

# Аминокислоты и белки

## Строение, свойства



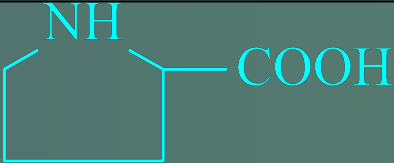
# Аминокислоты

*Соединение, которое содержит одновременно и кислотную функциональную группу, и аминогруппу, является аминокислотой*

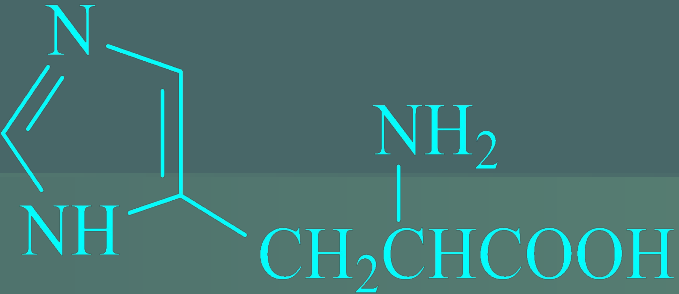
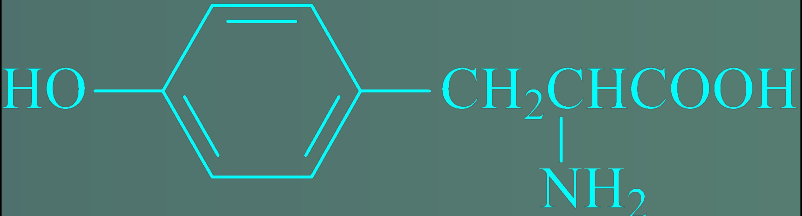



# Аминокислоты

Аминокислоты, в которых первичная аминогруппа находится в  $\alpha$ -положении по отношению к карбоксильной, называются  $\alpha$ -аминокислотами. Они играют важную роль в жизни живых организмов, так как белки с химической точки зрения являются полимерами, образованными из нескольких сотен или даже тысяч остатков  $\alpha$ -аминокислот

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(Cc1c[nH]cn1)C(=O)O</chem>	7.58
Тирозин	tyr	 <chem>NC(Cc1ccc(O)cc1)C(=O)O</chem>	5.65
Цистеин	cySH	 <chem>NC(CS)C(=O)O</chem>	5.02

# Незаменимые аминокислоты

*Незаменимыми* называются аминокислоты, которые не могут быть синтезированы организмом из веществ, поступающих с пищей, в количествах, достаточных для того, чтобы удовлетворить физиологические потребности организма.

# Незаменимые аминокислоты

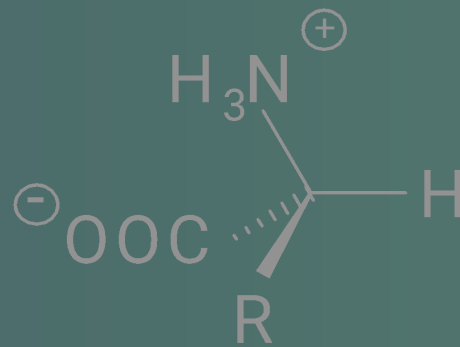
Следующие аминокислоты принято считать незаменимыми для организма человека:

*изолейцин, лейцин, лизин,  
метионин, фенилаланин, треонин,  
триптофан и валин.*



# • Конфигурация аминокислот

Каждая  $\alpha$ -аминокислота за исключением глицина, содержит асимметрический  $\alpha$ -углеродный атом. Аминокислоты, получающиеся в результате гидролиза белков, являются оптически активными, и все они имеют одинаковую конфигурацию по  $\alpha$ -углеродному атому

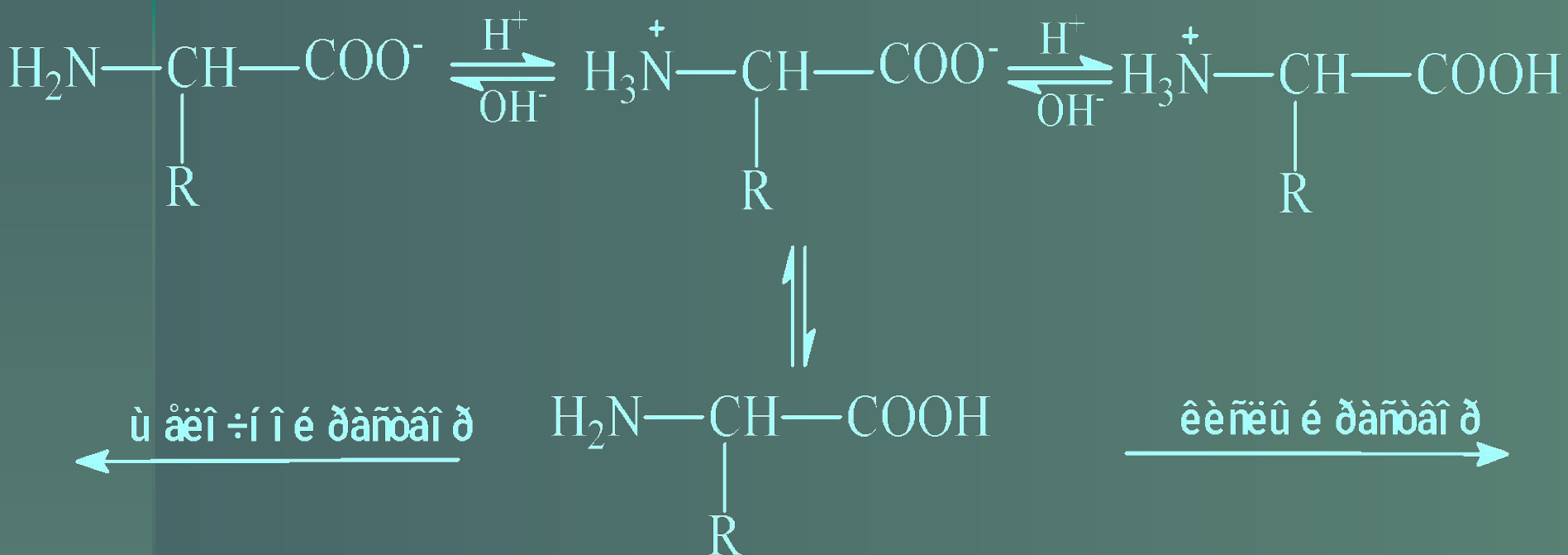


(S)- $\alpha$ -Аминокислота

# Кислотно-основные свойства

Константы кислотности и основности для групп  $-\text{COOH}$  и  $-\text{NH}_2$  очень малы. Для большинства карбоновых кислот  $K_a \sim 10^{-5}$ , для алифатических аминов  $K_b \sim 10^{-4}$ , в тоже время для глицина  $K_a = 1,6 \cdot 10^{-10}$ , а  $K_b = 2,5 \cdot 10^{-12}$ . Их водные растворы ведут себя как растворы веществ с высоким дипольным моментом.

# Кислотно-основные свойства



# Кислотно-основные свойства



не ионная форма;  
идеализированная  
аминокислота



цвиттер-ион;  
аминокислота в  
твердом состоянии

# Изоэлектрическая точка (pI)

Изоэлектрической точкой называется такое значение pH, имеющее определенное значение для каждой аминокислоты, при котором содержание диполярного иона (цвиттер-иона) максимально

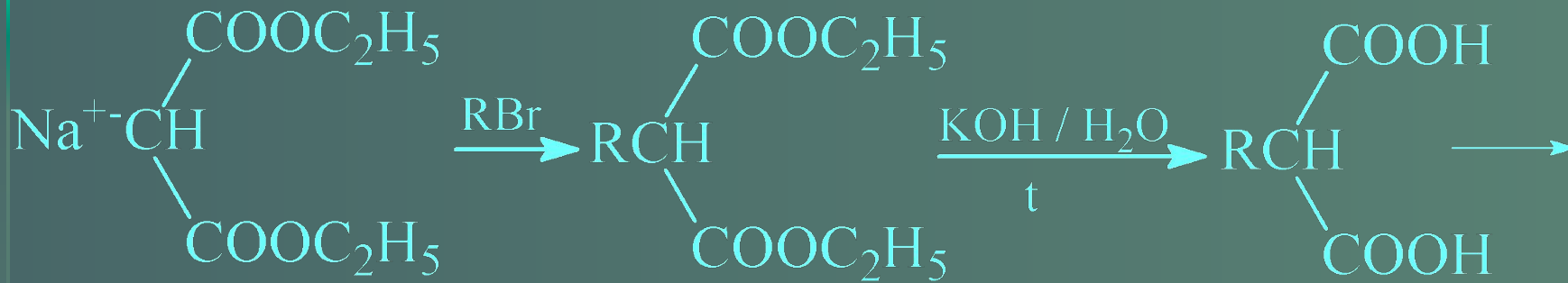
# Способы получения аминокислот

## Аминирование $\alpha$ -галогензамещенных кислот

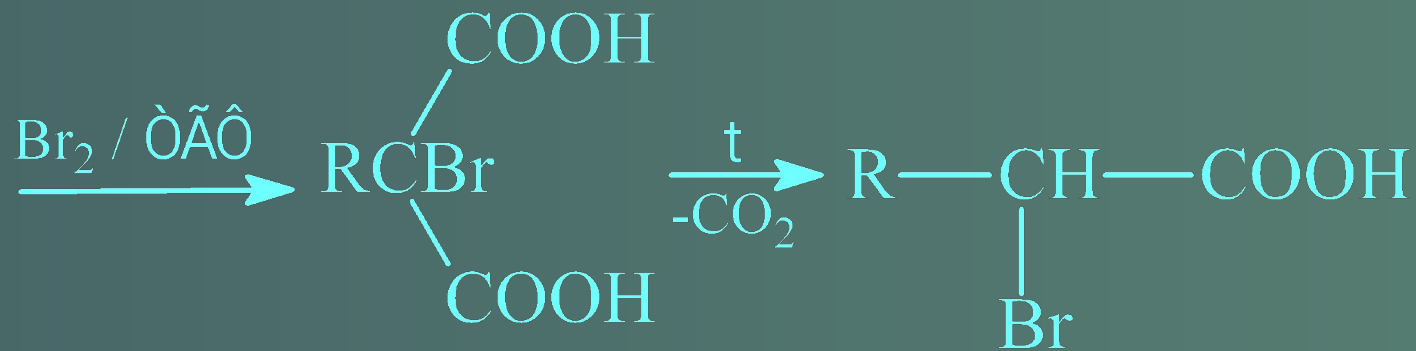


# Способы получения аминокислот

## Бромирование при помощи малоновой кислоты

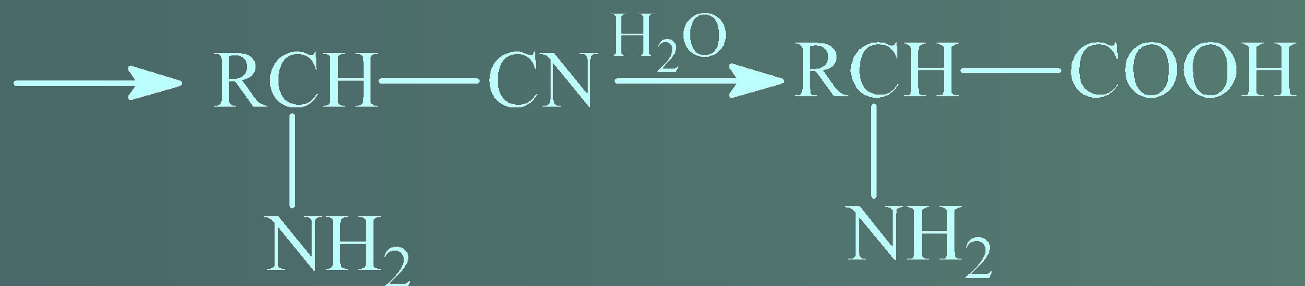
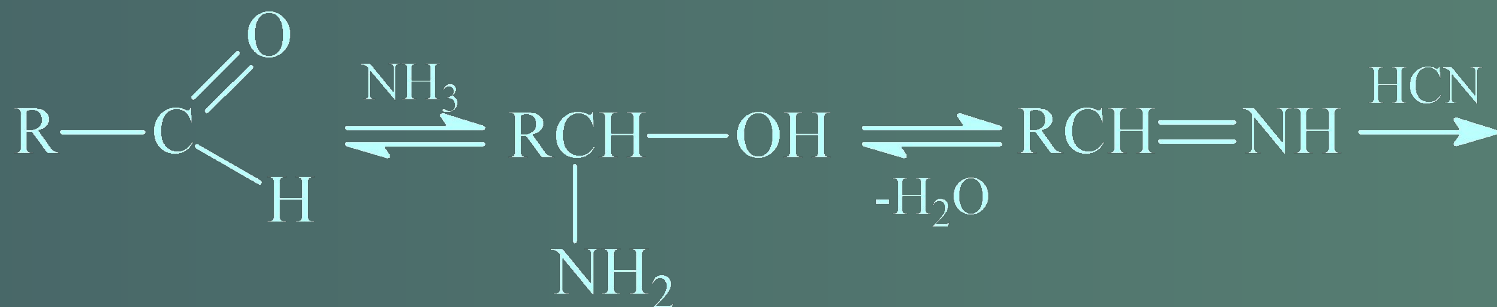


í àòðì àëî í î âû é ýôèď



# Способы получения аминокислот

## Синтез Штреккера–Зелинского



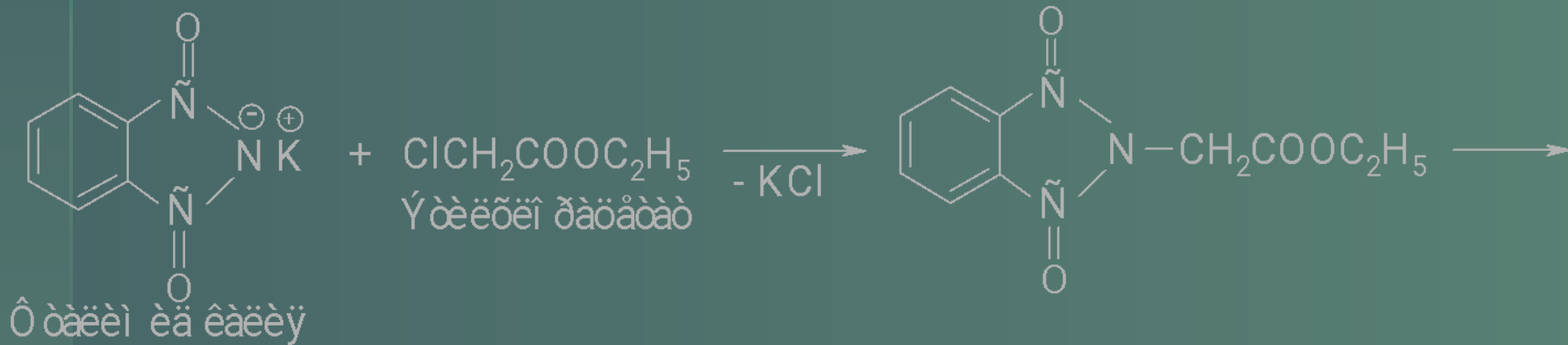
$\alpha$ -аминокислота

$\alpha$ -аминокислота



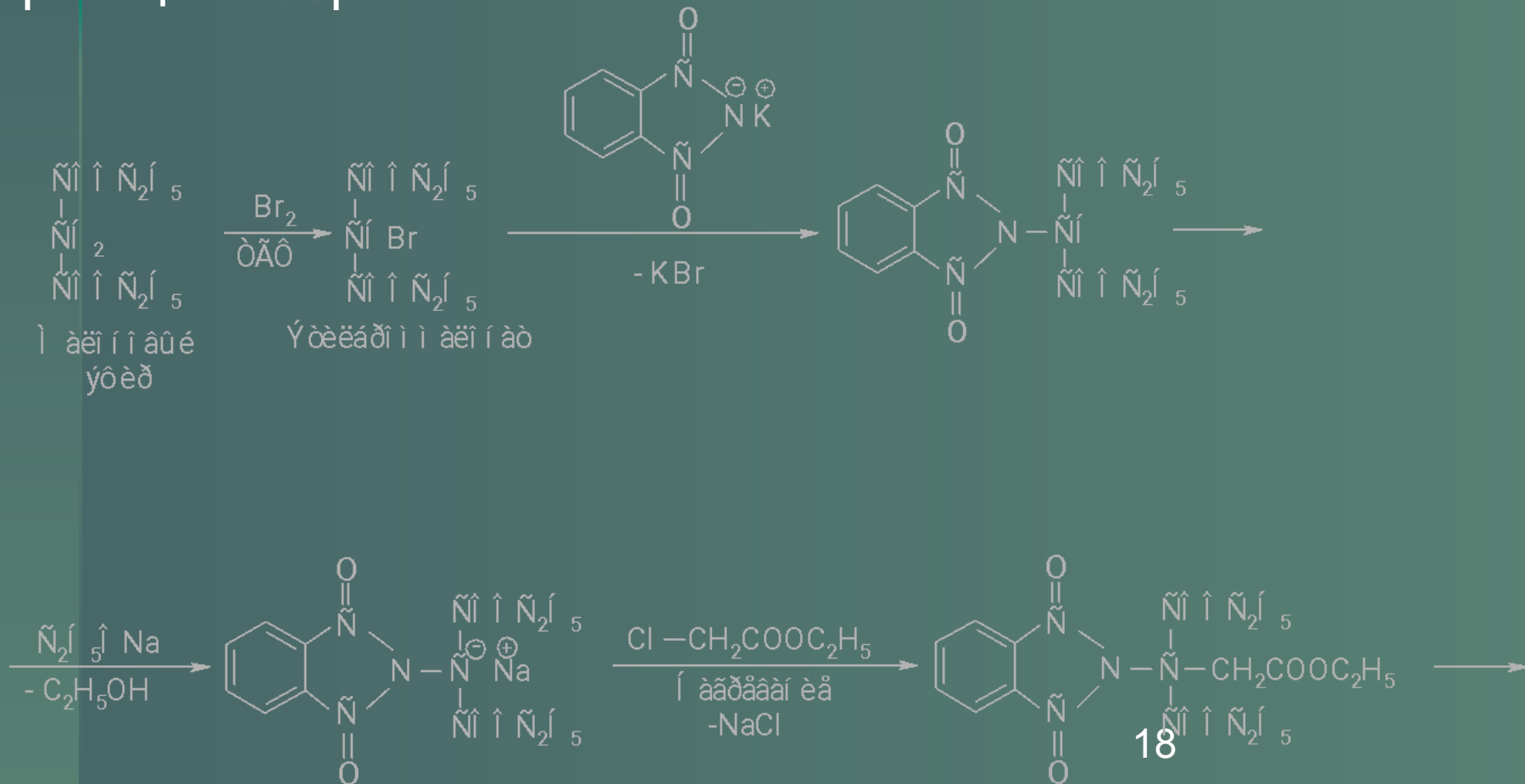
# Способы получения аминокислот

**Синтез по Габриэлю**, при этом вместо  $\alpha$ -галогензамещенных кислот следует использовать  $\alpha$ -галогенэфиры



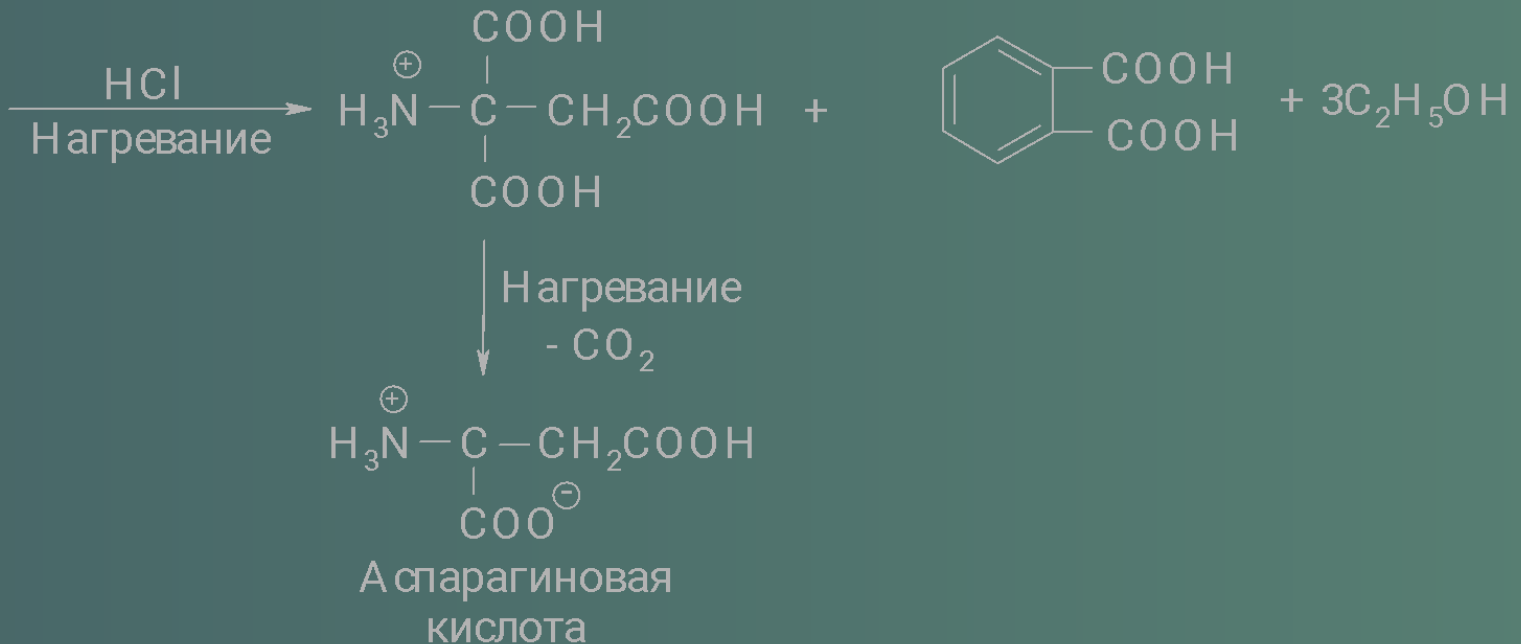
# Способы получения аминокислот

Фталиимидмалоновый синтез является комбинацией синтеза при помощи малонового эфира и реакции Габриэля



# Способы получения аминокислот

## Фталиимидмалоновый синтез



Все эти методы синтеза приводят к получению рацемической смеси энантиомеров  $\alpha$ -аминокислот

# Способы получения аминокислот

## Биологический способ получения аминокислот



Корм с  
добавкой  
рацемической  
смеси  
 $\alpha$ -аминокислот

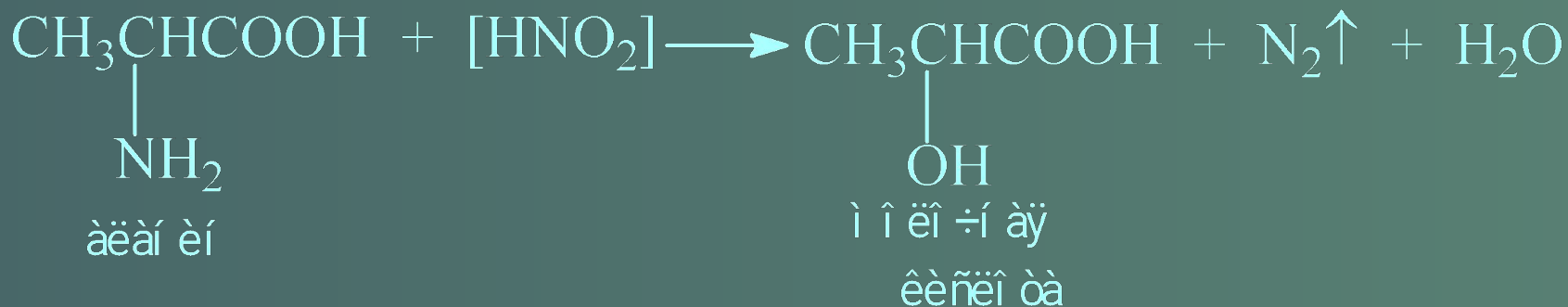
Отходы с  
оптически  
активным  
изомером  
 $\alpha$ -аминокислоты

Очистка

Оптически  
чистый изомер  
 $\alpha$ -аминокислоты

# Химические свойства аминокислот

## Реакции по аминогруппе

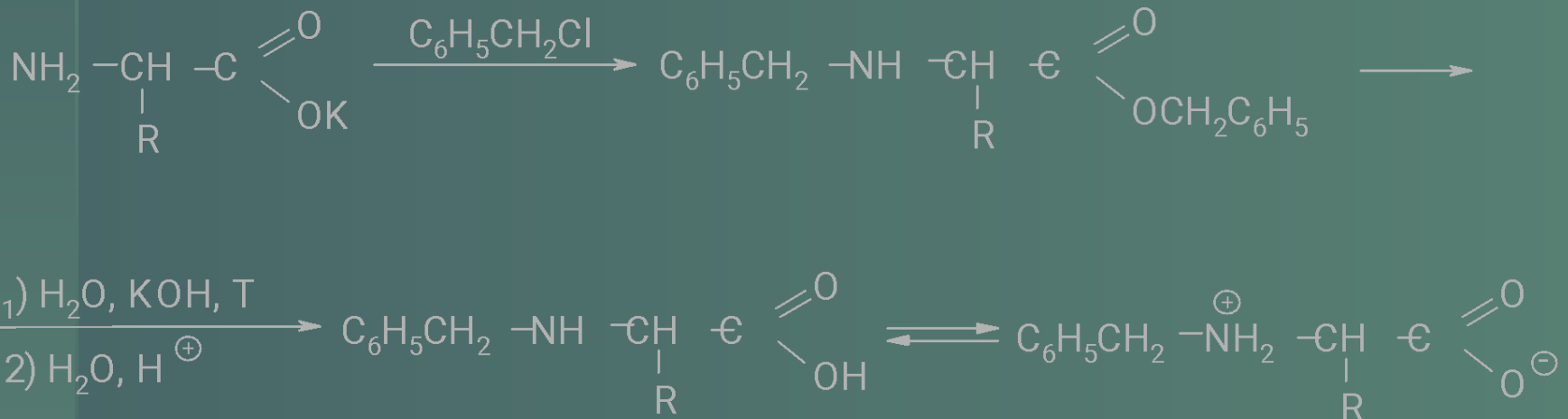


*Метод Ван-Слайка*

# Химические свойства аминокислот

## Реакции по аминогруппе

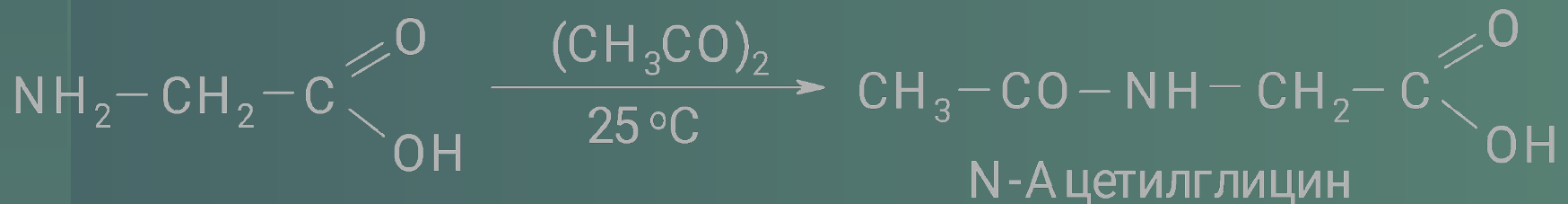
Аминокислоты могут быть *проалкилированы* по аминогруппе



# Химические свойства аминокислот

## Реакции по аминогруппе

**Ацилирование** аминокислот по аминогруппе протекает достаточно легко



# Химические свойства аминокислот

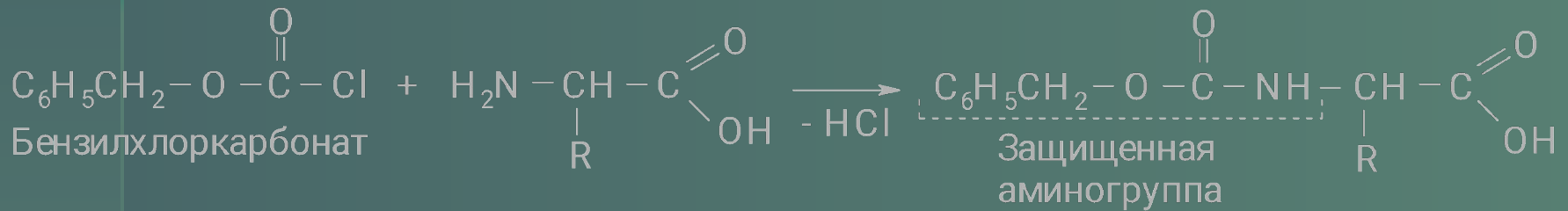
## *Реакции по аминогруппе*

Получение N-ацильных производных используют как метод защиты аминогруппы при проведении ***реакций по карбоксильной группе***. При этом следует принимать во внимание легкость снятия защиты – отщепления защищающей группы



# Химические свойства аминокислот

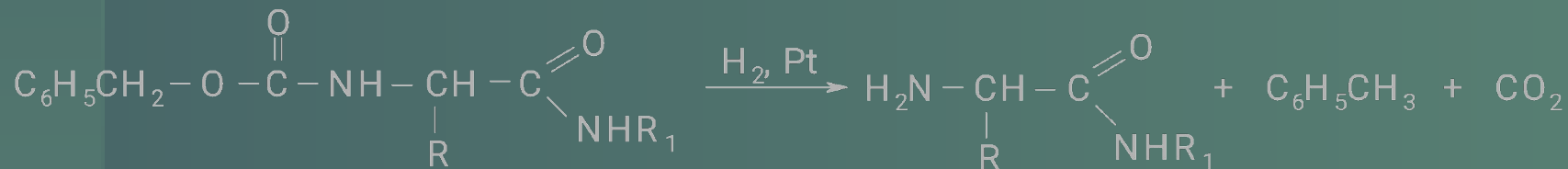
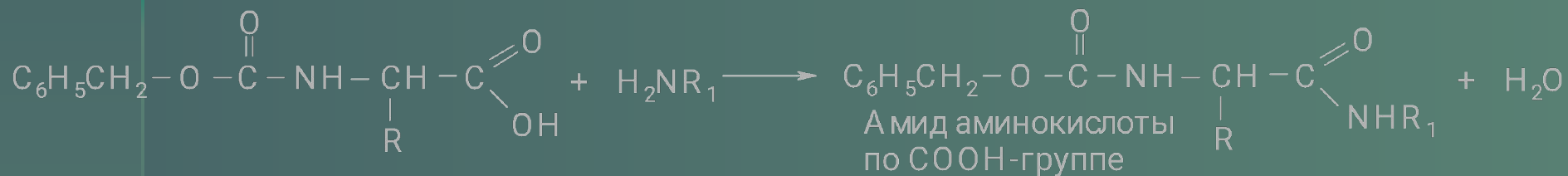
## Реакции по аминогруппе



После проведения реакции по карбоксильной группе блокирующую группу удаляют гидрированием

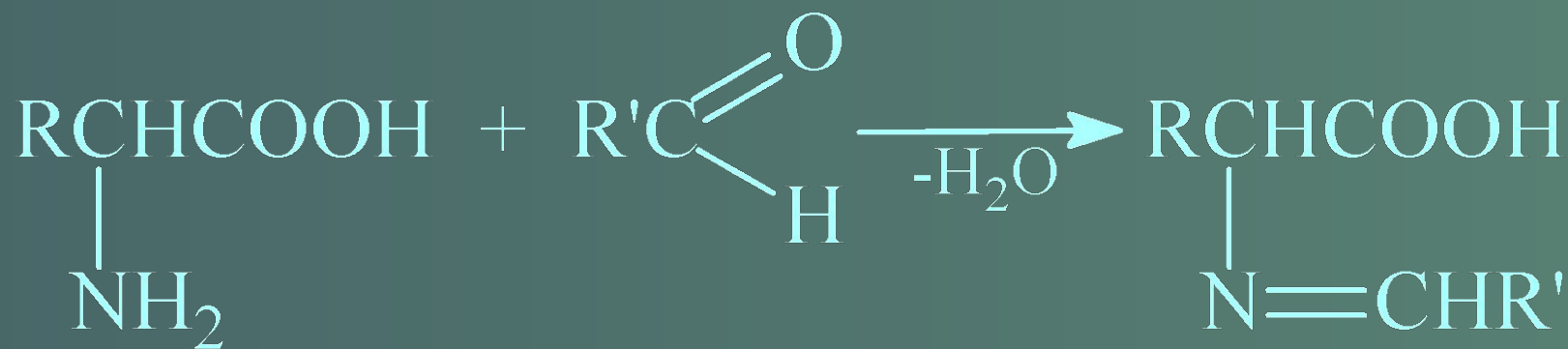
# Химические свойства аминокислот

## Реакции по аминогруппе



# Химические свойства аминокислот

## Реакции по аминогруппе

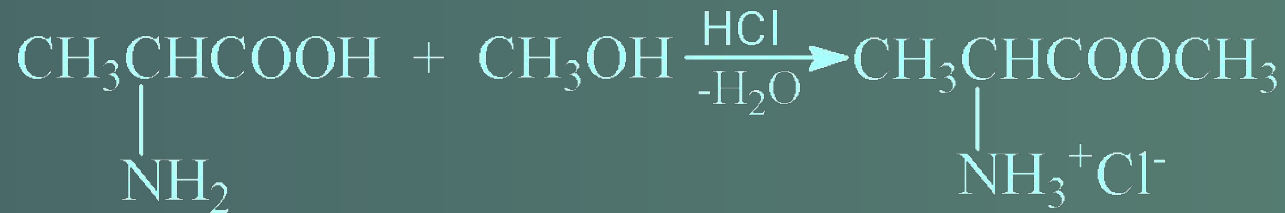


î ñí î âáí èá

Ø èôôà

# Химические свойства аминокислот

## Реакции карбоксильной группы



àèàí èí

ãèäõĩ õëĩ ðèä

ì àòèèĩ âĩ ãĩ ýôèðà

àèàí èí à



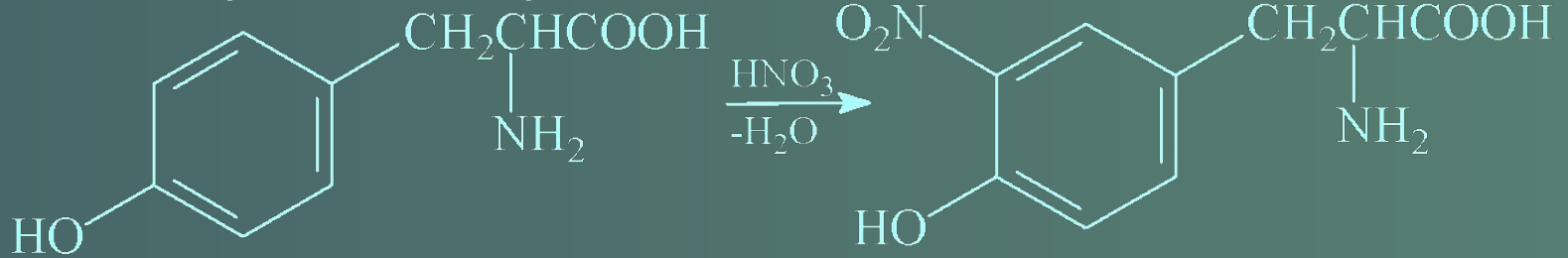
ì àòèèĩ âũ éýôèð

àèàí èí à

# Химические свойства аминокислот

## Качественные реакции

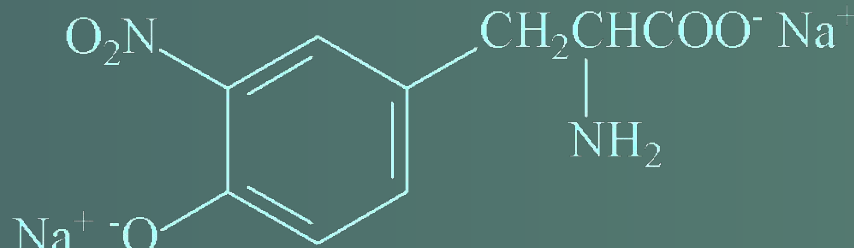
Ксантопротеиновая реакция



òèďí çèí

æåèòàÿ î èďàñèà

2NaOH



î ðàí æååàÿ î èďàñèà

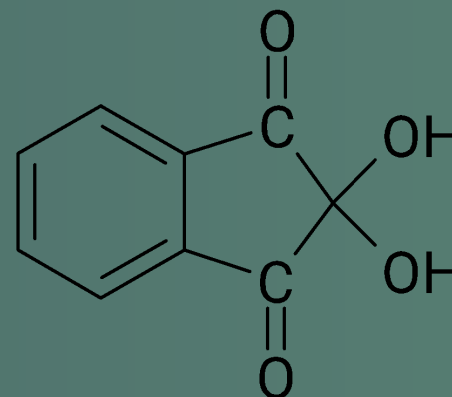
# Химические свойства аминокислот

## *Качественные реакции*

- Биуретовая реакция

(с гидроксидом меди (II)  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ )

- Нингидринная реакция



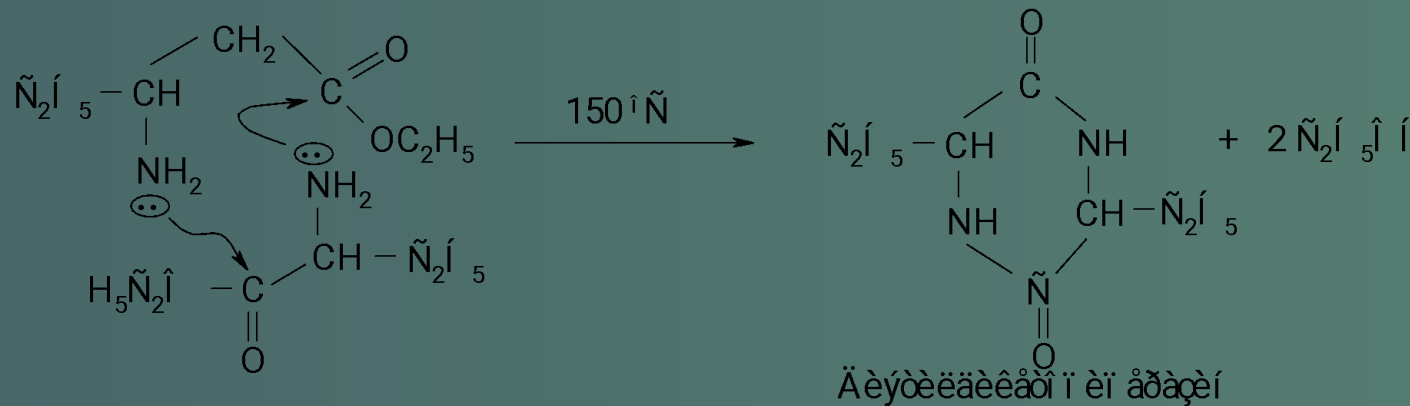
Нингидрин

# Химические свойства аминокислот

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

### Реакции $\alpha$ -аминокислот

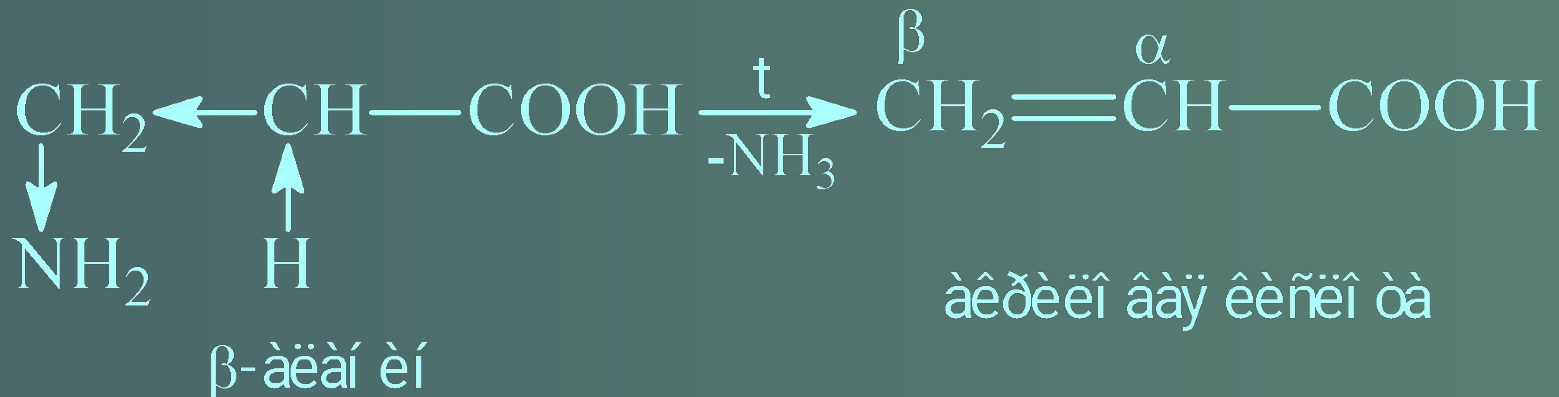
Поведение  $\alpha$ -,  $\beta$ -аминокислот также аналогично поведению  $\alpha$ -,  $\beta$ -оксикислот. При нагревании этил- $\alpha$ -аминобутирата образуется димерный диэтилдикетопиперазин



# Химические свойства аминокислот

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

### Реакции $\beta$ -аминокислот

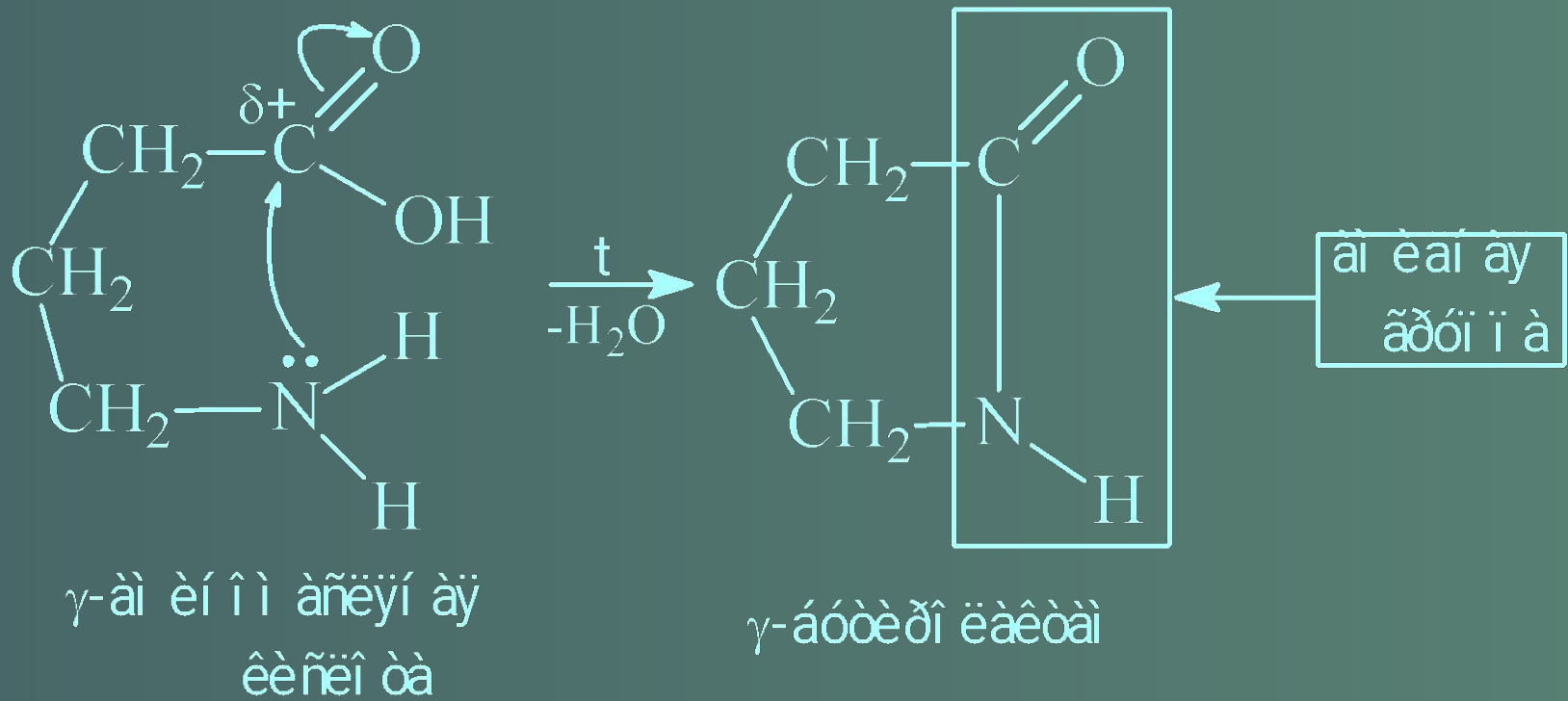




# Химические свойства аминокислот

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

### Реакции $\gamma$ -аминокислот

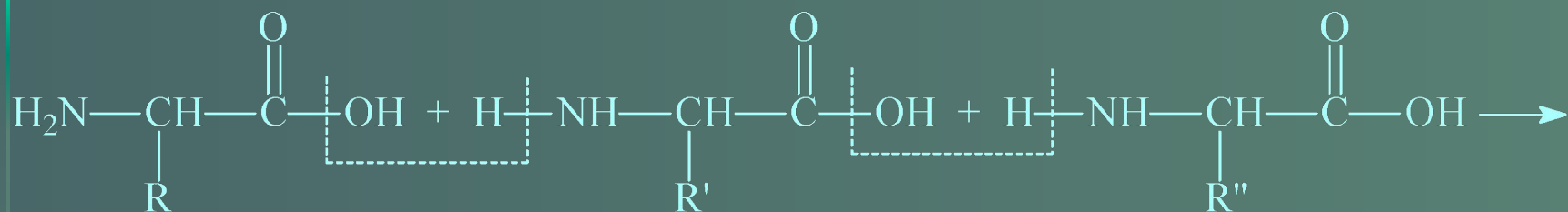


# Пептиды и белки

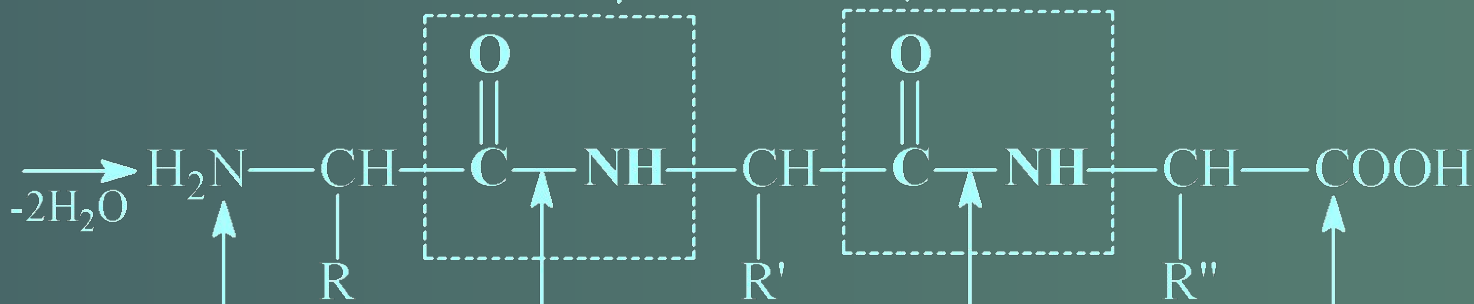
*Пептиды — соединения, построенные из нескольких остатков α-аминокислот, связанных амидной (пептидной) связью.*



# Пептиды и белки



ĭ āī òèāī àÿ ãđōī ĭ à

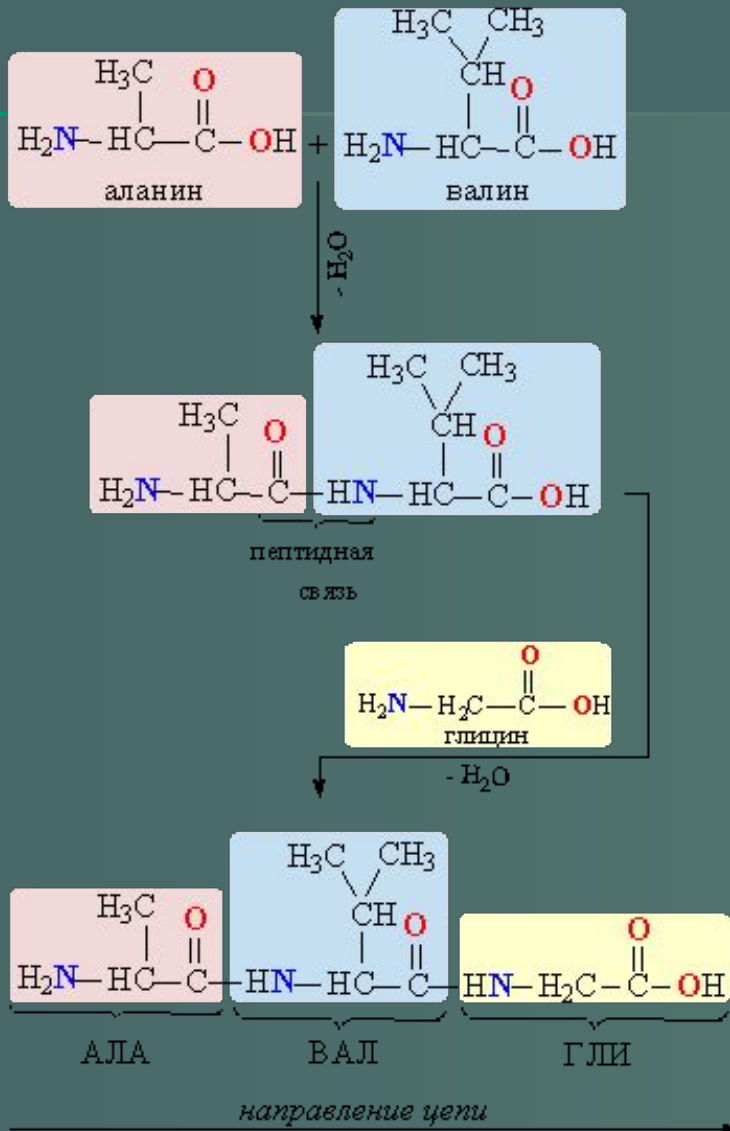


N-êĭ í äö

ĭ āī òèāī àÿ ñâyçü

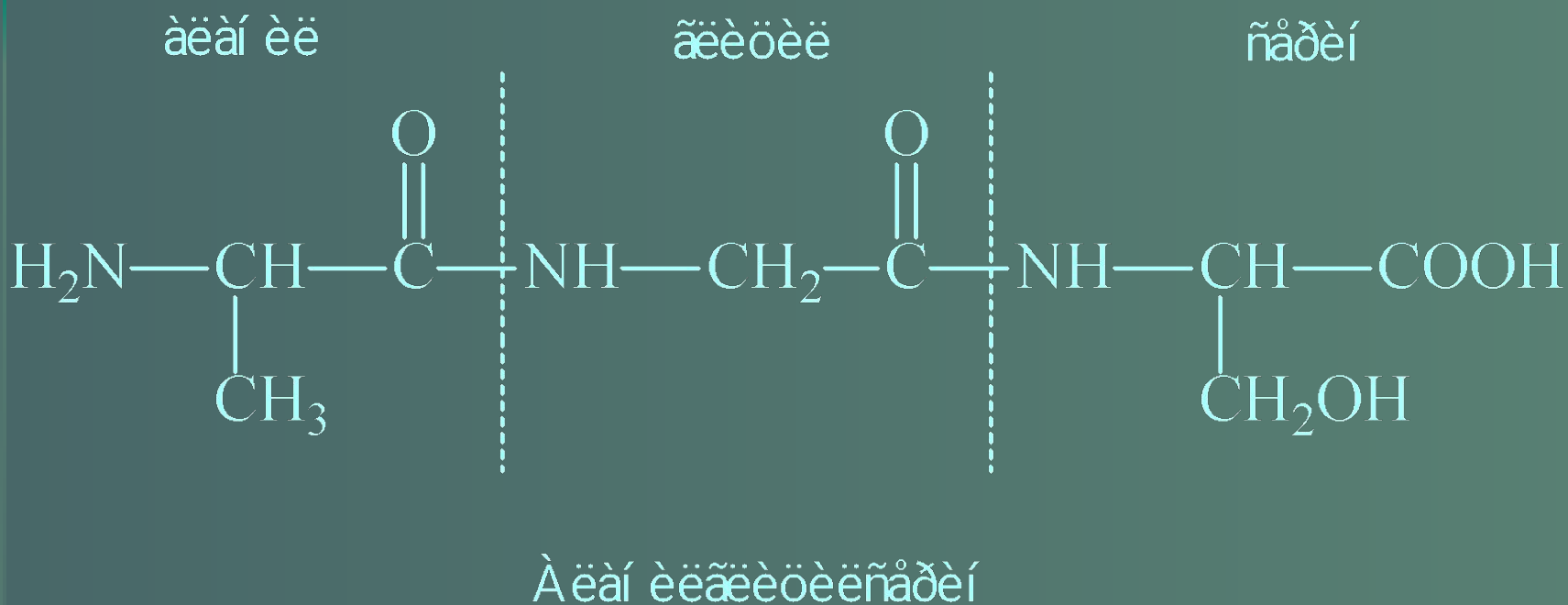
35-êĭ í äö

# Пептиды и белки

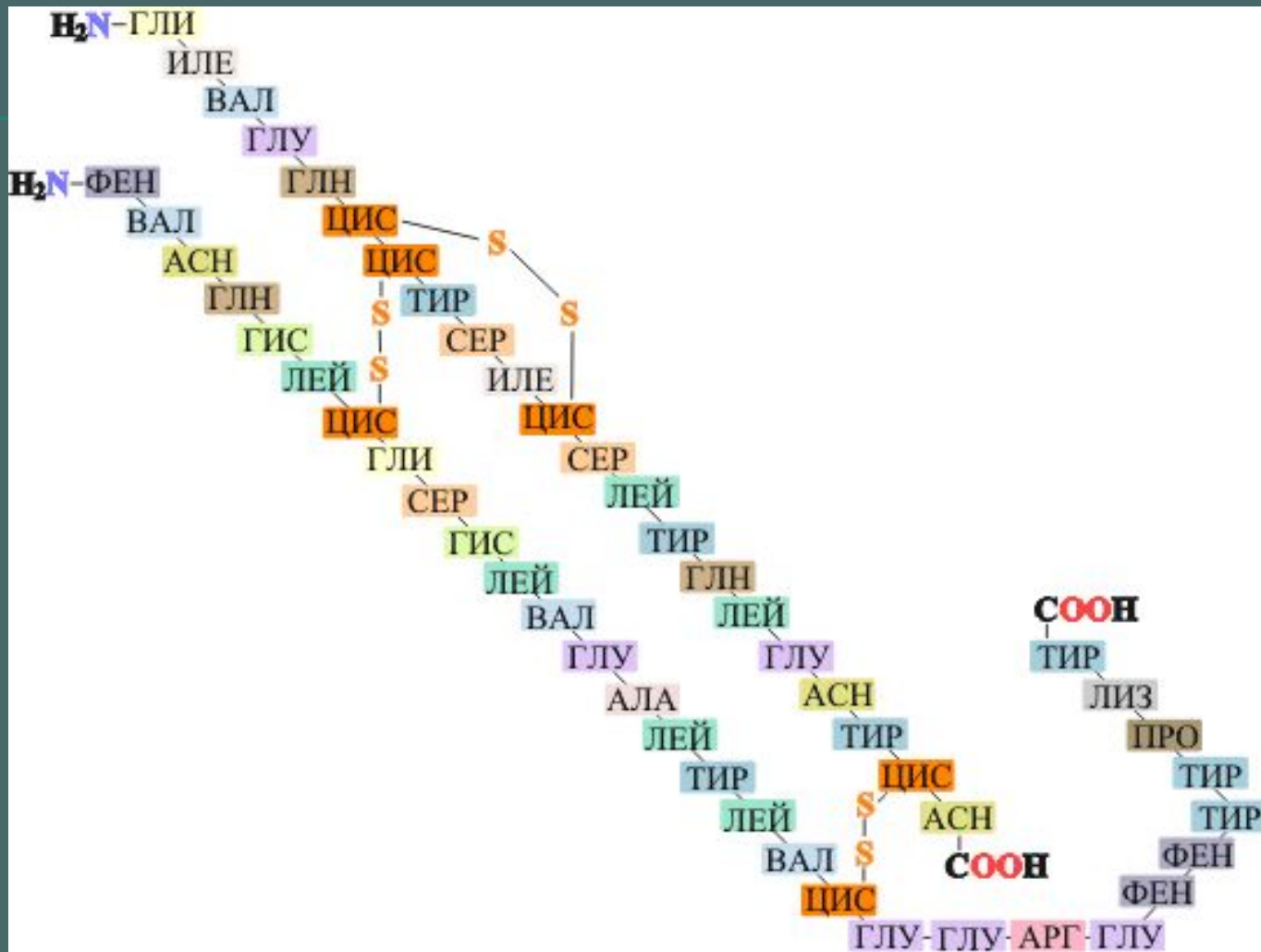


**ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ  
СОЕДИНЕНИЕ  
АМИНОКИСЛОТ**

# Пептиды и белки

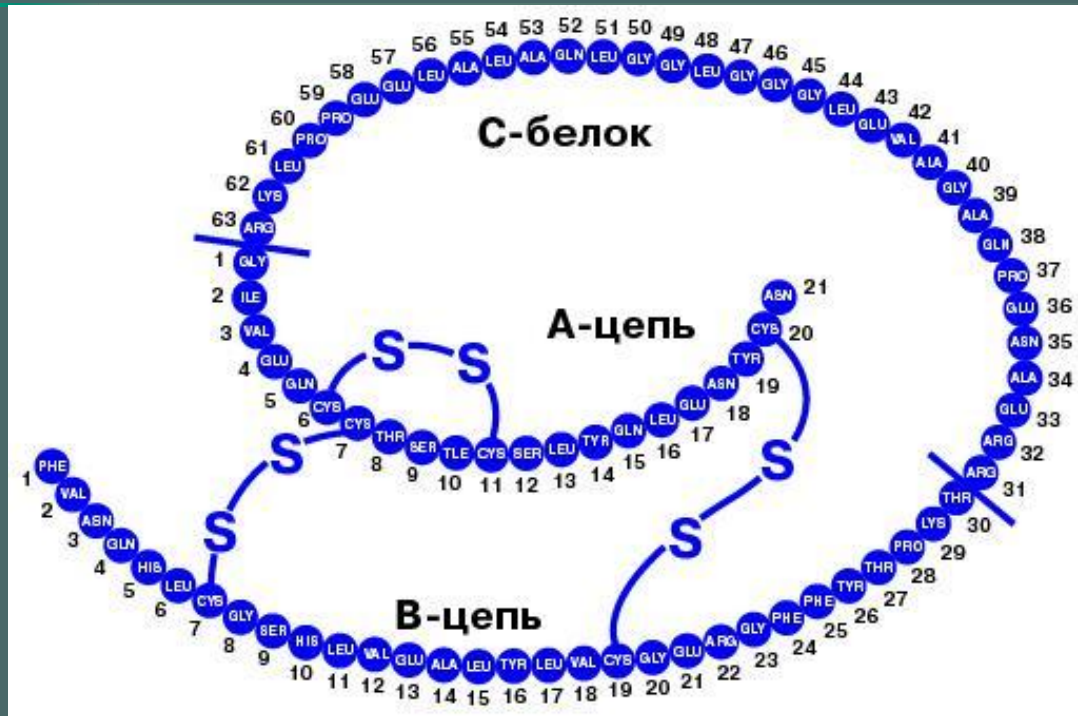


# Пептиды и белки



Первичная структура белка инсулина. 38

# Пептиды и белки



Первичная структура инсулина (две субъединицы, 51 аминокислотный остаток)

# Пептиды и белки

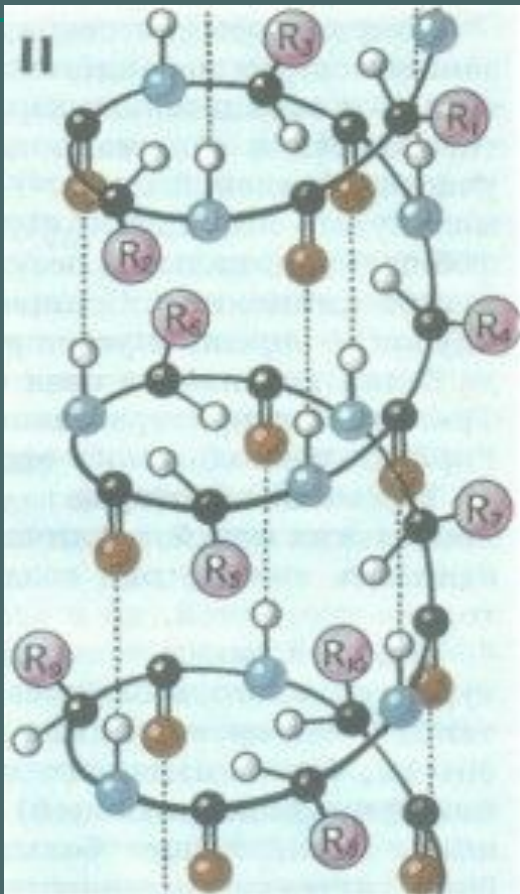
## *Структура белков*

*Первичная структура пептидов и белков  
— это последовательность  
аминокислотных остатков в  
полипептидной цепи.*

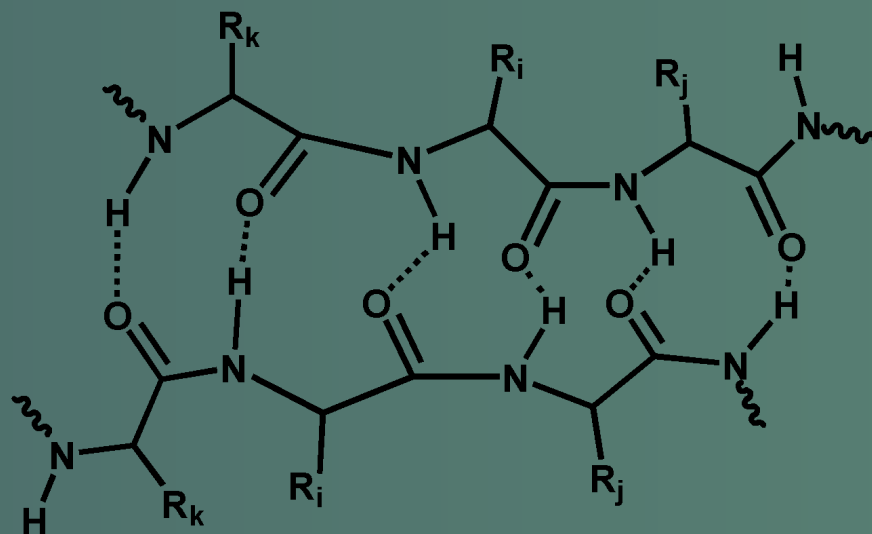


# Пептиды и белки

## Вторичная структура белков



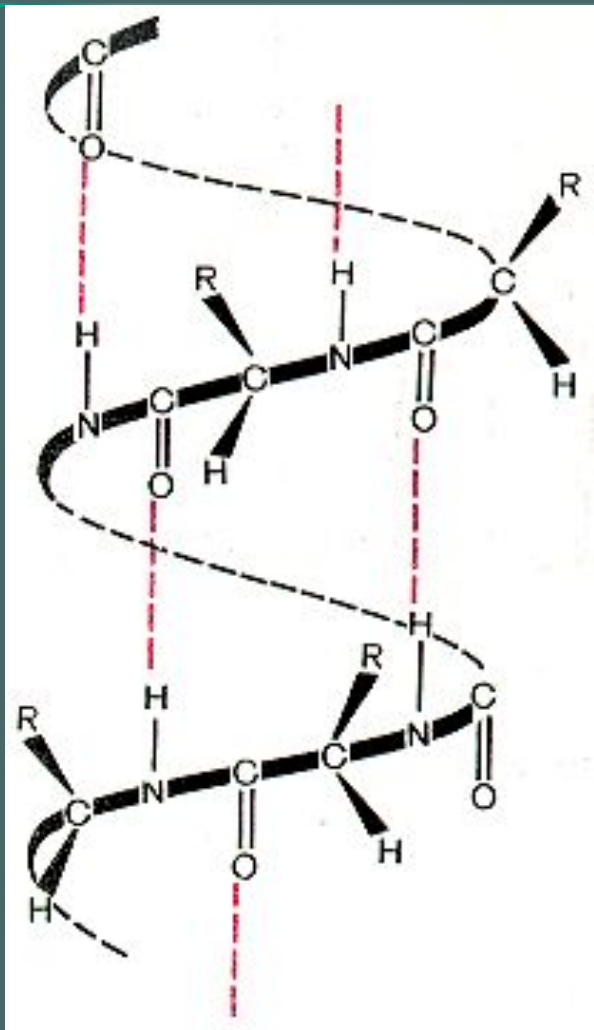
Вторичная структура — локальное упорядочивание фрагмента полипептидной цепи, стабилизированное водородными связями.



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

# Пептиды и белки

## *Вторичная структура белков*



$\alpha$ -спираль  
молекулы белка

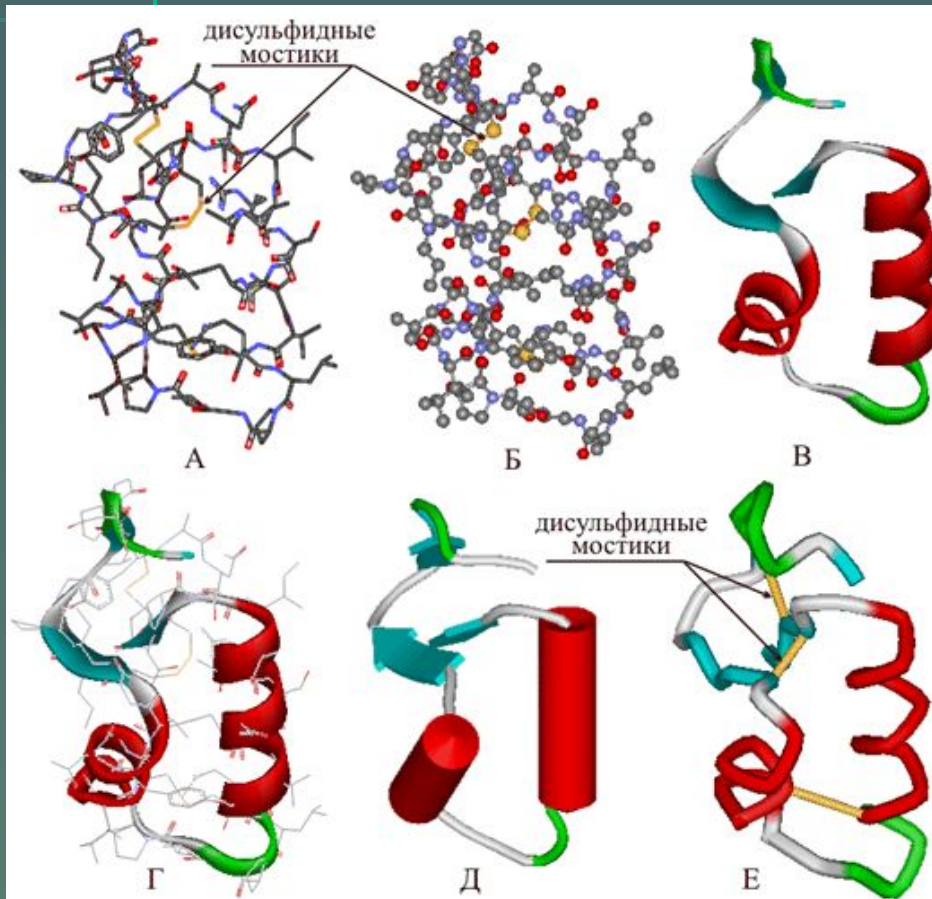
# Пептиды и белки

## *Вторичная структура белков*

*Вторичная структура белка — это более высокий уровень структурной организации, в котором закрепление конформации происходит за счет водородных связей между пептидными группами.*

# Пептиды и белки

## Третичная структура белков

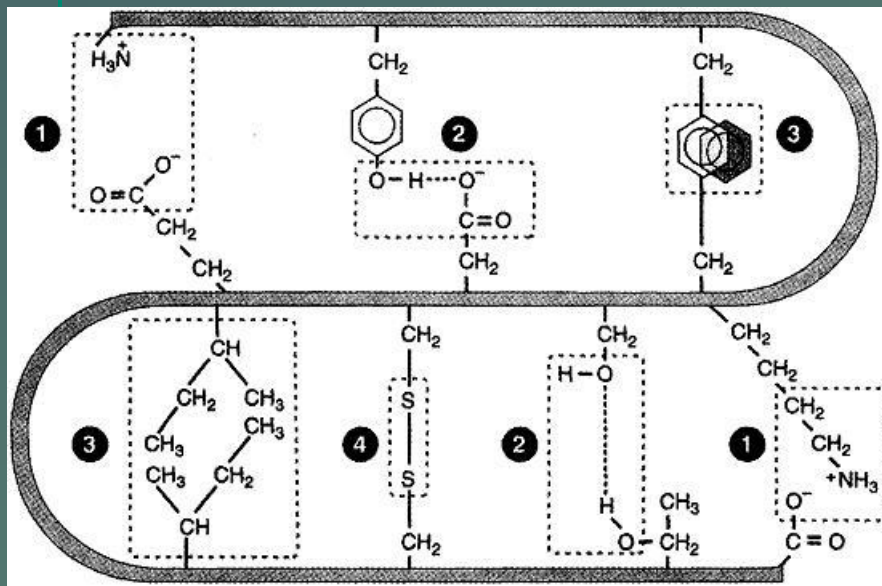


Третичная структура – пространственное строение полипептидной цепи. Структурно состоит из элементов вторичной структуры, стабилизированных различными типами взаимодействий, в которых гидрофобные взаимодействия играют важнейшую роль. В стабилизации третичной структуры принимают участие:

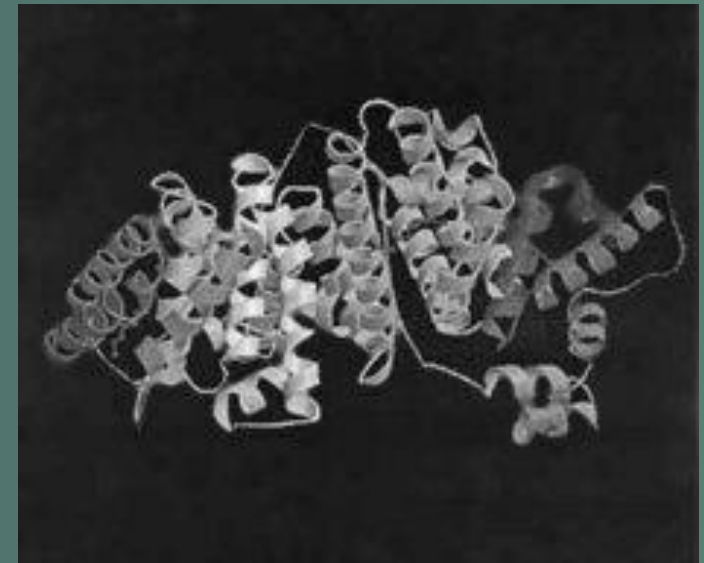
- ковалентные связи (между двумя остатками цистеина — дисульфидные мостики);
- ионные связи между противоположно заряженными боковыми группами аминокислотных остатков;
- водородные связи;
- гидрофильно-гидрофобные взаимодействия.

# Пептиды и белки

## Третичная структура белков



Типы связей, возникающие между аминокислотными остатками при формировании третичной структуры белка

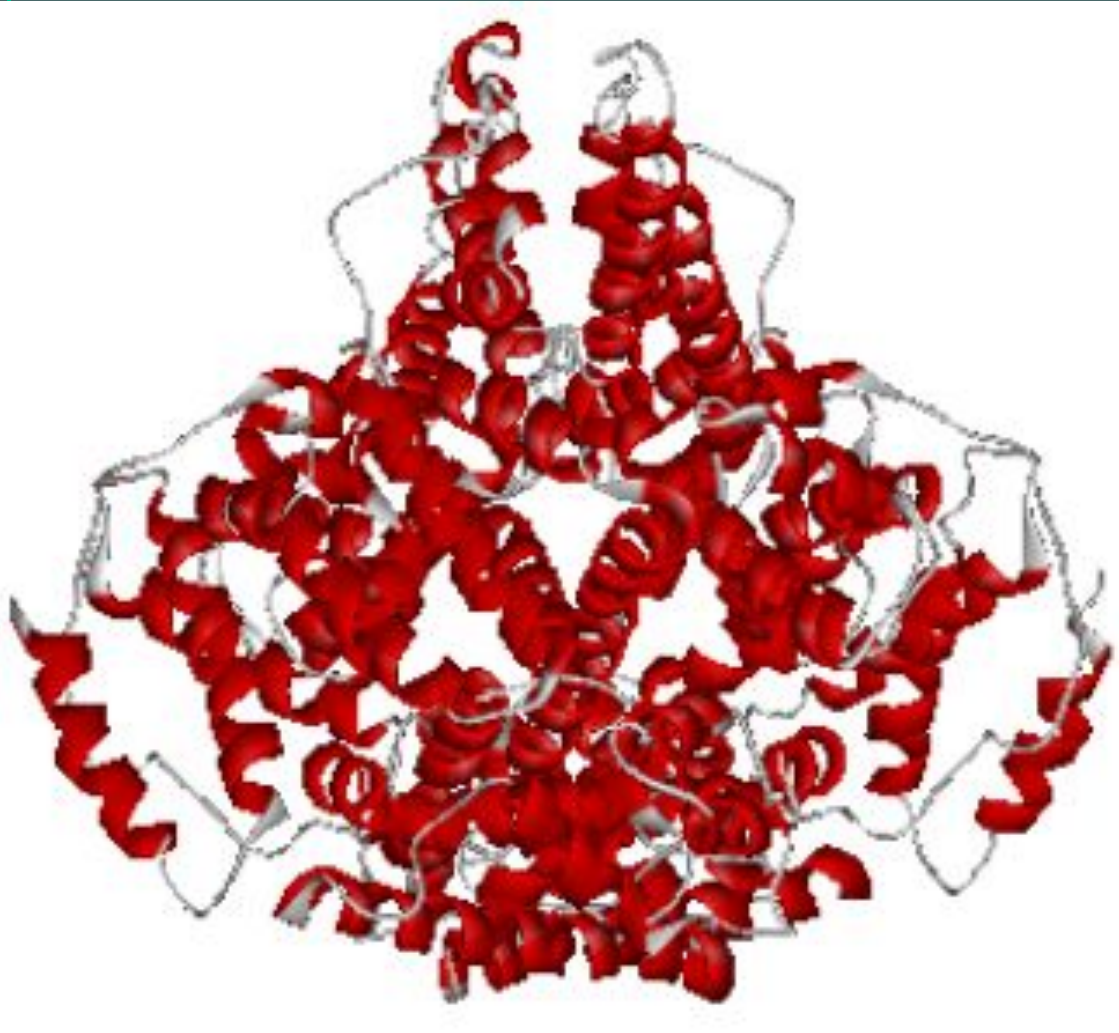


Третичная структура сывороточного альбумина, состоящего из 607 аминокислотных остатков



# Пептиды и белки

## *Глобулярные белки*

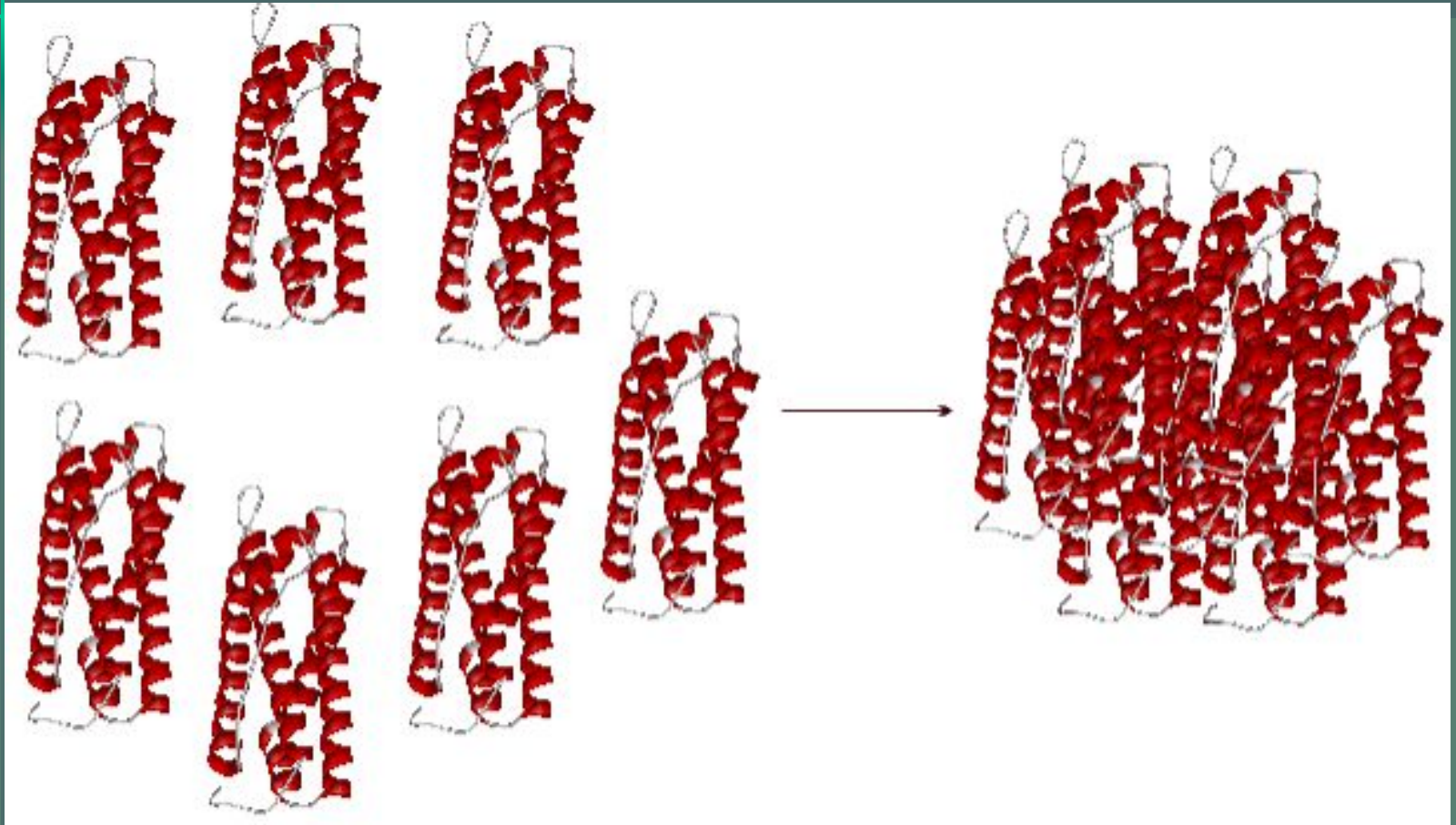


### **ГЛОБУЛЯРНАЯ СТРУКТУРА**

**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

## *Четвертичная структура белков*



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

# Пептиды и белки

## *Четвертичная структура белков*

Четвертичная структура — взаимное расположение нескольких полипептидных цепей в составе единого белкового комплекса. Белковые молекулы, входящие в состав белка с четвертичной структурой, образуются на рибосомах по отдельности и лишь после окончания синтеза образуют общую надмолекулярную структуру. В состав белка с четвертичной структурой могут входить как идентичные, так и различающиеся полипептидные цепочки. В стабилизации четвертичной структуры принимают участие те же типы взаимодействий, что и в стабилизации третичной. Надмолекулярные белковые комплексы могут состоять из десятков молекул.



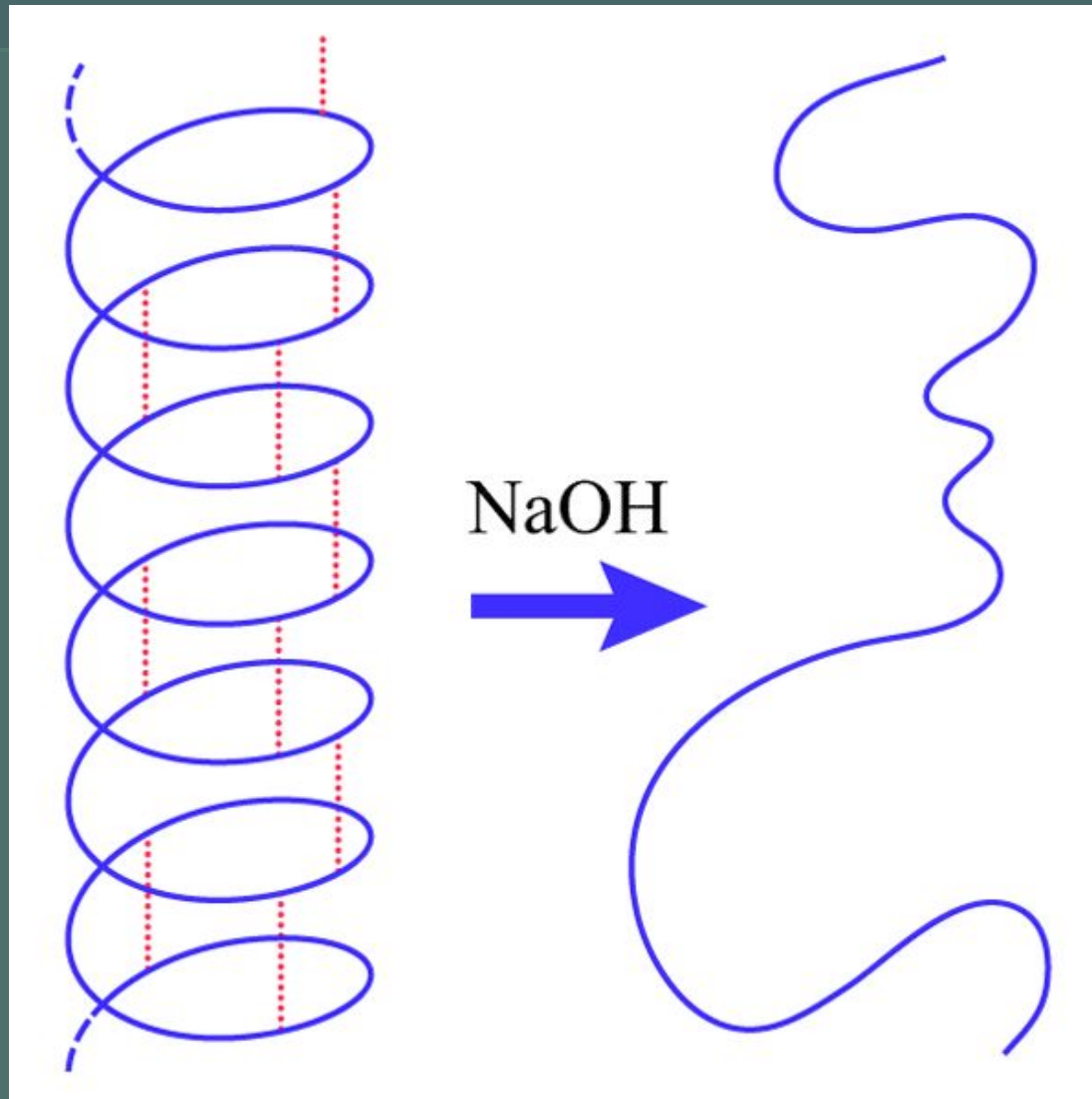
**Структура инсулина, Фредерик Сенгер, нобелевская премия за установление структуры, 1958 г.**



# Пептиды и белки

## Денатурация белков

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



# Пептиды и белки

