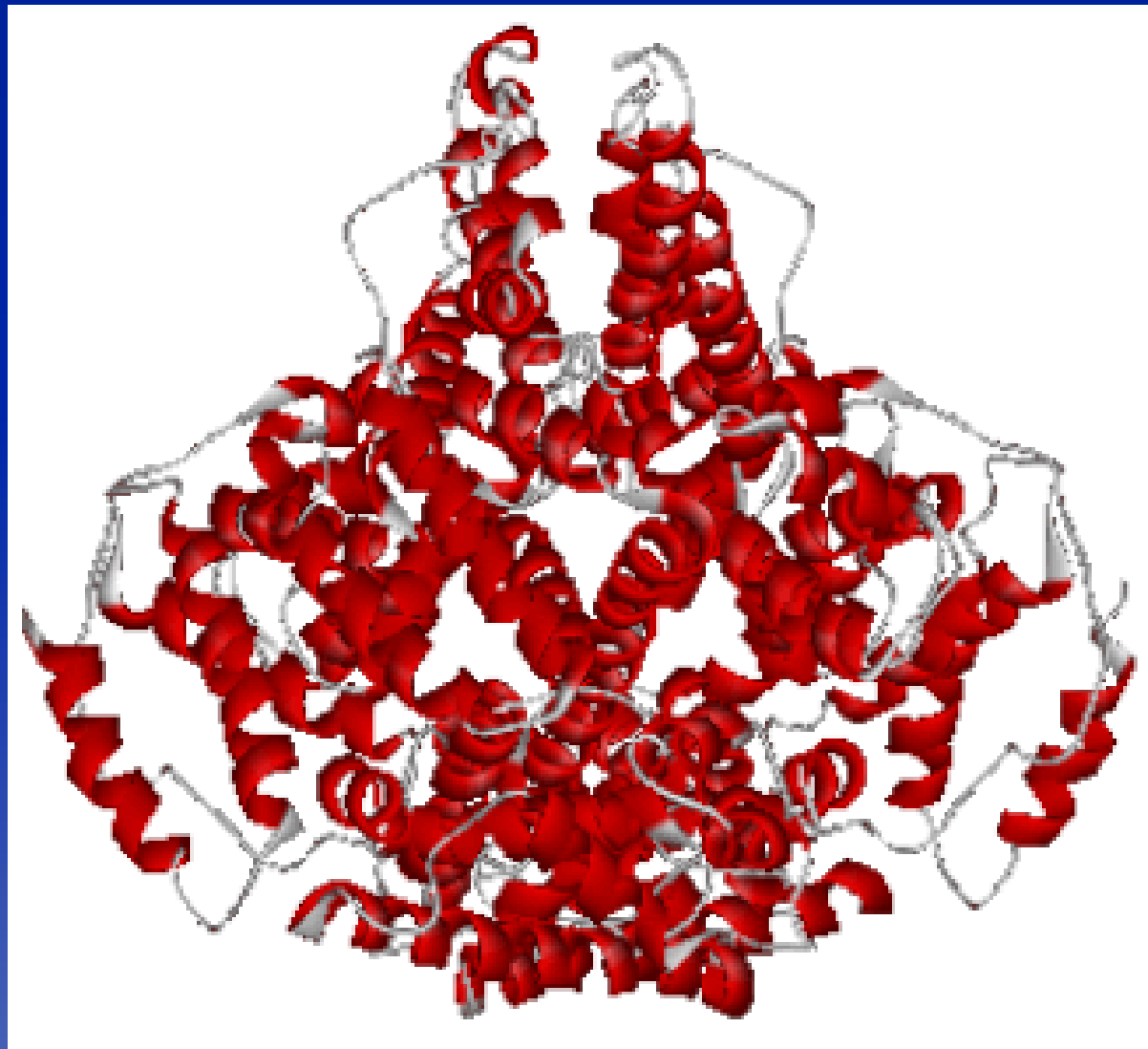
**В – третичная структура  
молекулы.**

**Г – сочетание вариантов А и В.  
Д – упрощенное изображение  
третичной структуры.**

**Е – третичная структура с  
дисульфидными мостиками.**

# Пептиды и белки

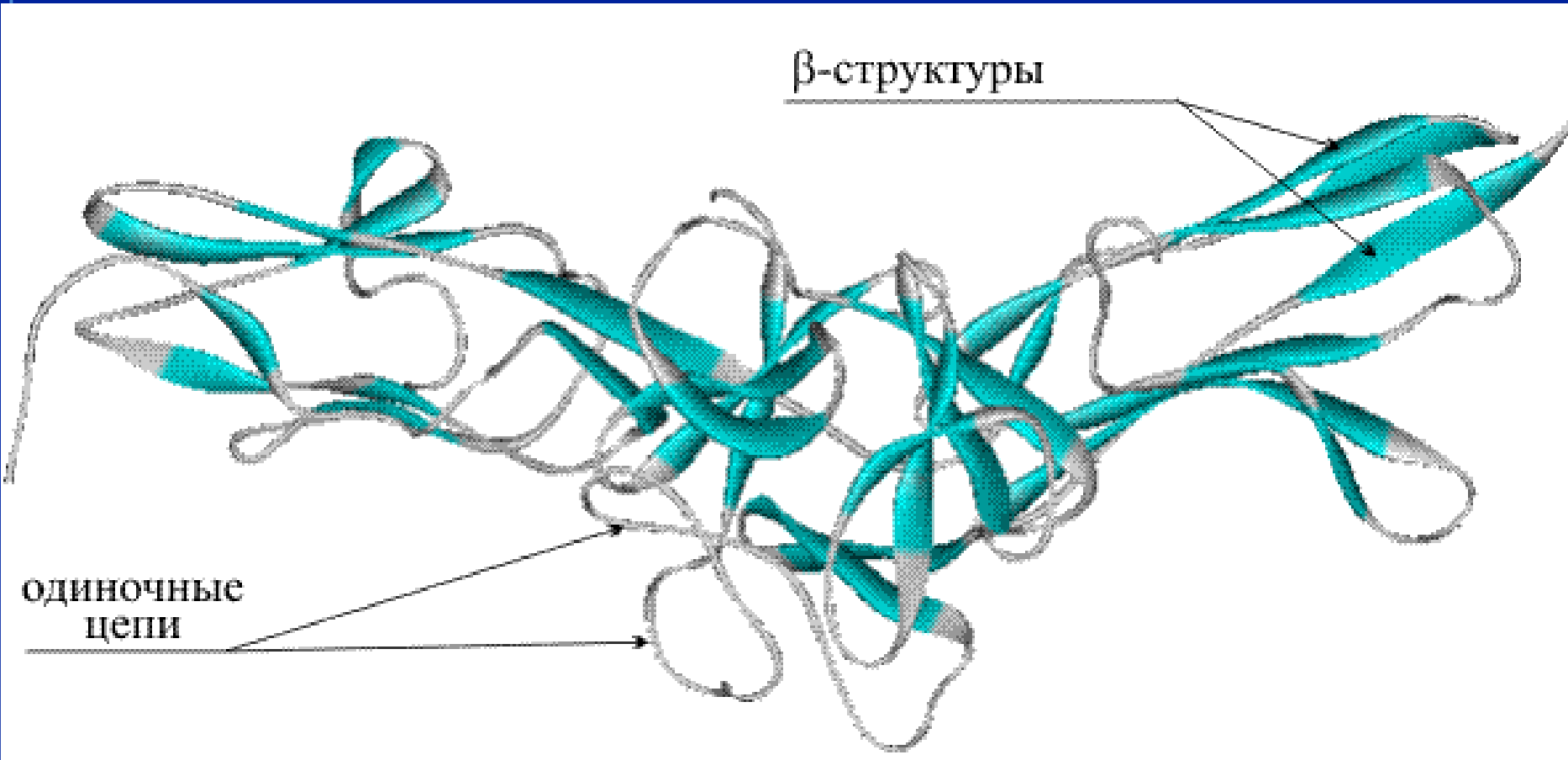
## *Глобулярные белки*



**ГЛОБУЛЯРНАЯ СТРУКТУРА АЛЬБУМИНА** (белок куриного яйца). В структуре помимо дисульфидных мостиков присутствуют свободные сульфгидридные HS-группы цистеина, которые в процессе разложения белка легко образуют сероводород – источник запаха тухлых яиц. Дисульфидные мостики намного более устойчивы и при разложении белка сероводород не образуют

# Пептиды и белки

## Фибриллярные белки



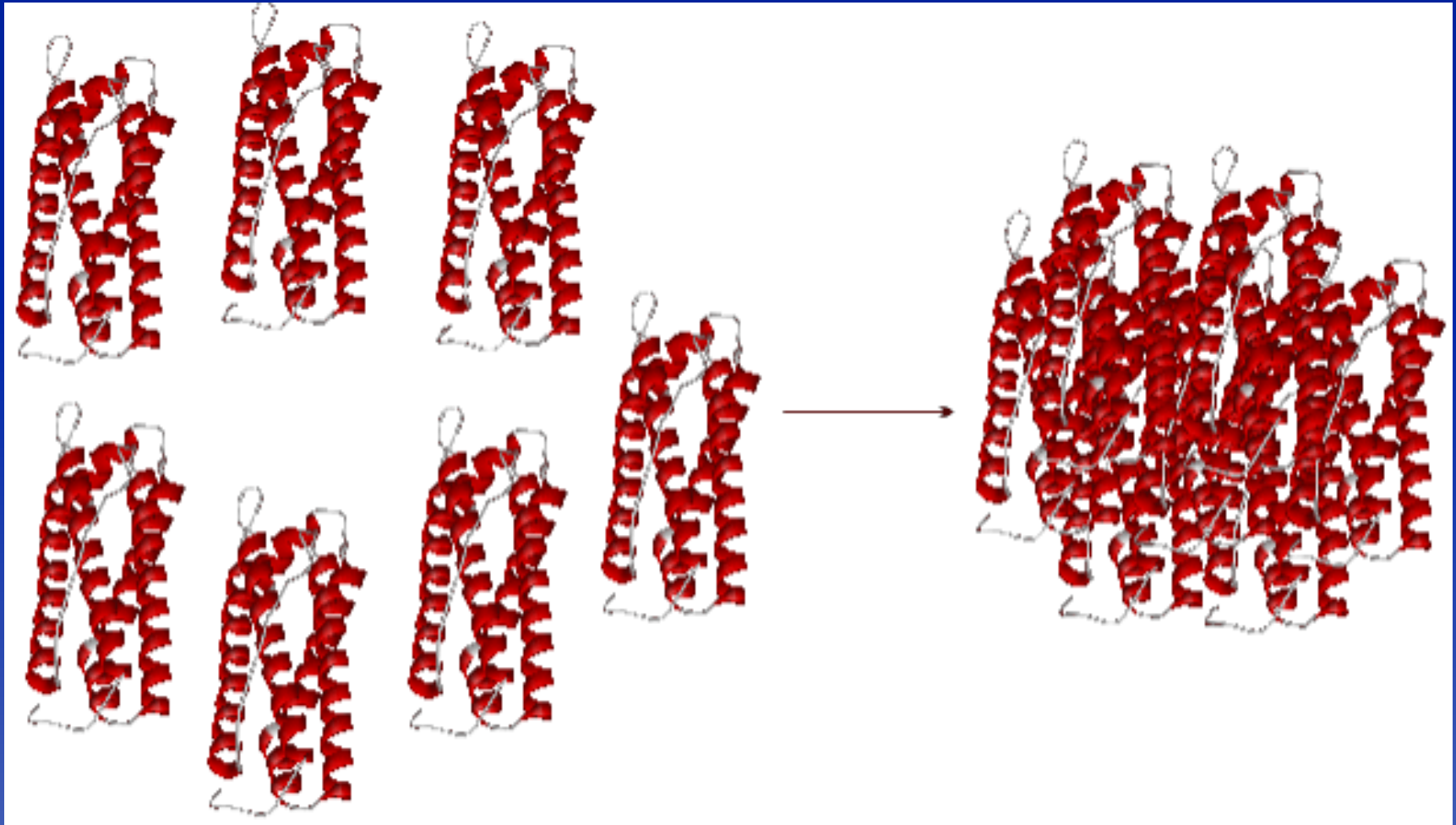
**ФИБРИЛЛЯРНЫЙ БЕЛОК ФИБРОИН** – основной компонент натурального шелка и паутины

**Четвертичная структура – агрегаты  
нескольких белковых макромолекул  
(белковые комплексы), образованные  
за счет взаимодействия разных  
полипептидных цепей.**



# Пептиды и белки

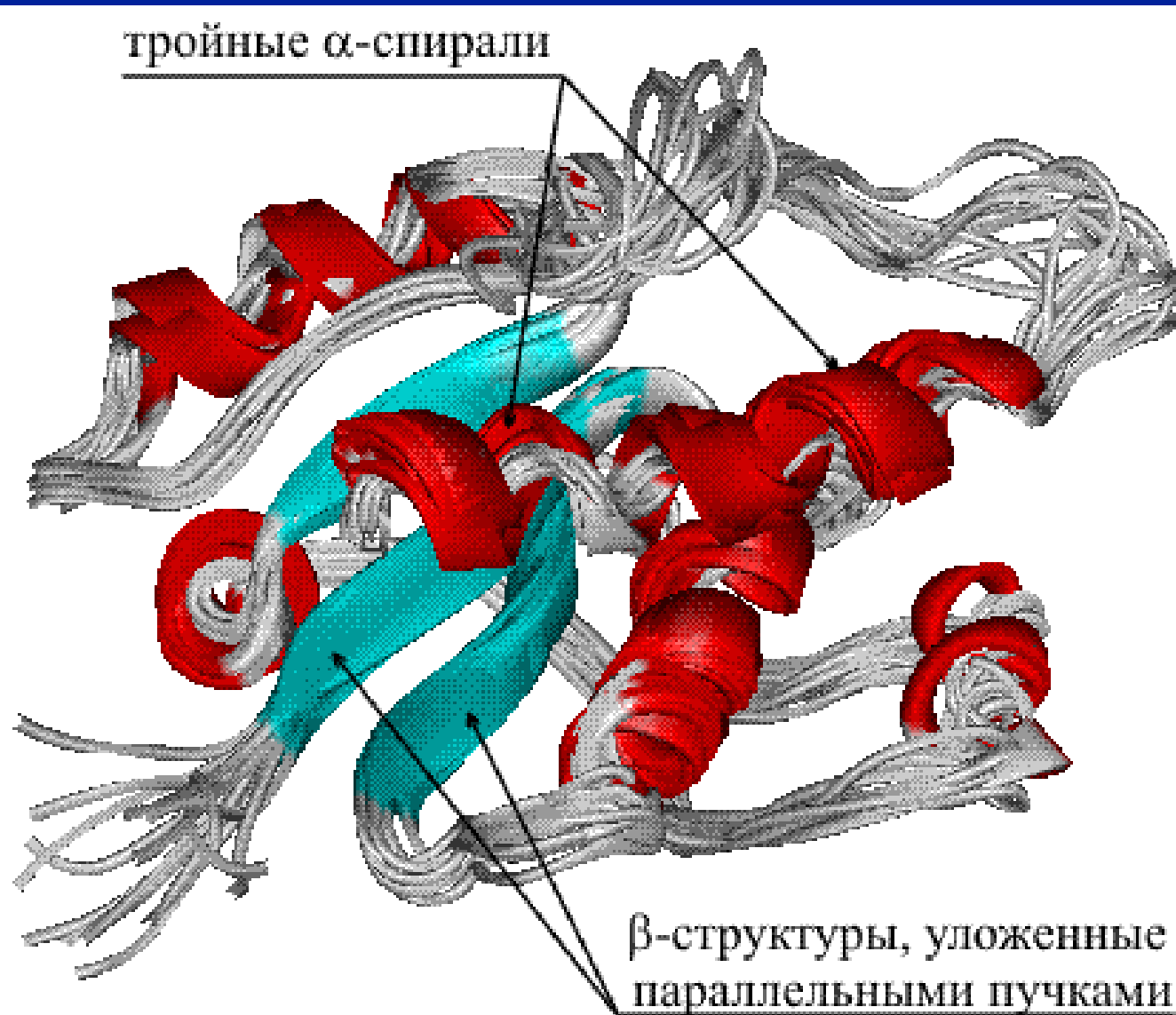
## *Четвертичная структура белков*



**ОБРАЗОВАНИЕ ЧЕТВЕРТИЧНОЙ СТРУКТУРЫ ГЛОБУЛЯРНОГО БЕЛКА ферритина при объединении молекул в единый ансамбль**

# Пептиды и белки

## Четвертичная структура белков

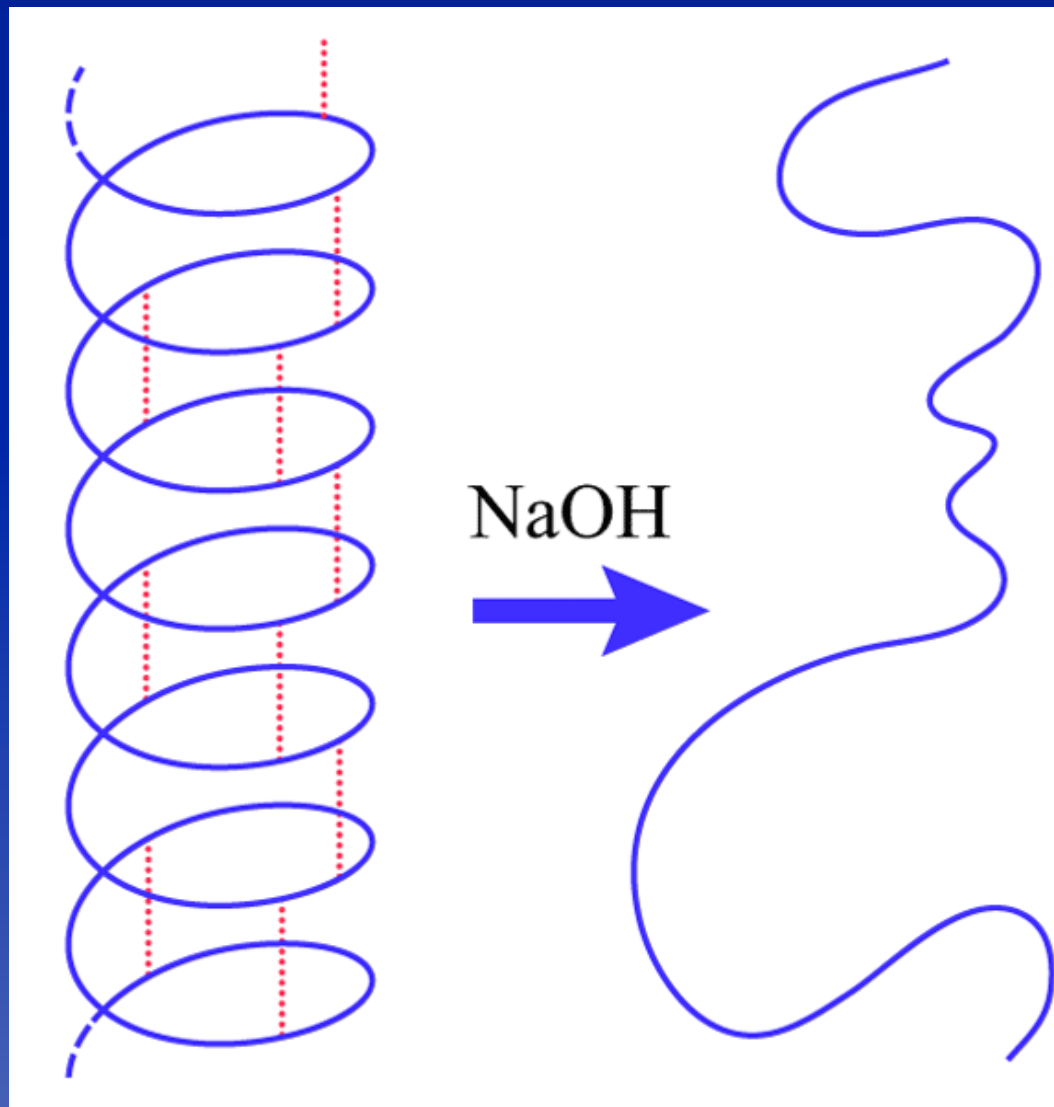


**НАДМОЛЕКУЛЯРНАЯ СТРУКТУРА ФИБРИЛЛЯРНОГО БЕЛКА КОЛЛАГЕНА.** На примере коллагена можно видеть, что в образовании фибриллярных белков могут участвовать как  $\alpha$ -спирали, так и  $\beta$ -структуры. То же и для глобулярных белков, в них могут быть оба типа третичных структур

# Пептиды и белки

## Денатурация белков

*Денатурация белков — это разрушение их природной (нативной) пространственной структуры с сохранением первичной структуры*



# Цветные реакции белков

Качественные реакции на остатки  
аминокислот

# Указатель реакций

- **Биуретовая**
  - a) Уравнение реакции
  - b) Проведение опыта
- Нингидриновая
- **Ксантопротеиновая**
  - a) Уравнение реакции
  - b) Проведение опыта
- Миллона
- Гопкинса-Коле
- Диазореакция Паули

# Функция качественных реакций

- Для аминокислот, постоянно встречающихся в составе белков, разработано множество цветных (в том числе именных) реакций. Многие из них высокоспецифичны, что позволяет определять ничтожные количества той или иной аминокислоты.
- Надо помнить, что все качественные реакции – это реакции не собственно на белки, а на определенные аминокислоты, входящие в их состав.

# Биуретовая реакция

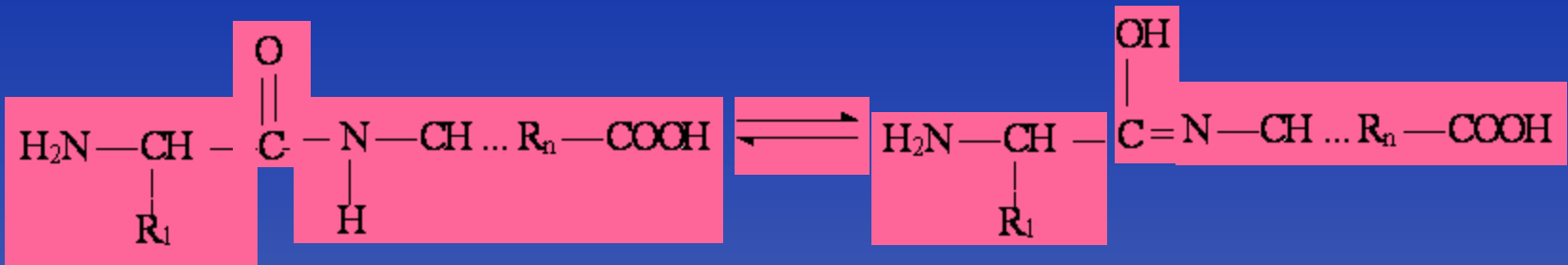
- Определяет наличие пептидной связи в растворе исследуемого соединения.



пептидная связь

# Биуретовая реакция

- Реакция обусловлена образованием биуретового комплекса в результате соединения меди с пептидной группировкой белка.
- В пептидах и белках пептидная связь обычно находится в амидной форме (или кетоформе), но в щелочной среде она переходит в иминольную (енольную):

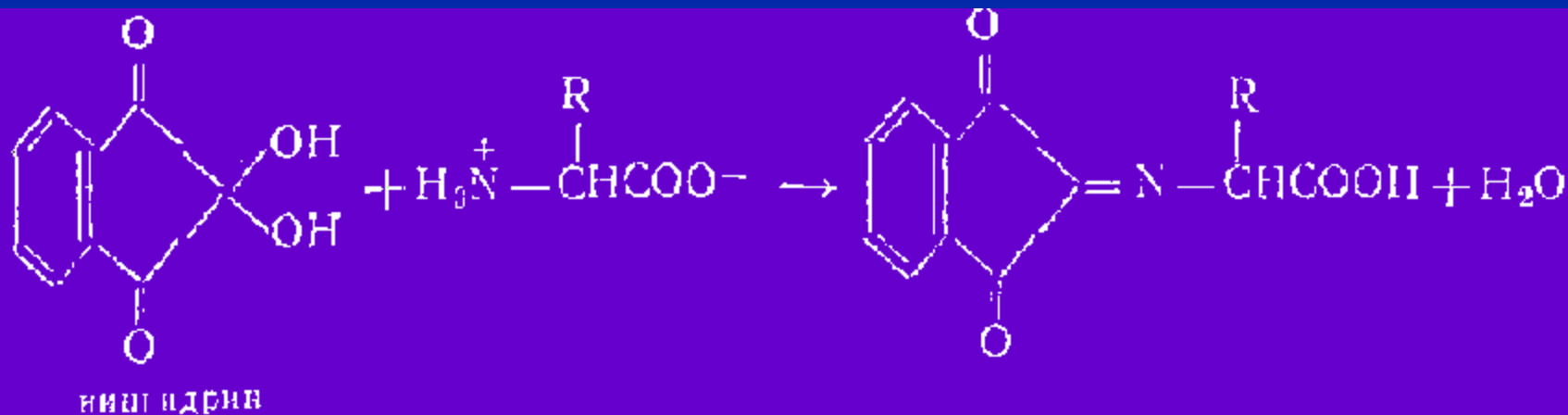




# Нингидриновая реакция

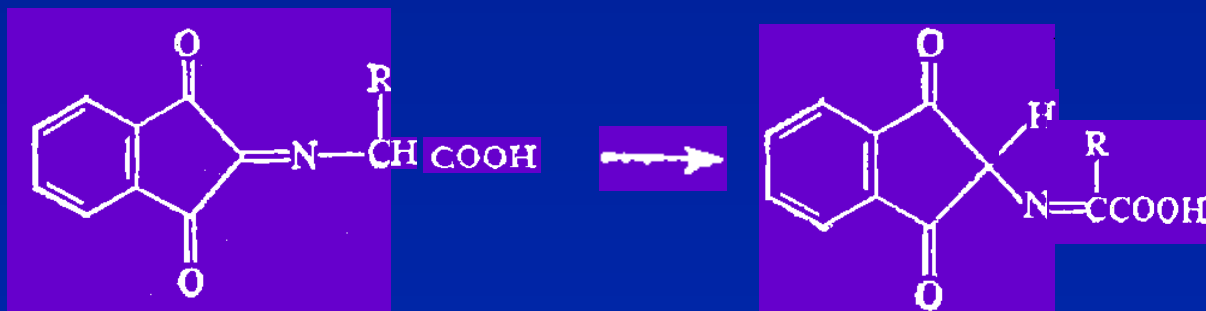
Качественная реакция на  $\alpha$ -аминокислоты

- Аминокислота с нингидрином образует продукт конденсации типа азометина

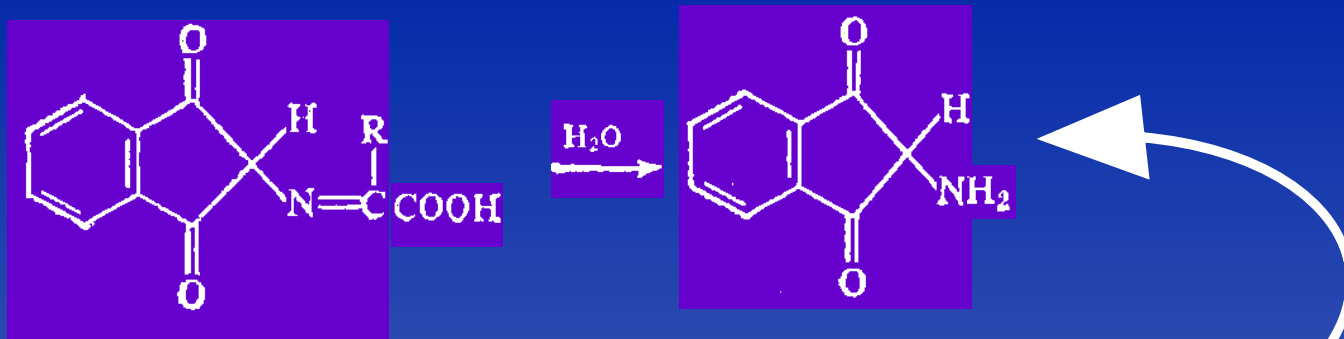


# Нингидриновая реакция

- путем перегруппировки



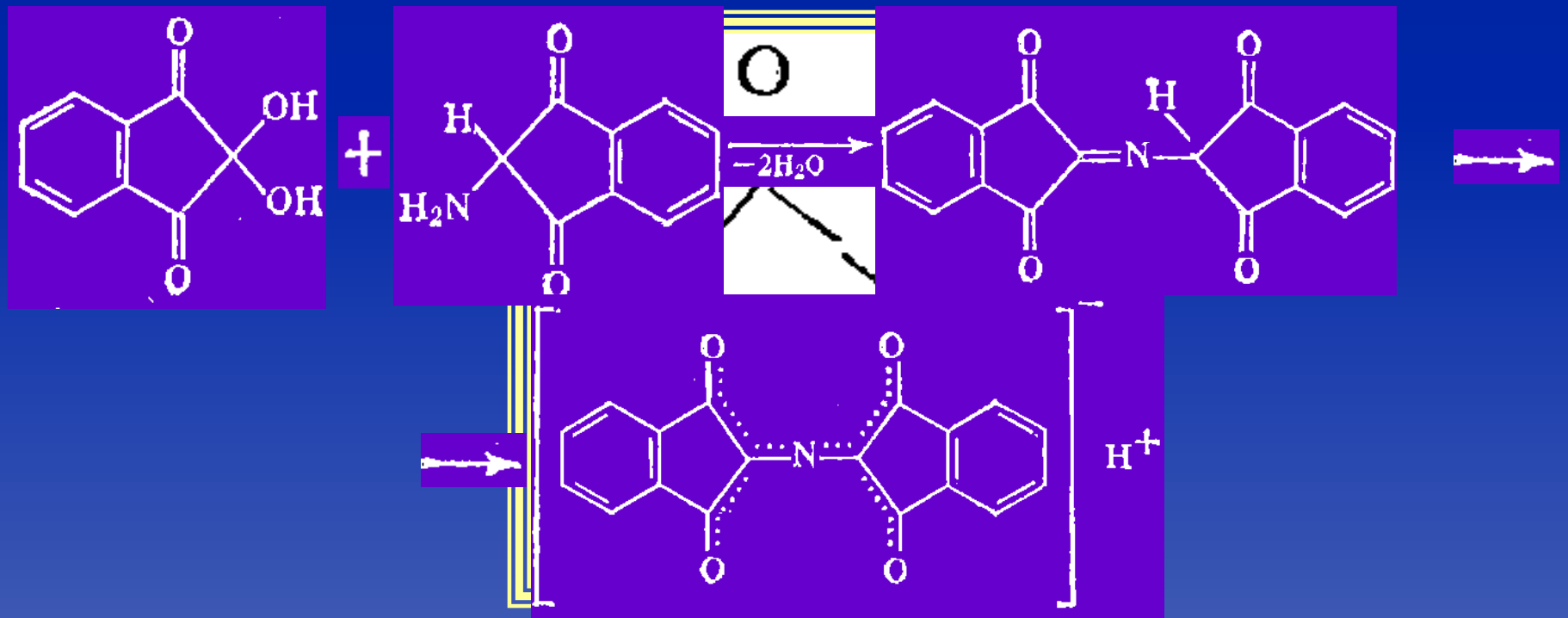
- и гидролиза



образуется 2-аминоиндандион

# Нингидриновая реакция

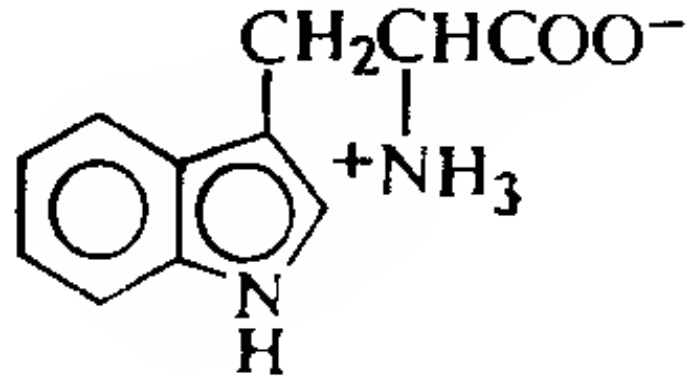
2-аминоиндандион реагирует с нингидрином и дает краситель.



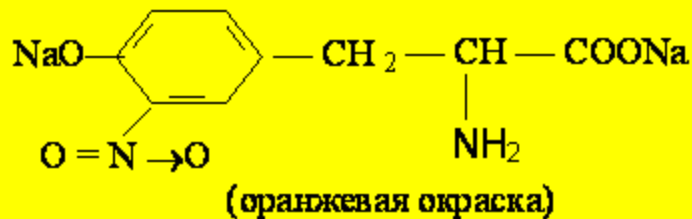
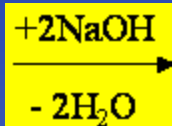
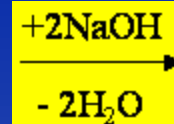
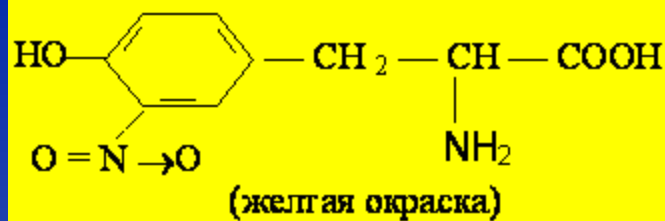
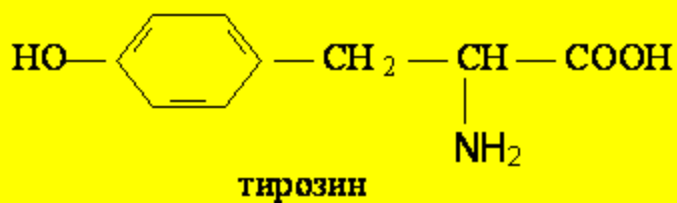
# Ксантопротеиновая реакция

Определяет присутствие в белке ароматических и гетероциклических  $\alpha$ -аминокислот :

- триптофана,
- фенилаланина,
- тирозина,
- гистидина.

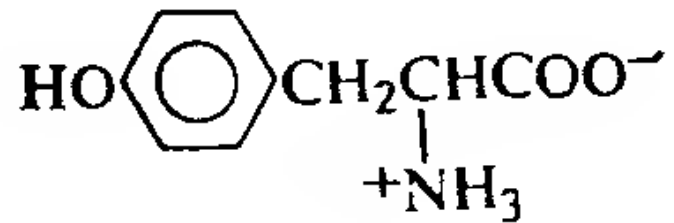


# Ксантопротеиновая реакция



# Реакция Миллона

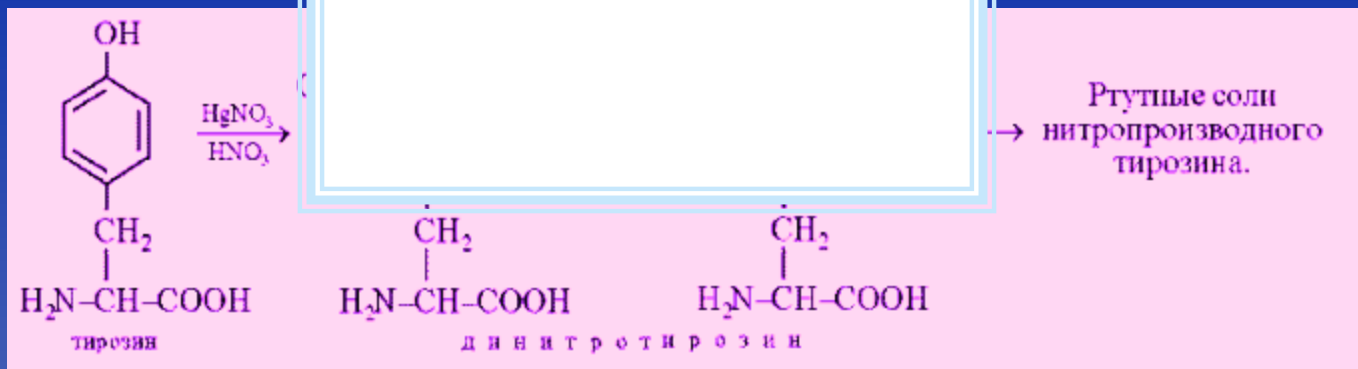
- Это реакция на аминокислоту тирозин





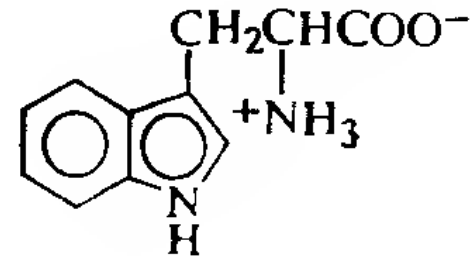
# Реакция Миллона

- Реактив Миллона (раствор  $\text{HgNO}_3$  и  $\text{Hg}(\text{NO}_2)_2$  в разбавленной азотной кислоте (смесь  $\text{HNO}_3$  и  $\text{HNO}_2$ ) взаимодействует с аминокислотами с образованием ртути и азотной кислоты. Ртутная соль окрашивается в розовый цвет.



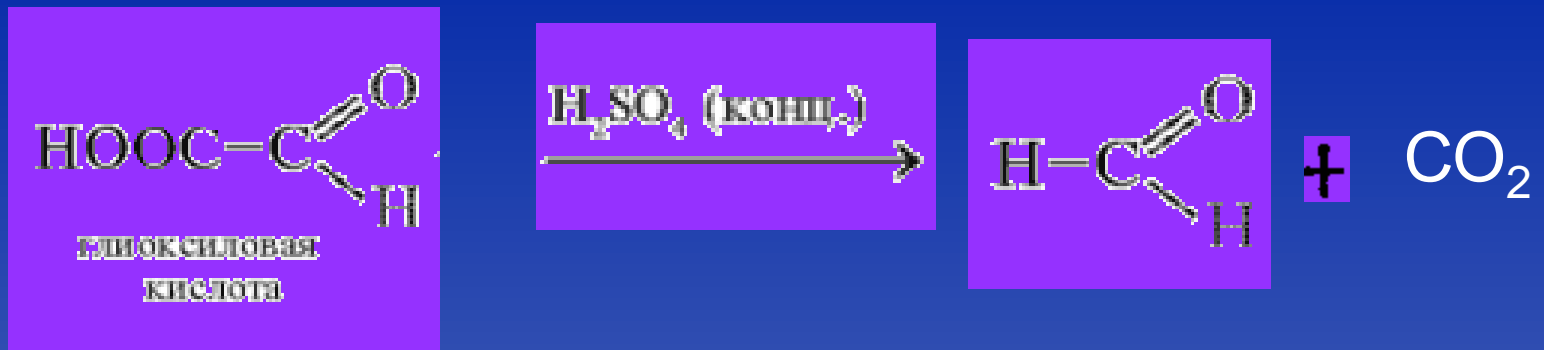
# Реакция Гопкинса–Коле

- Эта реакция определяет аминокислоту триптофан.



# Реакция Гопкинса–Коле

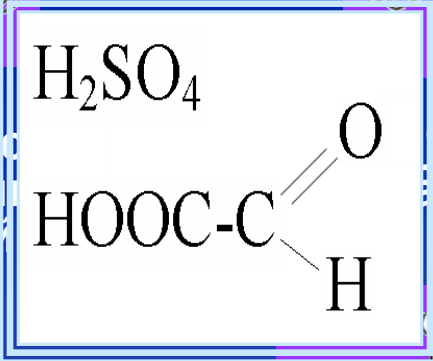
- Из глиоксиловой кислоты под действием концентрированной серной кислоты сначала получается формальдегид:





# Реакция Гопкинса–Коле

формальдегид затем конденсируется с триптофаном:

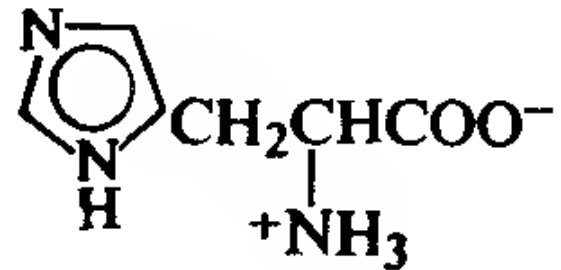


Продукт конденсации окисляется до триптофанилкарбинола, который в присутствии минеральных солей образует окрашенные в сине-фиолетовый цвет соли.



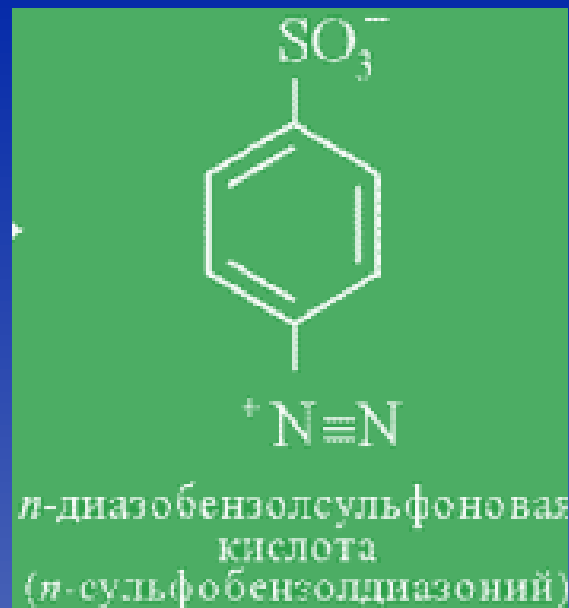
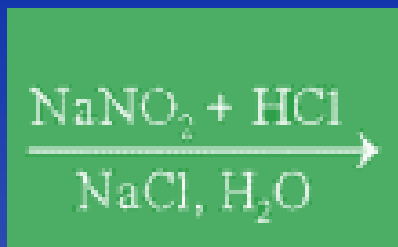
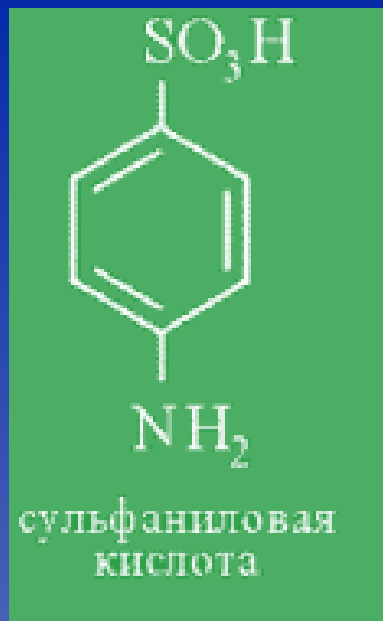
# Реакция Паули (Диазореакция Паули)

Эта реакция  
аминокислоту  
ГИСТИДИН.



# Реакция Паули (Диазореакция Паули)

- при взаимодействии кислого раствора сульфаниловой кислоты с нитритом натрия образуется дiazобензолсульфовая кислота:



*Спасибо за внимание!*