

# № 16. Аминокислоты



*Зеркало Венеры (1898), Sir Edward Burne-Jones / Museu Calouste Gulbenkian Lisbon / The Bridgeman Art Library)*

Все объекты этой картины имеют зеркальные отражения. Подобно многим биомолекулам, аминокислоты существуют в виде зеркальных изомеров (стереоизомеров).

Обычно, только L-изомеры аминокислот участвуют в биологических процессах.

**«Повсюду, где мы встречаем жизнь, мы находим, что она связана с каким-либо белковым телом, и повсюду, где мы встречаем какое-либо белковое тело, не находящееся в процессе разложения, мы без исключения встречаем и явление жизни».**

**( К. Маркс,Ф.Энгельс. Собрание сочинений. Т.20).**



**Жизнь –  
это способ  
существования  
белковых тел.**

**Ф.Энгельс**

## Пребиотический (абиогенный) синтез аминокислот

- \*  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_2\text{O}$ ;
- \* УФ-излучение, электрический разряд, радиация и нагретый пепел вулканов;
- аминокислоты могут образовываться и в космосе, что было подтверждено анализом мерчисонского метеорита, упавшего в 1969 году в Австралии. В метеорите были обнаружены 23 рацемические аминокислоты.



**Murchison (Мерчисонский метеорит — углистый метеорит общим весом 108 тысяч граммов)**

***“Натура тем паче всего удивительна, что в простоте своей многохитростна и от малого числа причин производит неисчислимыя образы свойств, перемен и явлений »***



**М.В.  
Ломоносов**

**1711-1765**



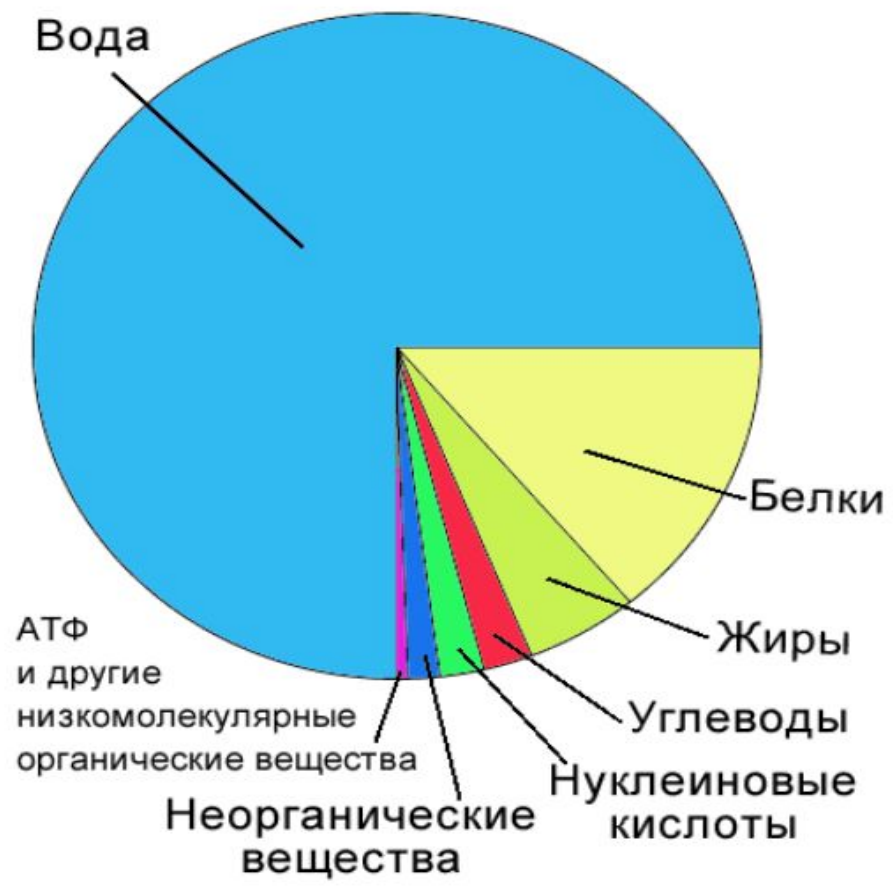
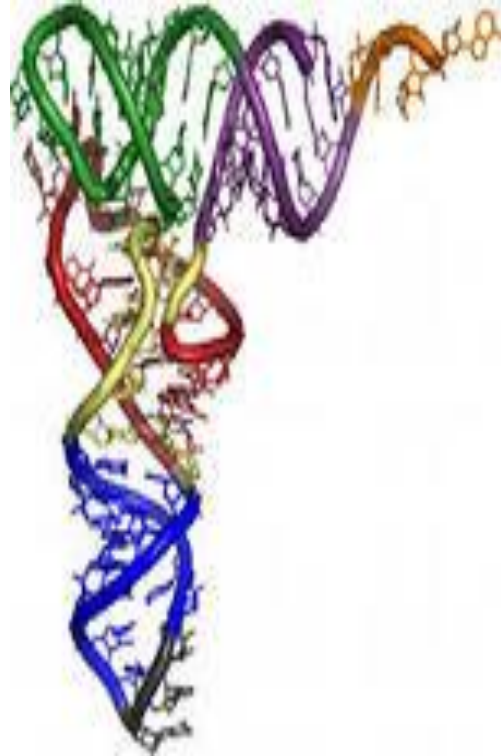
$10^{100}$

10 000 ... 000  
33 раза

Google™

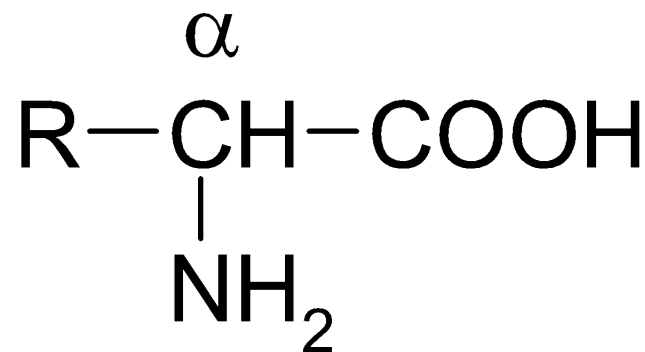
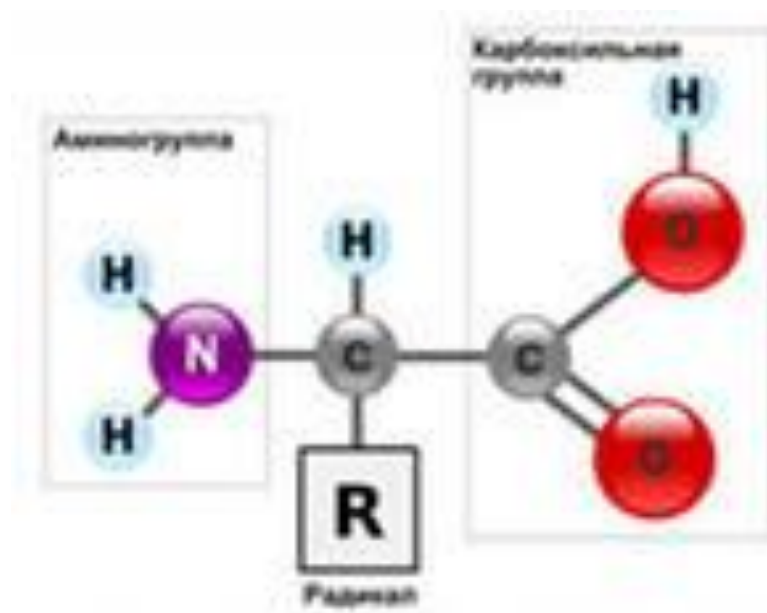
Первая по популярности  
поисковая система (79,65 %)

10 000 000 000 000  
000 000 00 10<sup>100</sup>  
000 000 000 000  
ГУГОЛ  
000 000 000 000  
000 000 000 000  
000 000 000 GREAT.AZ



**Белков в клетках больше, чем каких бы то ни было других органических соединений: на их долю приходится свыше 50% общей сухой массы клеток.**

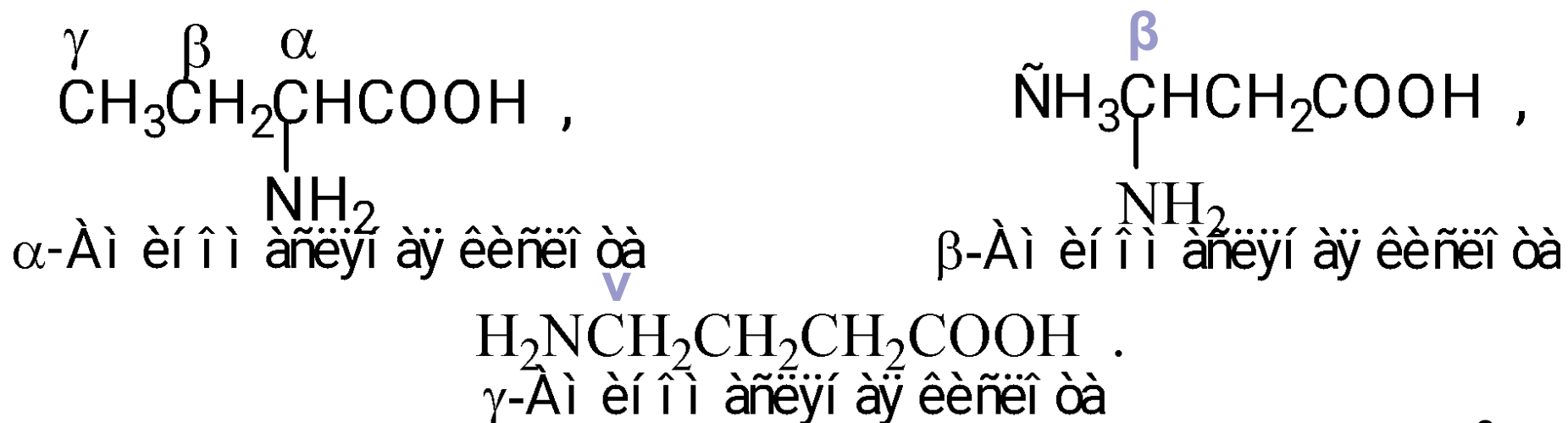
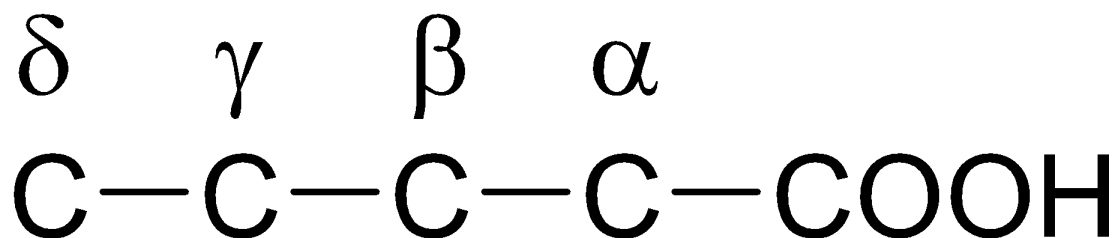
***Аминокислоты*** – соединения, в молекулах которых одновременно присутствуют амино- и карбоксильные группы.





# Классификации аминокислот

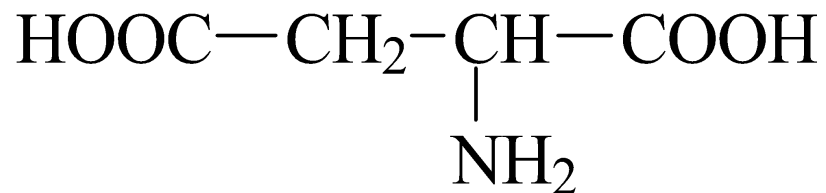
1. В соответствии с расстоянием между амино- и карбоксильной группами :



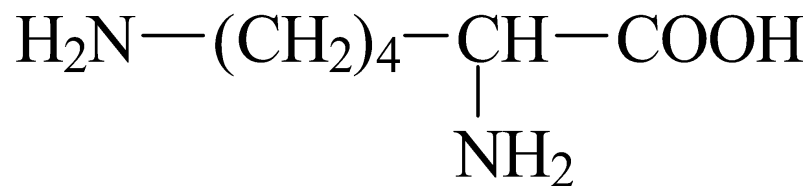
## 2. В зависимости от соотношения числа амино- и карбоксильных групп:



Глицин,  
моноаминомонокарбоновая  
кислота



Аспарагиновая кислота,  
моноаминодикарбоновая  
кислота



Лизин,  
диаминомонокарбоновая  
кислота

В зависимости от того, могут ли аминокислоты синтезироваться в организме или обязательно должны поступать в составе пищи, различают:

а) **заменяемые** (несущественные) **аминокислоты**

б) **незаменяемые** (эссенциальные, существенные):

ANIMAL SOURCES



PLANT SOURCES

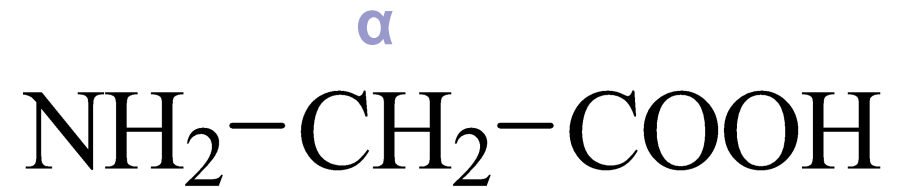
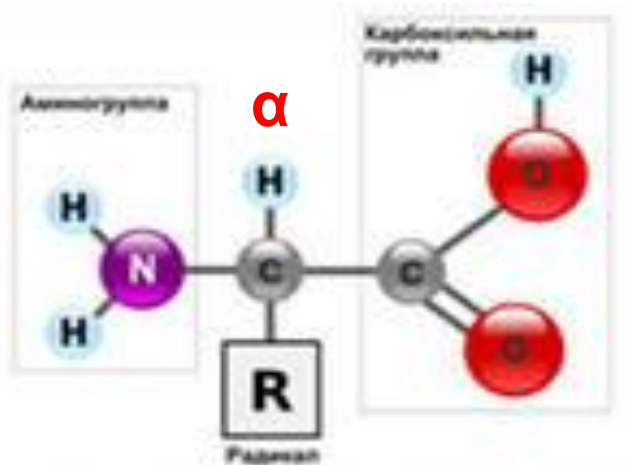


- Триптофан
- Фенилаланин
- Лизин
- Треонин
- Метионин
- Лейцин
- Изолейцин
- Валин

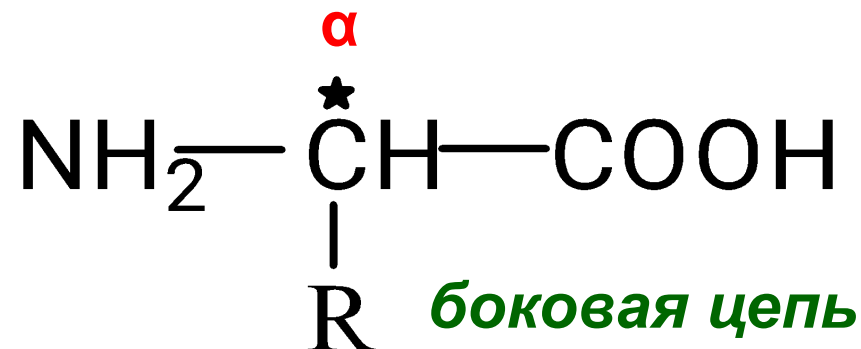
В детском возрасте незаменимы также **аргинин и гистидин**

Человек 25 лет и массой 80 кг нуждается в 64г белка в сутки

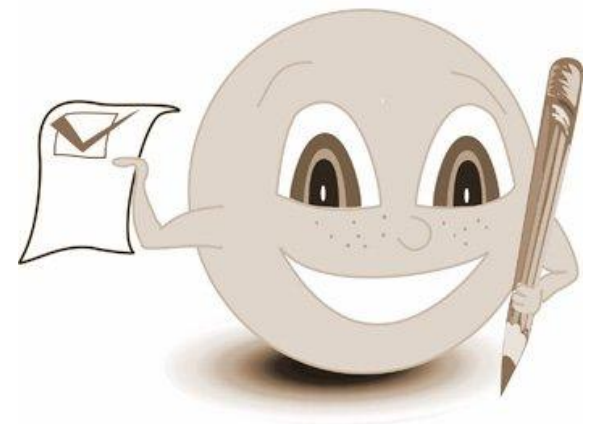
# α-аминокислоты



Глицин

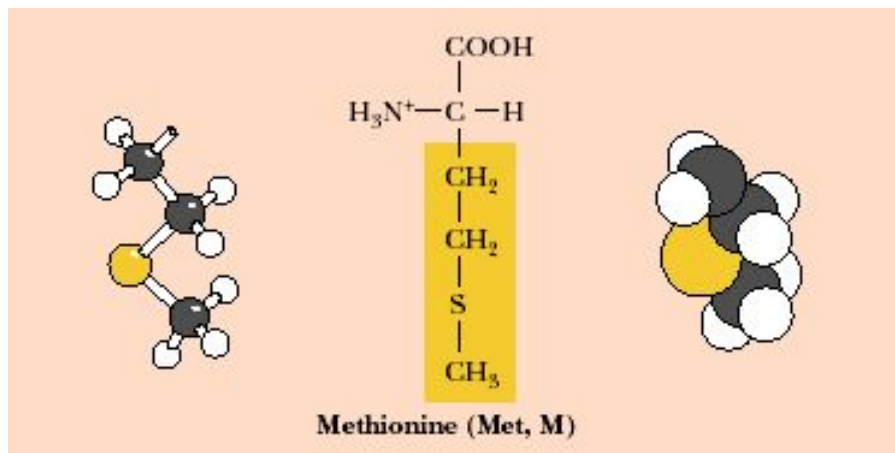


В соответствии с **природой остатка R** (*боковой цепью*)  
 $\alpha$ -аминокислоты подразделяют на группы:

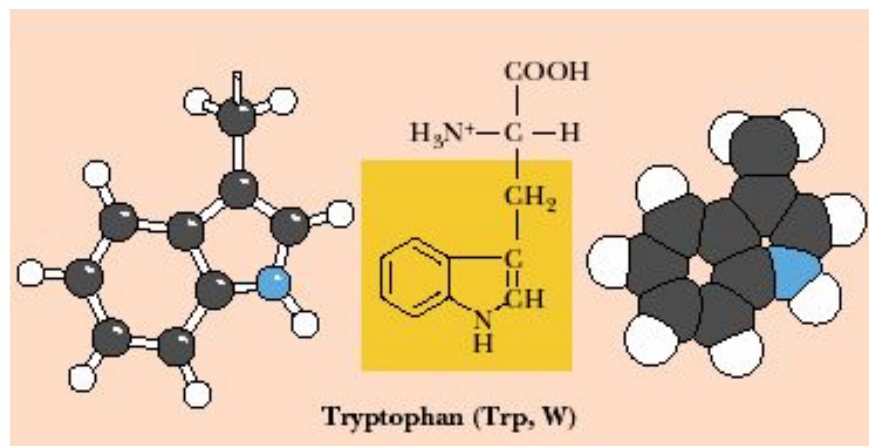


# Классификации $\alpha$ -аминокислот

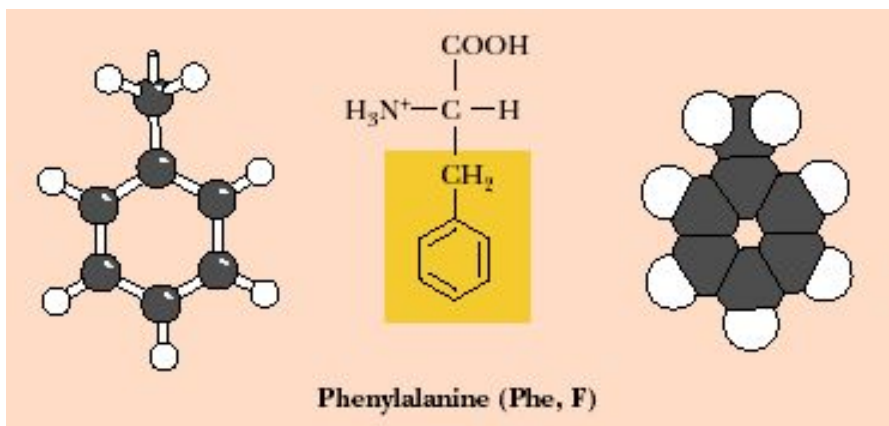
## А) Нейтральные гидрофобные аминокислоты



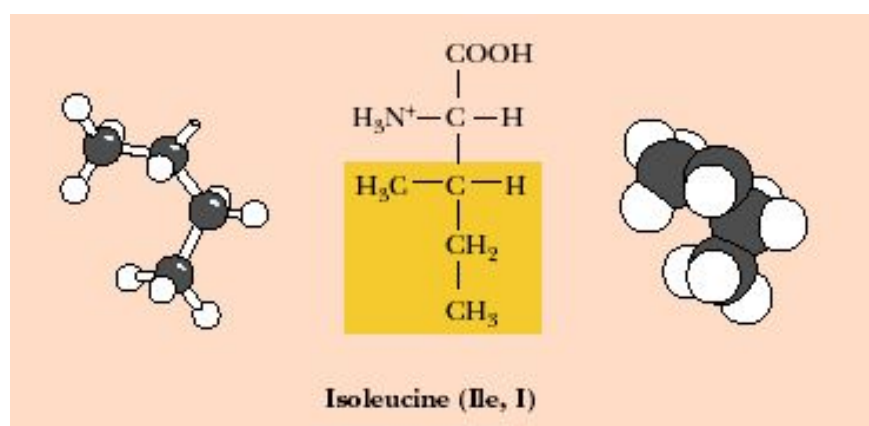
**Метионин**



**Триптофан**



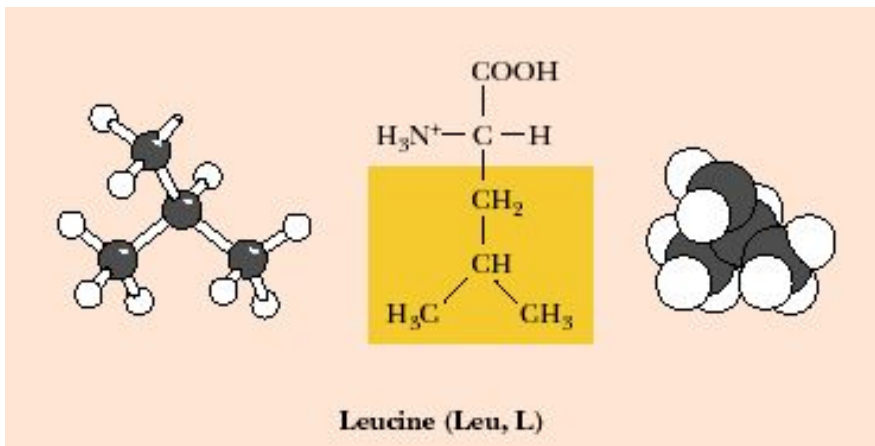
**Фенилаланин**



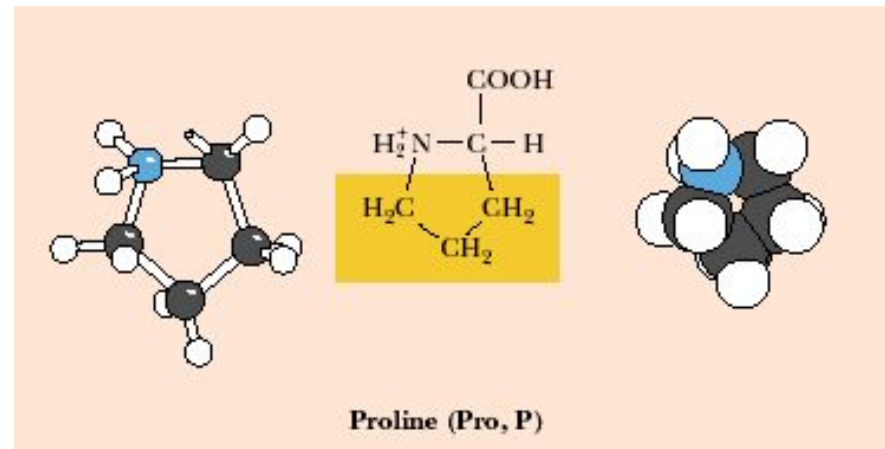
**Изолейцин**

# Классификации аминокислот

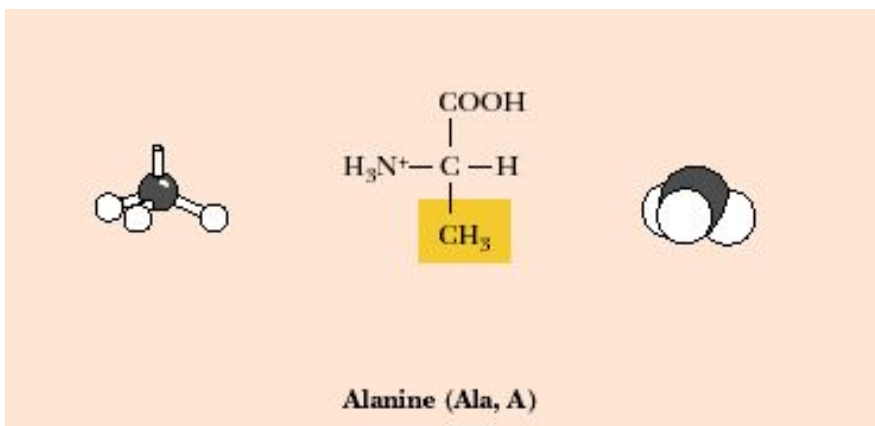
## Нейтральные гидрофобные аминокислоты



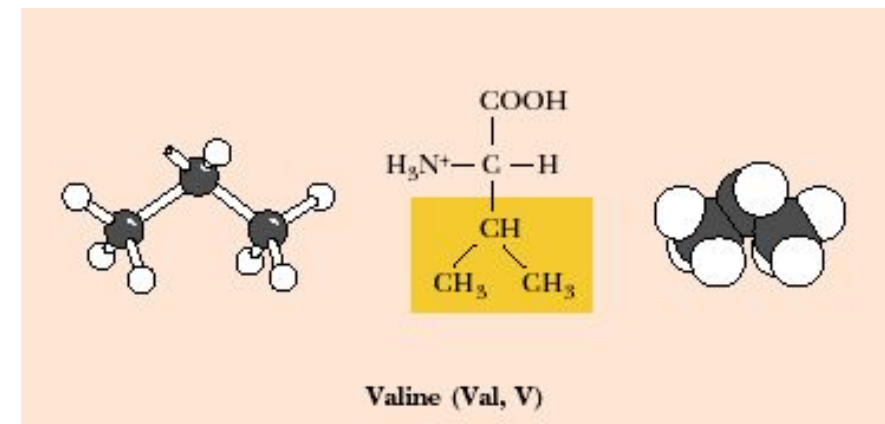
Лейцин



Пролин



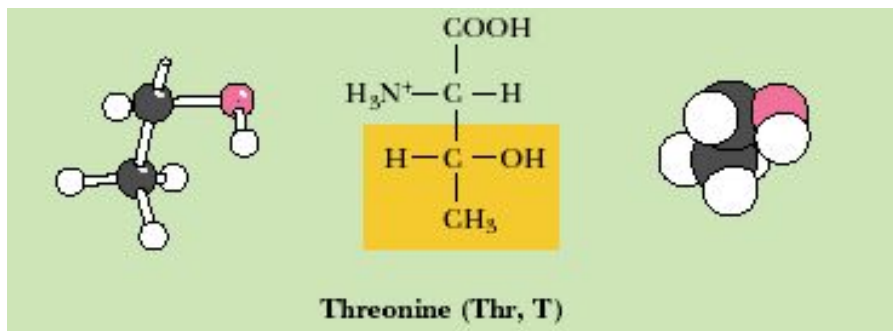
Аланин



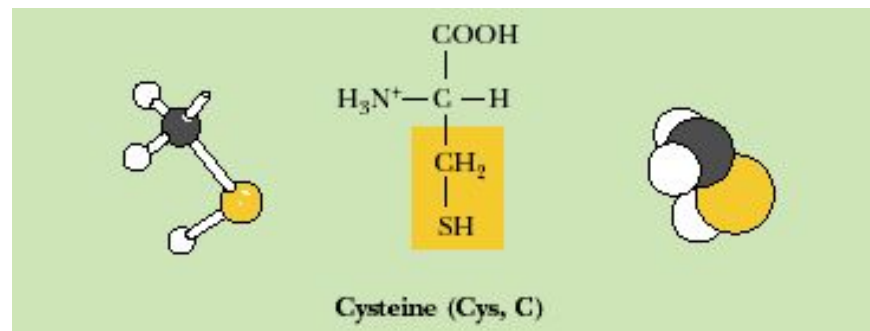
Валин

# Классификации аминокислот

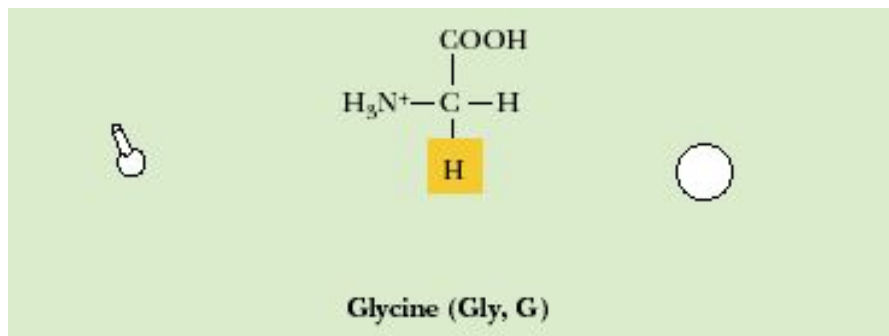
## Б) Нейтральные гидрофильные аминокислоты



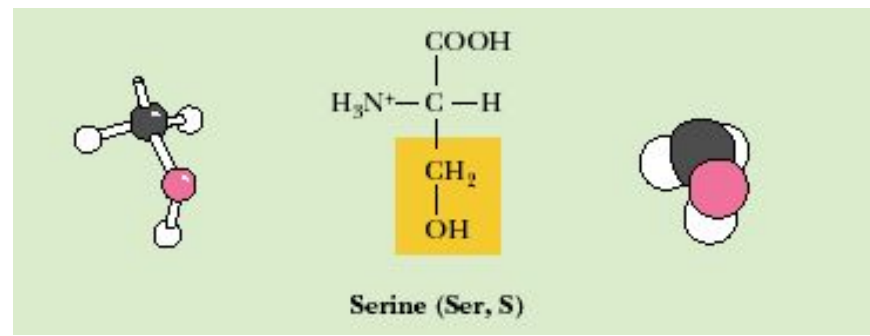
Треонин



Цистеин



Глицин



Серин

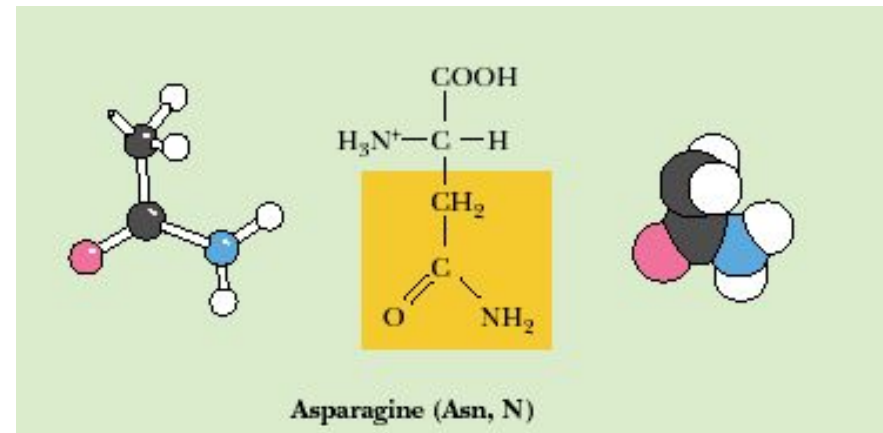


# Классификации аминокислот

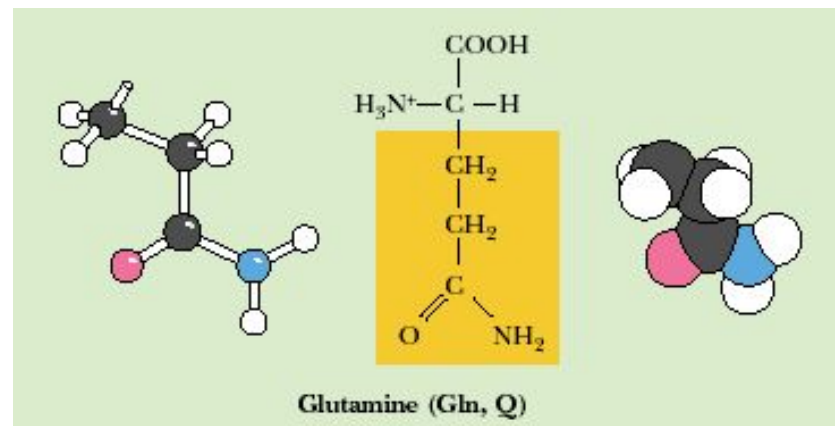
## Нейтральные гидрофильные аминокислоты



Тирозин



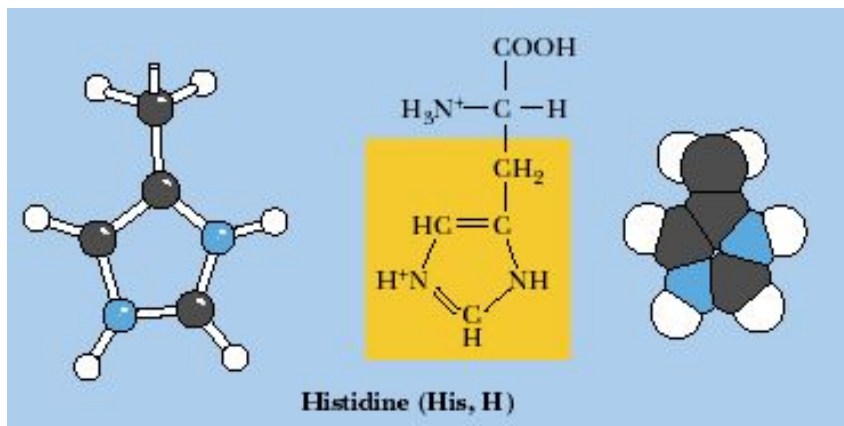
Аспарагин



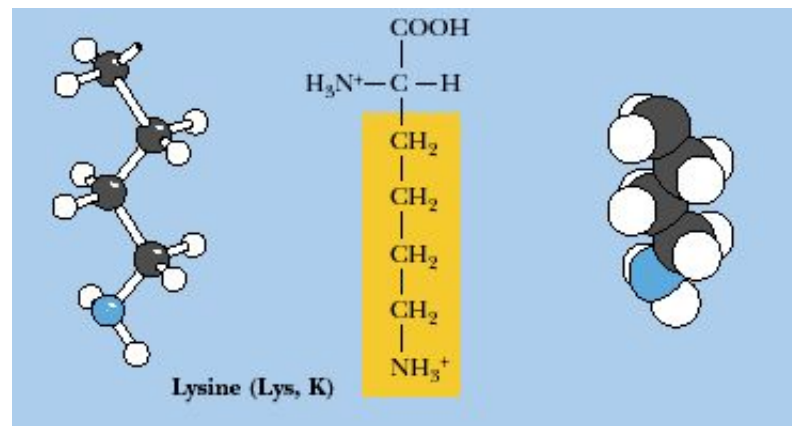
Глутамин

# Классификации аминокислот

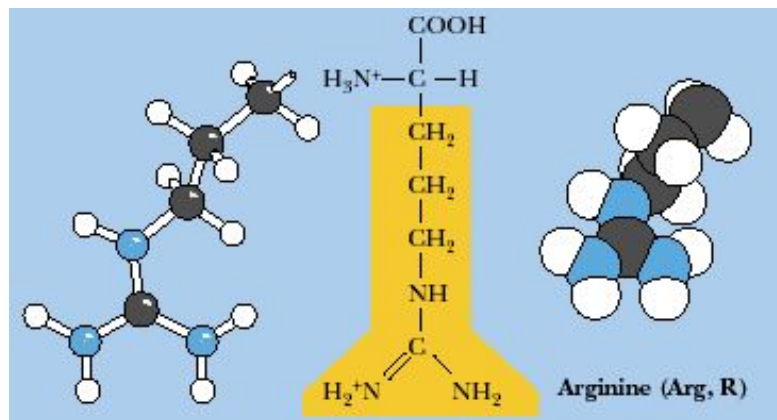
## В) Основные аминокислоты



Гистидин



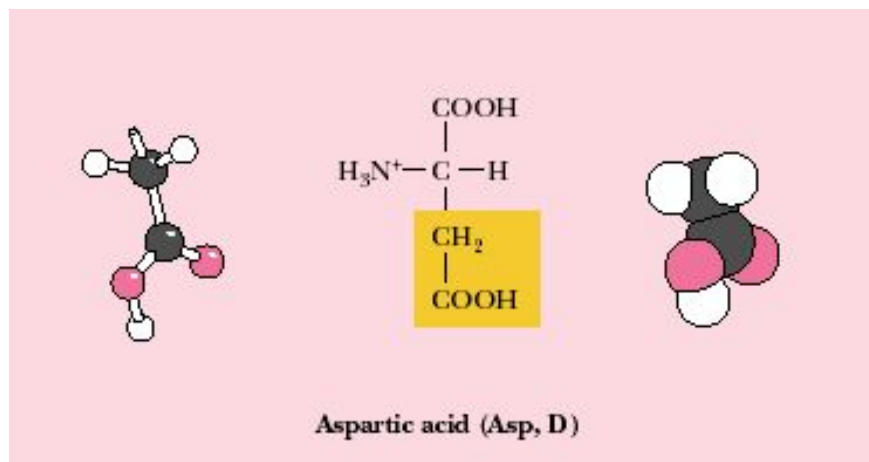
Лизин



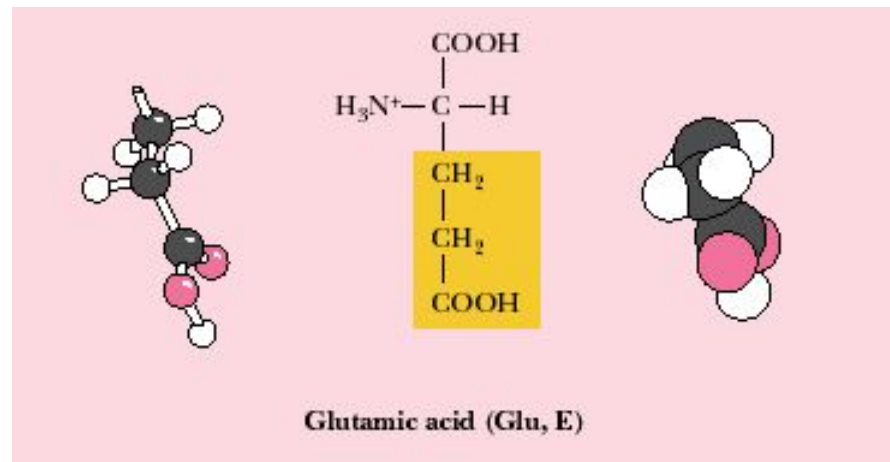
Аргинин

# Классификации аминокислот

## Г) Кислые аминокислоты



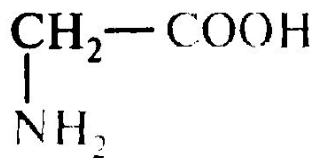
Аспарагиновая кислота



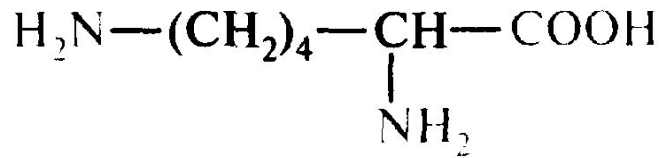
Глутаминовая кислота

# Алифатические $\alpha$ -аминокислоты.

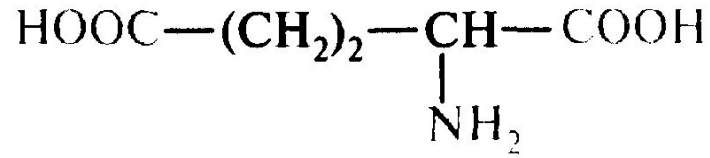
- нейтральные  $\alpha$ -аминокислоты — одна  $\text{NH}_2$  и одна  $\text{COOH}$  группы;
- основные  $\alpha$ -аминокислоты — две  $\text{NH}_2$  и одна  $\text{COOH}$  группы;
- кислые  $\alpha$ -аминокислоты — одна  $\text{NH}_2$  и две  $\text{COOH}$  группы.



глицин  
(нейтральная)



лизин  
(основная)



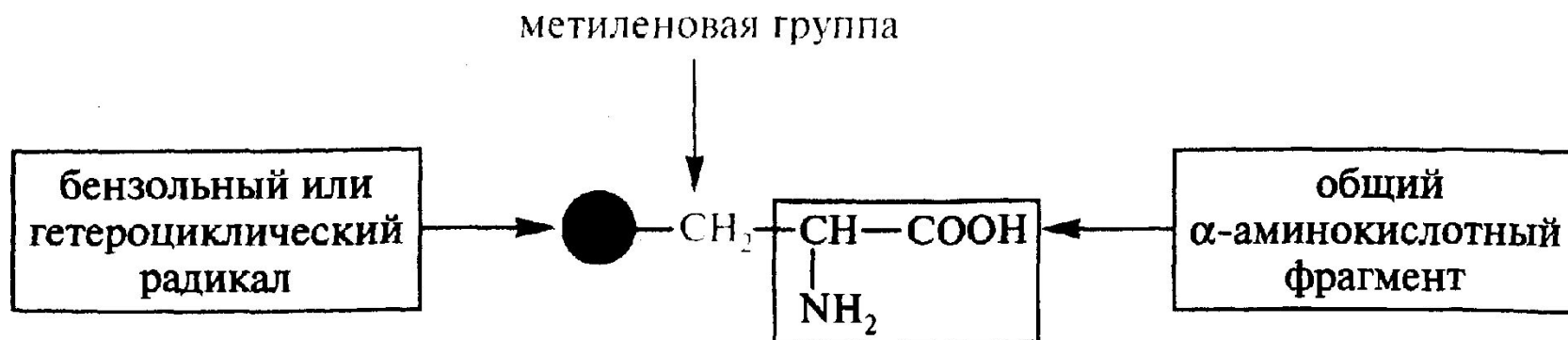
глутаминовая кислота  
(кислая)

В алифатическом радикале могут содержаться «дополнительные» функциональные группы:

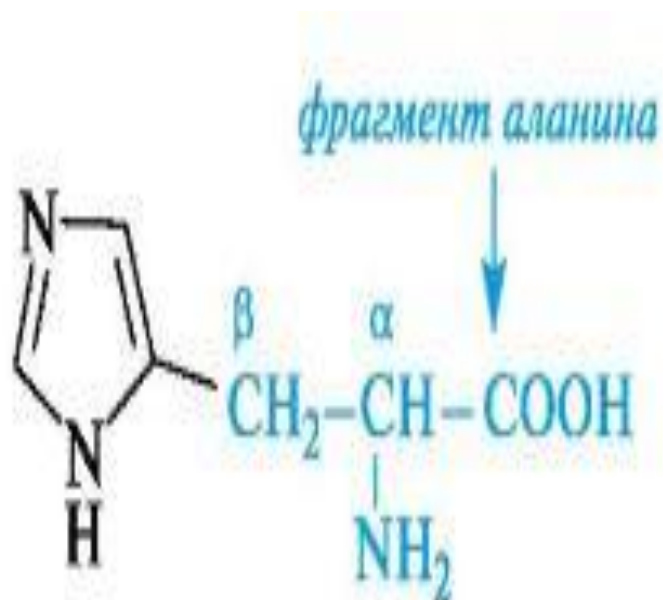
- гидроксильная — серин, треонин;
- карбоксильная — аспарагиновая и глутаминовая кислоты;
- тиольная — цистеин;
- амидная — аспарагин, глутамин.



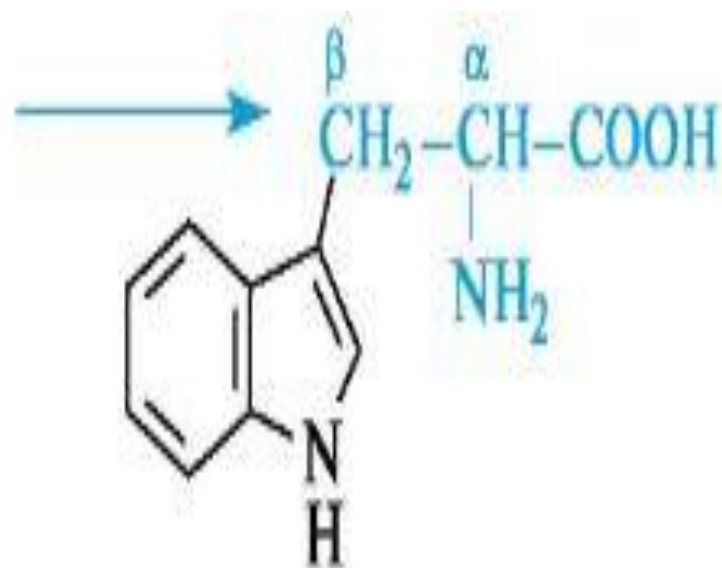
# Ароматические и гетероциклические $\alpha$ -аминокислоты.



Ароматические и гетероциклические  $\alpha$ -аминокислоты можно рассматривать как  $\beta$ -замещенные производные аланина.



$\beta$ -(имидазол-5-ил)аланин,  
гистидин

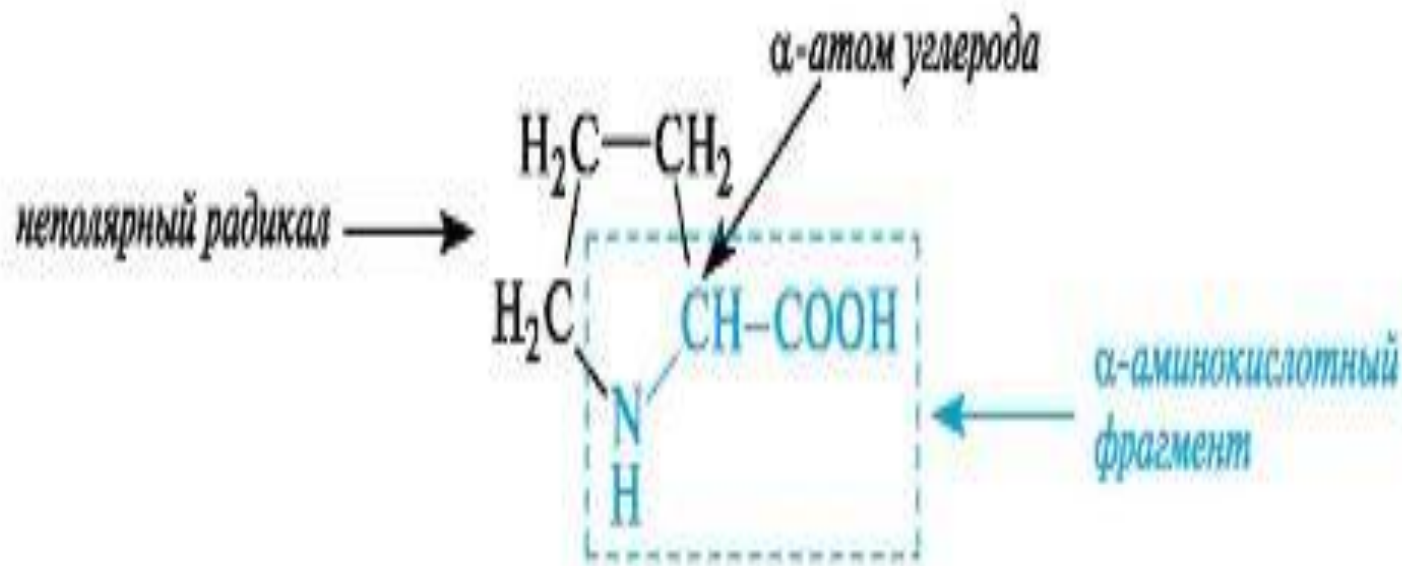


$\beta$ -(индол-3-ил)аланин,  
триптофан

# Ароматические и гетероциклические $\alpha$ -аминокислоты.

ЦИКЛА,

ПРОЛИН



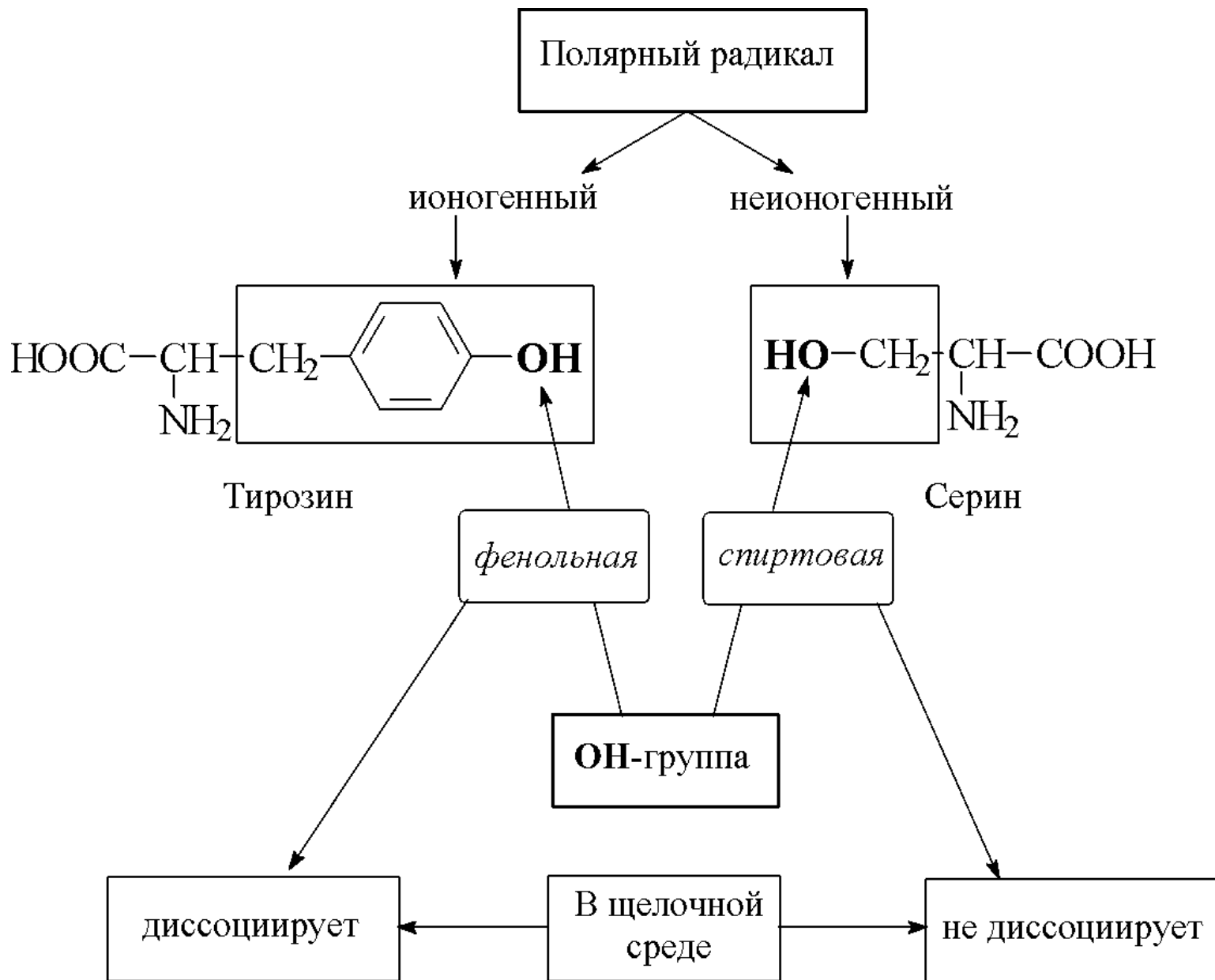


В зависимости от характера бокового радикала выделяют две группы:

- $\alpha$ -аминокислоты с *неполярными* (гидрофобными) радикалами;
- $\alpha$ -аминокислоты с *полярными* (гидрофильными) радикалами.

К первой группе относятся  $\alpha$ -аминокислоты с алифатическими боковыми радикалами — аланин, валин, лейцин, изолейцин, метионин — и ароматическими боковыми радикалами — фенилаланин, триптофан.

# $\alpha$ -аминокислоты с полярными (гидрофильными) радикалами



# Полярные α-аминокислоты с ионогенными группами

## Анионы

Аспарагиновая кислота  $^-OOC-CH_2-$

Глутаминовая кислота  $^-OOC-CH_2-CH_2-$

Тирозин  $^-O-C_6H_4-CH_2-$

Цистеин  $^-S-CH_2-$

## Катионы

Лизин  $H_3N^+-(CH_2)_4-$

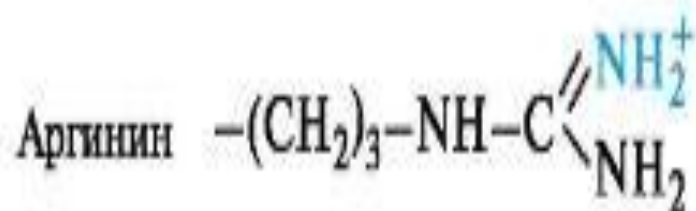
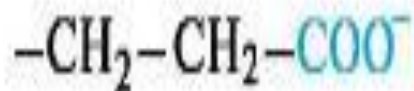
Аргинин  $H_2N^+=C(NH_2)-NH-(CH_2)_3-$

Гистидин  $\text{Imidazole ring}-CH_2-$

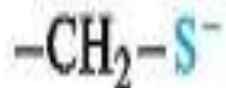
(электростатические) взаимодействия

кислота

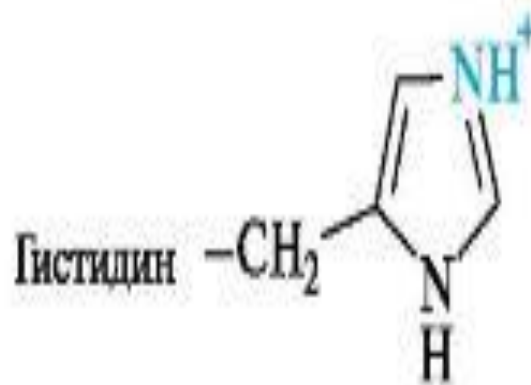
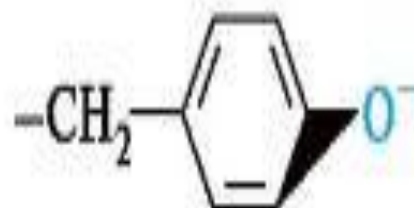
Глутаминовая  
кислота



Цистеин



Тирозин

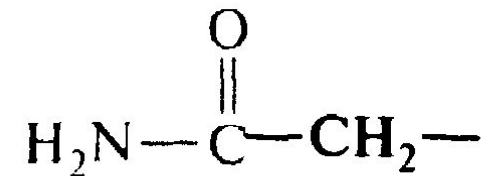


# Полярные неионогенные радикалы

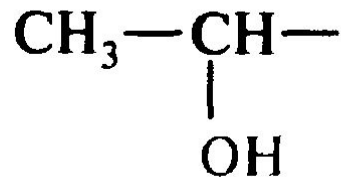
серин



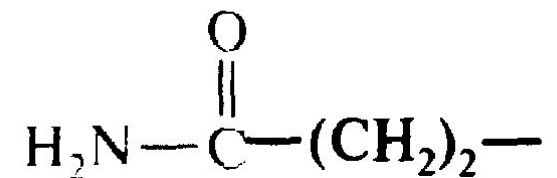
аспарагин



треонин



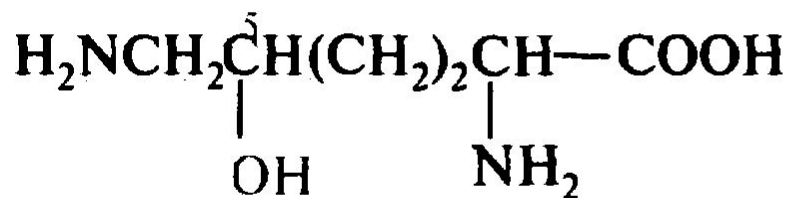
глутамин



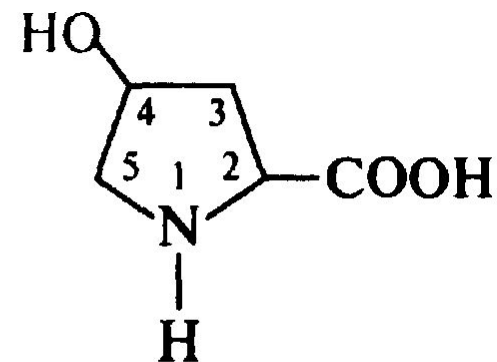
в образовании водородных связей с другими полярными группами.

# Модифицированные α-аминокислоты

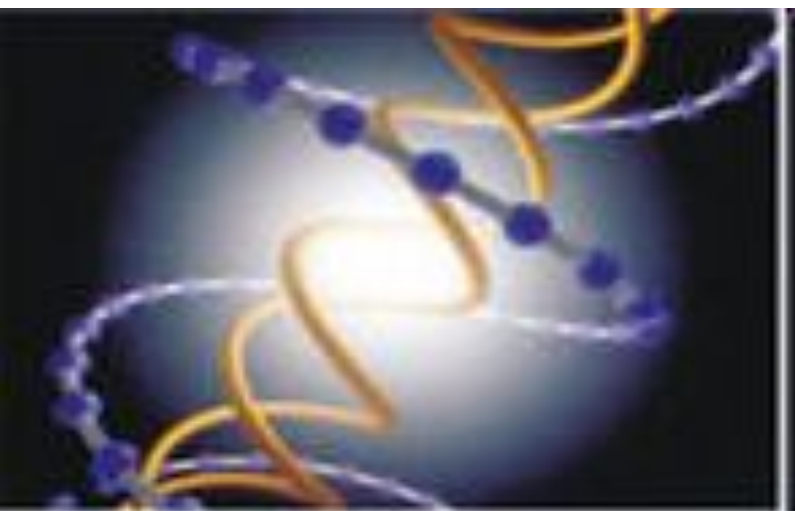
## *Гидроксипролизин.*



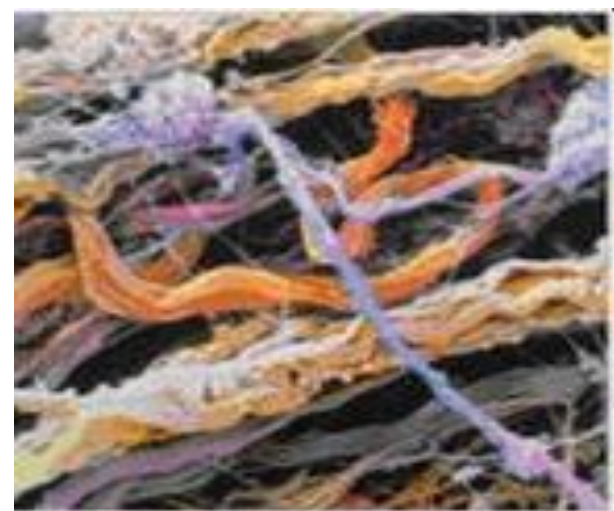
5-гидроксипролизин



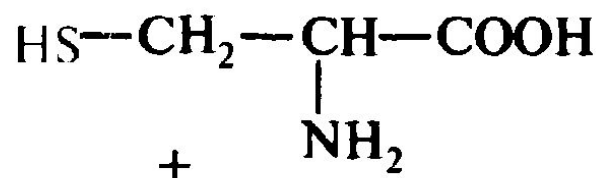
4-гидроксипролин



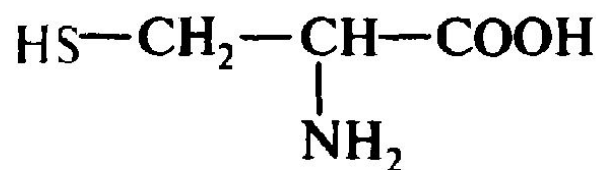
**КОЛЛАГЕН**  
Строительный  
белок клеток.



# Окисление тиольных групп

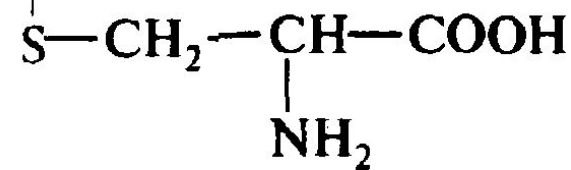
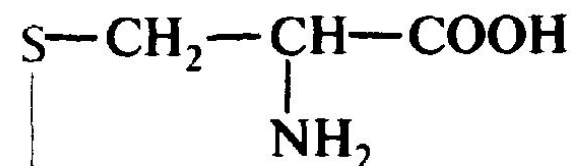


+



цистеин

ТИОЛ

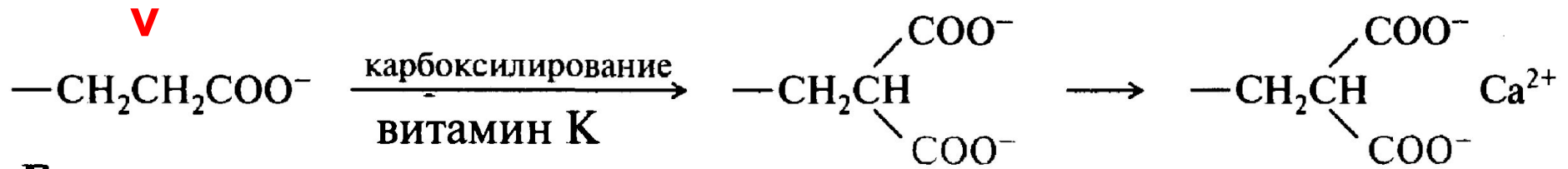


ЦИСТИН

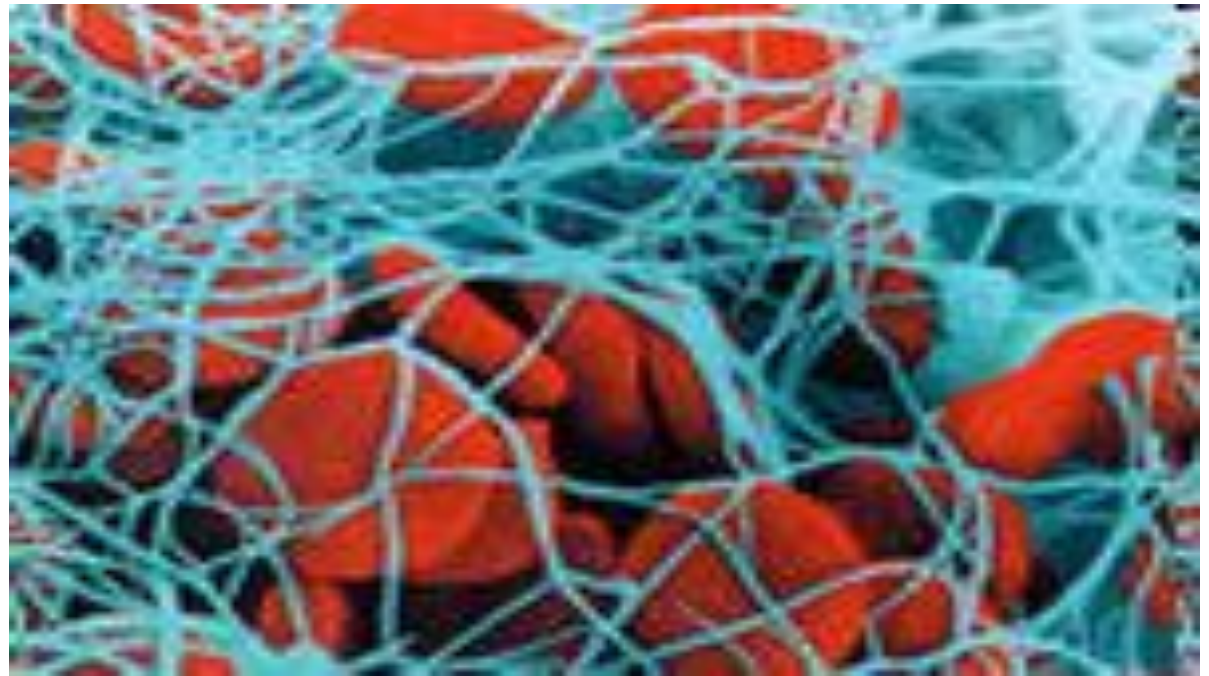
дисульфид:

для лечения острой лучевой болезни

# ***Карбоксилирование.***



Глутаминовая  
кислота  
протромбина

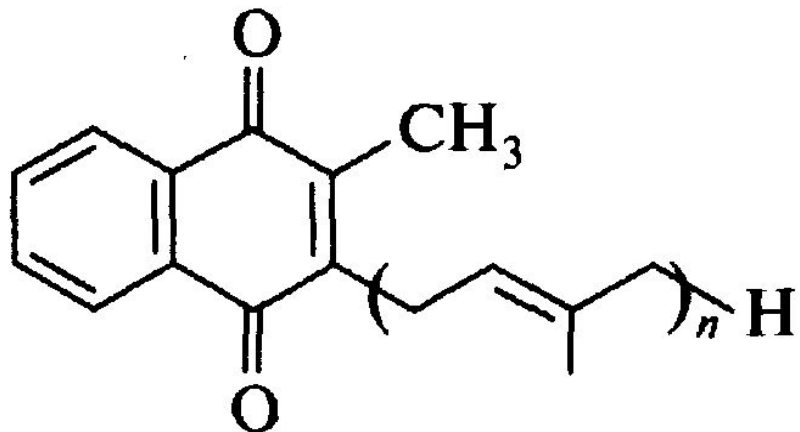


**значение для свертывания крови.**

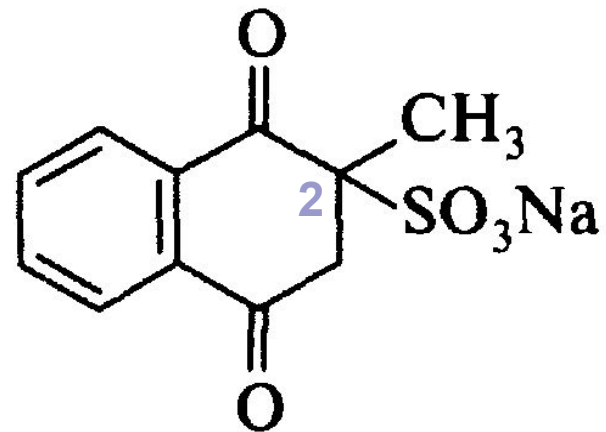


# Витамины группы К

## антигеморрагический фактор

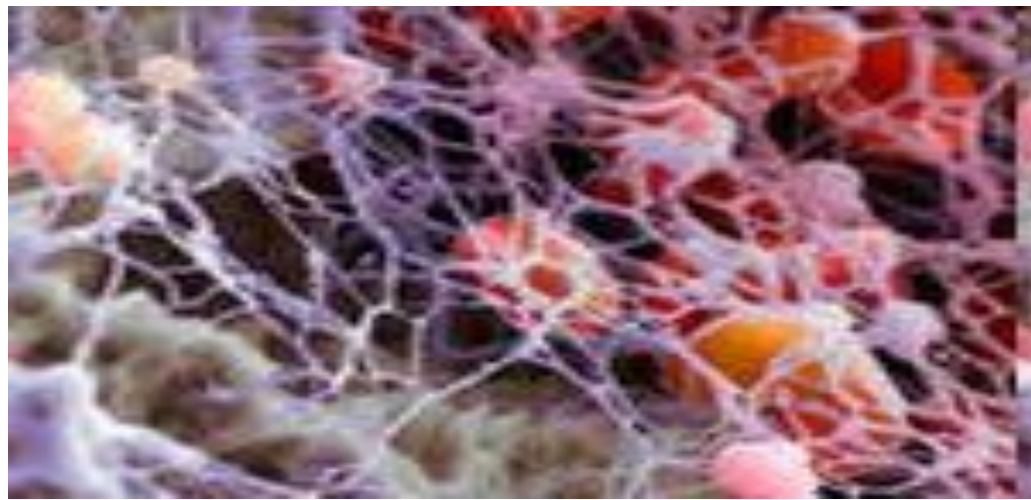


витамин К<sub>2</sub>  
(менахиноны  $n = 4-9$ )



викасол

1,4-нафтохинон:



# Природные источники аминокислот

| Название                                       | Открыватель, исходный материал          | Материал с наибольшим содержанием   | (pI) |
|--|---|---|------|
| <i>а) Нейтральные гидрофобные аминокислоты</i> |   |   |      |
| Аланин   | Вейль, фиброин шелка (1888)             | фиброин шелка (29,7%)   | 6.02 |
| Валин  | Горуп-Безане, экстракт желез (1856)     | эластин (17,4%), сухожилия и аорта быка (17,6%)                           | 5.97 |
| Лейцин   | Пруст, творог (1819)                    | сывороточный альбумин быка (12,8%), кукуруза (19%)                        | 5.98 |
| Изолейцин                                      | Эрлих, патока (1904)                    | сывороточный альбумин быка (2,6%), белок овса (4,3%)                      | 6.1  |
| Фенилаланин                                    | Шульце и Барбьери, ростки люпина (1879) | сывороточный альбумин (7,8%), $\gamma$ -глобулин (4,6%), вальбумин (7,7%) | 5.88 |
| Метионин                                       | Мюллер, казеин (1921)                   | $\gamma$ -казеин (4,1%), овальбумин (5,2%), $\beta$ -лактоглобулин (3,2%) | 5.8  |
| Триптофан                                      | Гопкинс и Кол, казеин (1901)            | лизоцим (яйца) (10,6%), $\alpha$ -лактальбумин (7%)                       | 5.88 |
| Пролин   | Фишер, казеин (1901)                    | сальмин (6,9%), казеин (10,6%), желатин (16,3%)                           | 6.10 |

# Природные источники аминокислот

| Название  | Открыватель, исходный материал  | Материал с наибольшим содержанием  | (pI) |
|---|---------------------------------|--|------|
| <i>б) Нейтральные гидрофильные аминокислоты</i> |                                 |  |      |
| Глицин  | Браконно, шелк (1820)           | фиброин шелка (29,7%)  | 5.97 |
| Серин   | Крамер, шелковый клей (1865)    | фиброин шелка (16,2%),<br>трипсиноген (16,7%), пепсин (12,2%)              | 5.70 |
| Треонин   | Розе и др., фибрин (1935)       | кератин волос (8,5%),<br>яичный белок (10,5%)                              | 6.50 |
| Тирозин   | Либих, сыр (1846)               | фиброин шелка (12,8%),<br>папаин (14,7%)                                   | 5.65 |
| Аспарагин                                       | Вокелин и Робике, спаржа (1806) |  | 5.41 |
| Глутамин  | Шульце, сахарная свекла (1877)  |  |      |
| Цистеин   | Бауман, цистин (1884)           | кератин волос (14,4%),<br>кератин перьев (8,2%),<br>кератин шерсти (11,9%) | 5.02 |

# Природные источники аминокислот

| Название                                     | Открыватель, исходный материал        | Материал с наибольшим содержанием                                    | (pI)  |
|--|---------------------------------------|--|-------|
| <i>в) Кислые аминокислоты (ионогенные)</i>   |                                       |  |       |
| Аспарагиновая кислота                        | Риттхаузен, бобовые (1868)            | эдестин (12,0%),<br>глобулин ячменя (10,3%)                          | 3,20  |
| Глутаминовая кислота                         | Риттхаузен, бобовые (1866)            | глиадин пшеницы (39,2%),<br>глиадин ржи (37,7%),<br>кукуруза (22,9%) | 3.22  |
| <i>г) Основные аминокислоты (ионогенные)</i> |                                       |  |       |
| Лизин  | Дрехсель, казеин (1899)               | миоглобин лошади (15,5%),<br>сывороточный альбумин быка (12,8%)      | 9.74  |
| Аргинин                                      | Шульце и др., проростки люпина (1886) | сальмин (86,4%),<br>желатин (8,3%)                                   | 10.76 |
| Гистидин                                     | Коссель, стурин (1896)                | гемоглобин (7,0%)  | 7.58  |

# Номенклатура

## Тривиальные названия $\alpha$ -аминокислот

**Серин** входит в состав фиброина шелка (от лат. *serieus* - шелковистый);

**Тирозин** впервые выделен из сыра (от греч. *tyros* - сыр);

**глутамин** - из злаковой клейковины (от нем. *Gluten* - клей);

**аспарагиновая кислота** - из ростков спаржи (от лат. *asparagus* - спаржа).

# Номенклатура

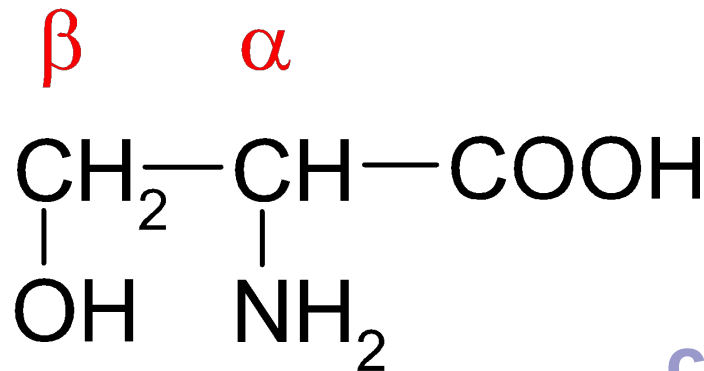
**Тривиальная номенклатура** в основном используется для широко распространённых --

**$\alpha$**  - аминокислот.

*Рациональная*

**IUPAC**

**Ser, S**

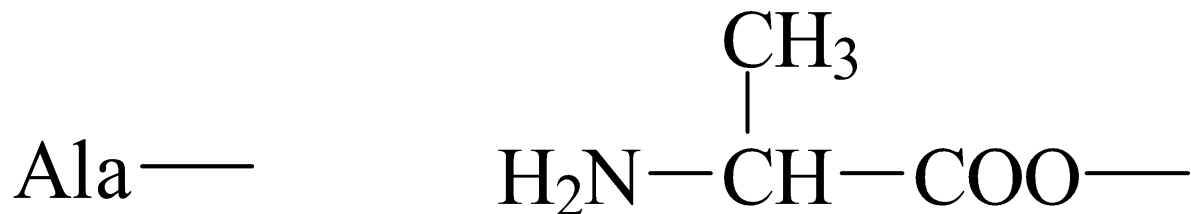
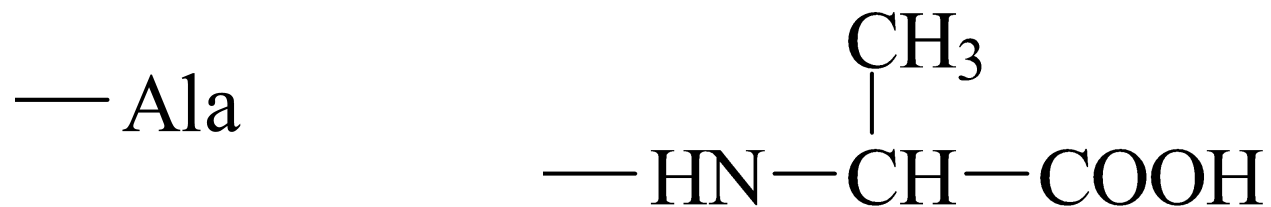


**серин**

**$\alpha$ -амино- $\beta$ гидроксипропионовая кислота**  
**2-амино-3-гидроксипропановая кислота**

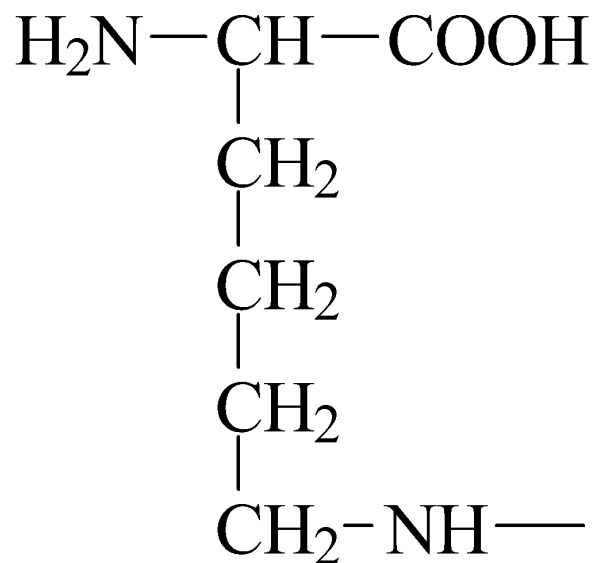
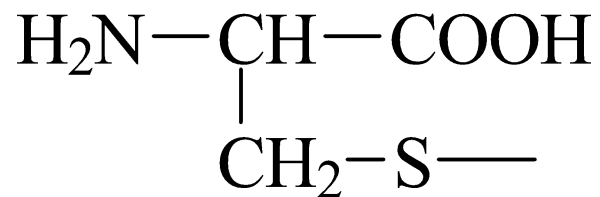
|                              |     |   |                  |     |
|------------------------------|-----|---|------------------|-----|
| <u>Аланин</u>                | Ala | A | Alanine          | Ала |
| <u>Аргинин</u>               | Arg | R | aRginine         | Арг |
| <u>Аспарагин</u>             | Asn | N | asparagiNe       | Асп |
| <u>Аспарагиновая кислота</u> | Asp | D | Aspar(D)tic acid | Асп |
| <u>Валин</u>                 | Val | V | Valine           | Вал |
| <u>Гистидин</u>              | His | H | Histidine        | Гис |
| <u>Глицин</u>                | Gly | G | Glycine          | Гли |
| <u>Глутамин</u>              | Gln | Q | Q-tamine         | Глн |
| <u>Глутаминовая кислота</u>  | Glu | E | gluEtamic acid   | Глу |
| <u>Изолейцин</u>             | Ile | I | Isoleucine       | Иле |
| <u>Лейцин</u>                | Leu | L | Leucine          | Лей |
| <u>Лизин</u>                 | Lys | K | before L         | Лиз |
| <u>Метионин</u>              | Met | M | Methionine       | Мет |
| <u>Пролин</u>                | Pro | P | Proline          | Про |
| <u>Серин</u>                 | Ser | S | Serine           | Сер |
| <u>Тирозин</u>               | Tyr | Y | tYrosine         | Тир |
| <u>Треонин</u>               | Thr | T | Treonine         | Тре |
| <u>Триптофан</u>             | Trp | W | tWo rings        | Три |
| <u>Фенилаланин</u>           | Phe | F | Fenylalanine     | Фен |
| <u>Цистеин</u>               | Cys | C | Cysteine         | Цис |

# Номенклатура аминокислот





# Номенклатура аминокислот



# Нестандартные аминокислоты

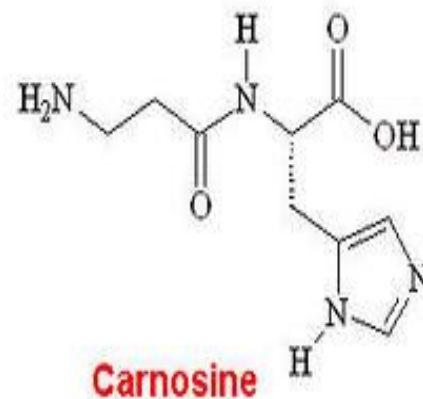
*β-Аланин*, 3-аминопропановая кислота, *β-Ala*



**Карнозин** (бета-аланил-L-гистидин) ,  
*βAlaHis*

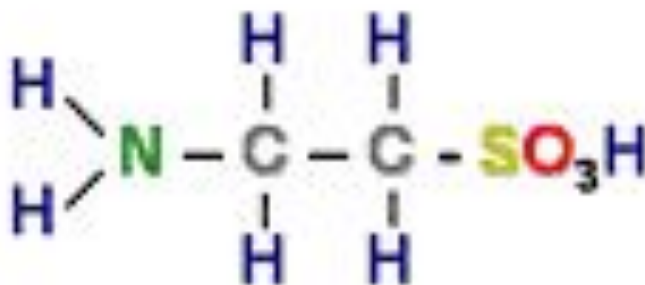


антиоксидант ,  
природный  
стимулятор мышечной  
активности.  
Природный протектор  
возбудимых тканей



**Таурин**, 2-аминоэтансульфоновая кислота,  
природная серосодержащая аминокислота,  
выделенная из бычьей желчи в 1827 г.

нейромедиаторная аминокислота в мозге,  
тормозящая синаптическую передачу



# Физиологические эффекты таурина

В составе таурохолевых кислот участвует в обмене жиров, холестерина и жирорастворимых витаминов

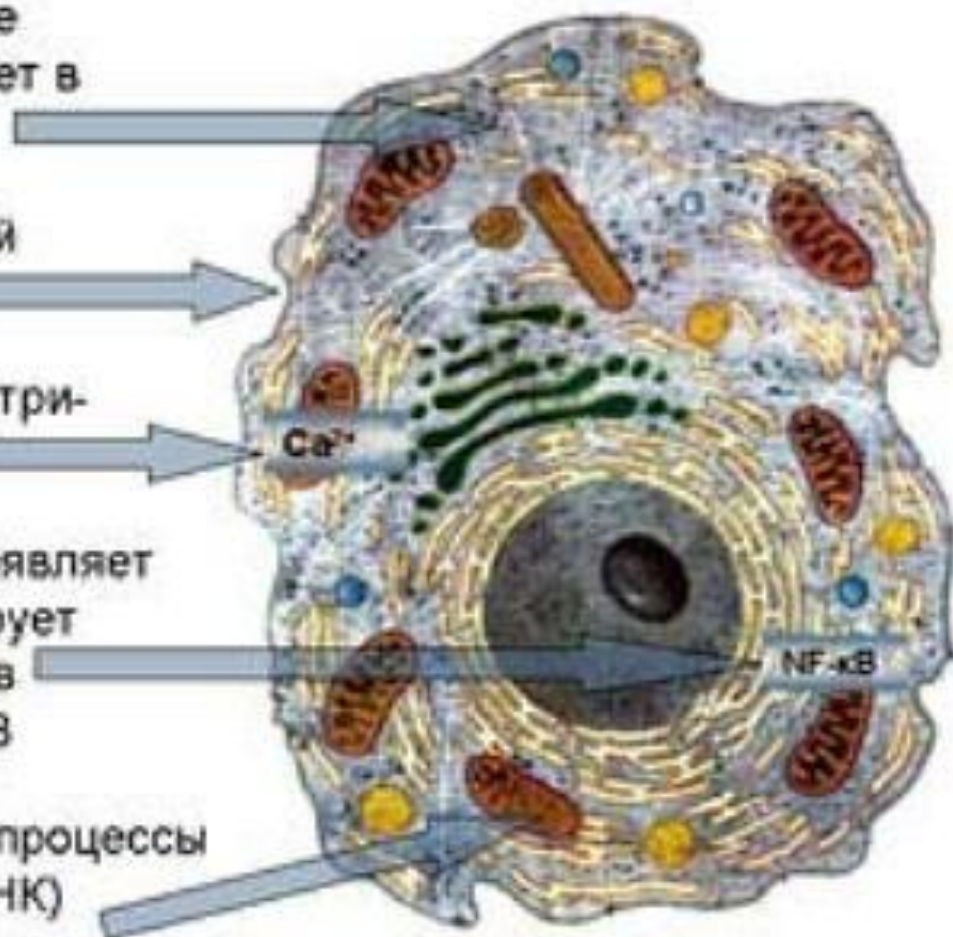
Таурин влияет на внутриклеточное осмотическое давление и участвует в регуляции клеточного объема

Таурин влияет на фосфолипидный состав клеточной мембраны

Таурин является регулятором внутриклеточного кальция

Таурин, соединяясь с хлором, проявляет свойства антиоксиданта и ингибирует воспалительные ответы цитокинов через нуклеарный фактор  $\text{NF-}\kappa\text{B}$

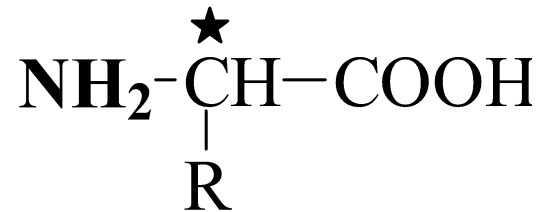
Таурин влияет на окислительные процессы в митохондриях (конъюгация с ТРНК)



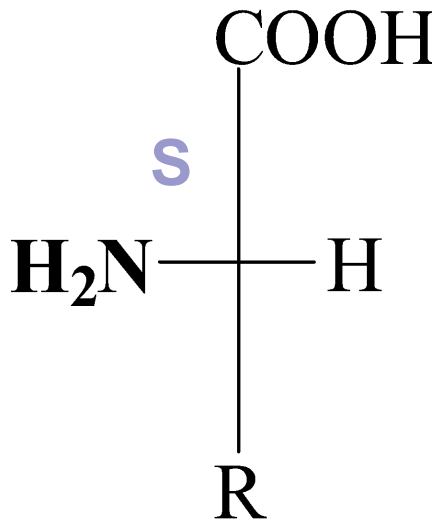


***Зеркало Венеры (1898), Sir Edward Burne-Jones / Museu Calouste Gulbenkian Lisbon /***

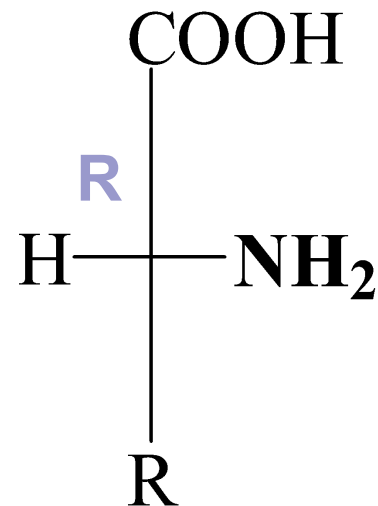
# Стереохимия аминокислот



**α-аминокислота**

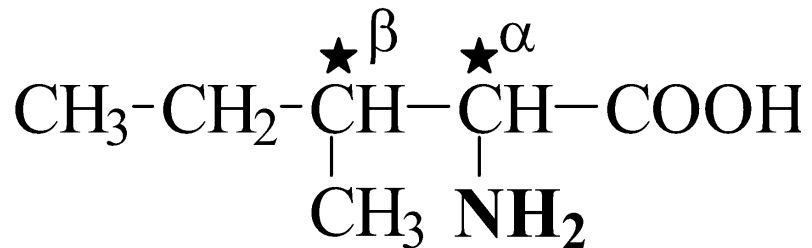


**L-α-аминокислота**

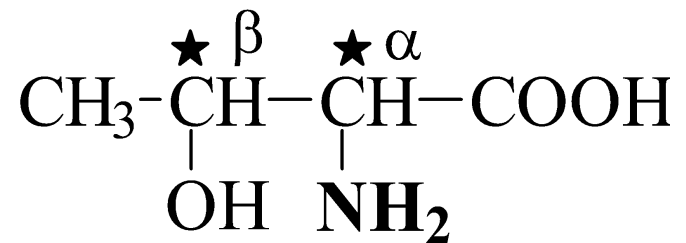


**D-α-аминокислота**

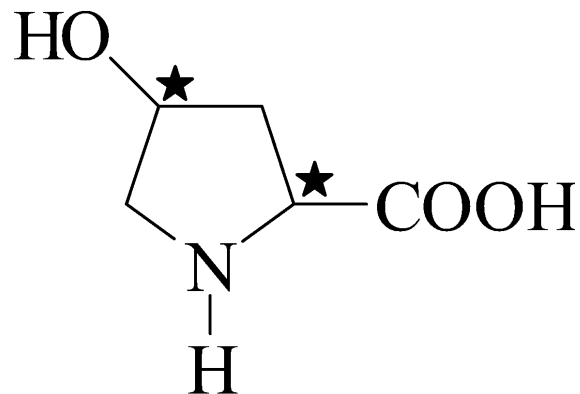
# Стереохимия аминокислот



Изолейцин, Ile



Треонин, Thr



4-гидроксипролин, HyPro

# D-аминокислоты

**D-аспарагиновая кислота** и **D-метионин** предположительно являются нейромедиаторами у млекопитающих.

**D-метионин** и **D-аланин** входят в состав опиоидных гептапептидов кожи южноамериканских амфибий – филломедуз:

**дерморфина** Tyr-*D*-Ala-Phe-Gly-Tyr-Pro-Ser и  
**дермэнкефалина** Tyr-*D*-Met-Phe-His-Leu-Met-Asp(NH<sub>2</sub>)

Наличие D-аминокислот определяет высокую биологическую активность этих пептидов как анальгетиков.



# Gramicidin S

споровая палочка *Bacillus brevis*



антибиотик



Грамицидин **S**

Обладает  
бактериостатическим  
(препятствующим  
размножению бактерий) и  
бактерицидным  
(уничтожающим бактерии)  
действием.

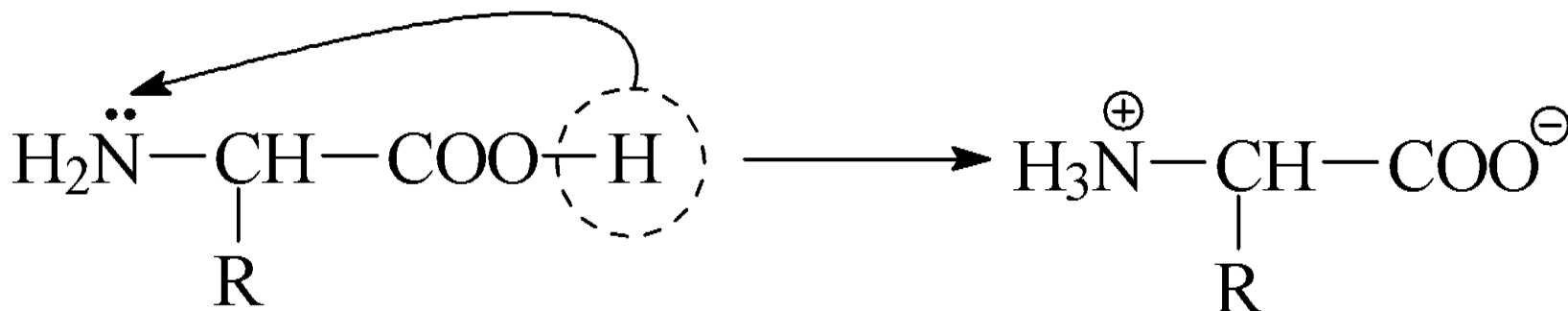
# Аспартам

метиловый эфир L-Аспартил-L-Фенилаланина  
подсластитель

Большое количество токсикологических и клинических исследований аспартама подтверждают его безвредность, если дневная доза не превышает 50 мг на килограмм массы. В Европе установлен максимум: 40 мг на килограмм массы в день. Практически 40 мг/кг массы тела для человека массой 70 кг значат примерно 266 таблеток синтетического подслащивающего средства или 26,6 л колы в один день.



# Физические и химические свойства

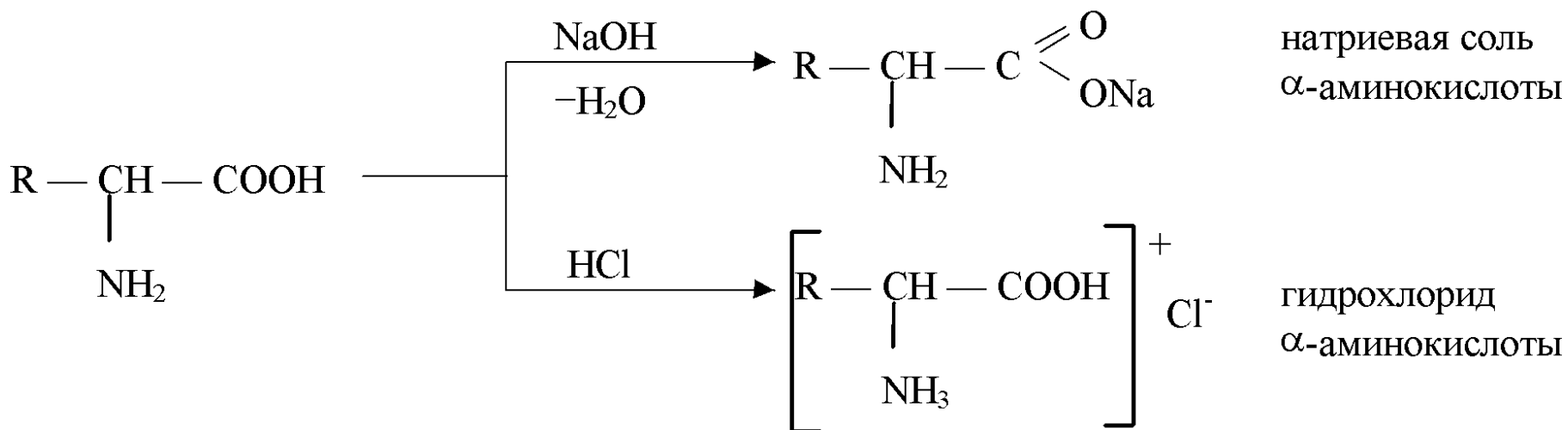


Несуществующая  
в природе форма

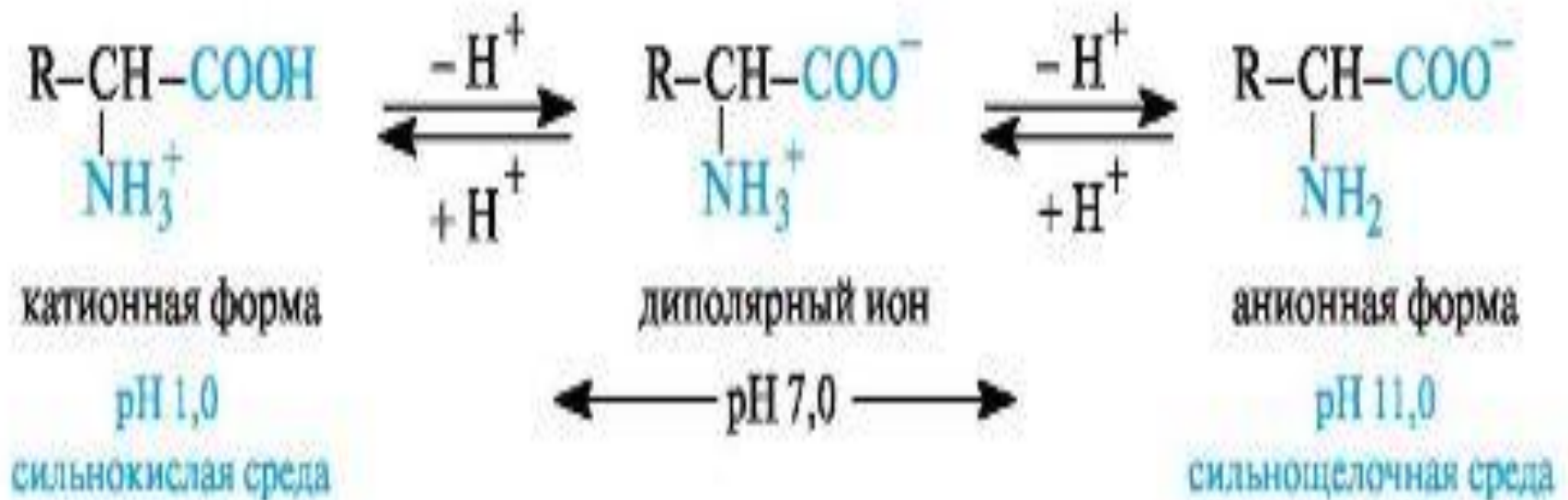
Биполярный ион  
(цвиттер-ион),  
внутренняя соль

Как в водных растворах, так и в твёрдом состоянии аминокислоты существуют только в виде внутренних солей (**биполярных ионов, цвиттер-ионов**; от немецкого zwitter – двойкий)

# Аминокислоты являются амфотерными соединениями:



# Кисотно-основное равновесие для аминокислоты:



# Кисотно-основное равновесие для аминокислоты:



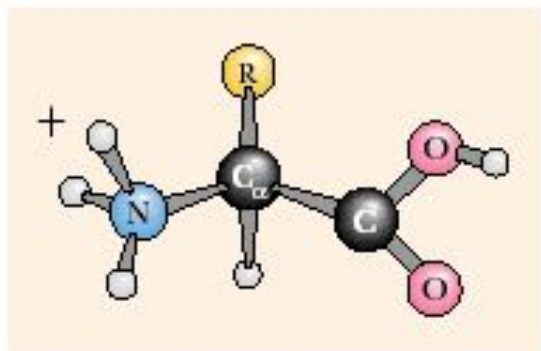
Катионная форма

Анионная форма

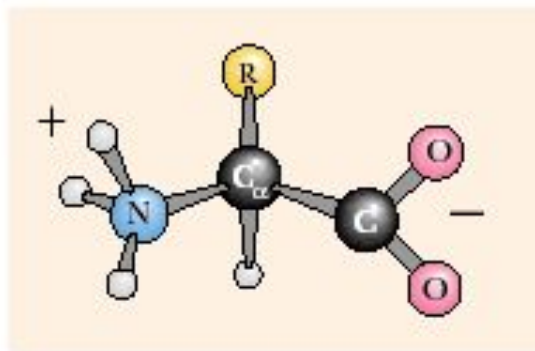
# Физические и химические свойства

## Кислотно-основные свойства

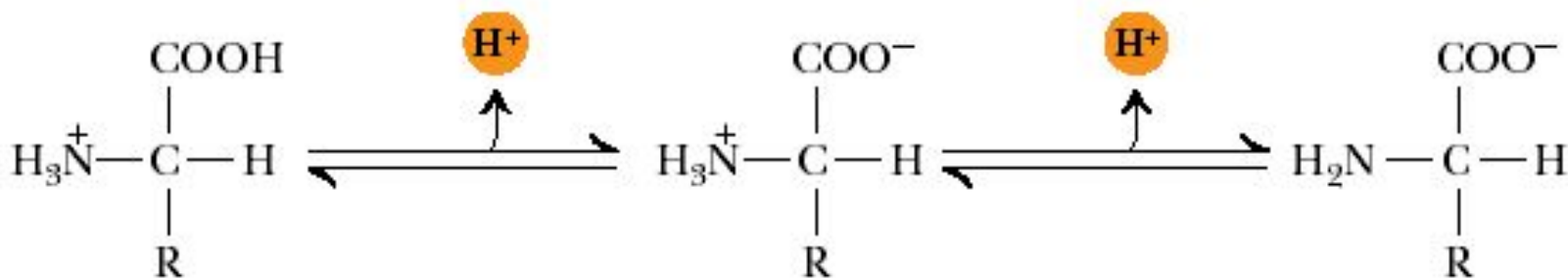
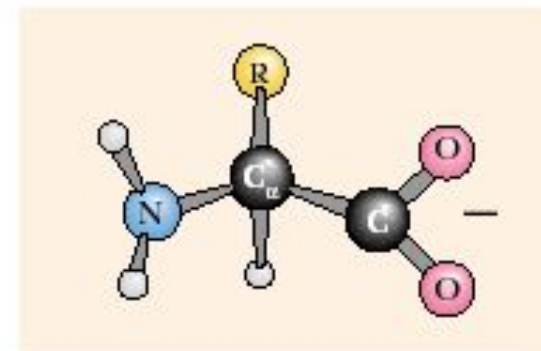
pH 1 Заряд +1



pH 7 Заряд 0



pH 13 Заряд -1



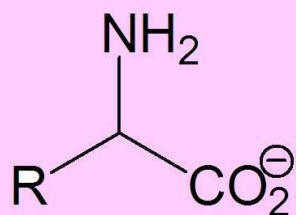
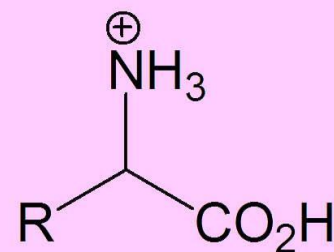
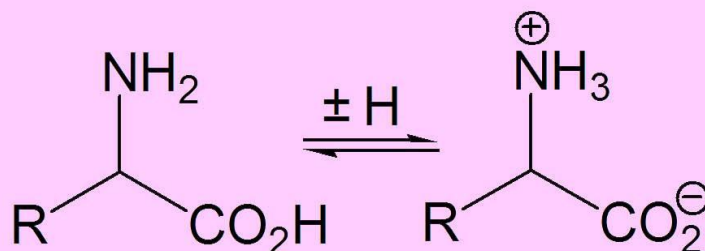
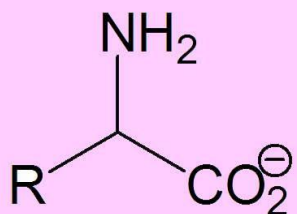
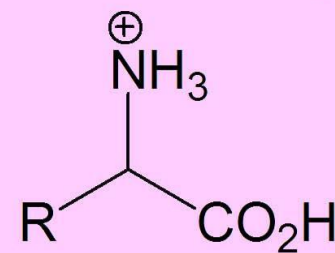
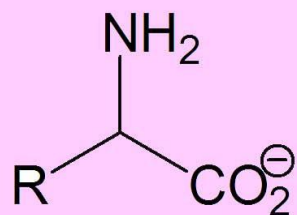
Катионная форма

Цвиттер-ион  
(нейтральный)

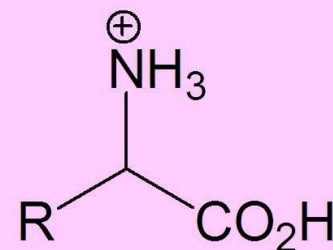
Анионная форма

+ анод

катод -



нейтральные  
молекулы



анионы



катионы



электрофорез



## Изоэлектрическая точка

Значение рН, при котором концентрация диполярных ионов максимальна, а минимальные концентрации катионных и анионных форм  $\alpha$ -аминокислоты равны, называется *изоэлектрической точкой* (рI).

## Изоэлектрическая точка

$$pI = \frac{pK_{a_n} + pK_{a_{n+1}}}{2},$$

где  $n$  — максимальное число положительных зарядов в полностью протонированной  $\alpha$ -аминокислоте.

## **Значения pI аминокислот**

|            |             |            |             |            |             |            |             |            |              |
|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|--------------|
| <b>ала</b> | <b>6,0</b>  | <b>мет</b> | <b>5,74</b> | <b>асп</b> | <b>2,77</b> | <b>гли</b> | <b>5,65</b> | <b>арг</b> | <b>13,76</b> |
| <b>вал</b> | <b>5,96</b> | <b>цис</b> | <b>5,07</b> | <b>глу</b> | <b>3,22</b> | <b>лиз</b> | <b>9,74</b> |            |              |
| <b>лей</b> | <b>5,98</b> | <b>фен</b> | <b>5,48</b> | <b>асн</b> | <b>5,41</b> | <b>гис</b> | <b>7,59</b> |            |              |

Для **моноаминомоно**карбоновых кислот  $pI \approx 5-6$

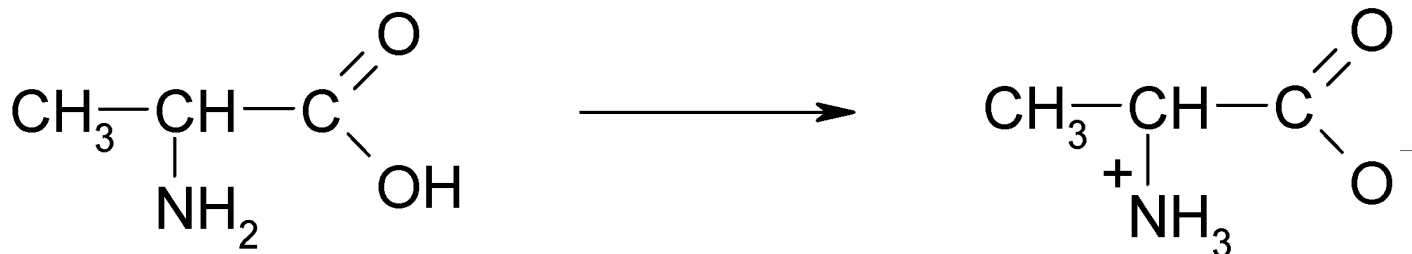
$pI$  **моноаминоди**карбоновых кислот (Asp, Glu)  $\approx 3$

$pI$  **диаминомоно**карбоновых кислот (His, Lys, Arg)  $\approx 8-11$

Если  $pH$  меньше  $pI$ , АК имеет заряд **+** и движется к катоду

Если  $pH$  больше  $pI$ , АК имеет заряд **—** и движется к аноду

## Кислотно-основные свойства



| Аминокислота   | pKa <sub>1</sub> | pKa <sub>2</sub> |
|--|------------------|------------------|
| CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH                               | 4,38             | нет              |
| H <sub>3</sub> N <sup>+</sup> CH(CH <sub>3</sub> )COO <sup>-</sup> | 2,34             | 9,69             |
| CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>                    | нет              | 10,67            |

# Получение аминокислот

## 1. Выделение из белков и пептидов

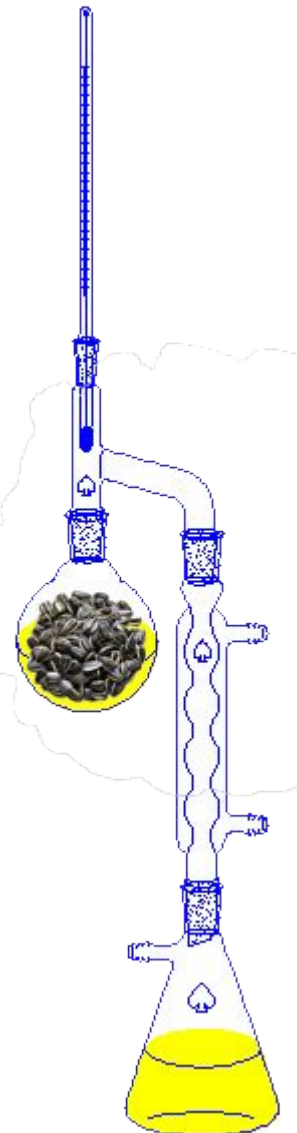
Белки гидролизуют - 6 М HCl, при нагревании (110 °C), 12-72 ч.

Используют также щелочной гидролиз и ферментативный гидролиз.

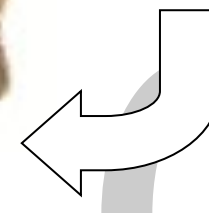
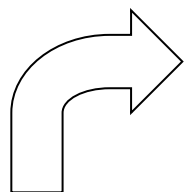
## 2. Микробиологический синтез

используя патоку, аммиак и микроорганизмы ***Corynebacterium glutamicum*** получают глутаминовую кислоту, которая используется как пищевая добавка.

Выход глутаминовой кислоты составляет 50 кг на 100 кг введённой глюкозы (время ферментации – 40 часов).



### 3. Биологический способ получения аминокислот



Корм с  
добавкой  
рацемической  
смеси  
 $\alpha$ -аминокислот

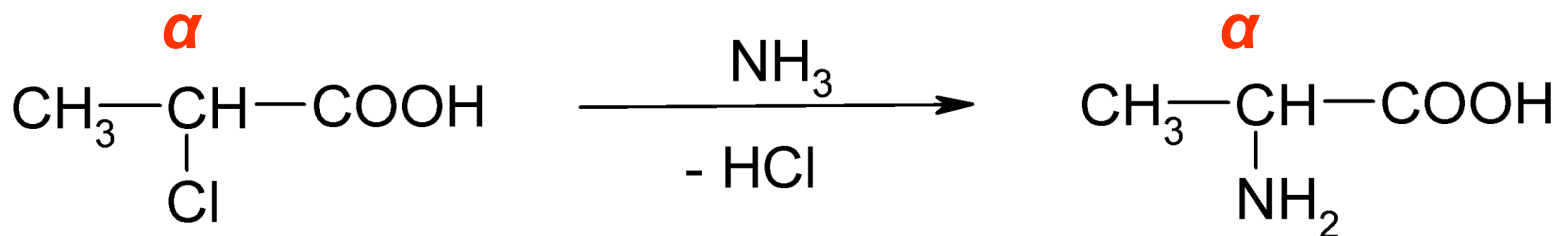
Отходы с оптически  
активным изомером  
 $\alpha$ -аминокислоты

Очистка

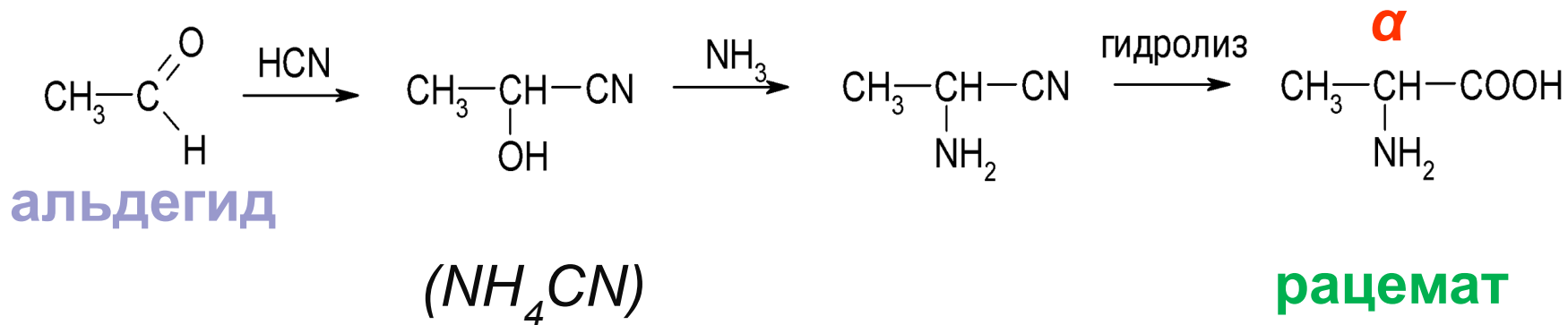
Оптически чистый изомер  
 $\alpha$ -аминокислоты

# Химические синтезы аминокислот.

## 1. Аммонолиз $\alpha$ -галогенкарбоновых кислот



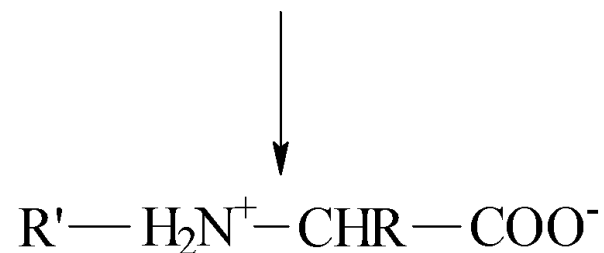
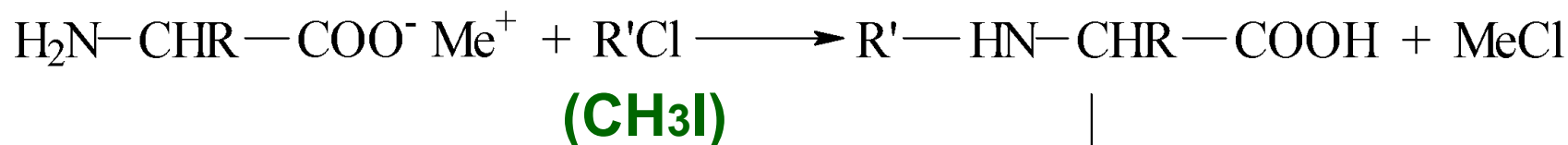
## 2. Синтез Штреккера





# Реакции с участием только аминогруппы

## 1. Алкилирование



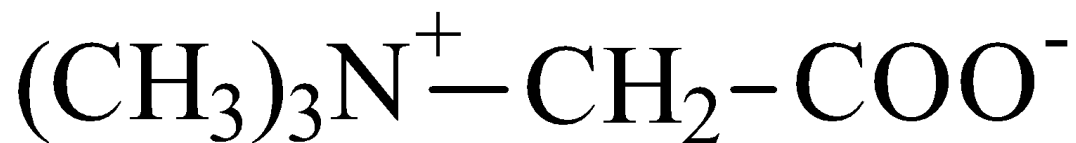
**биполярный ион**

***саркозин*** - N-метилглицин



промежуточное соединение в метаболизме аминокислот

**Бетаин** - триметильное производное



биполярный ион

**N,N,N-триметилглицин**

**донор метильных групп**

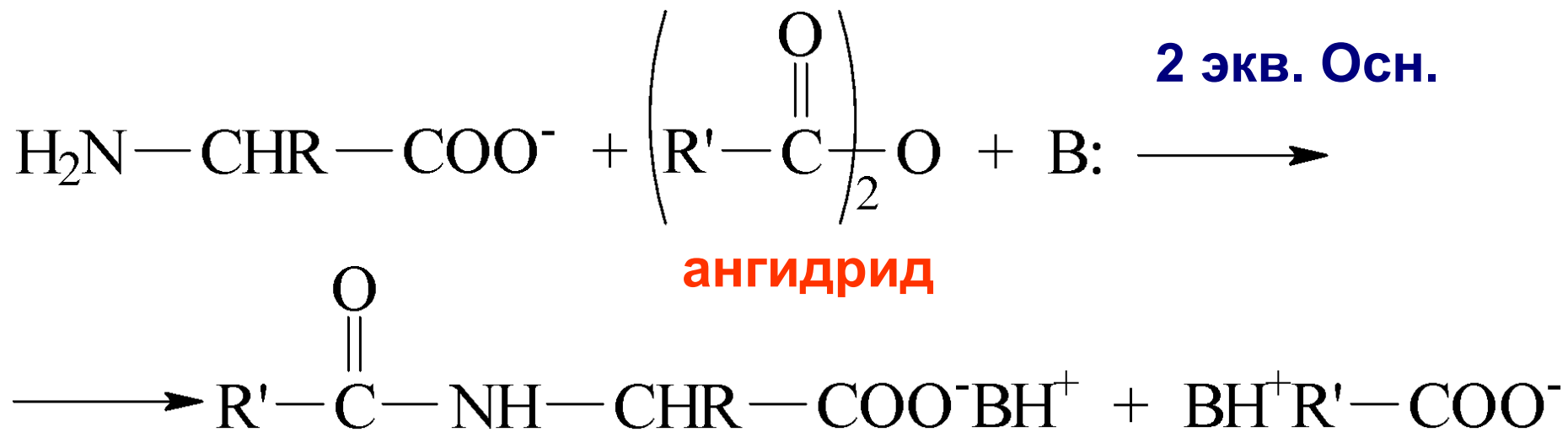


**Простейший бетаин** - производное глицина - был впервые обнаружен в соке столовой свеклы *Beta vulgaris*

## 2. Ацилирование



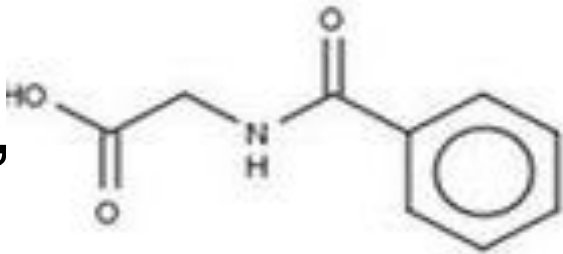
Ацилирование в условиях Шоттена-Баумана



**Ацилирование в условиях Шоттена-Баумана**

# Гиппу́ровая кислота́

бензоилглицин,



**В клинической практике**

**показатель функционального  
состояния печени.**

**способность печени  
обезвреживать ядовитые  
вещества.**



# Образование N-ацильных производных

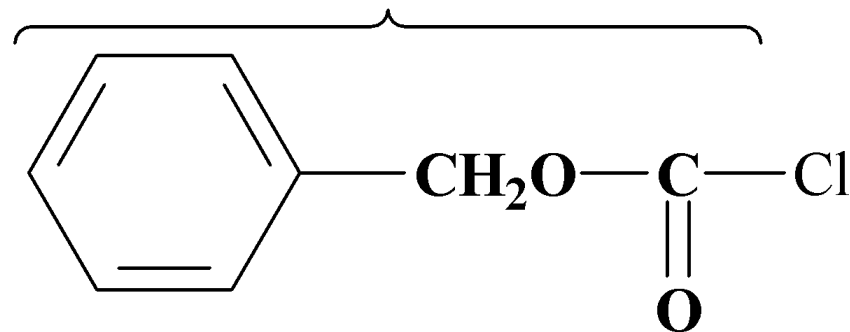
("защита аминокруппы").



не существуют в виде биполярных ионов

карбобензоксигруппа

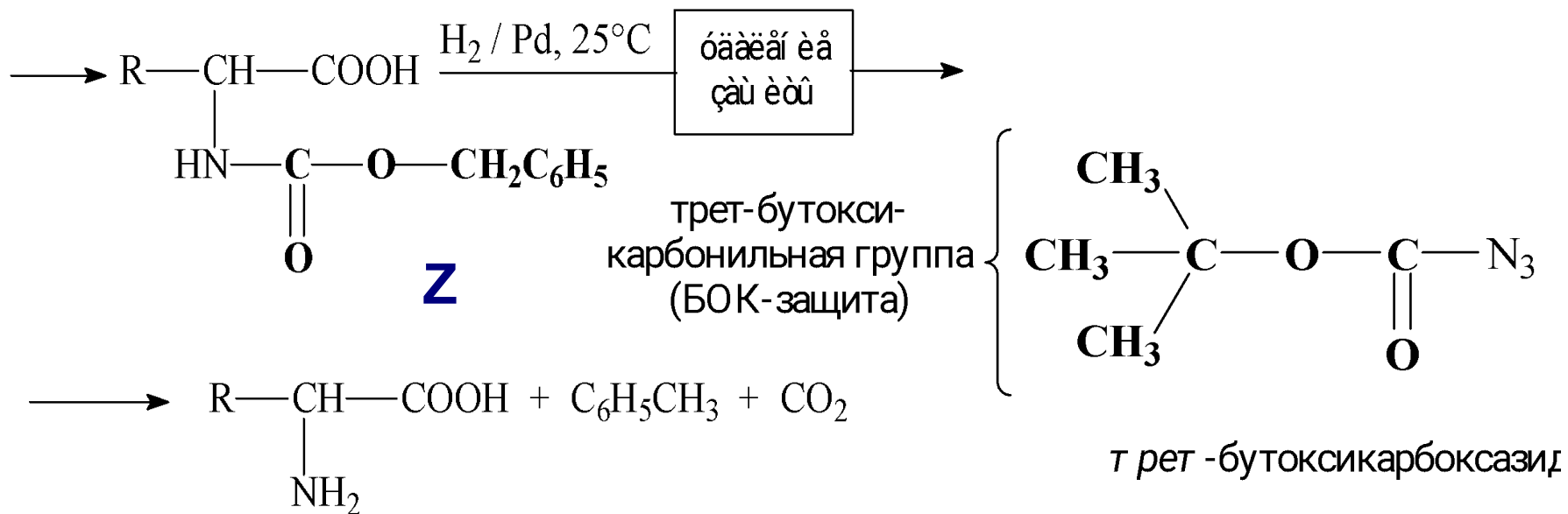
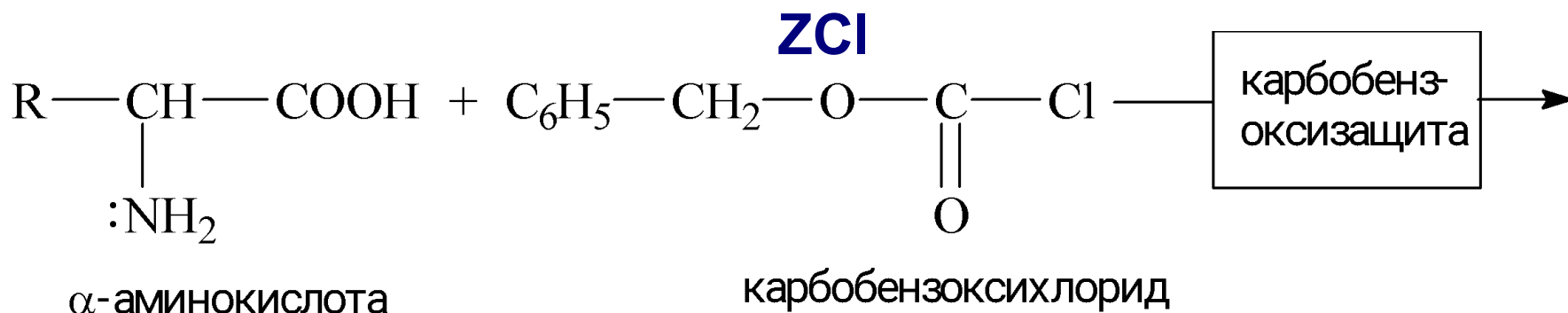
**Карбобензоксизащита (1932 г)**  
**карбобензоксихлорид**  
**(бензиловый эфир**  
**хлормуравьиной кислоты).**



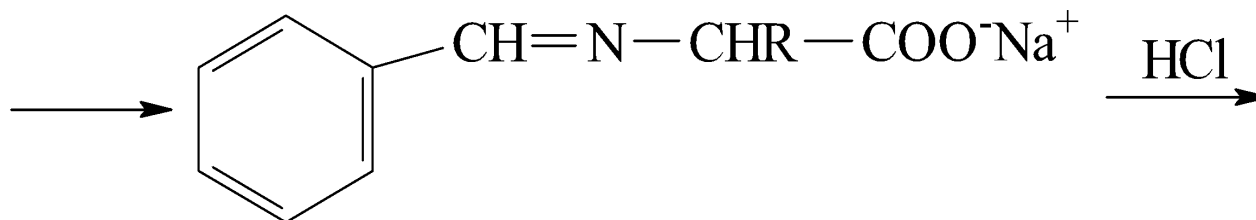
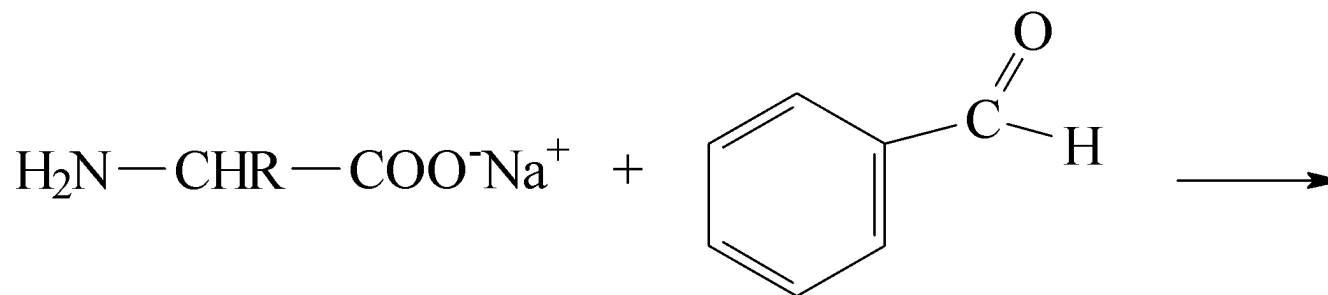
**ZCl**

карбобензоксихлорид

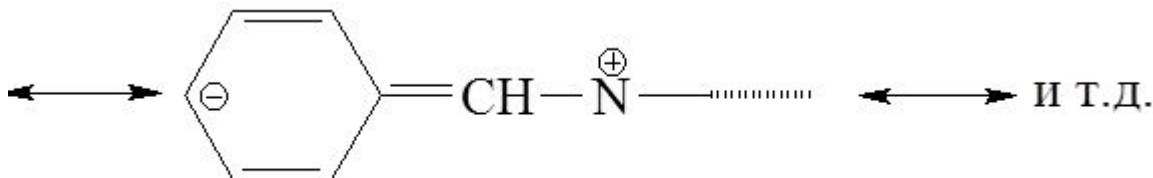
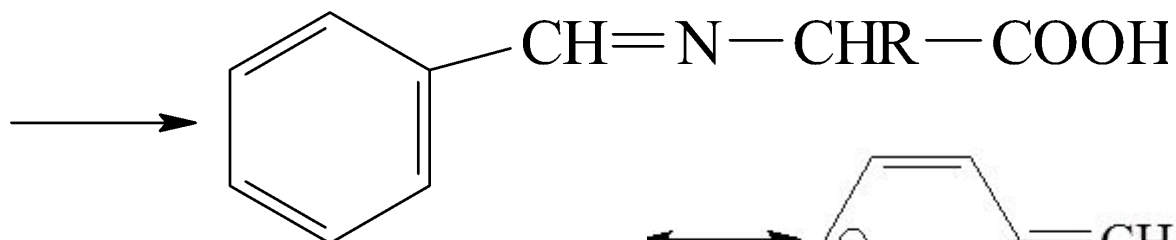
# Физические и химические свойства



### 3. Образование оснований Шиффа

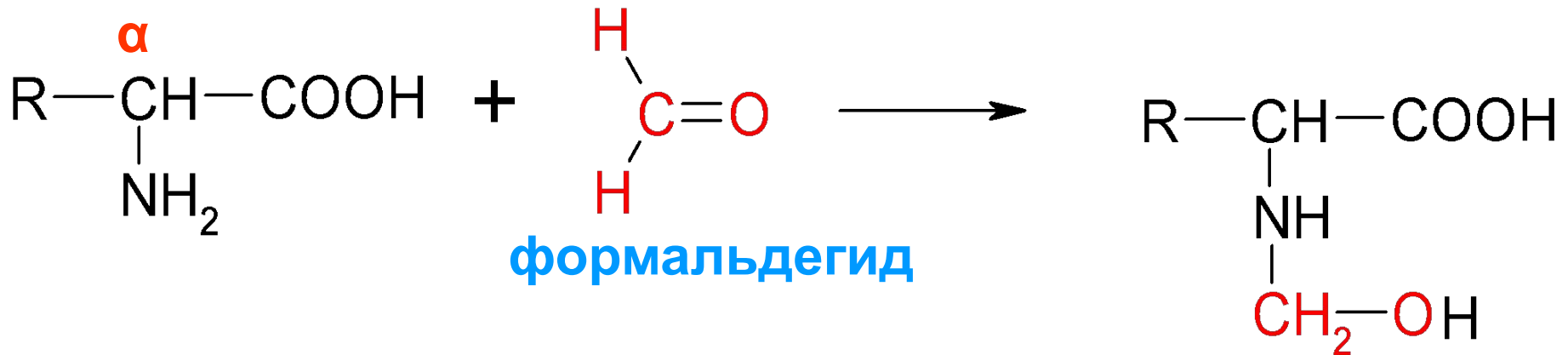


**защита аминогруппы**





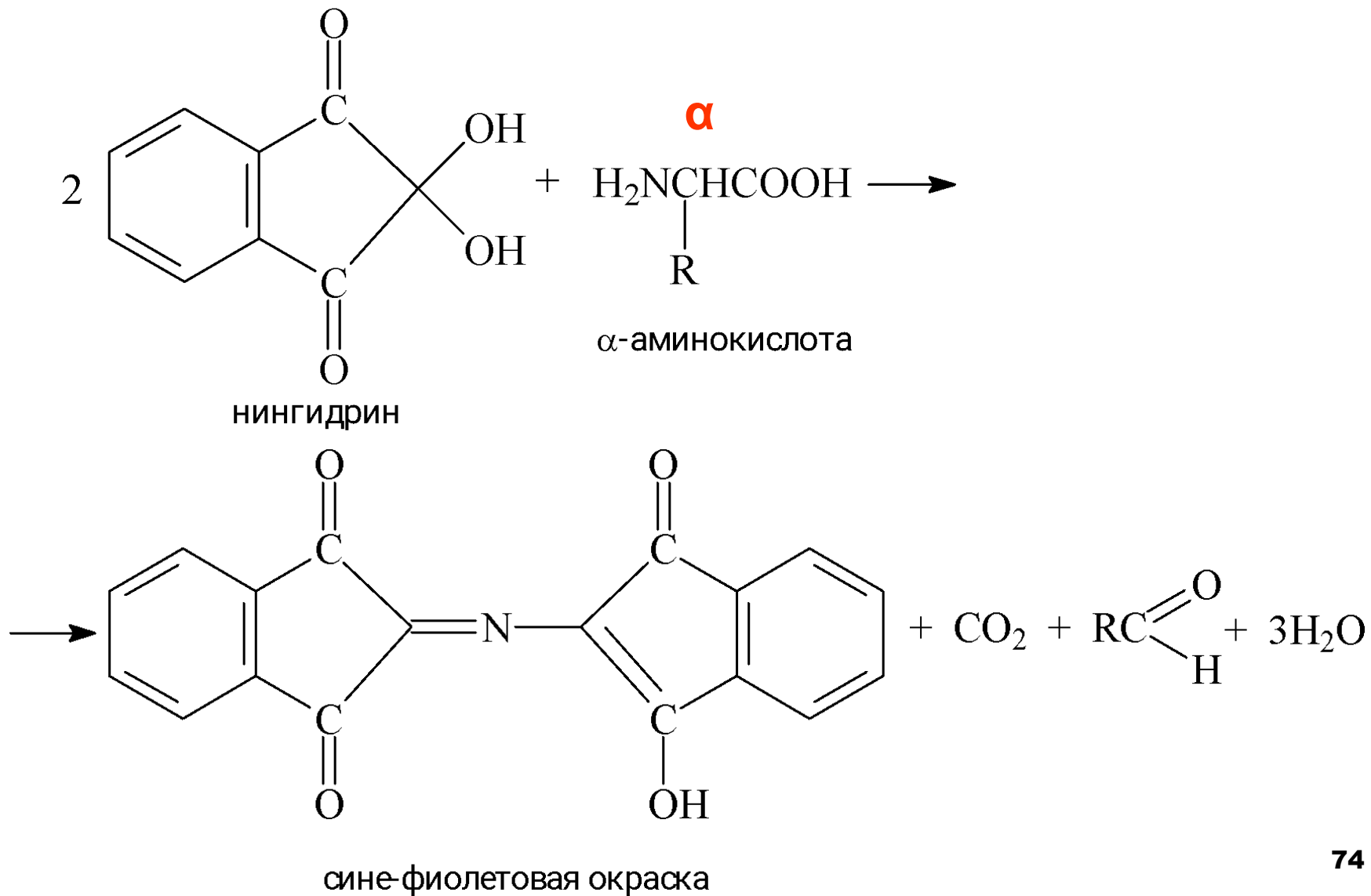
# Реакция с формальдегидом



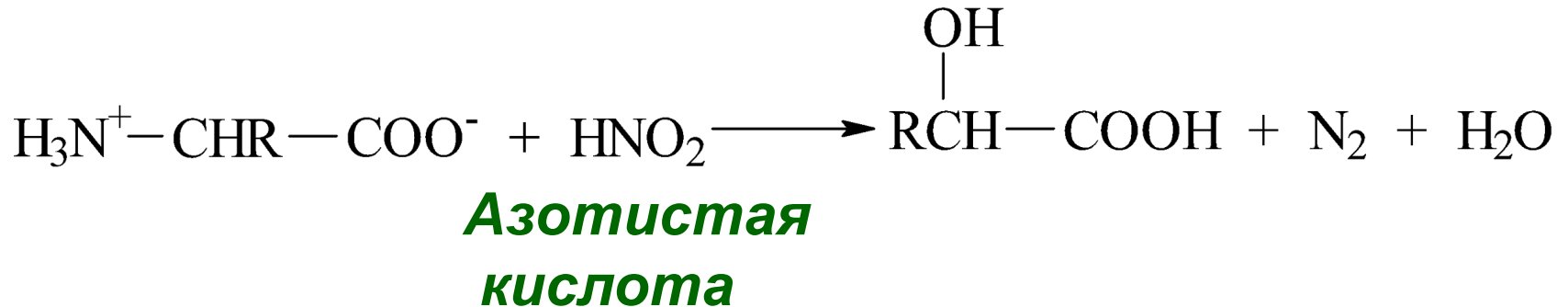
метилольные производные являются гораздо более сильными кислотами, чем аминокислоты, и они легко оттитровываются щёлочью.

количественное определение  $\alpha$ -аминокислот методом формольного титрования щелочью  
(метод Серенсена).

# «Нингидриновая реакция»

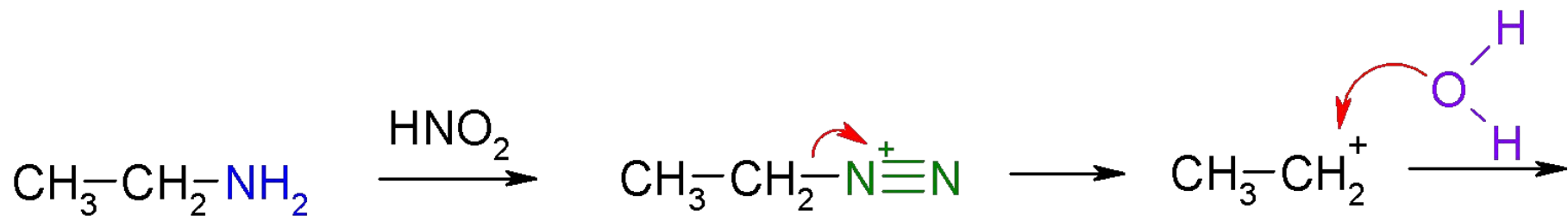
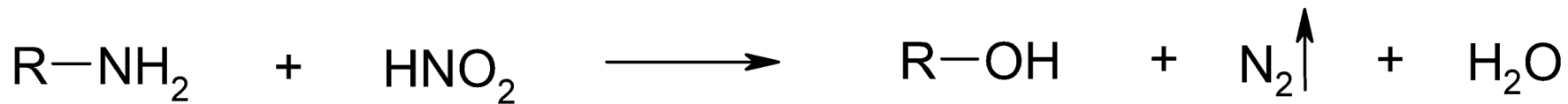


## 4. Дезаминирование аминокислот

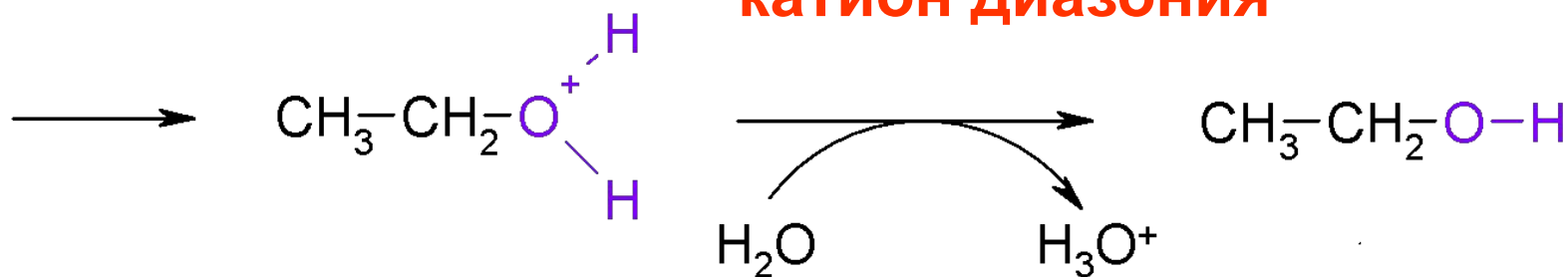


вольнометрическое определение содержания азота и количества аминогрупп в аминокислотах

*Метод Ван-Слайка*

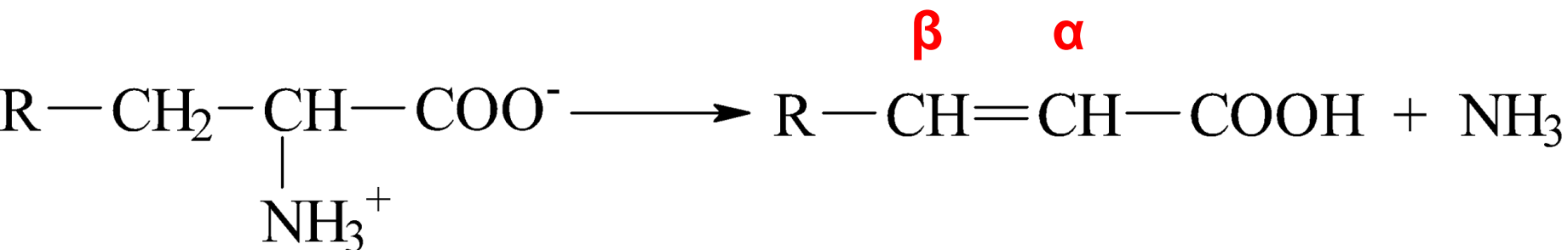


**катион диазония**



# БИОЛОГИЧЕСКИ ВАЖНЫЕ РЕАКЦИИ $\alpha$ -АМИНОКИСЛОТ.

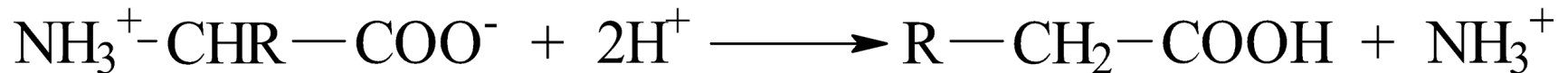
## ■ А. Внутримолекулярное дезаминирование



(таким образом у некоторых микроорганизмов и высших растений

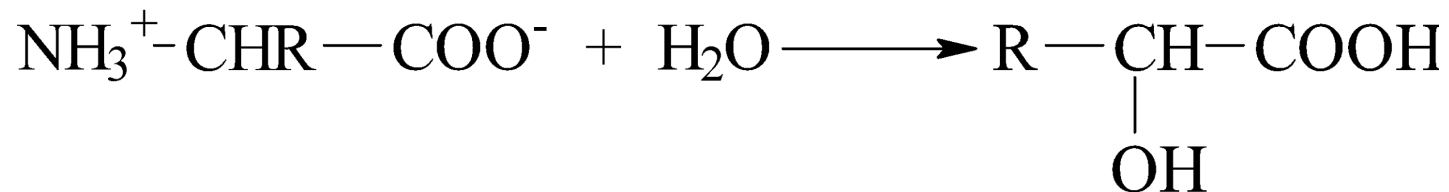
аспарагиновая кислота превращается в фумаровую)

## **Б. Восстановительное дезаминирование**



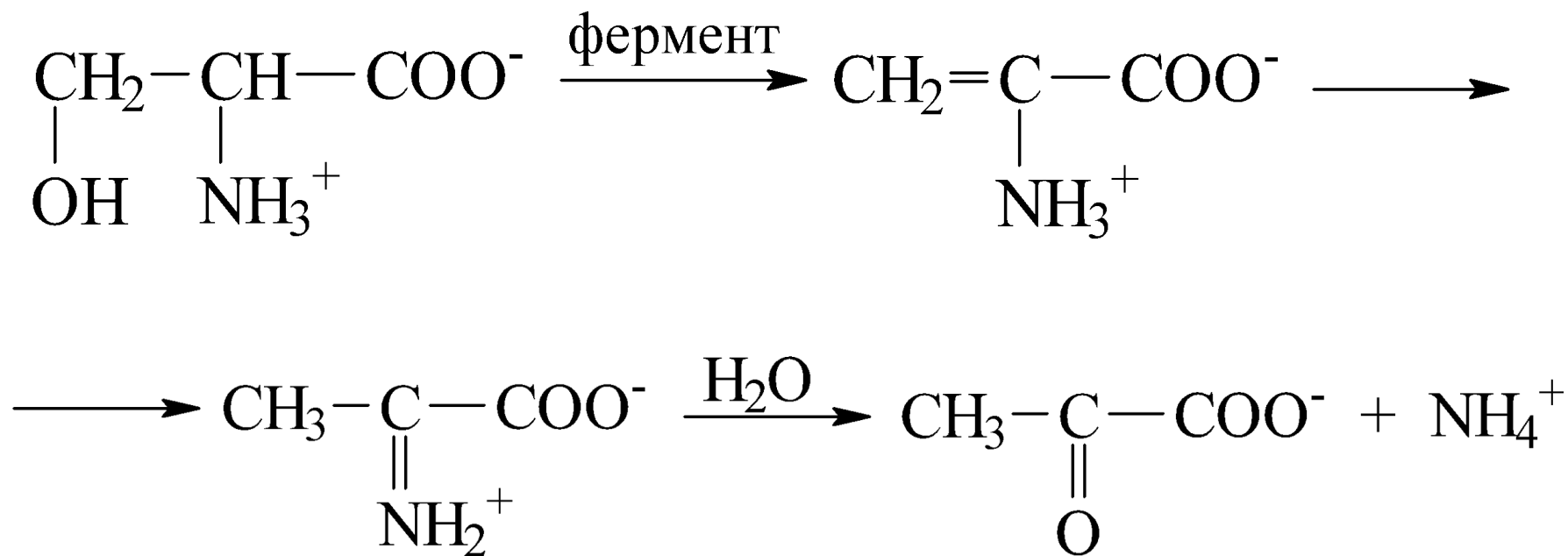
(у некоторых микроорганизмов)

## **В. Гидролитическое дезаминирование**



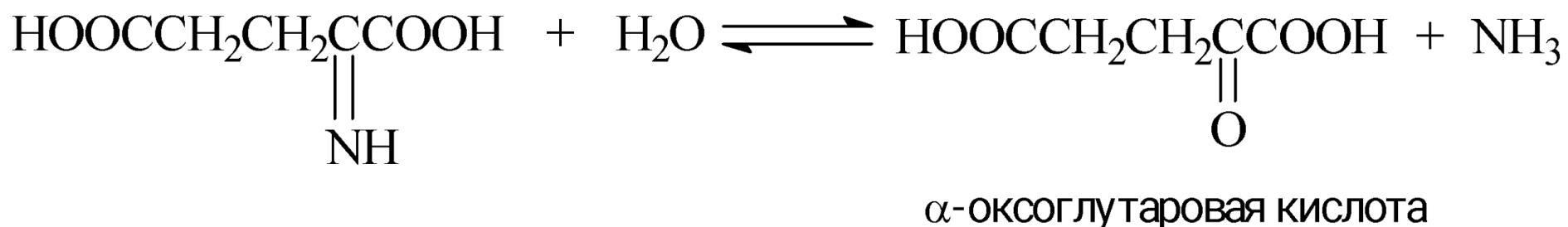
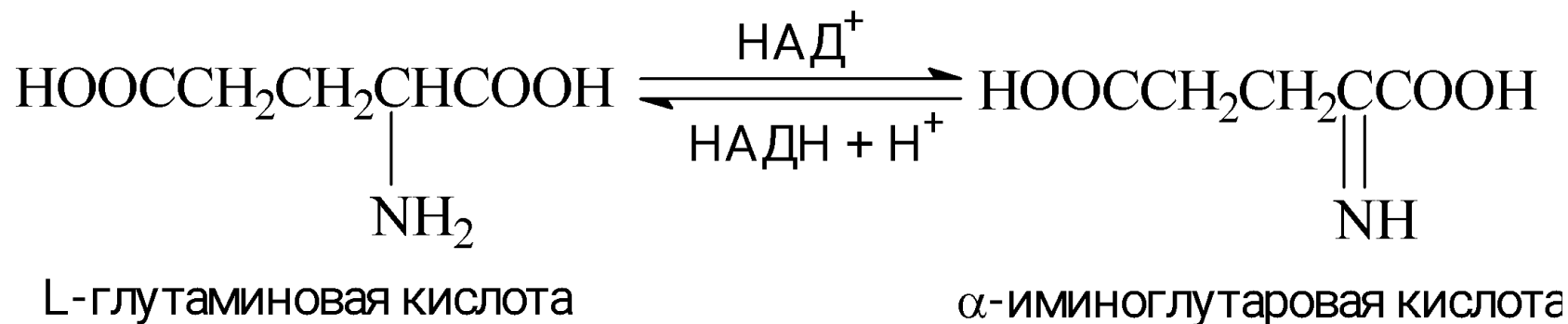
(тип дезаминирования, характерный для микроорганизмов)

## Г. Дегидратазное дезаминирование



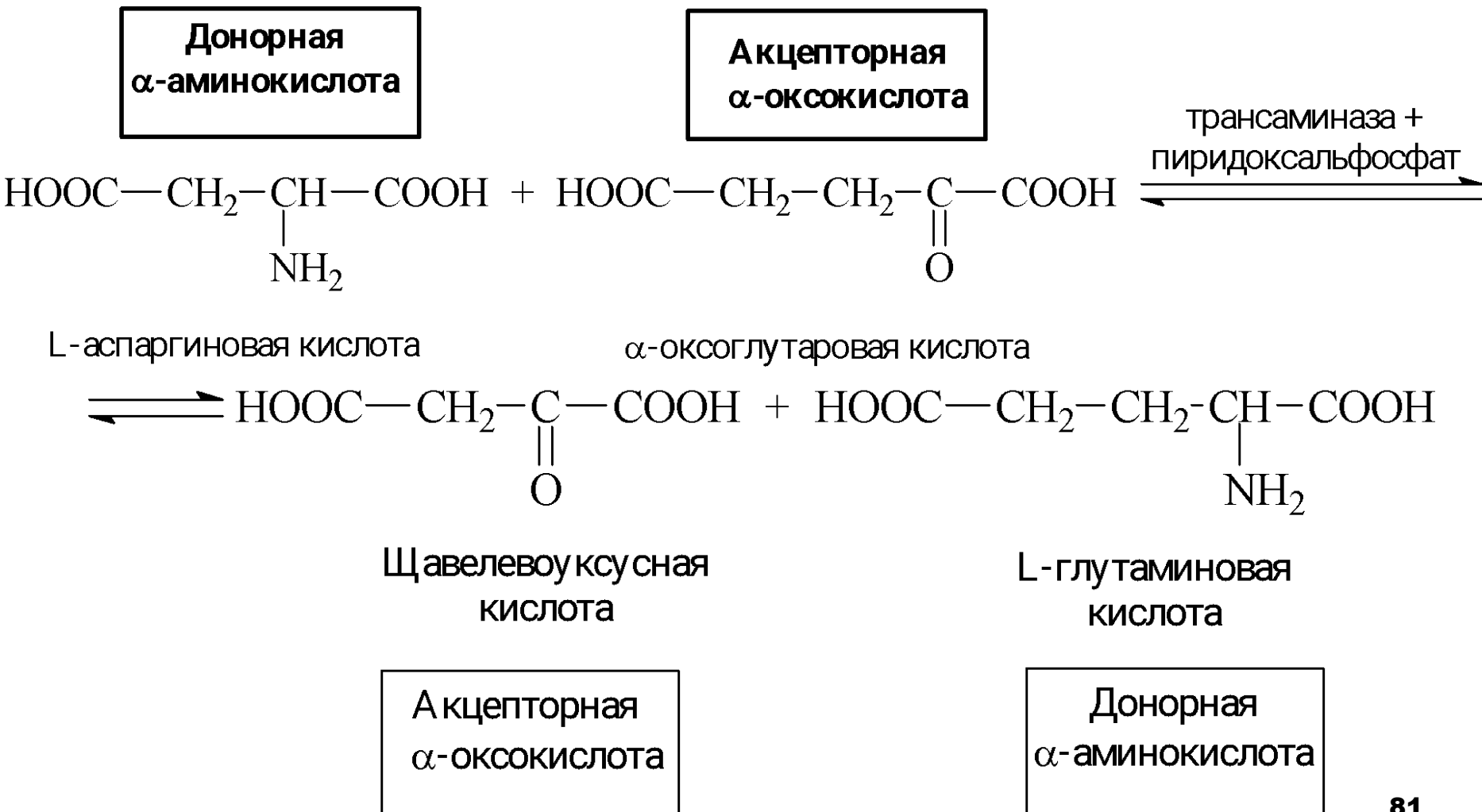
(этот тип дезаминирования характерен для аминокислот серин, треонин, цистеин)

## Д. Окислительное дезаминирование



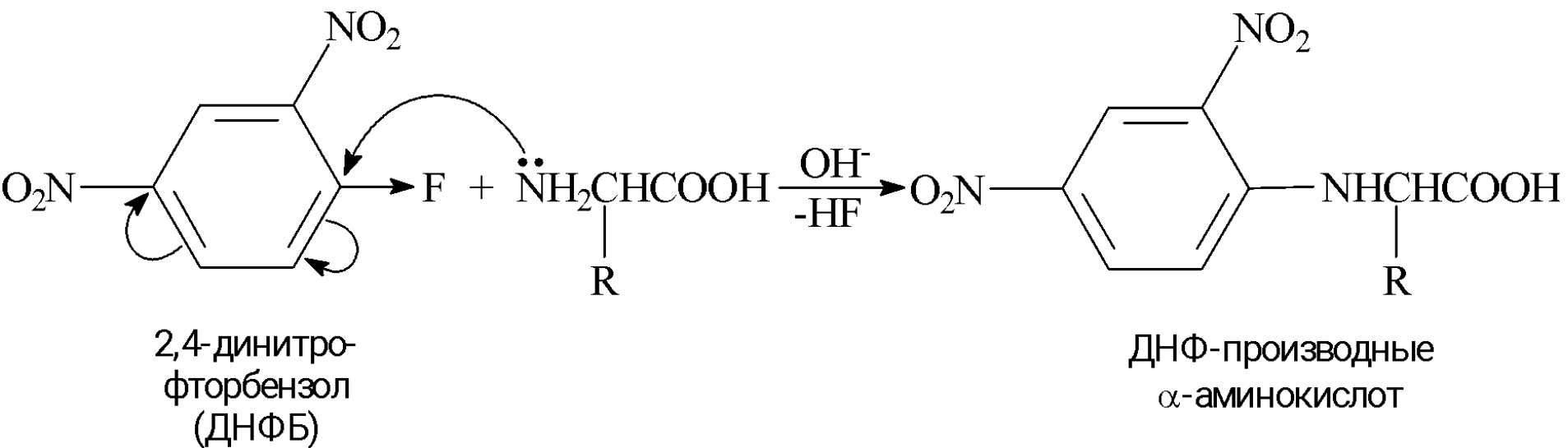


# Трансаминирование – реакция переноса α-аминогруппы с аминокислоты на α-кетокислоту:



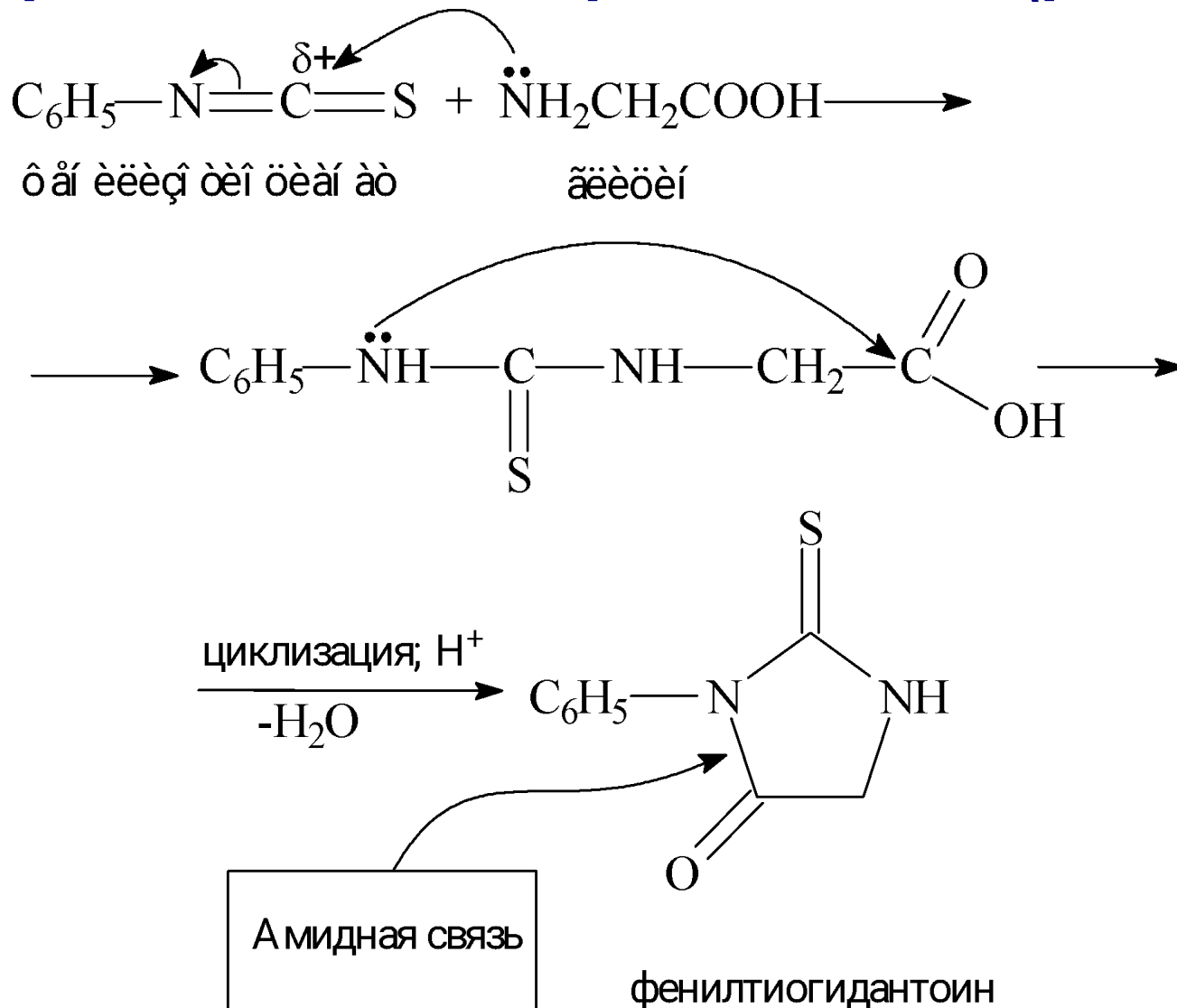
# Физические и химические свойства

## Образование ДНФ-производных



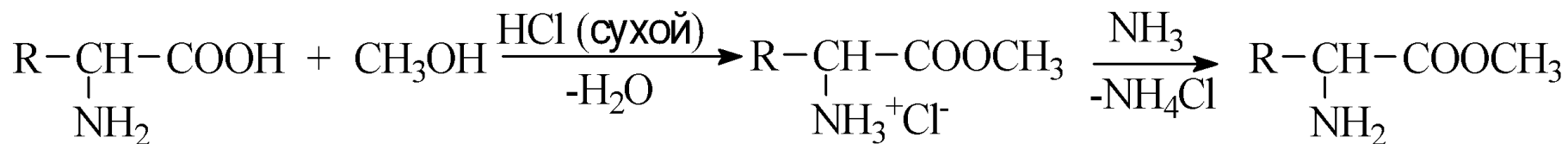
# Физические и химические свойства

## Образование ФТГ-производных (реакция Эдмана)



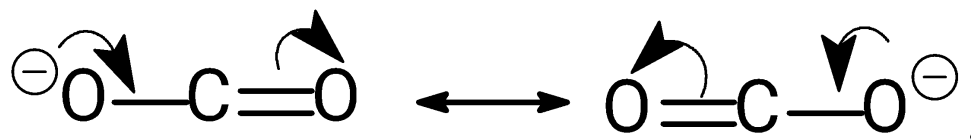
# Реакции, протекающие с участием только карбоксильной группы.

## 1. Образование эфиров



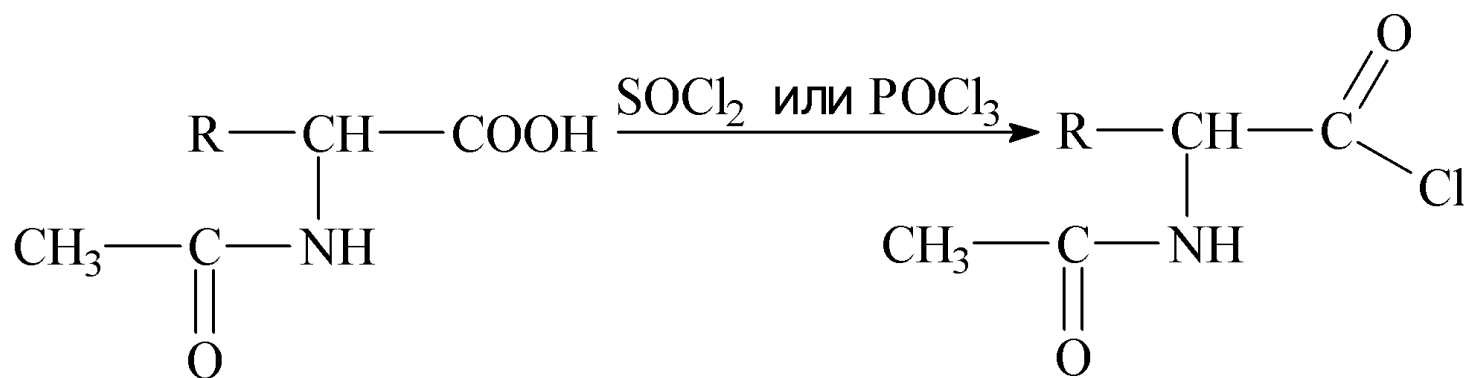
метиловый эфир  
 $\alpha$ -аминокислоты

глицин — кристаллическое вещество с  $T_{\text{пл}} = 292^\circ\text{C}$   
метиловый эфир глицина — жидкость с  $T_{\text{кип}} = 130^\circ\text{C}$ .



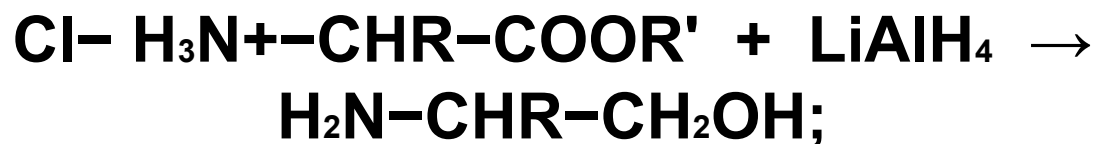
карбоксилат-ионы, полностью лишены ацилирующей способности

## 2. Образование галогенангидридов

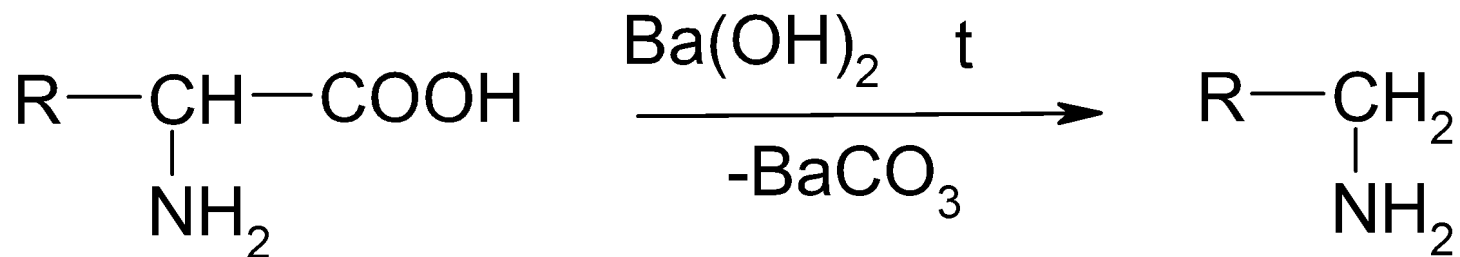


**Реакция используется для активации карбоксильной группы при пептидном синтезе**

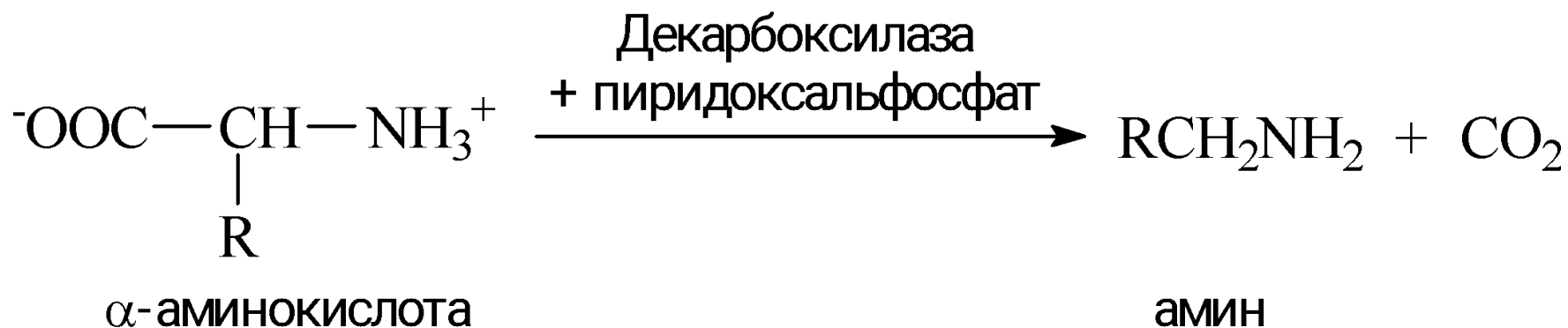
### 3. Восстановление карбоксильной группы до первичной спиртовой



### 4. Декарбоксилирование аминокислот термолизом солей щелочноземельных металлов



Процесс **декарбоксилирования**  
**α-аминокислот в организме**  
ведет к образованию **биогенных аминов**





putrescine



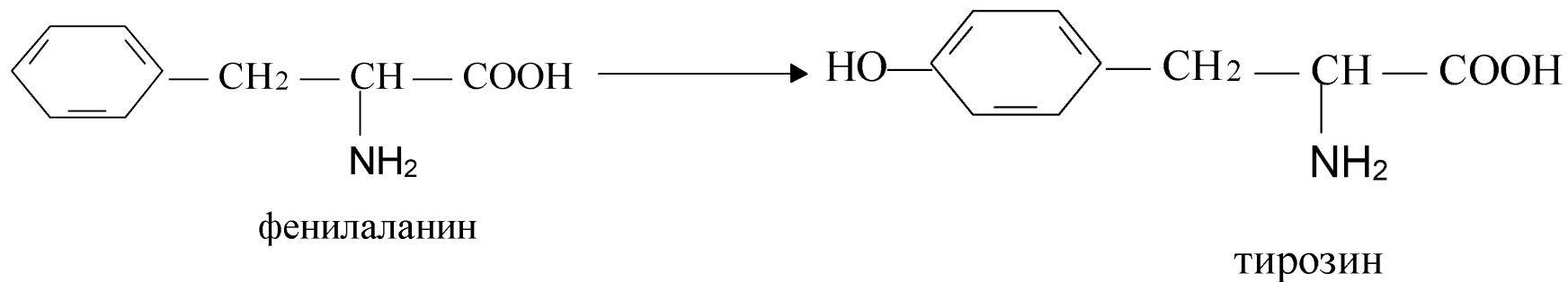
cadaverine

**Путресцин**- 1,4-диаминобутан, образующийся в толстой кишке при ферментативном декарбоксилировании орнитина; при цистинурии обнаруживается в моче.

**Кадаверин**-(лат. cadaver труп) - продукт ферментативного декарбоксилирования лизина (1,5-диаминопентан), образующийся при бактериальном разложении белков (напр., в просвете толстой кишки).

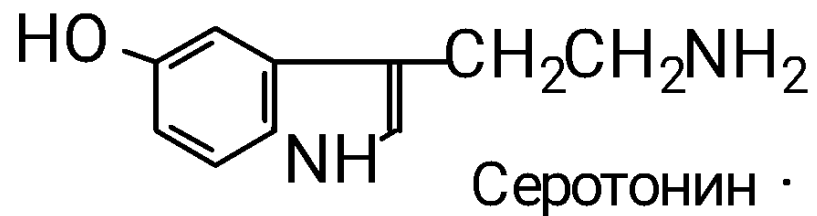
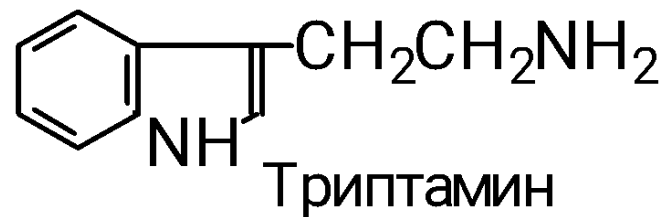
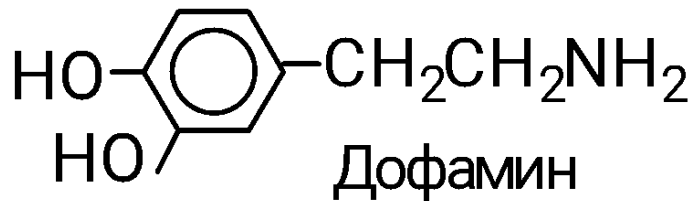


## Ферментативное гидроксилирование

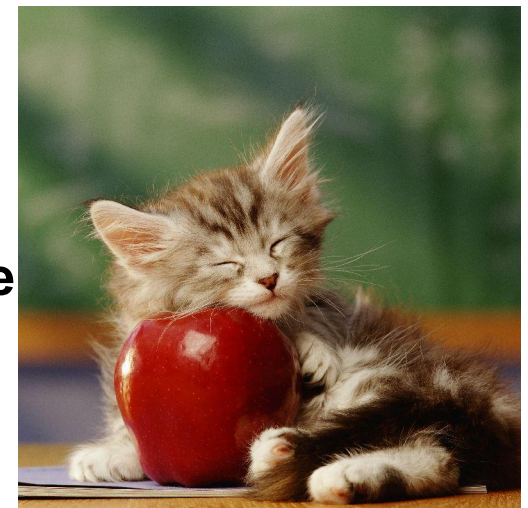


При генетически обусловленном отсутствии в организме фермента, катализирующего этот процесс, развивается тяжелое заболевание — **фенилкетонурия**.

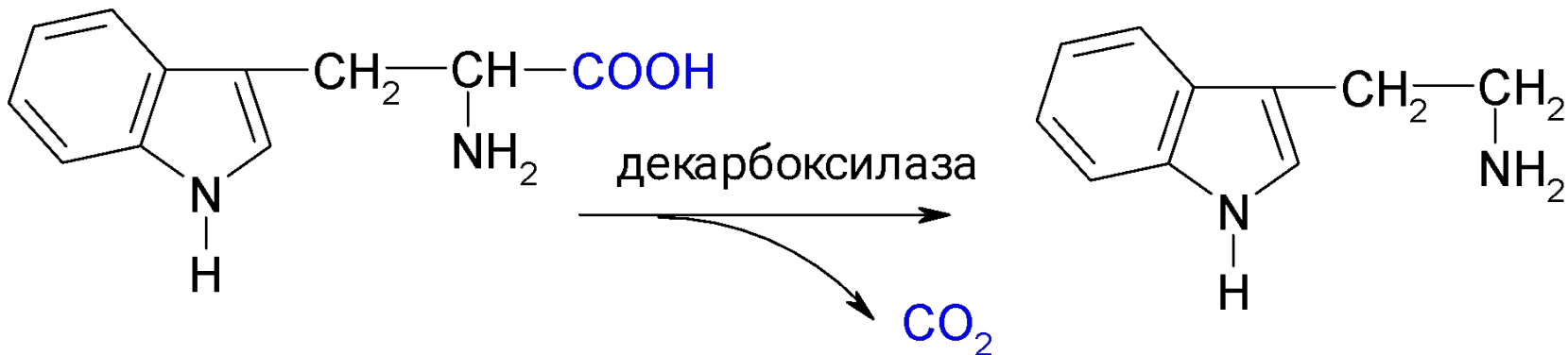
# Биогенные амины в организме



**Серотонин** оказался высокоактивным биогенным амином сосудосуживающего действия. Он регулирует артериальное давление, температуру тела, дыхание, почечную фильтрацию и является медиатором нервных процессов в ЦНС



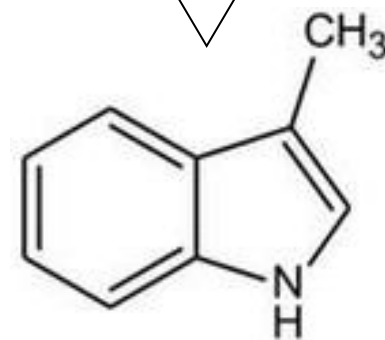
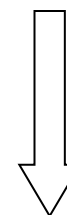
## ■ Декарбоксилирование



трипт офан

индол

трипт амин

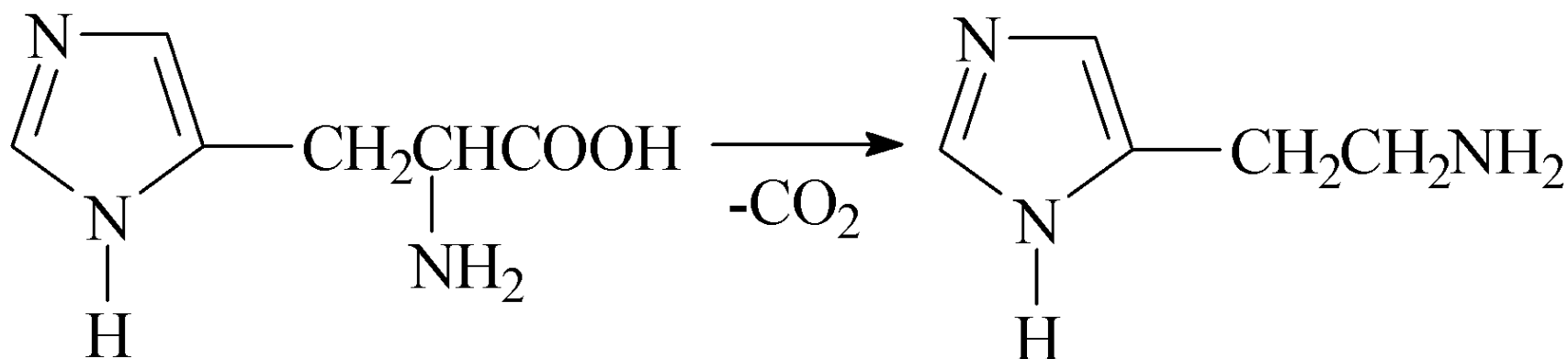


Скато́л (3-мети́линдол)



Обладает фекальным запахом (при большом разведении приобретает запах жасмина)

## Декарбоксилирование в организме



ГИСТИДИН

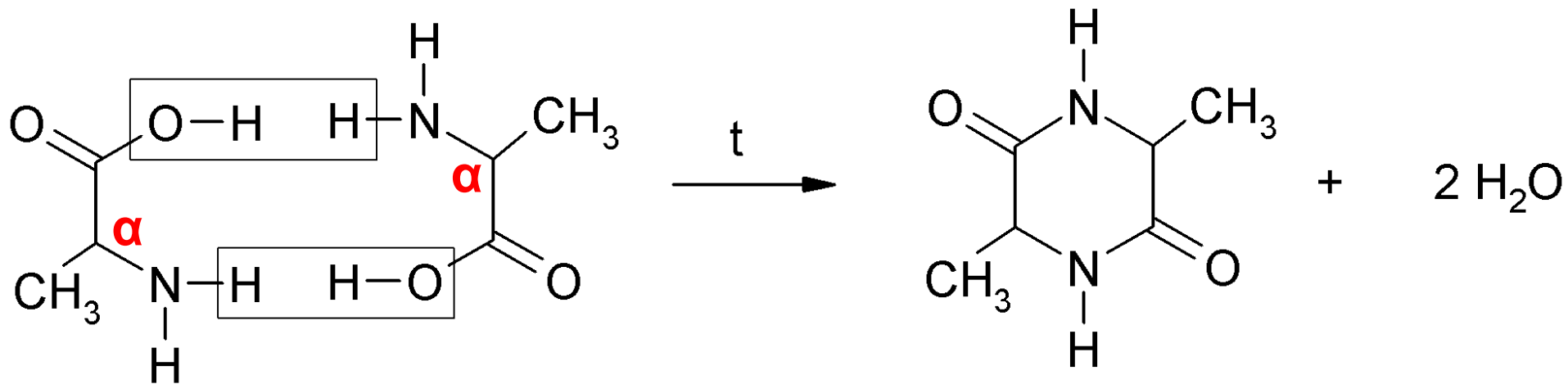
ГИСТАМИН

**Обладает сосудорасширяющим свойством,  
Медиатор аллергических реакций**

# Реакции, протекающие с участием обеих функциональных групп.

## 1. Отношение аминокислот к нагреванию

### $\alpha$ -аминокислоты

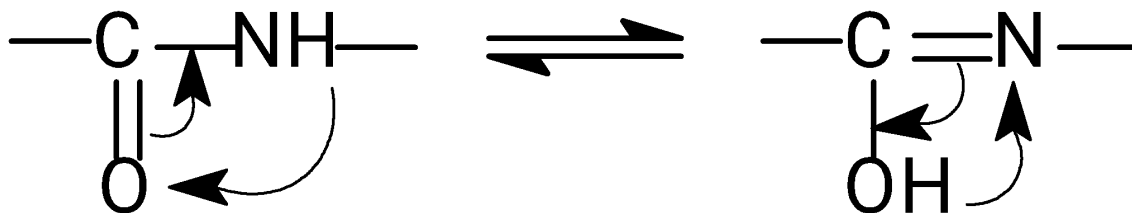


*аланин*

*дикетопиперазин*

*2,5-диоксо-3,6-диметилпиперазин*

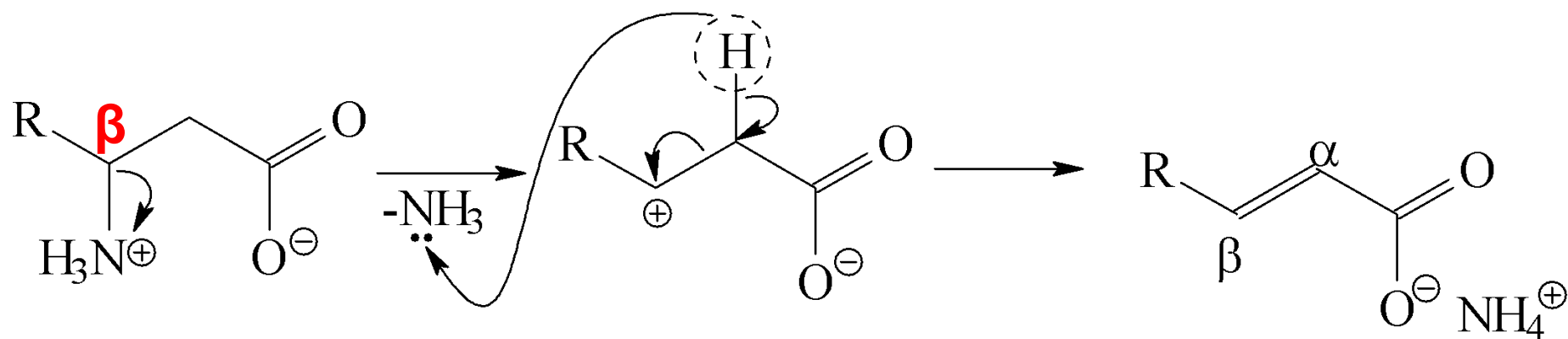
# Лактим-лактамная таутомерия



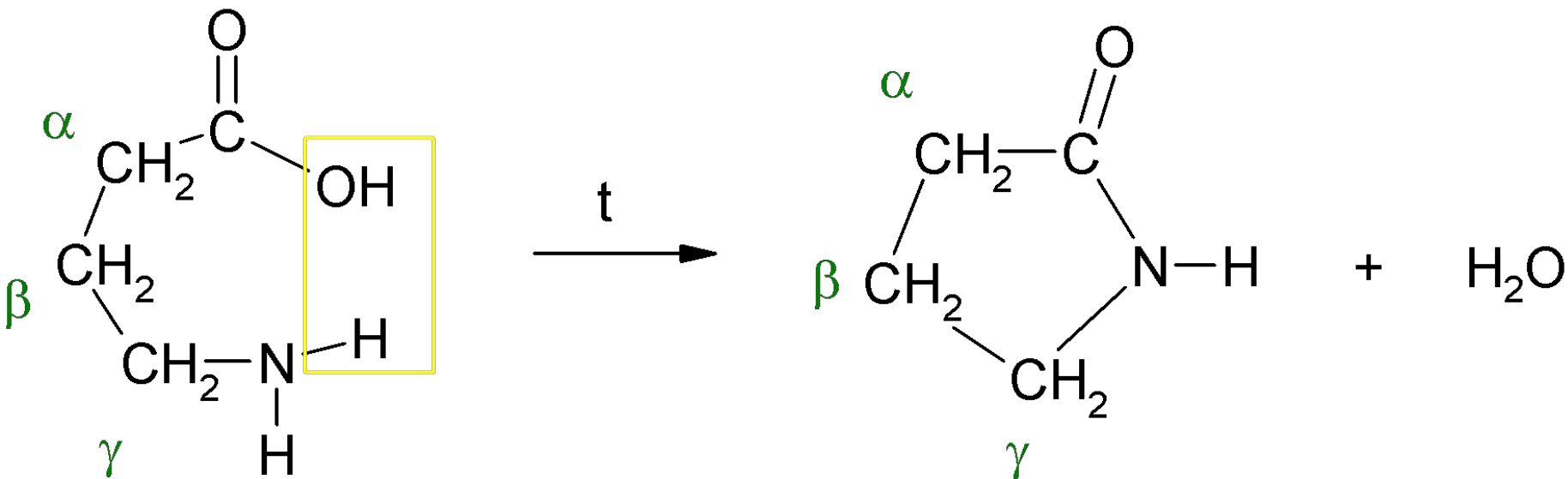
Лактам

лактим

# β-аминокислоты



# γ-аминокислоты



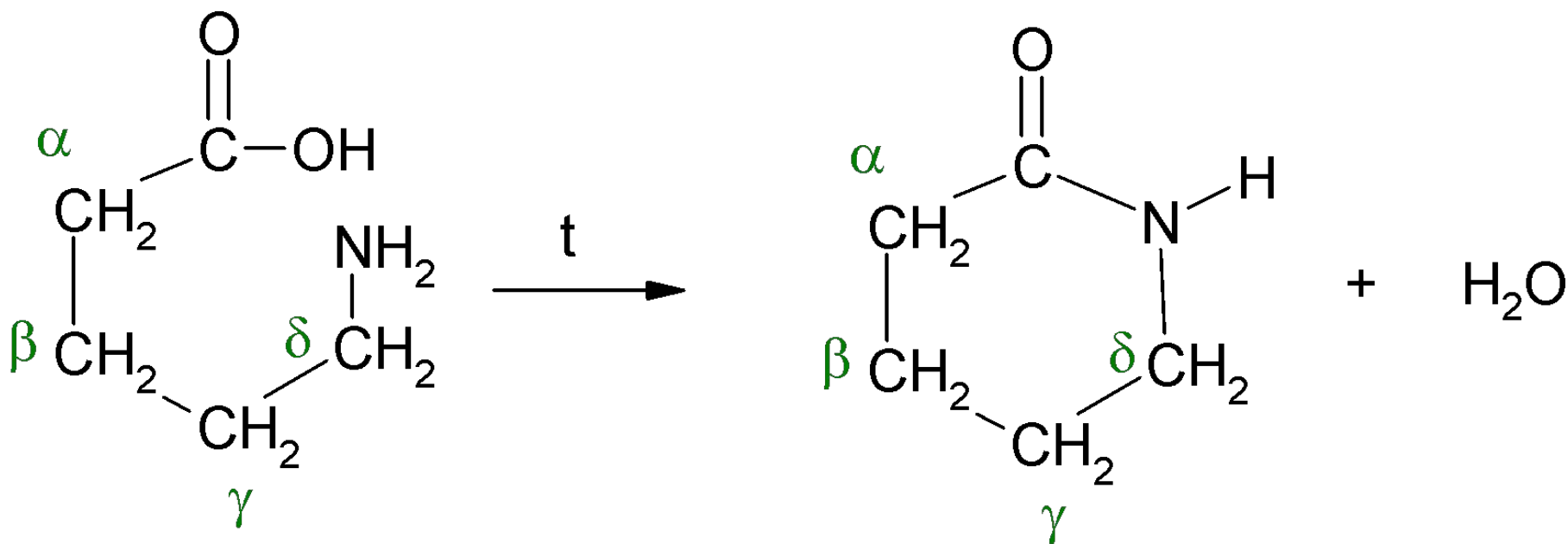
γ-аминомасляная кислота

γ-бутиролактam

γ-Лактамы являются кетопроизводными тетрагидропиррола (пирролидина), поэтому их называют *пирролидонами*.



# δ-аминокислоты

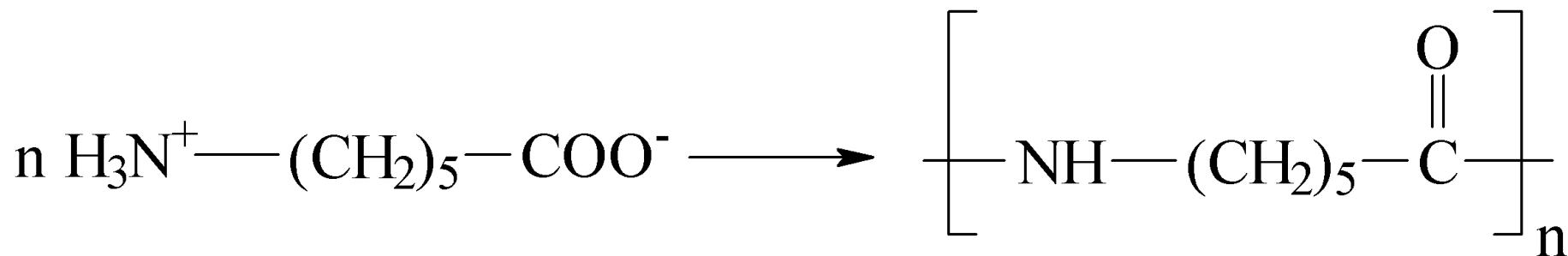


**δ-аминовалериановая  
кислота**

**δ-валеролактam**

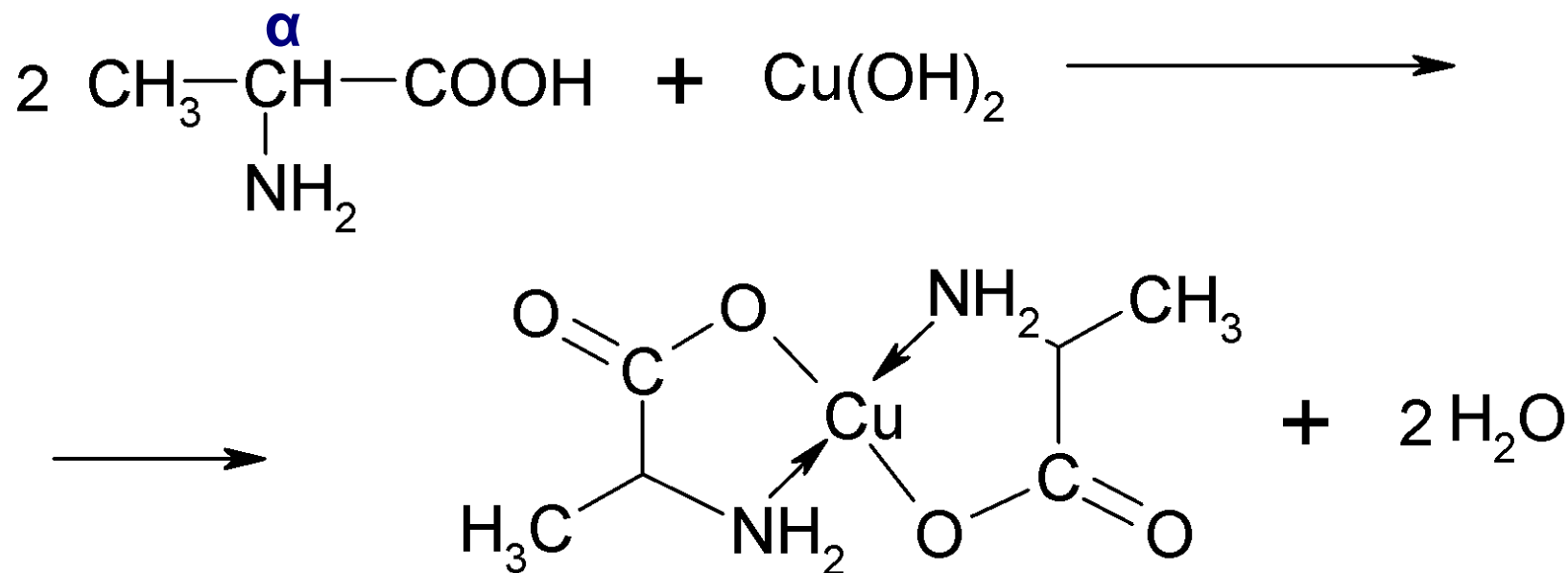
**производные пиперидона-2**

## ω-аминокислоты



ω-аминокислоты претерпевают межмолекулярное взаимодействие с образованием полимерных структур с амидной связью (*полиамидов*)

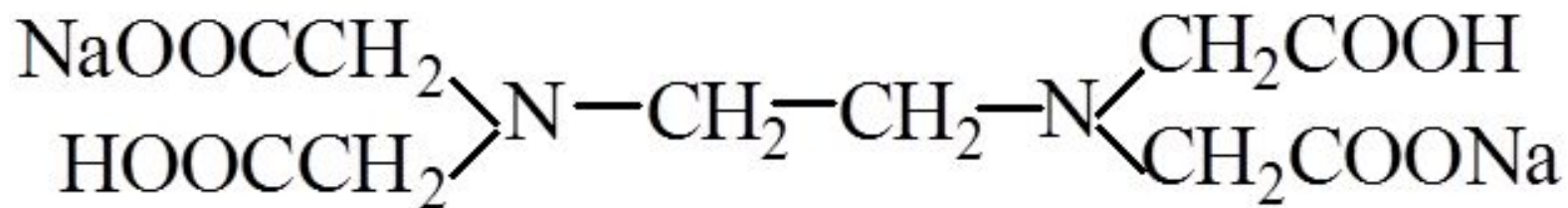
## 2. Образование комплексных солей металлов



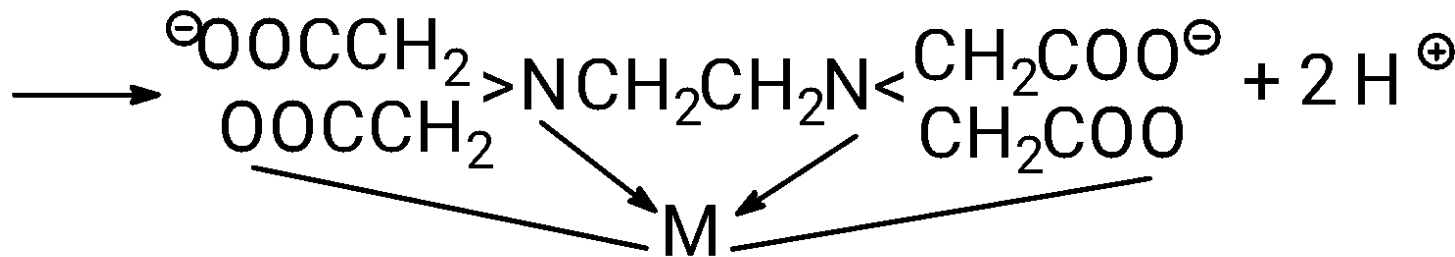
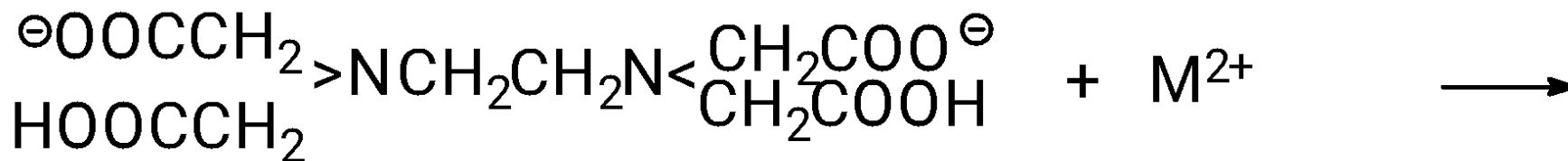
Хелатные соли меди (II) синего цвета



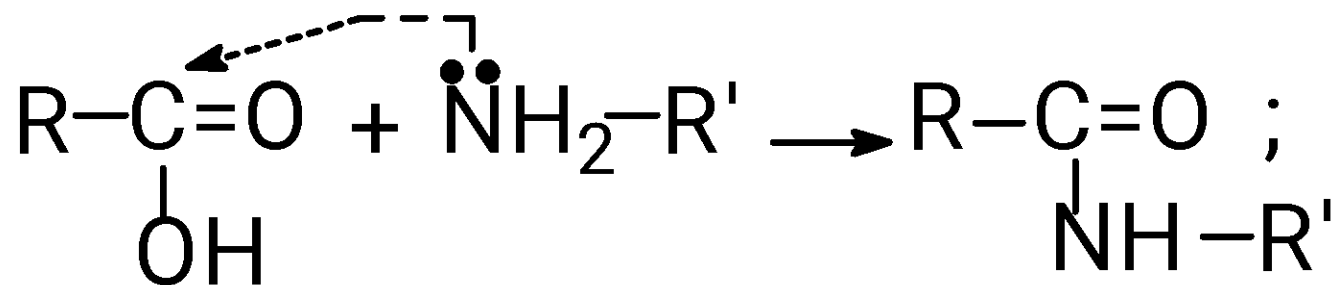
служит **качественной реакцией** на наличие в молекуле **α-аминокарбоксильной функции**.



Трилон Б  
(динатриевая соль  
этилендиаминтетрауксусной кислоты)



### 3. Образование межмолекулярных амидных связей

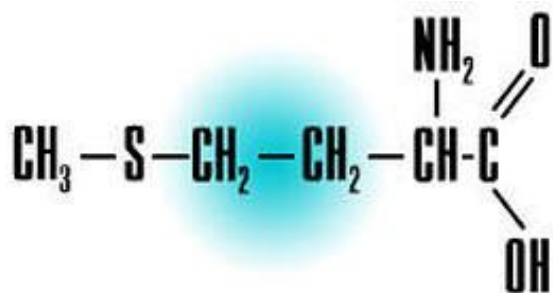


# Аминокислоты нередко применяются в качестве лекарственных средств:

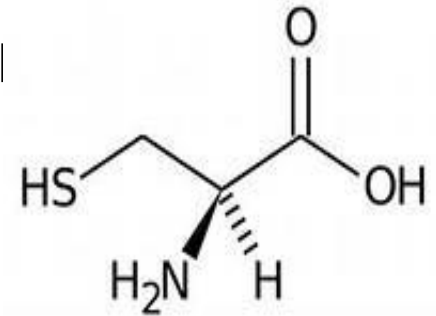
- - Смешанные К,Мg-соли **Asp (аспаркам)** или **Glu (панангин)** используются в кардиологии и неврологии



**Met ( метионин )** используется при лечении заболеваний и токсических поражений печени



- **Cys (ЦИСТЕИН)** участвуя в обмене хрусталика глаза, полезен для профилактики и задержки развития некоторых типов катаракты



**N-ацетильное производное Cys (АЦЦ),** облегчает откашливание при бронхитах.

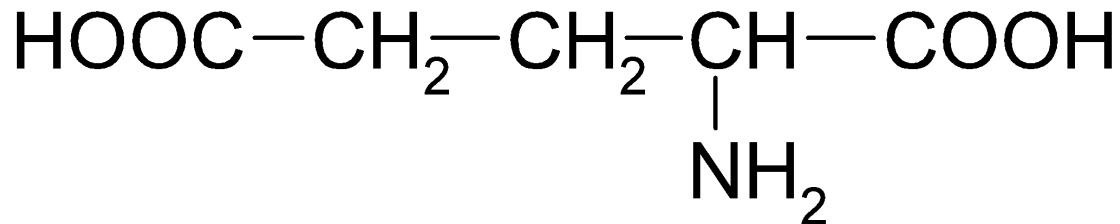




**Na-соль Glu (глутамат натрия)** является очень широко распространенной пищевой добавкой, улучшающей вкус продуктов.

うま味

Умами - “мясной вкус”



Глутаминовая кислота (**E620**) и её соли:

(глутамат натрия **E621**, глутамат калия **E622**, диглутамат кальция **E623**, глутамат аммония **E624**, глутамат магния **E625**)- используются как **усилители вкуса.**

его получают из креветок и внутренностей рыб, водорослей, солода и свеклы.



# Глутаминовая кислота и её соли безопасны!

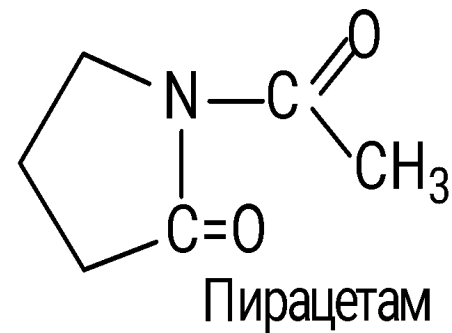
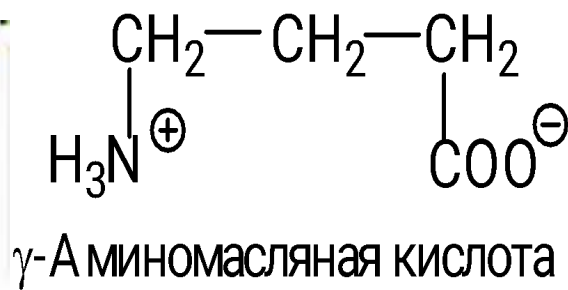
В продуктах питания глутамата натрия должно быть не более 0,8%



Глутамат натрия разрешено добавлять к продуктам питания в количестве 1,5 г на 1 кг или на 2 л.

в сутки не более 9 граммов !

- **γ-аминомасляная (4-аминобутановая) кислота**, принимает участие в обменных процессах головного мозга; лактам ее N-ацетилированной формы (**ноотропил**, или **пирацетам**) широко используется в медицине для лечения нарушений функций головного мозга



- Средство **для лечения постинсультных больных (церебролизин)** состоит главным образом из смеси аминокислот, получаемых в результате гидролиза мозгового вещества крупного рогатого скота.



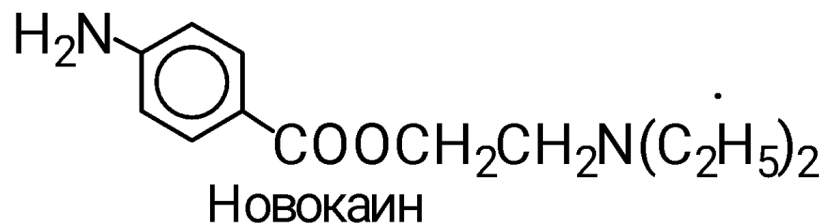
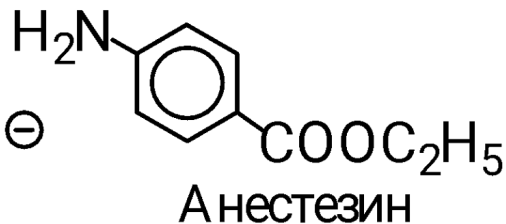
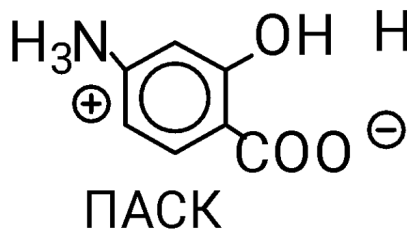


**Спасибо**  
**за**  
**Ваше внимание!**

**пара-Аминосалициловая кислота** (4-амино-2-гидроксибензойная кислота, ПАСК) и ее натриевая соль обладают бактериостатической активностью в отношении бактерий туберкулеза и являются известным **противотуберкулезным препаратом**.

**Этиловый эфир 4-аминобензойной кислоты** (**анестезин**)

и **2-диэтиламиноэтиловый эфир** той же кислоты (**новокаин**, или **прокаин**) широко используются в качестве **анестетиков**:

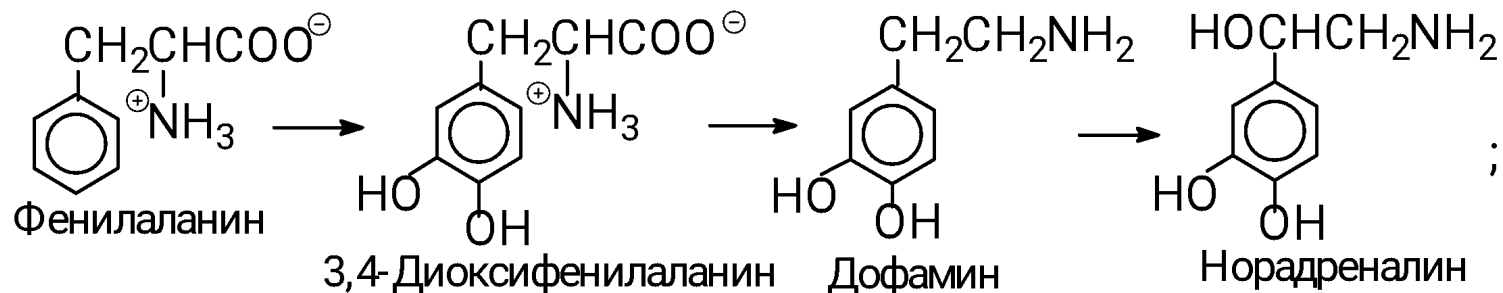


## Биологическое значение аминокислот

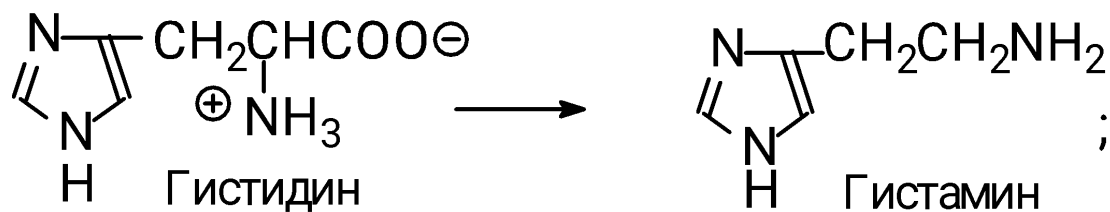
1. Аминокислоты являются теми мономерными молекулами, из которых в организме образуются практически все биологически важные биополимеры: простые и сложные белки (именно поэтому природные аминокислоты называют *протеиногенными*);

2. В ходе обменных процессов,, аминокислоты превращаются в разнообразные биологически важные соединения других классов. Например, Arg служит компонентом цикла образования мочевины, Asp предшествует синтезу пуринов, пиримидинов, щавелевоуксусной кислоты, а без Gly невозможен биосинтез порфиринов, пуринов, глутатиона, креатина;

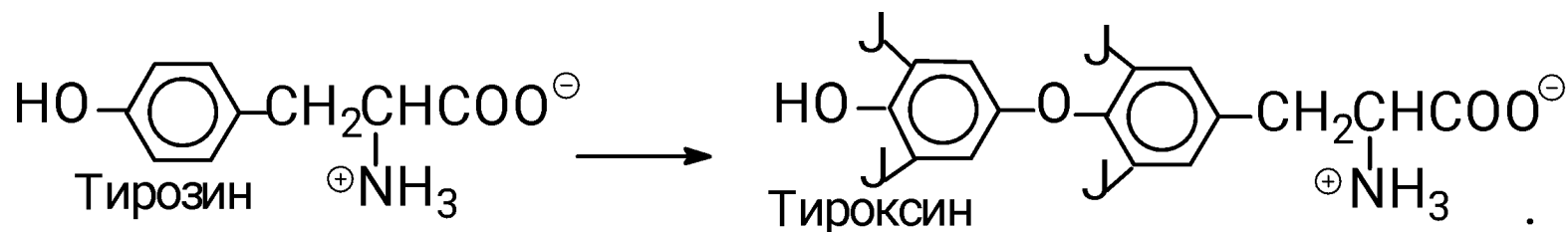
3. Существенна роль аминокислот как предшественников разнообразных нейромедиаторов:



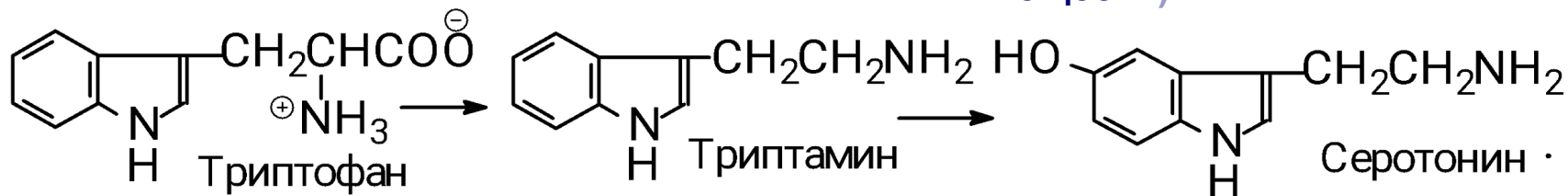
**ДОФА или ДОРА**



**отвечает за развитие аллергических реакций**



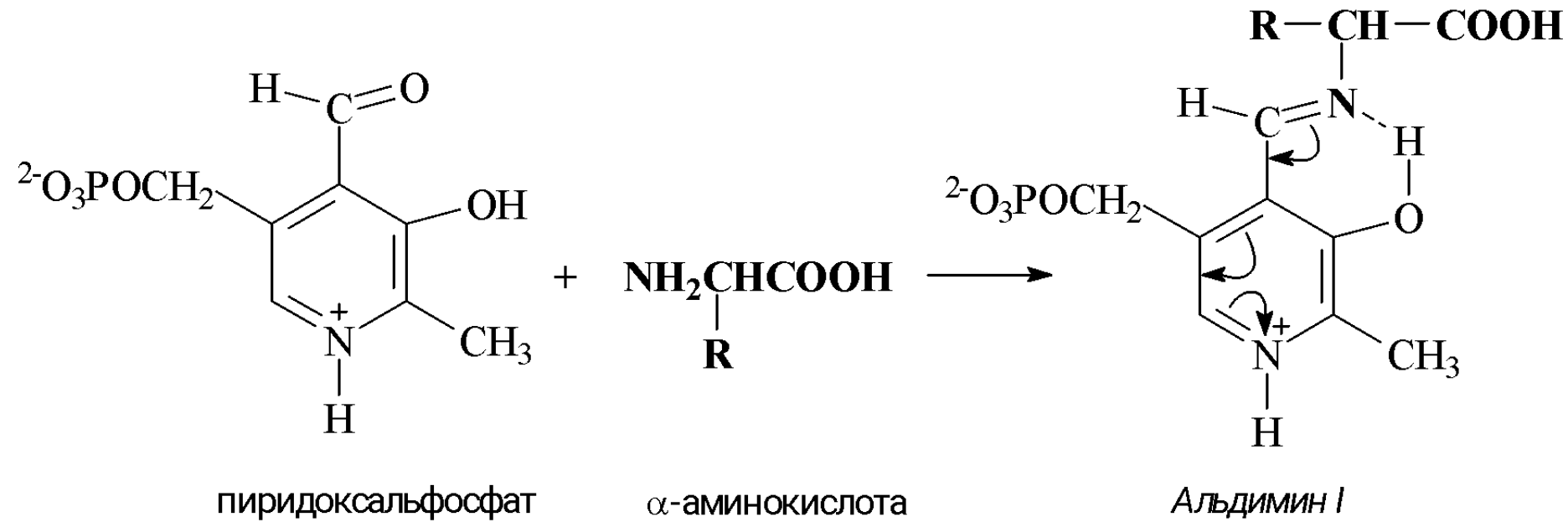
**гормон щитовидной железы (регулирует обмен веществ)**



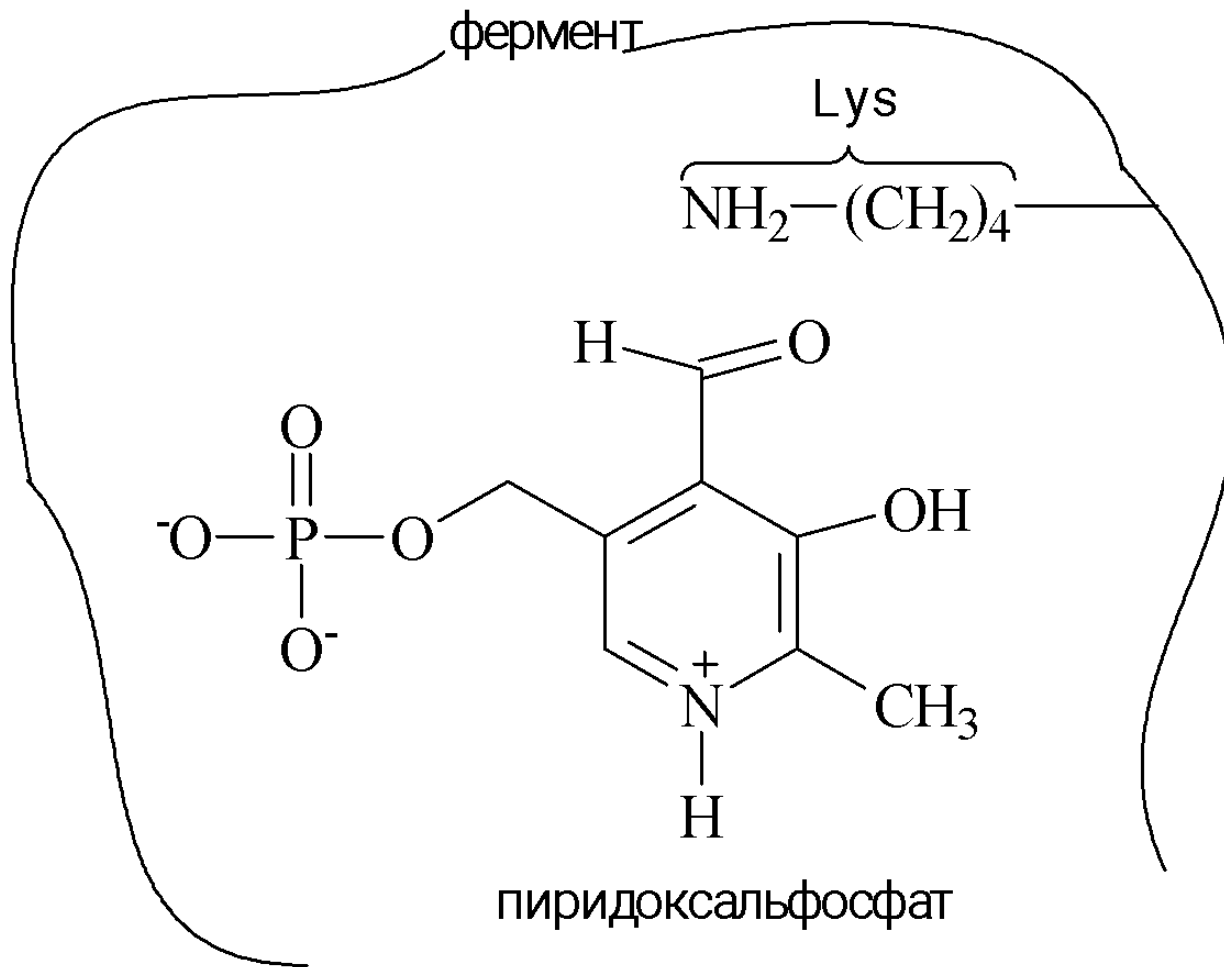
**серотонинэргический  
медиатор,  
вызывает торможение**



# Биологически важные химические реакции

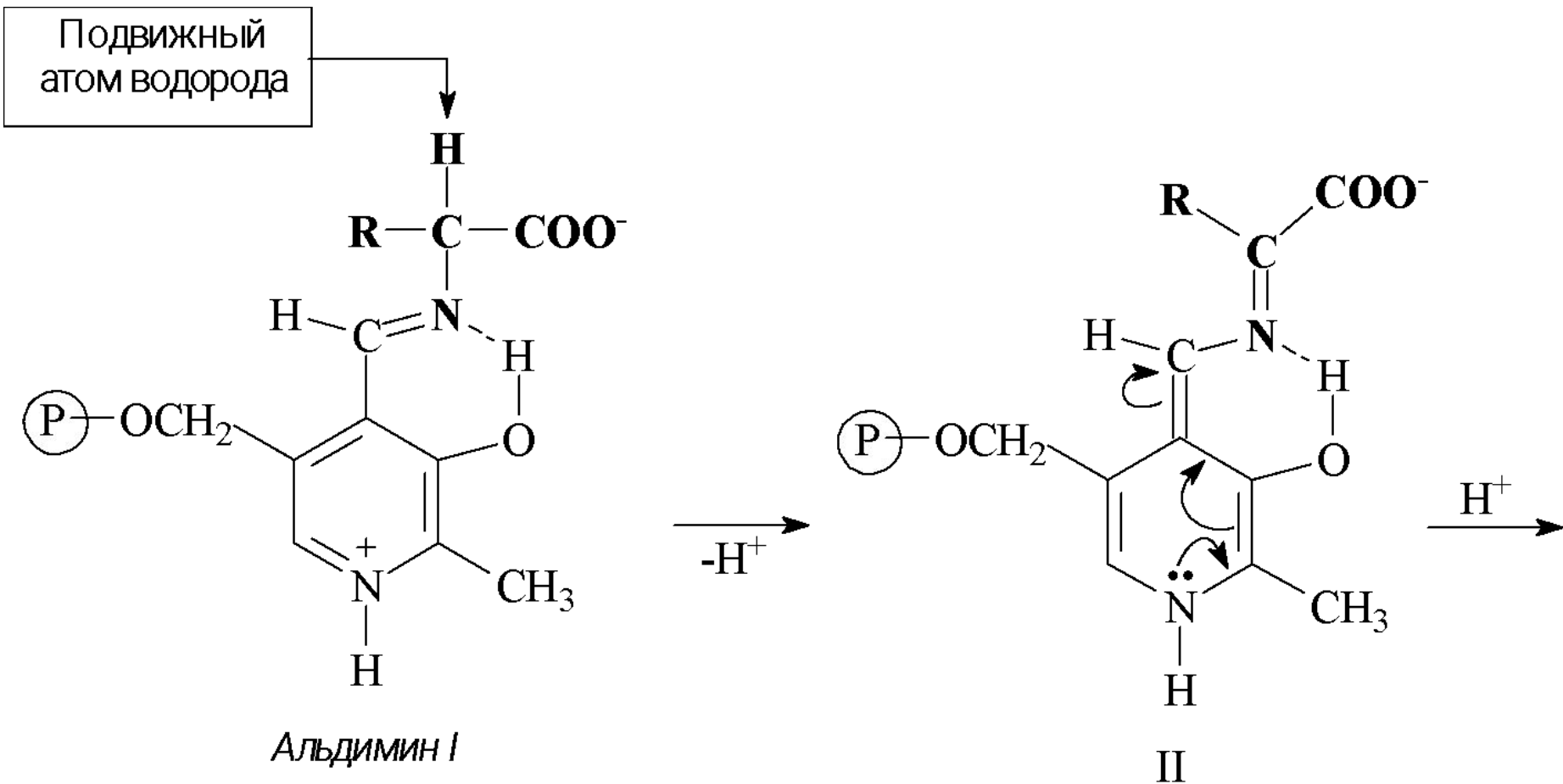


# Биологически важные химические реакции



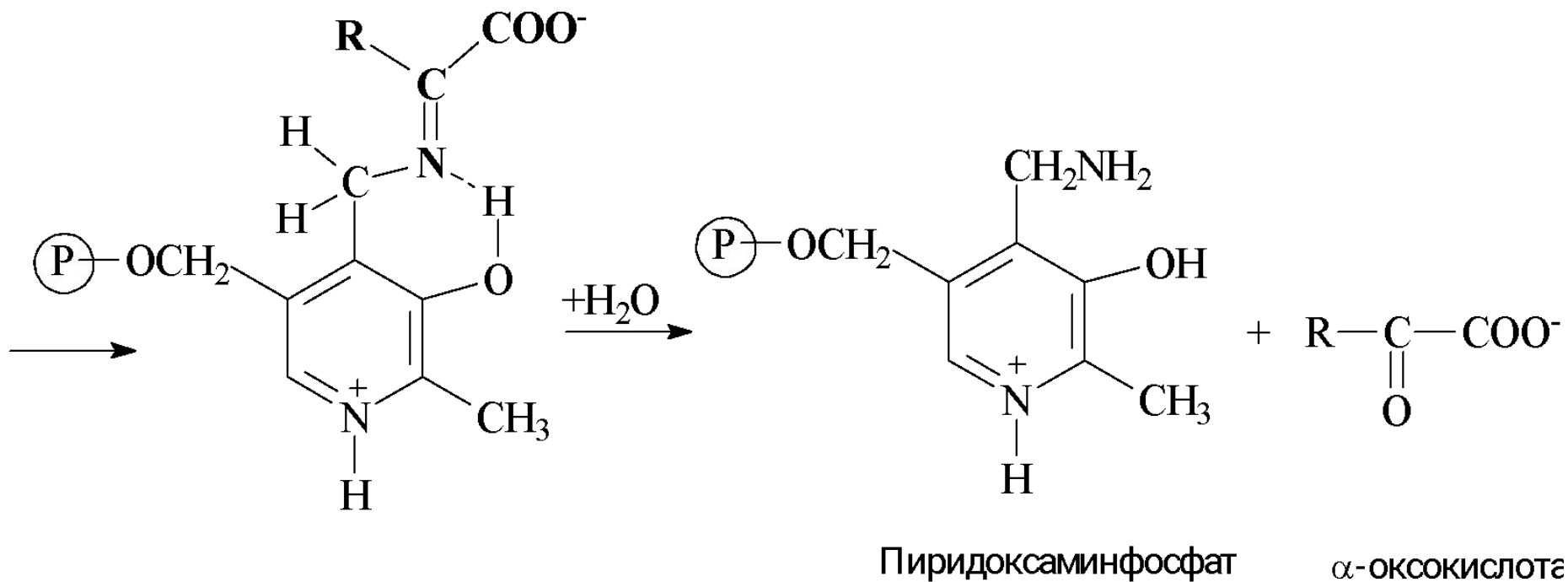
# Биологически важные химические реакции

## Перенос аминокетильной группы



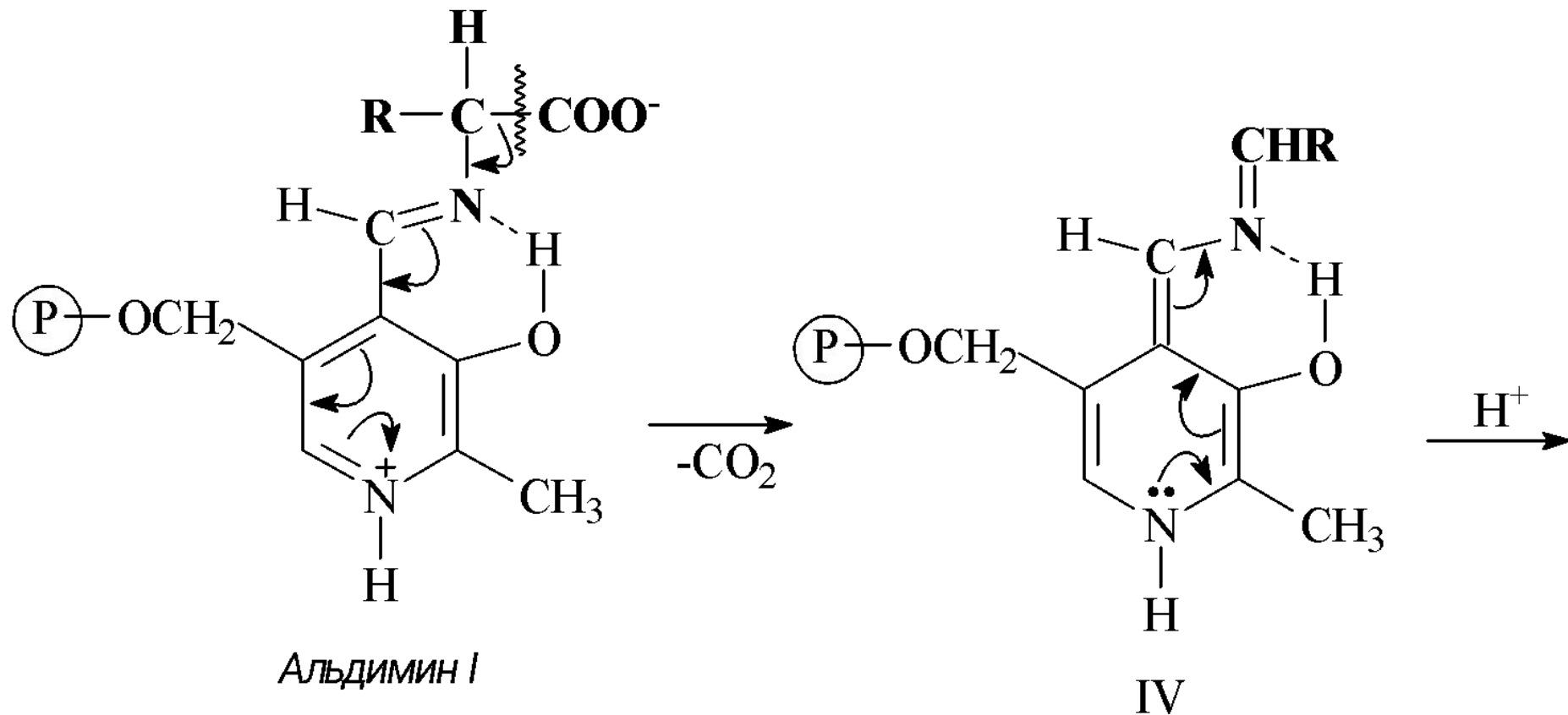
# Биологически важные химические реакции

## Перенос аминогруппы



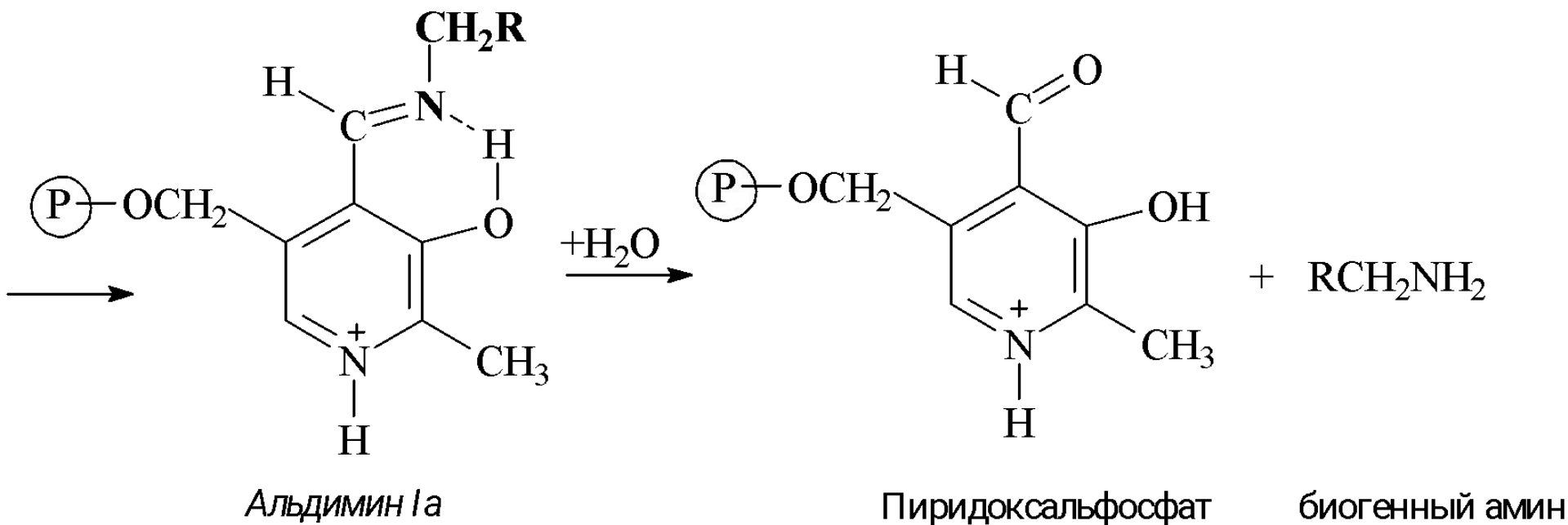
# Биологически важные химические реакции

## Декарбоксилирование в организме



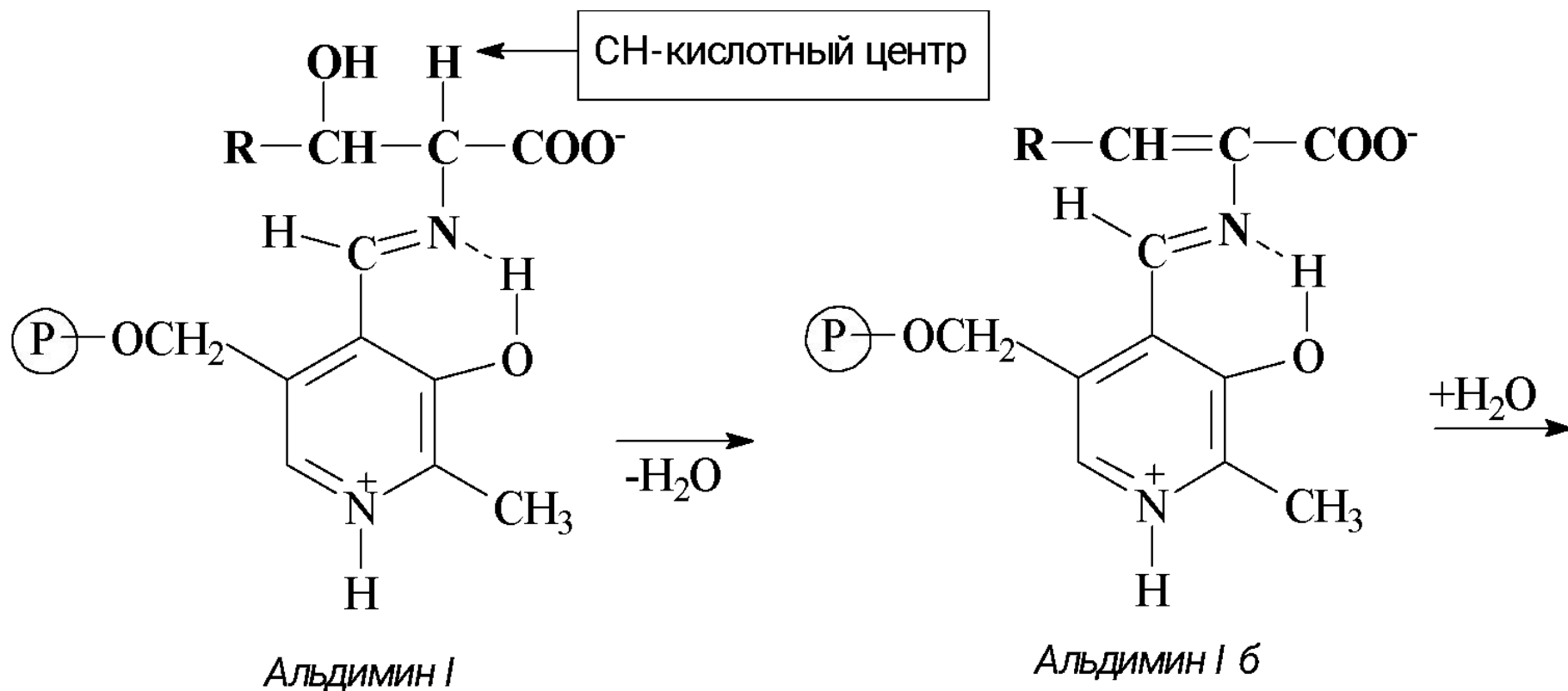
# Биологически важные химические реакции

## Декарбоксилирование в организме



# Биологически важные химические реакции

## Элиминирование



# Биологически важные химические реакции

## Элиминирование

