

# № 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 неисчислимы образы свойств, перемен и явлений »***



**М.В.  
Ломоносов**

**1711-1765**



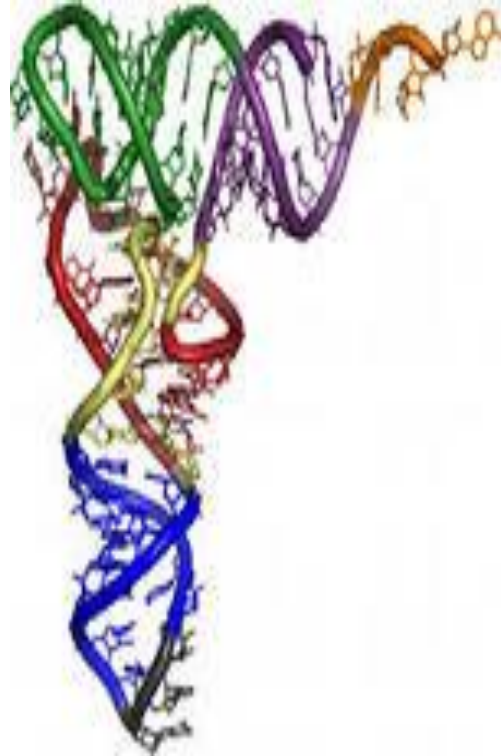
$10^{100}$

10 000 ... 000  
33 раза

Google™

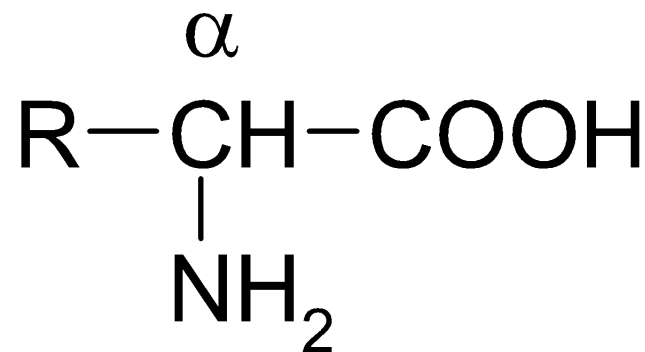
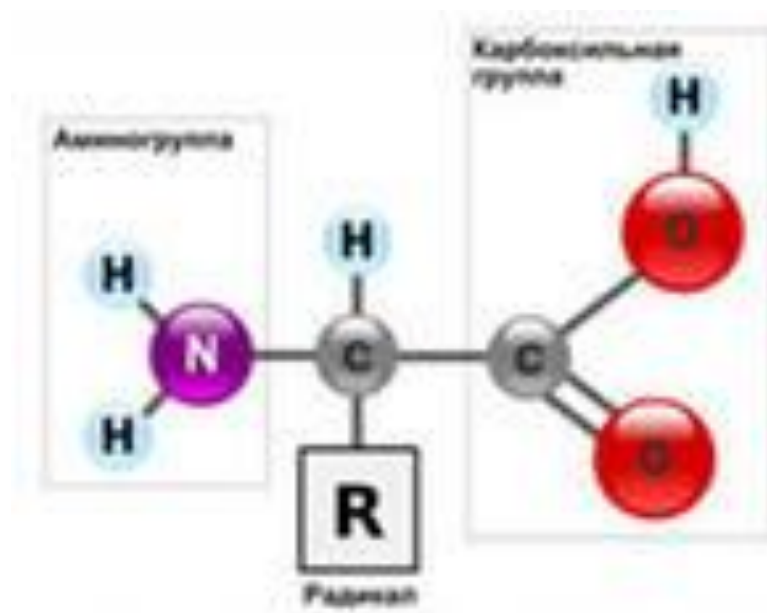
Первая по популярности  
поисковая система (79,65 %)

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.**

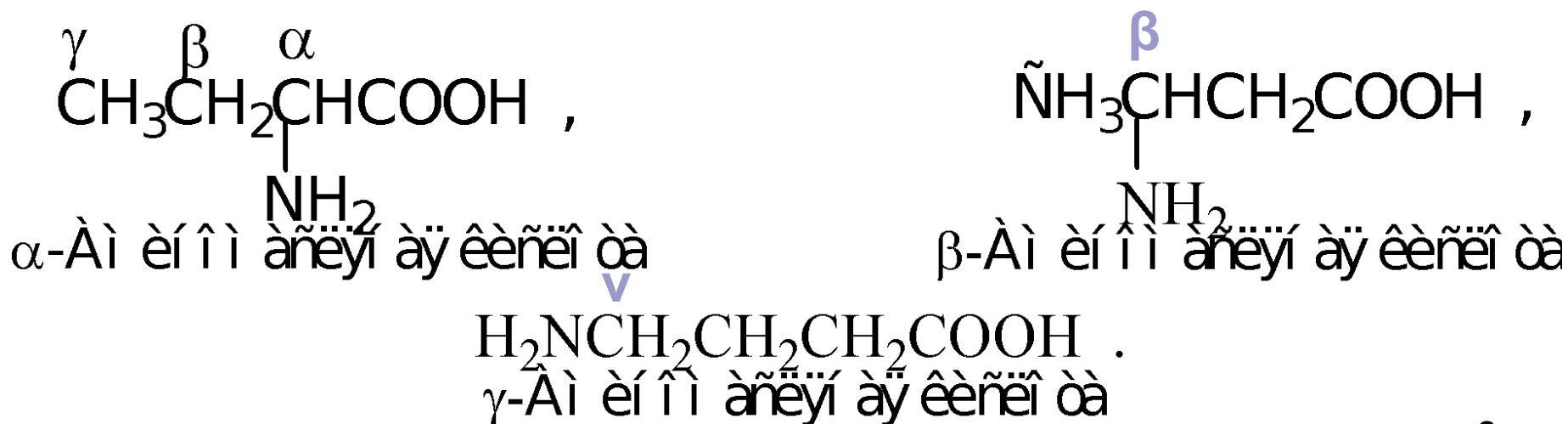
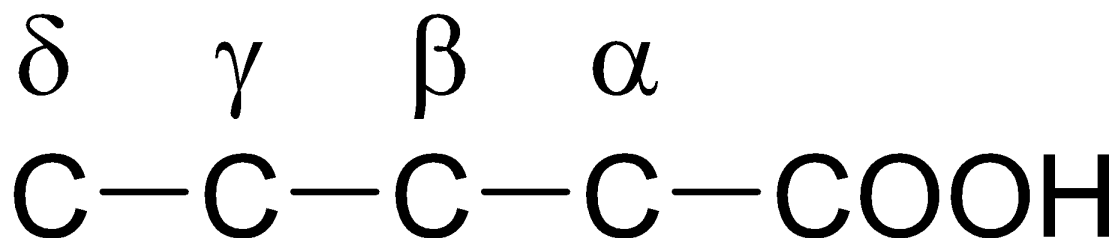
***Аминокислоты*** – соединения, в молекулах которых одновременно присутствуют амино- и карбоксильные группы.





# Классификации аминокислот

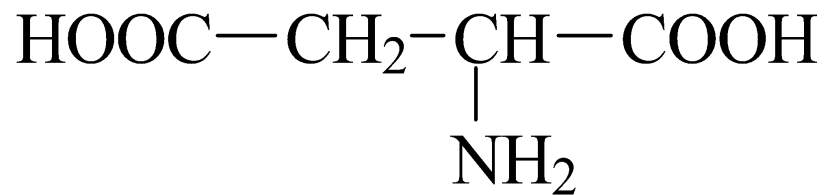
1. В соответствии с расстоянием между амино- и карбоксильной группами :



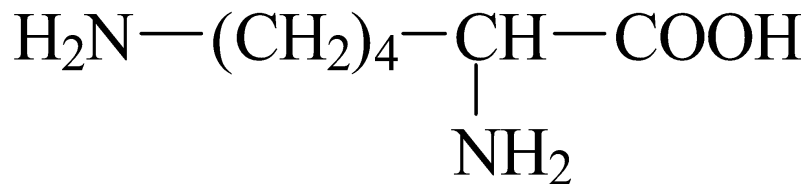
## 2. В зависимости от соотношения числа амино- и карбоксильных групп:



Глицин,  
монокарибоновая  
кислота



Аспарагиновая кислота,  
дигарибоновая  
кислота



Лизин,  
дигарибоновая  
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

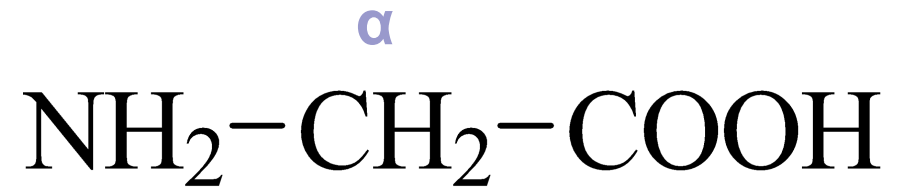
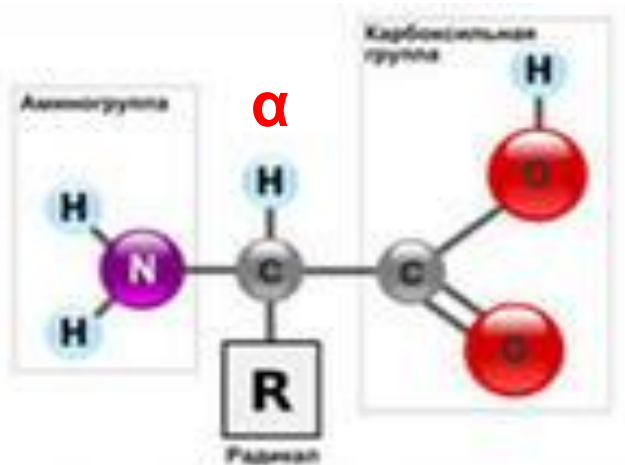


- Триптофан
- Фенилаланин
- Лизин
- Треонин
- Метионин
- Лейцин
- Изолейцин
- Валин

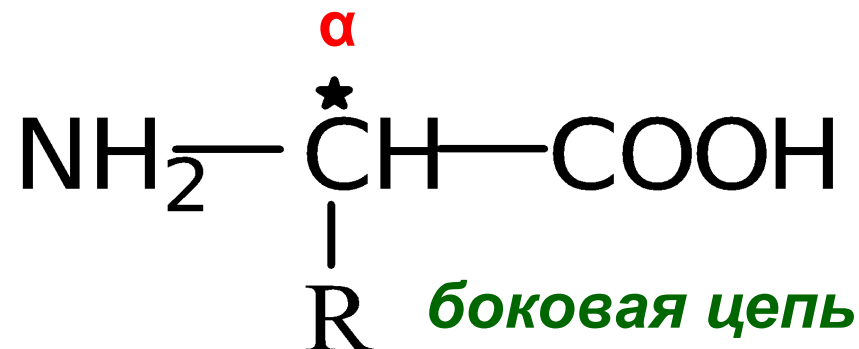
В детском возрасте незаменимы также **аргинин и гистидин**

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

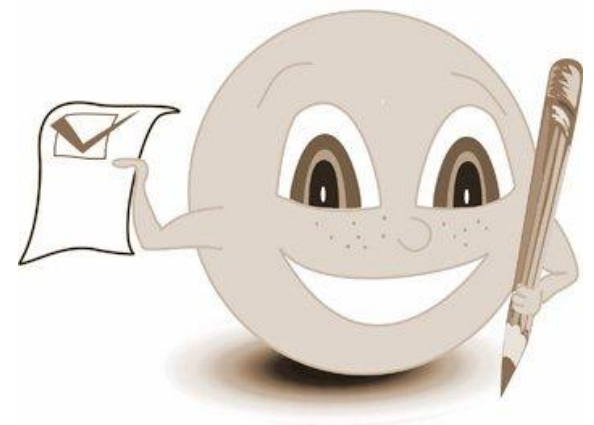
# α-аминокислоты



Глицин

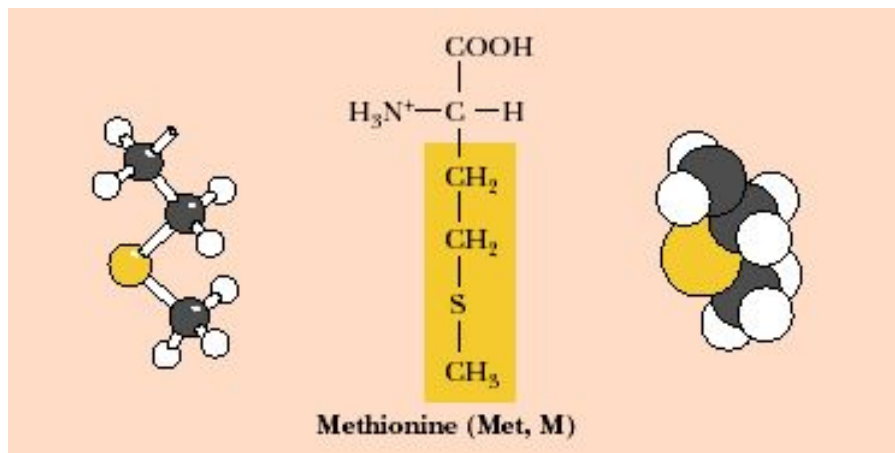


В соответствии с **природой остатка R** (*боковой цепью*)  
 $\alpha$ -аминокислоты подразделяют на группы:

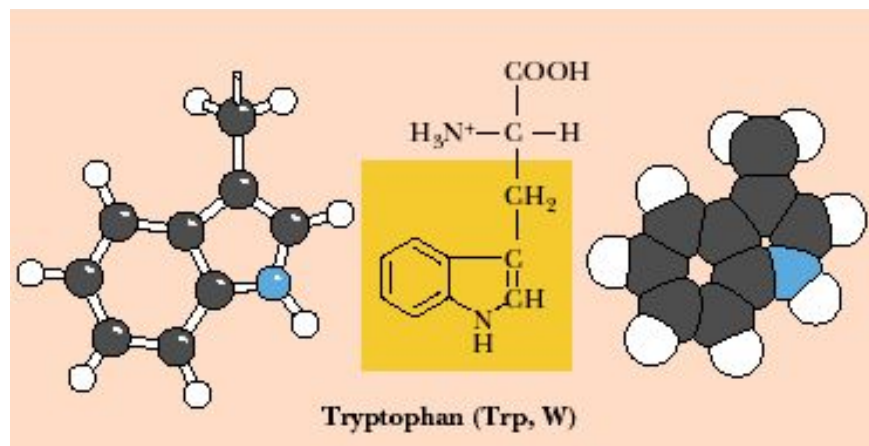


# Классификации $\alpha$ -аминокислот

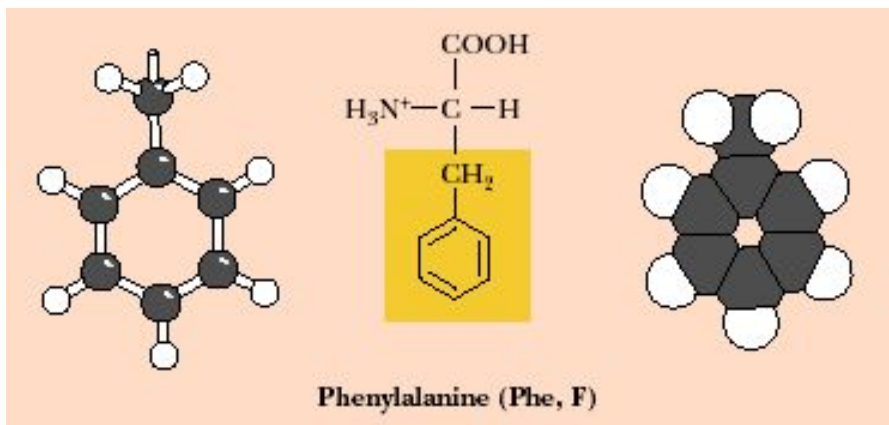
## А) Нейтральные гидрофобные аминокислоты



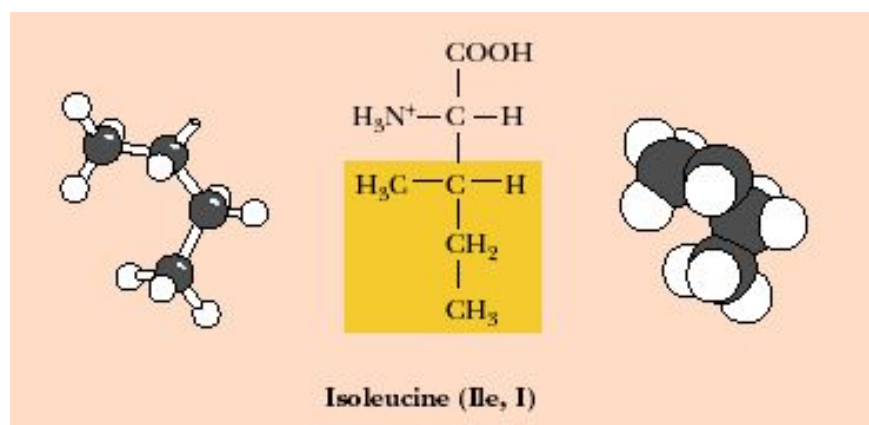
**Метионин**



**Триптофан**



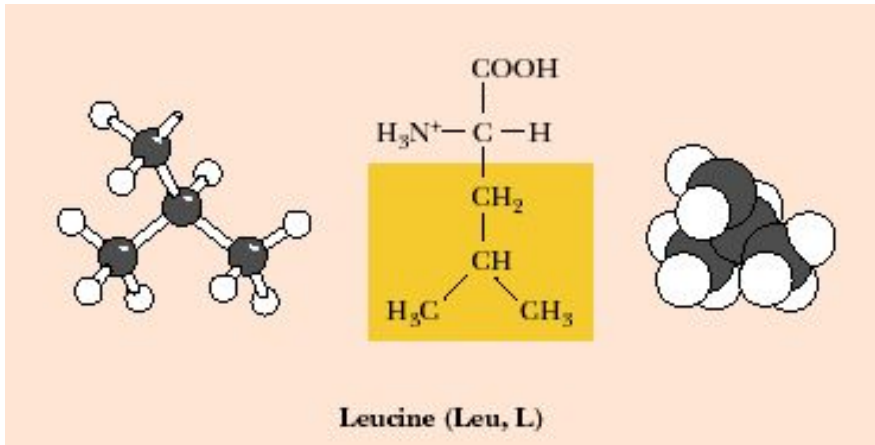
**Фенилаланин**



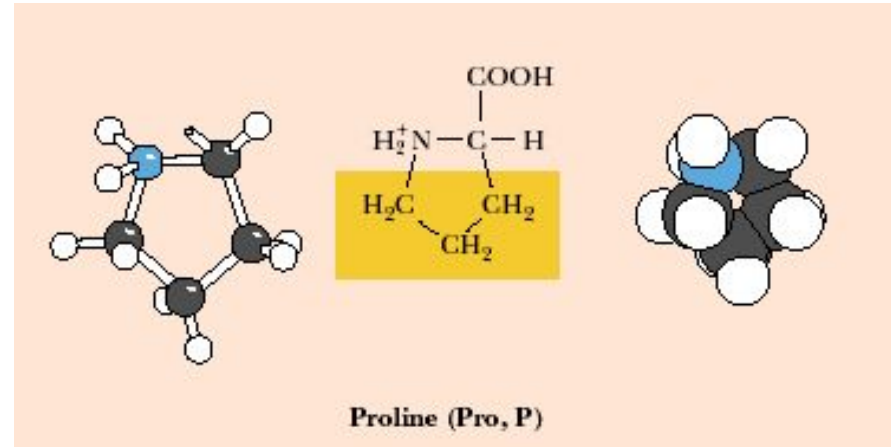
**Изолейцин**

# Классификации аминокислот

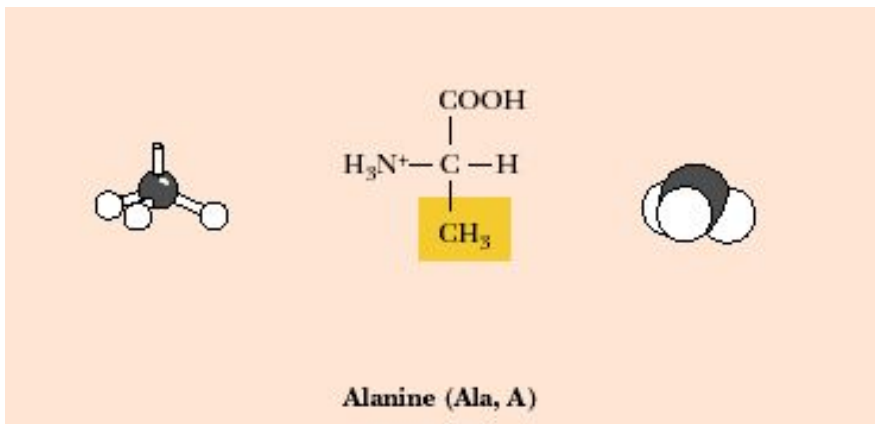
## Нейтральные гидрофобные аминокислоты



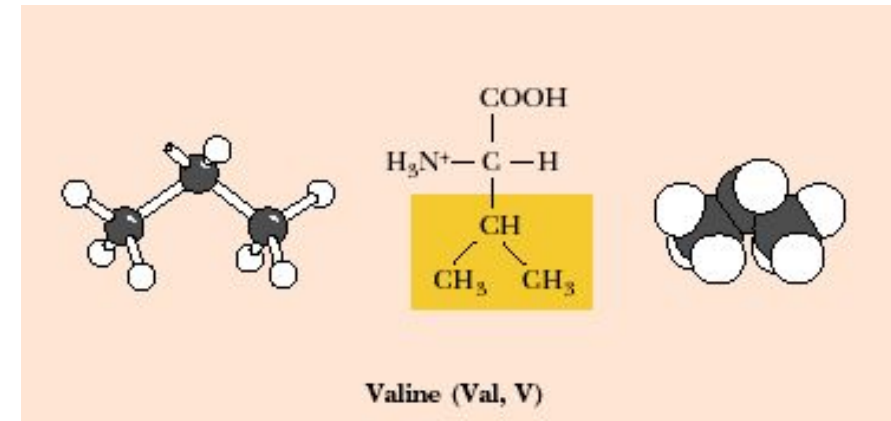
Лейцин



Пролин



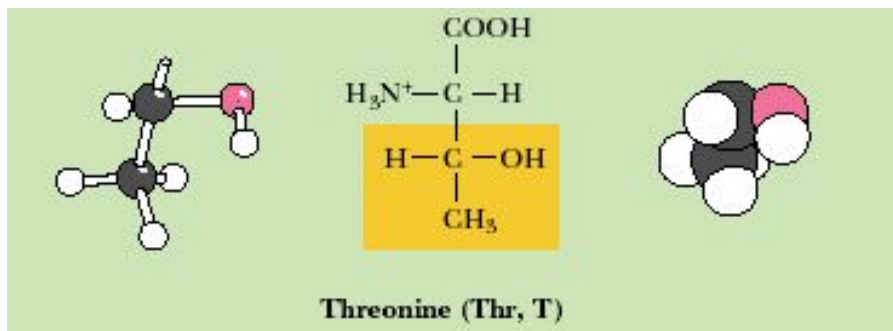
Аланин



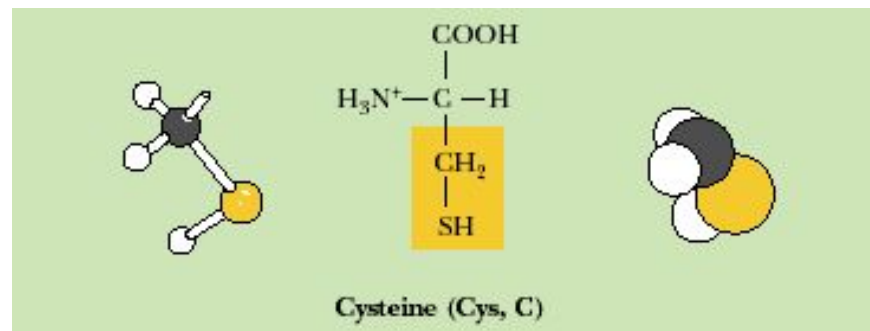
Валин

# Классификации аминокислот

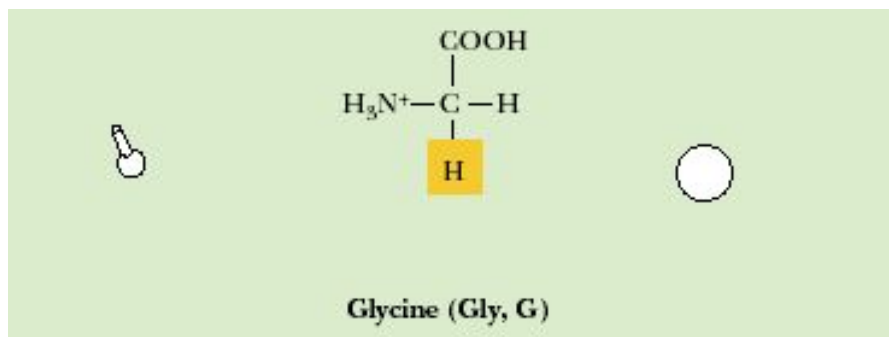
## Б) Нейтральные гидрофильные аминокислоты



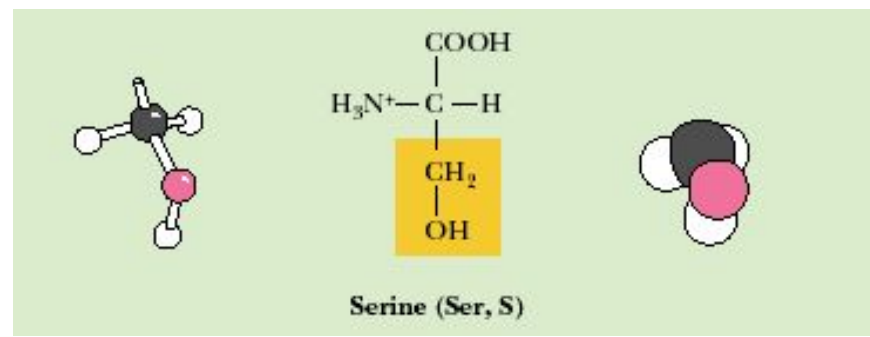
Треонин



Цистеин



Глицин

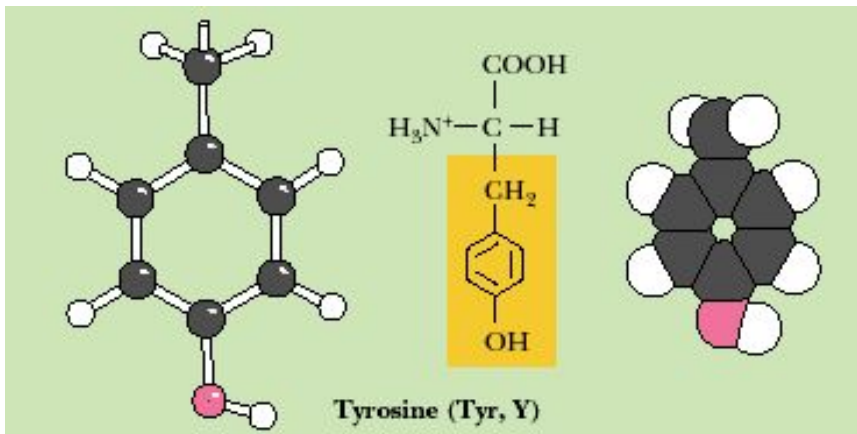


Серин

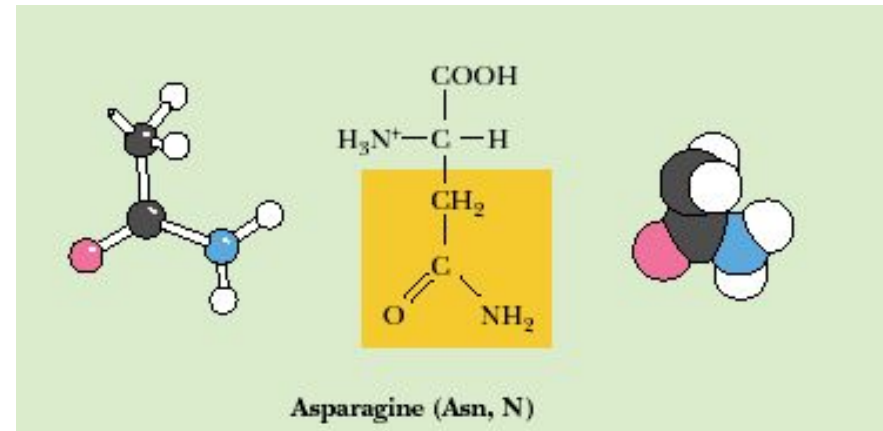


# Классификации аминокислот

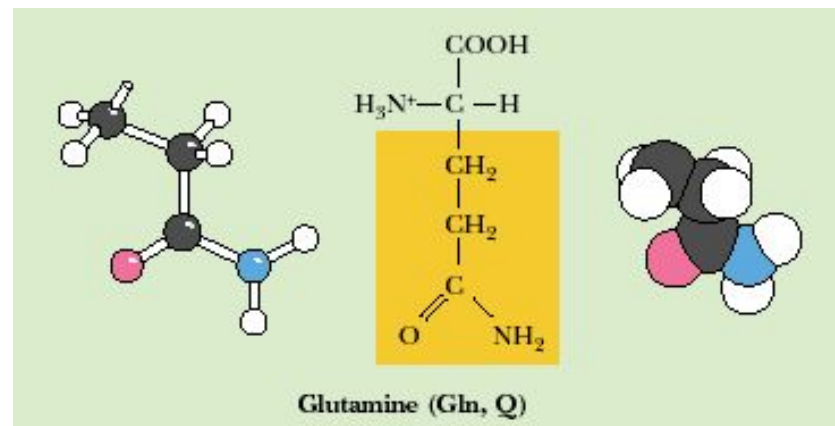
## Нейтральные гидрофильные аминокислоты



Тирозин



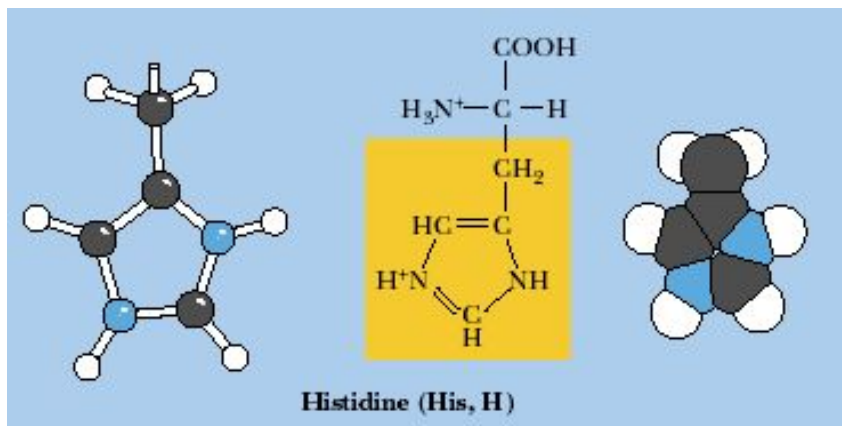
Аспарагин



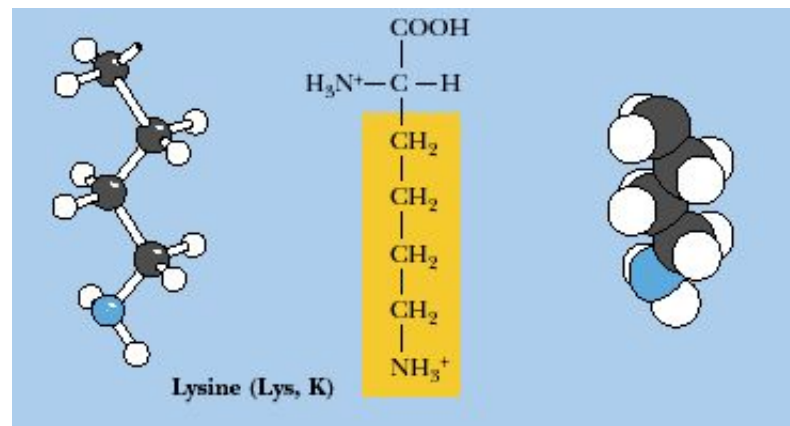
Глутамин

# Классификации аминокислот

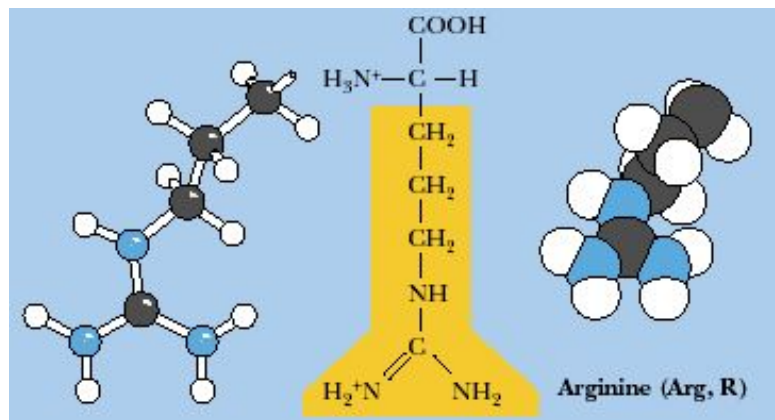
## В) Основные аминокислоты



Гистидин



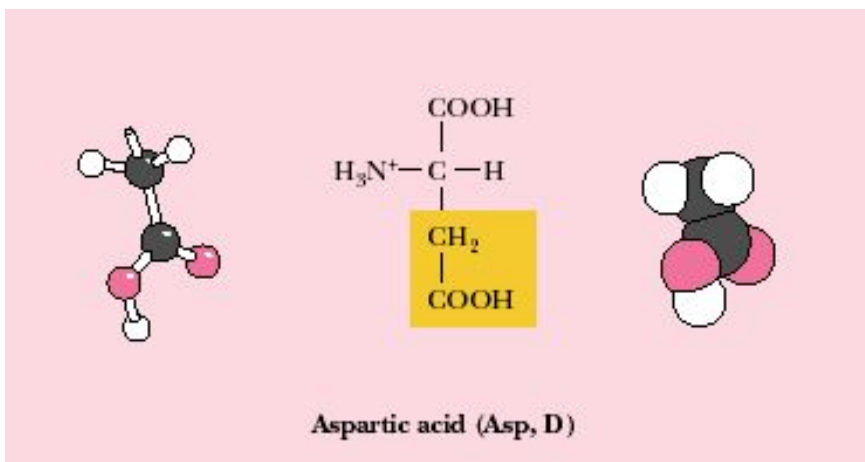
Лизин



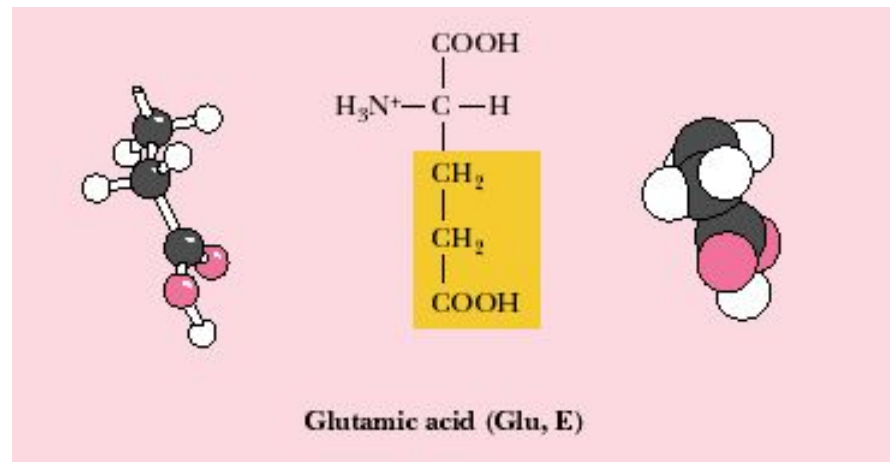
Аргинин

# Классификации аминокислот

## Г) Кислые аминокислоты



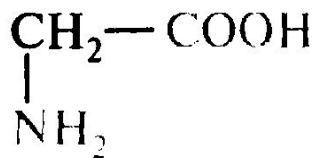
Аспарагиновая кислота



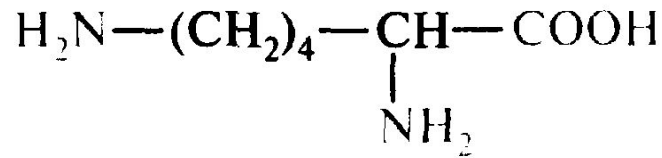
Глутаминовая кислота

# Алифатические $\alpha$ -аминокислоты.

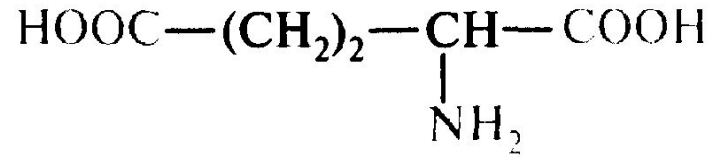
- нейтральные  $\alpha$ -аминокислоты — одна  $\text{NH}_2$  и одна  $\text{COOH}$  группы;
- основные  $\alpha$ -аминокислоты — две  $\text{NH}_2$  и одна  $\text{COOH}$  группы;
- кислые  $\alpha$ -аминокислоты — одна  $\text{NH}_2$  и две  $\text{COOH}$  группы.



глицин  
(нейтральная)



лизин  
(основная)



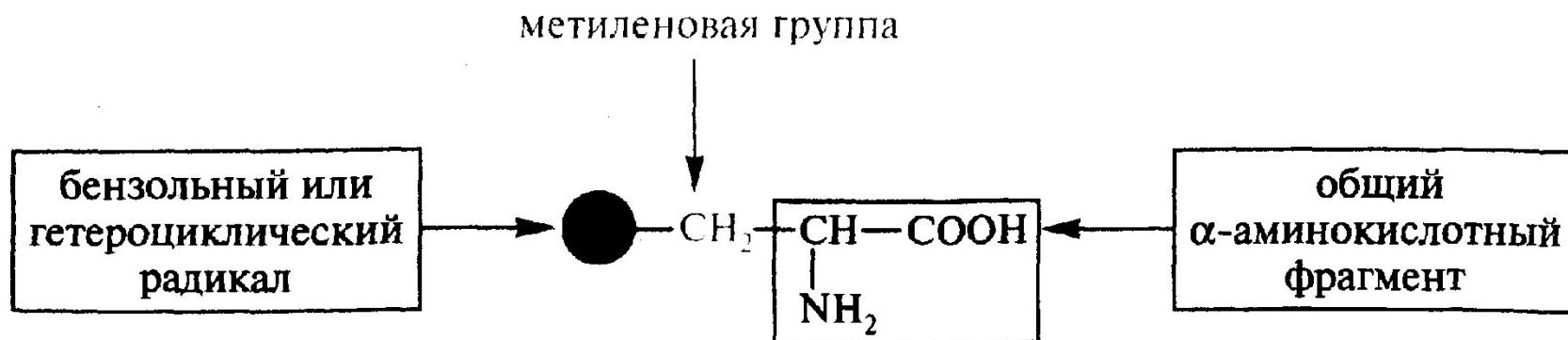
глутаминовая кислота  
(кислая)

В алифатическом радикале могут содержаться «дополнительные» функциональные группы:

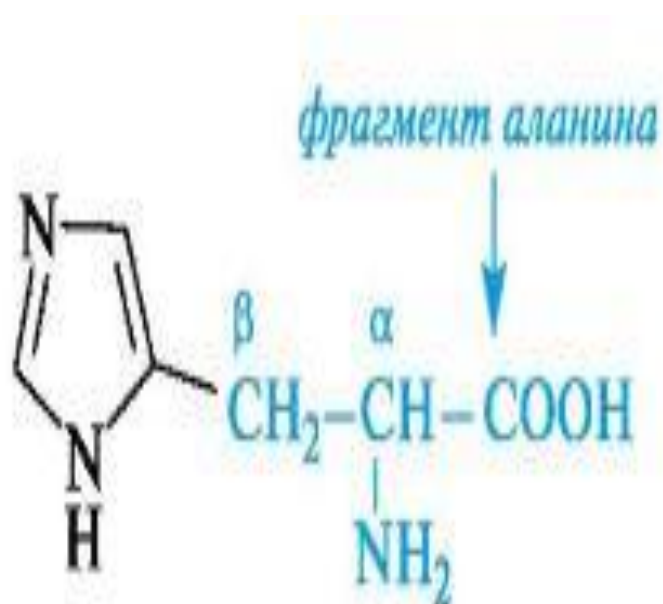
- гидроксильная — серин, треонин;
- карбоксильная — аспарагиновая и глутаминовая кислоты;
- тиольная — цистеин;
- амидная — аспарагин, глутамин.



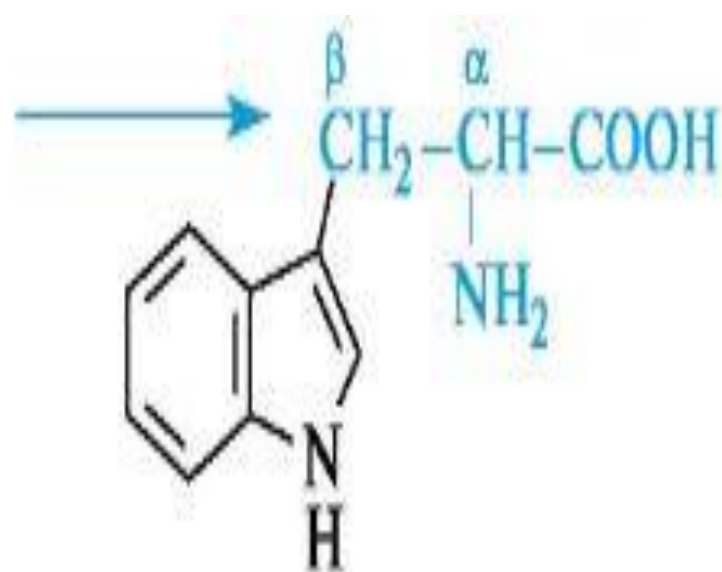
# Ароматические и гетероциклические $\alpha$ -аминокислоты.



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



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

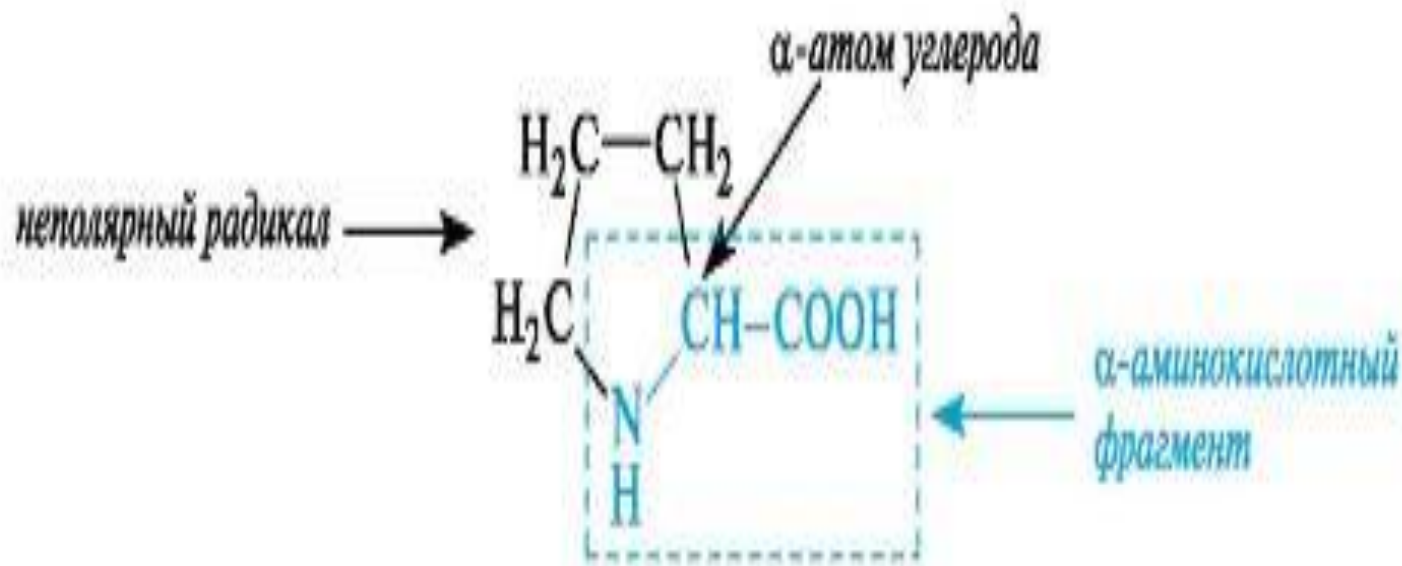


$\beta$ -(индол-3-ил)аланин,  
триптофан

# Ароматические и гетероциклические $\alpha$ -аминокислоты.

ЦИКЛА,

ПРОЛИН



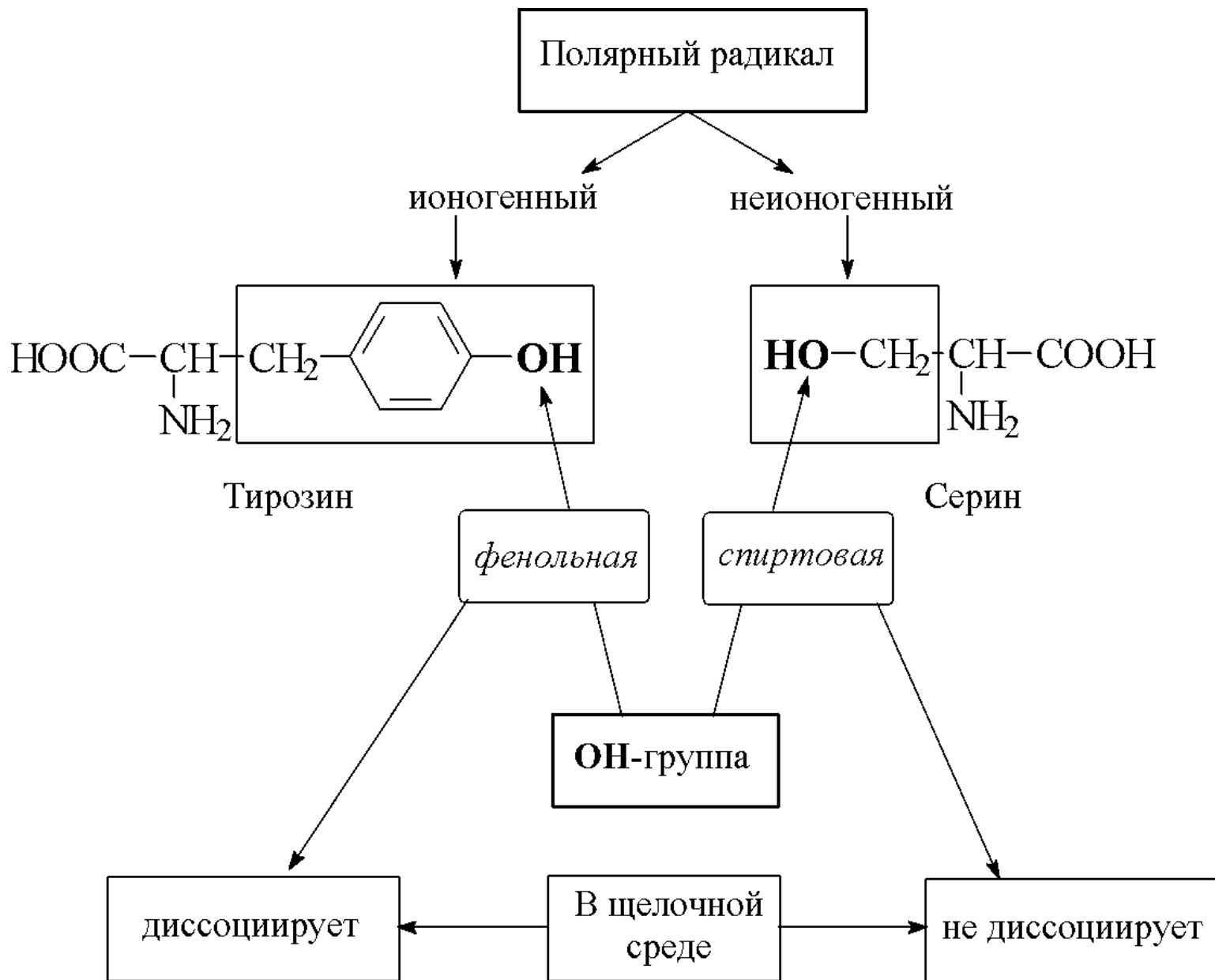


В зависимости от характера бокового радикала выделяют две группы:

- $\alpha$ -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

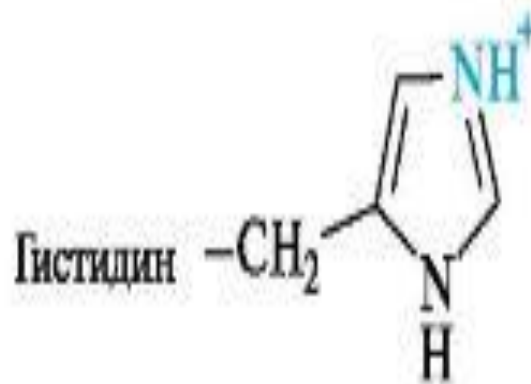
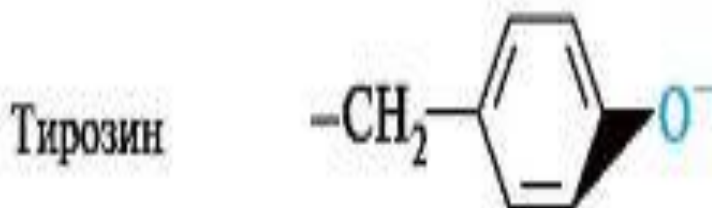
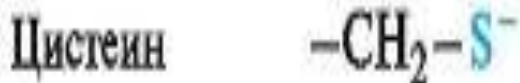
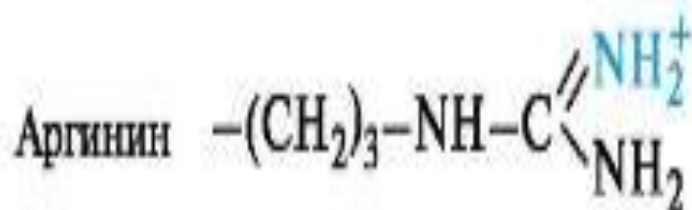
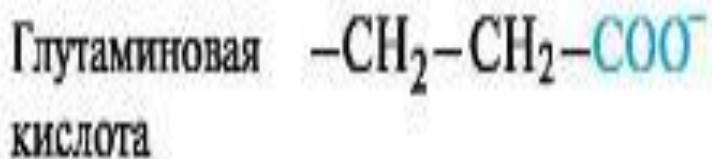
Лизин  $H_3N^+-(CH_2)_4-$

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

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

(электростатические) взаимодействия

кислота

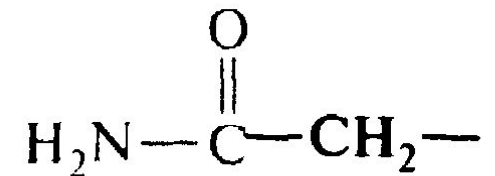


# Полярные неионогенные радикалы

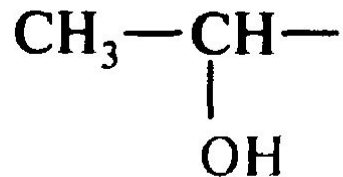
серин



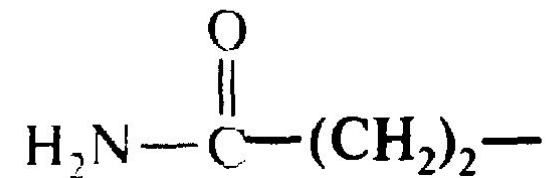
аспарагин



треонин



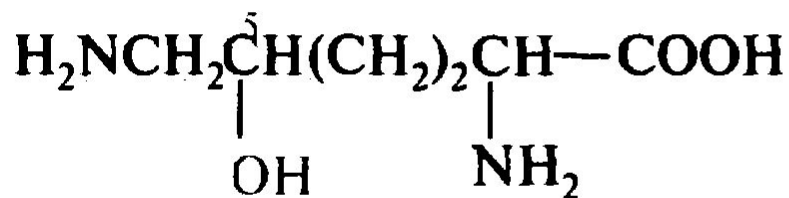
глутамин



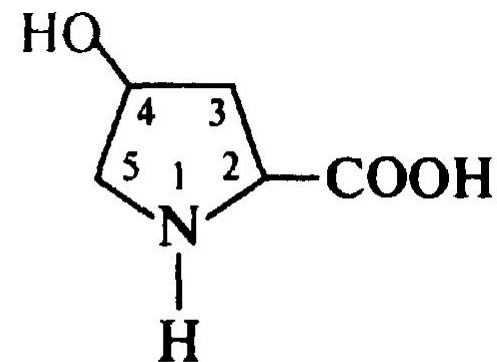
в образовании водородных связей с другими полярными группами.

# Модифицированные α-аминокислоты

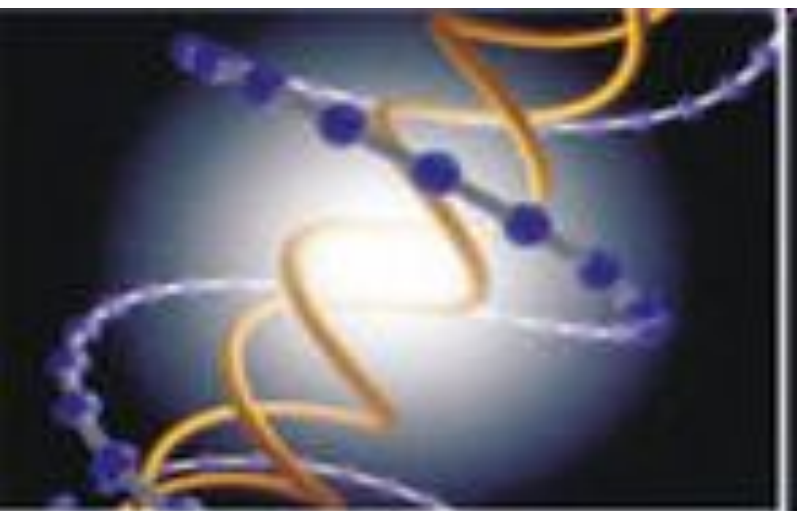
## *Гидроксипролизин.*



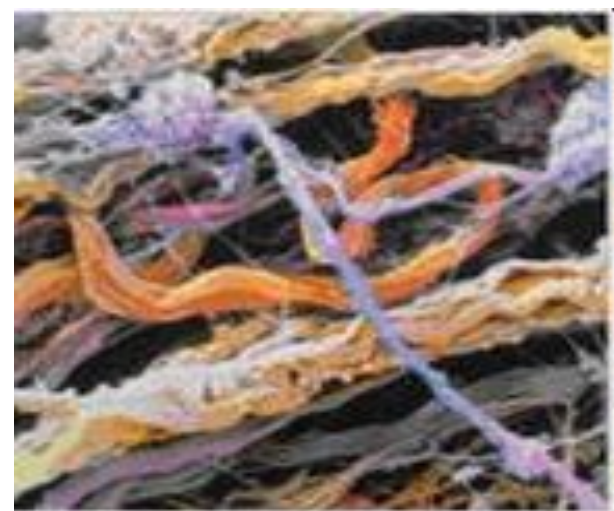
5-гидроксипролин



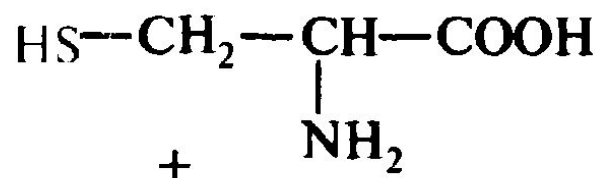
4-гидроксипролин



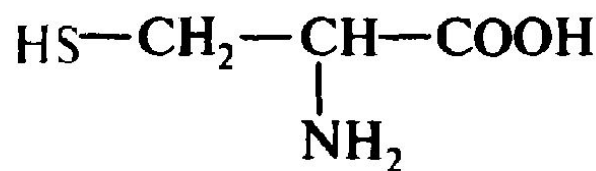
**КОЛЛАГЕН**  
Строительный  
белок клеток.



# Окисление тиольных групп

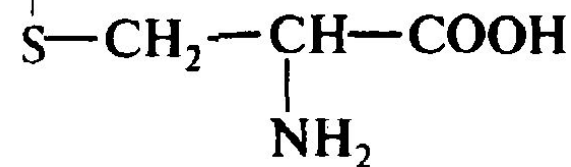
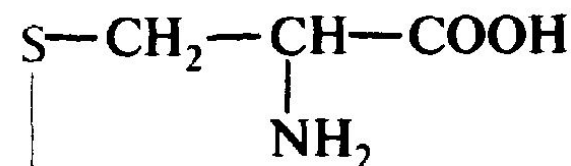


+



цистеин

ТИОЛ

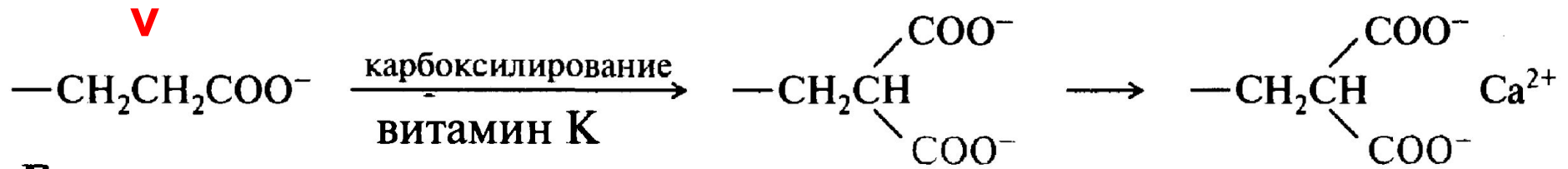


ЦИСТИН

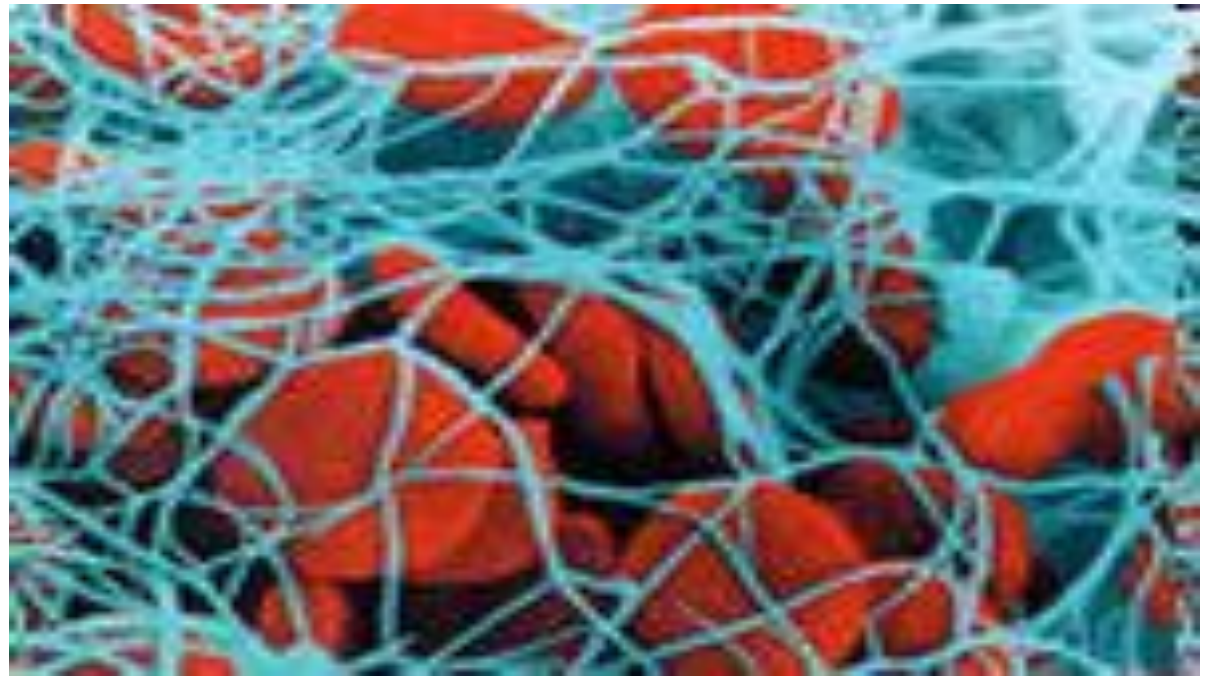
дисульфид:

для лечения острой лучевой болезни

# ***Карбоксилирование.***



Глутаминовая  
кислота  
протромбина

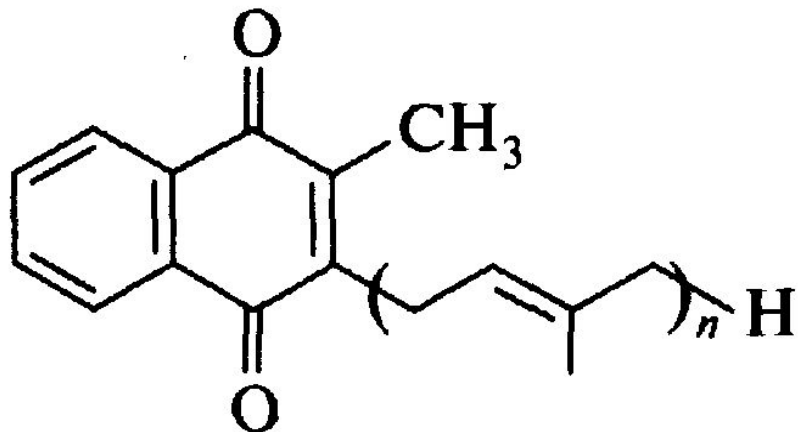


**значение для свертывания крови.**

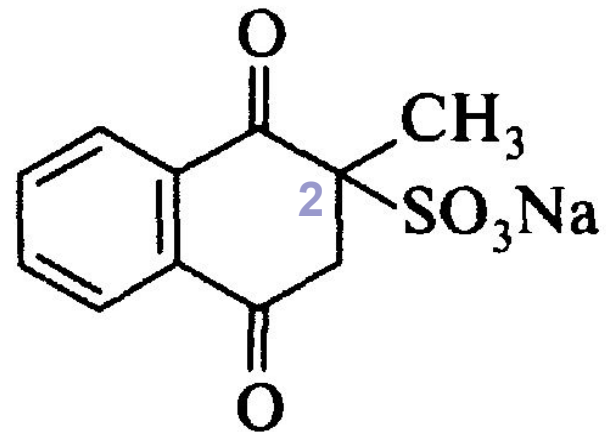


# Витамины группы К

## антигеморрагический фактор

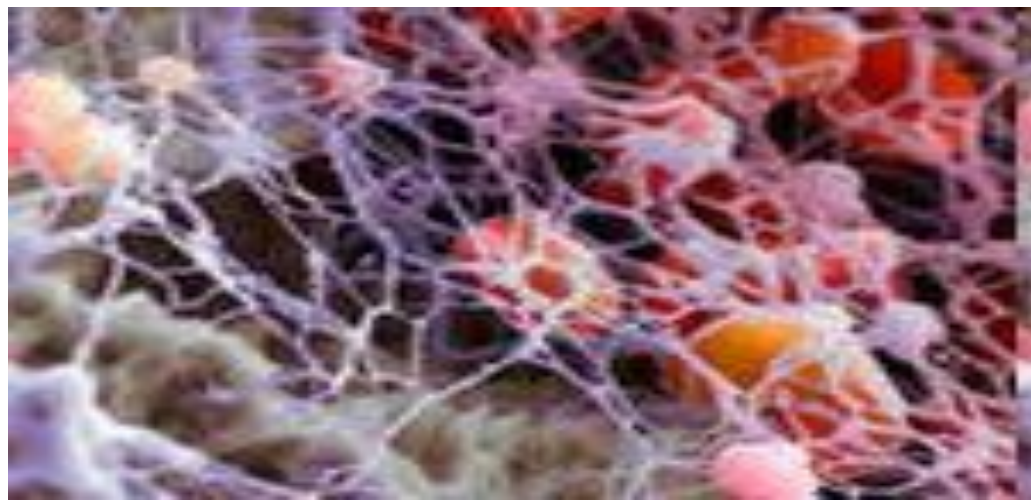


витамин К<sub>2</sub>  
(менахиноны  $n = 4-9$ )



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%), трипсиноген (16,7%), пепсин (12,2%)	5.70
Треонин	Розе и др., фибрин (1935)	кератин волос (8,5%), яичный белок (10,5%)	6.50
Тирозин	Либих, сыр (1846)	фиброин шелка (12,8%), 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%), кератин перьев (8,2%), 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%), глобулин ячменя (10,3%)	3,20
Глутаминовая кислота	Риттхаузен, бобовые (1866)	глиадин пшеницы (39,2%), глиадин ржи (37,7%), кукуруза (22,9%)	3.22
<i>г) Основные аминокислоты (ионогенные)</i>			
Лизин	Дрехсель, казеин (1899)	миоглобин лошади (15,5%), сывороточный альбумин быка (12,8%)	9.74
Аргинин	Шульце и др., проростки люпина (1886)	сальмин (86,4%), 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

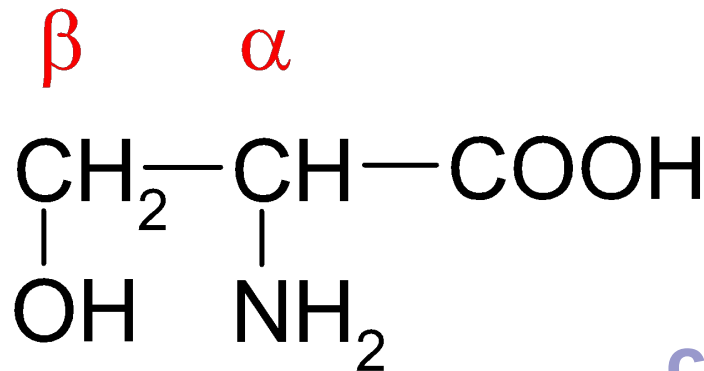
**Тривиальная номенклатура** в основном используется для широко распространённых --

**$\alpha$**  - аминокислот.

*Рациональная*

**IUPAC**

**Ser, S**

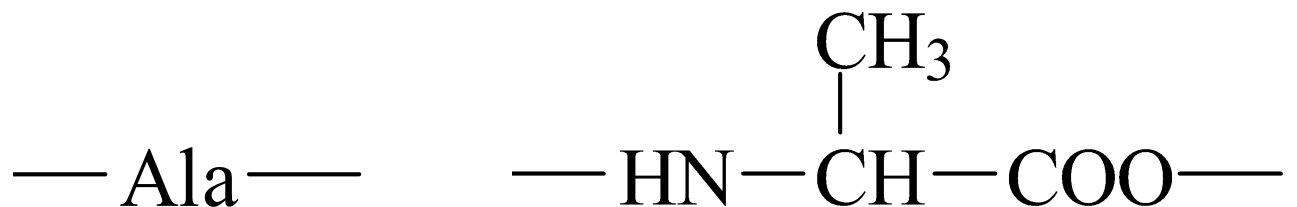
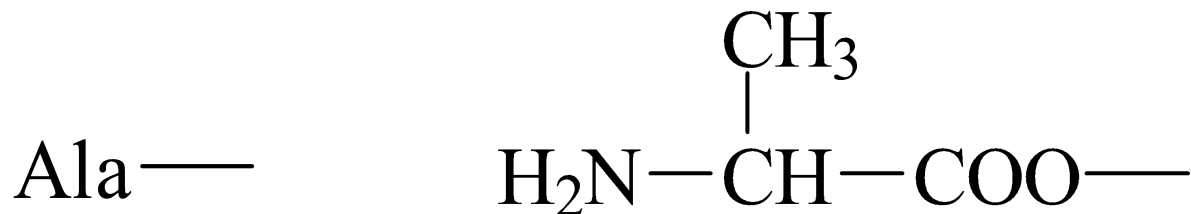
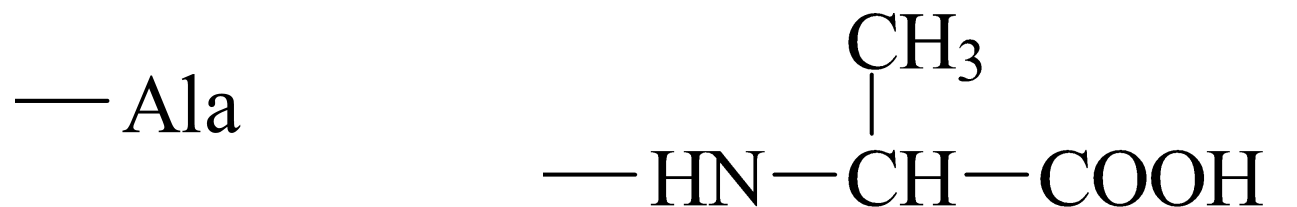


**серин**

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

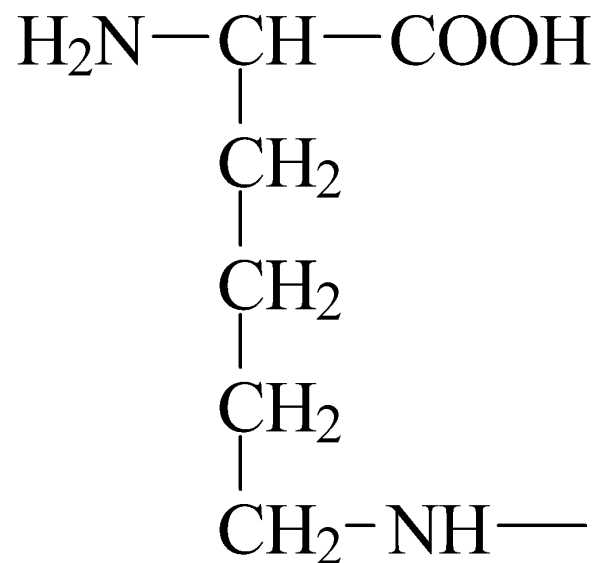
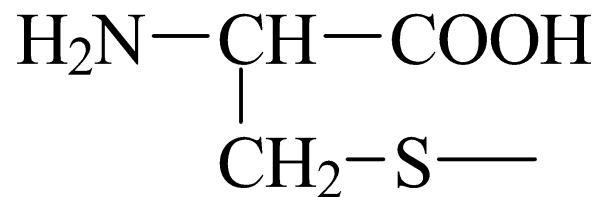
<u>Аланин</u>	Ala	A	Alanine	Ала
<u>Аргинин</u>	Arg	R	aRginine	Арг
<u>Аспарагин</u>	Asn	N	asparagiNe	Асп
<u>Аспарагиновая кислота</u>	Asp	D	Aspar(D)tic acid	Асп
<u>Валин</u>	Val	V	Valine	Вал
<u>Гистидин</u>	His	H	Histidine	Гис
<u>Глицин</u>	Gly	G	Glycine	Гли
<u>Глутамин</u>	Gln	Q	Q-tamine	Глн
<u>Глутаминовая 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

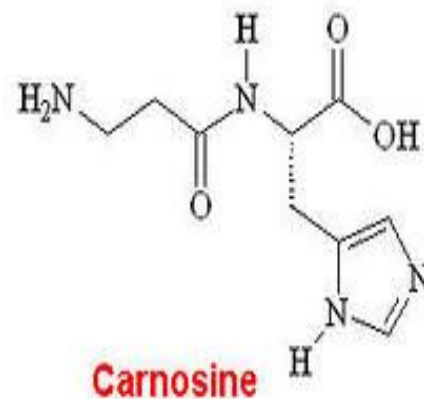
*β-Аланин*, 3-аминопропановая кислота, *β-Ala*



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

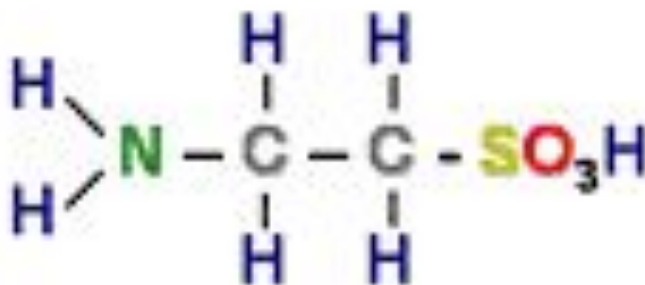


антиоксидант ,  
природный  
стимулятор мышечной  
активности.  
Природный протектор  
возбудимых тканей



**Таурин**, 2-аминоэтансульфоная 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

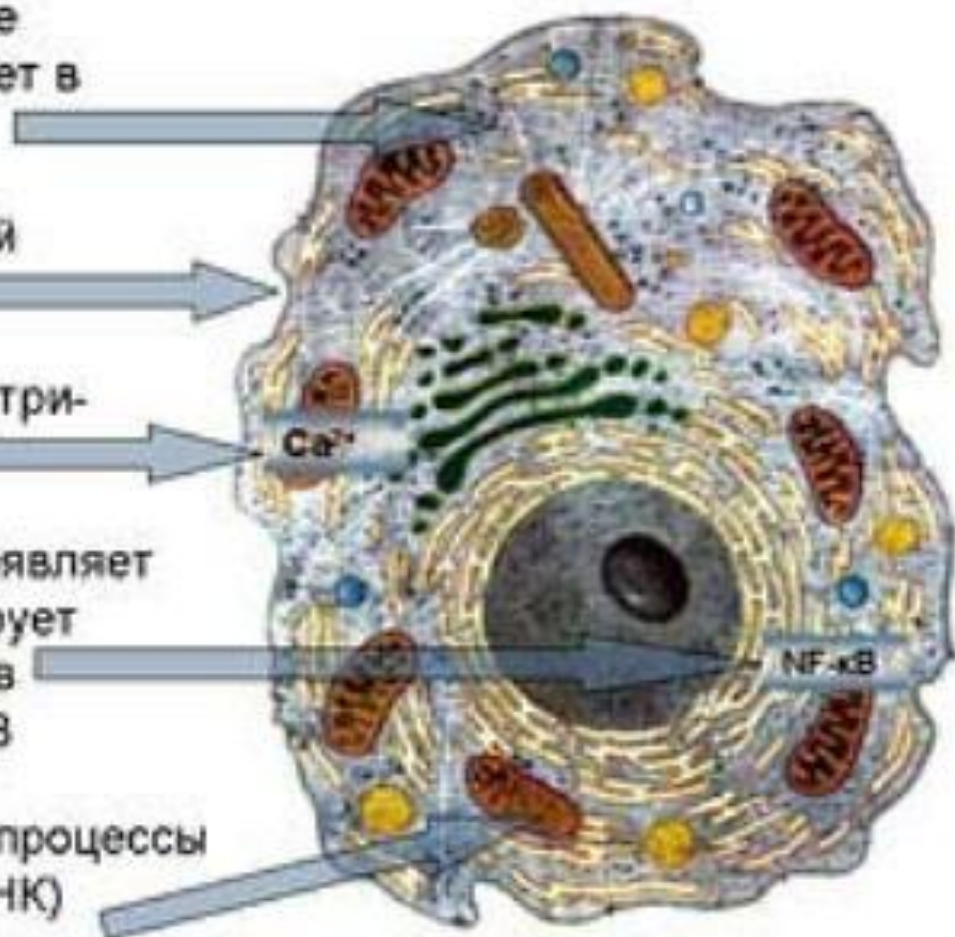
Таурин влияет на внутриклеточное осмотическое давление и участвует в регуляции клеточного объема

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  $\text{NF-}\kappa\text{B}$

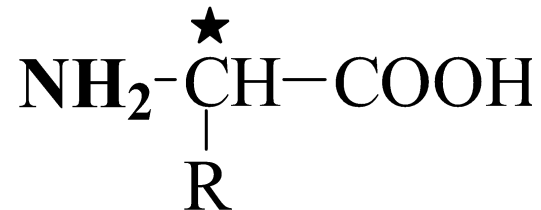
Таурин влияет на окислительные процессы в митохондриях (конъюгация с ТРНК)



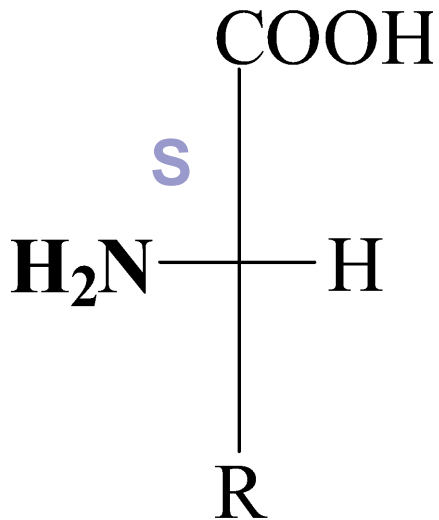


***Зеркало Венеры (1898), Sir Edward Burne-Jones / Museu Calouste Gulbenkian Lisbon /***

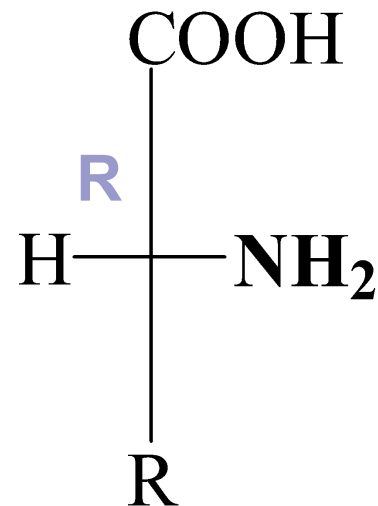
# Стереохимия аминокислот



**α-аминокислота**

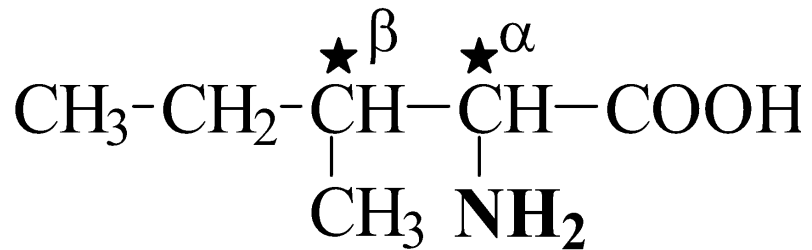


**L-α-аминокислота**

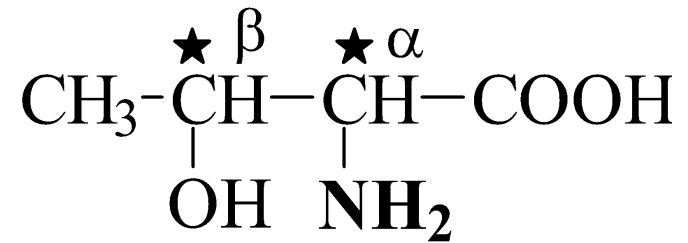


**D-α-аминокислота**

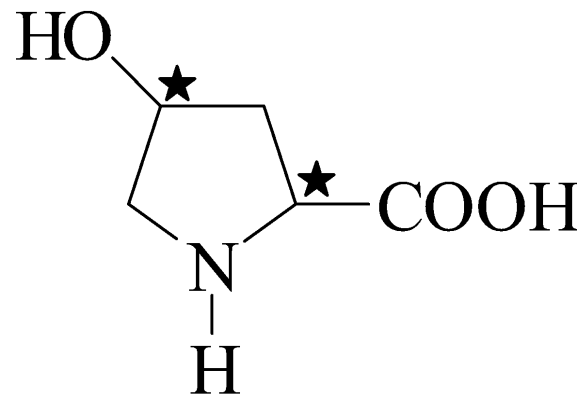
# Стереохимия аминокислот



**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.

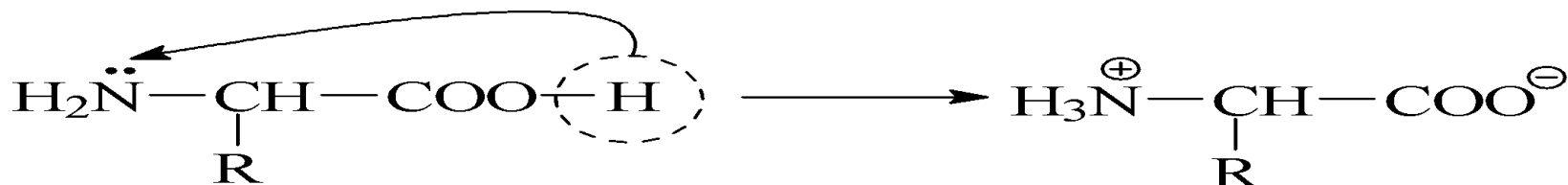
# Аспартам

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



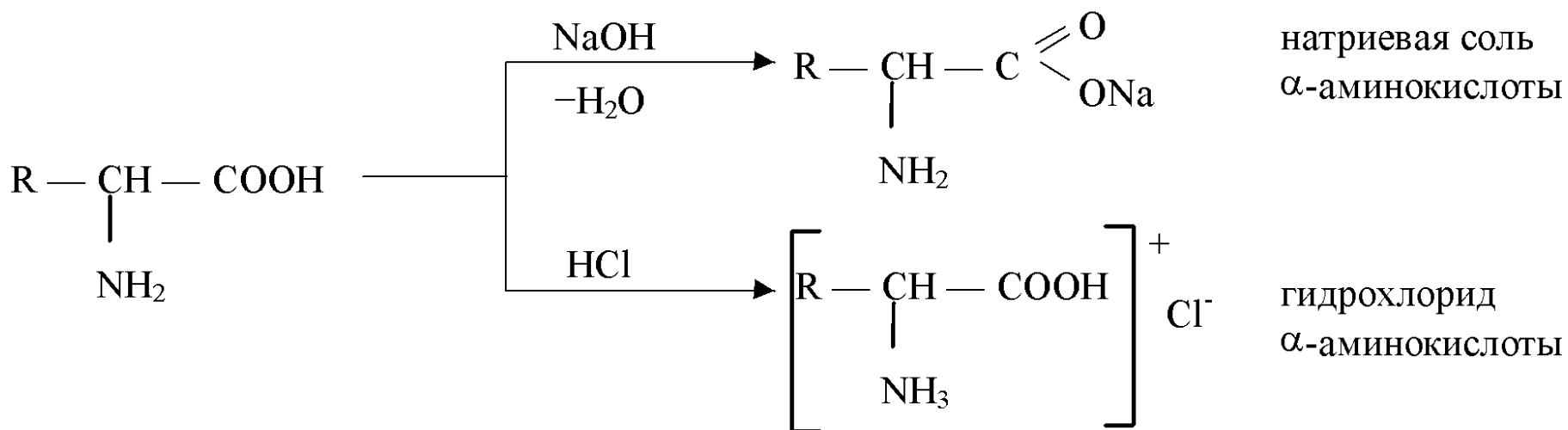
Несуществующая  
в природе форма!

**Несуществующая  
в природе форма**

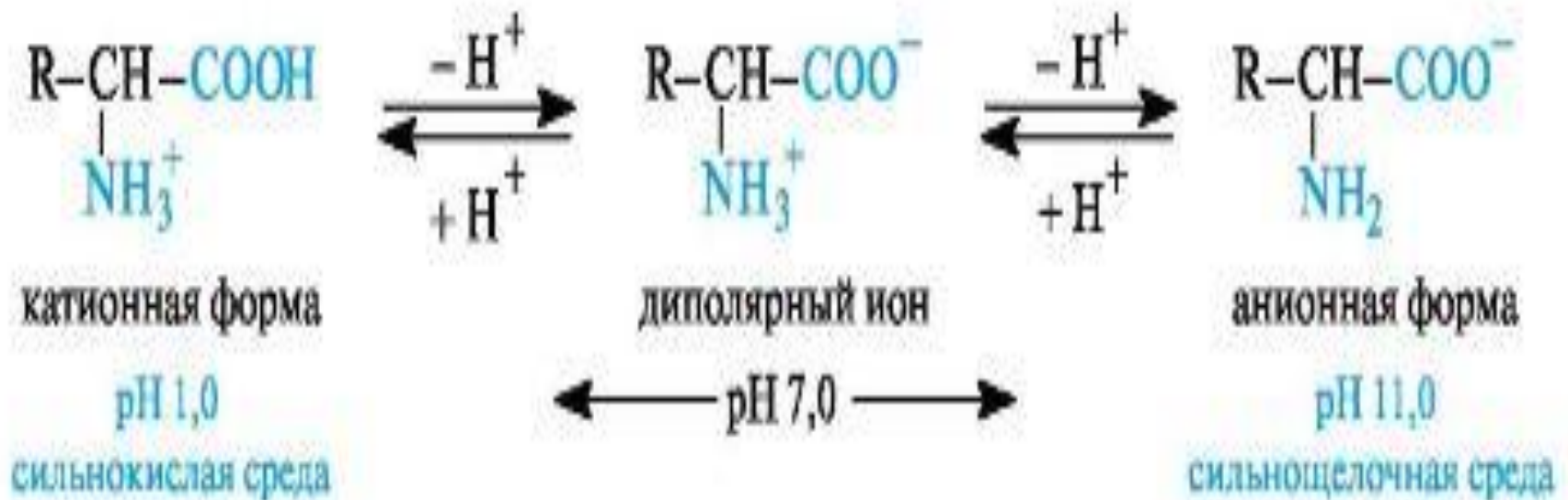
Биполярный ион  
(цвиттер-ион),  
внутренняя соль  
**Биполярный ион  
(цвиттер-ион),  
внутренняя соль**

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

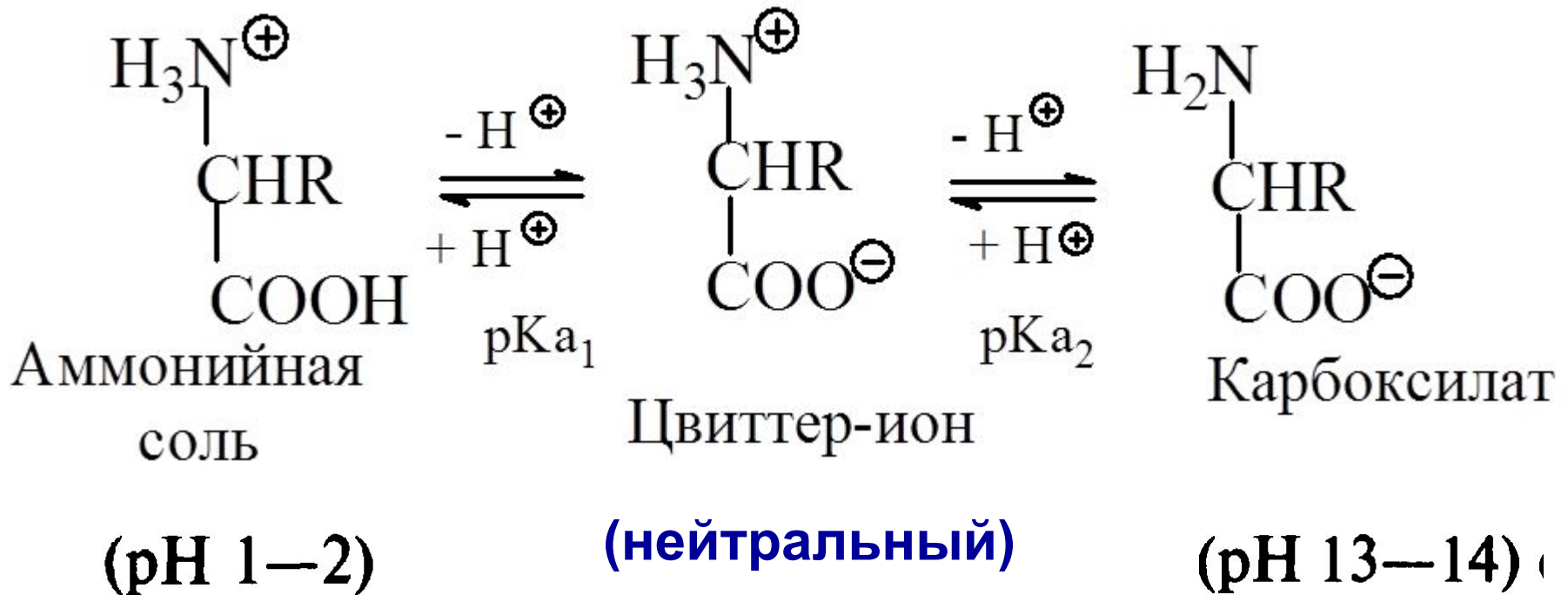
# Аминокислоты являются амфотерными соединениями:



# Кисотно-основное равновесие для аминокислоты:



# Кисотно-основное равновесие для аминокислоты:



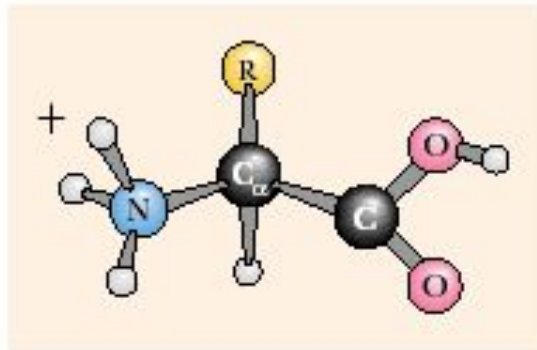
Катионная форма

Анионная форма

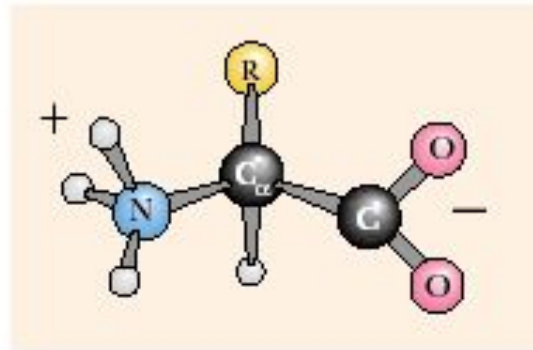
# Физические и химические свойства

## Кислотно-основные свойства

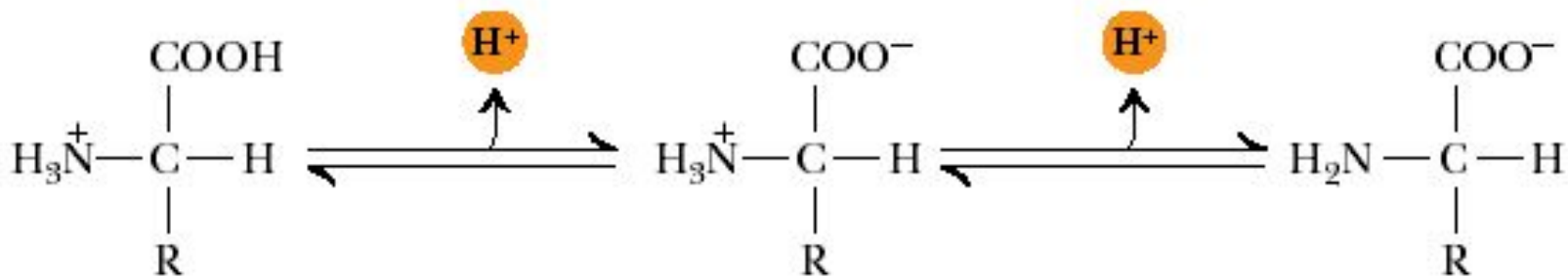
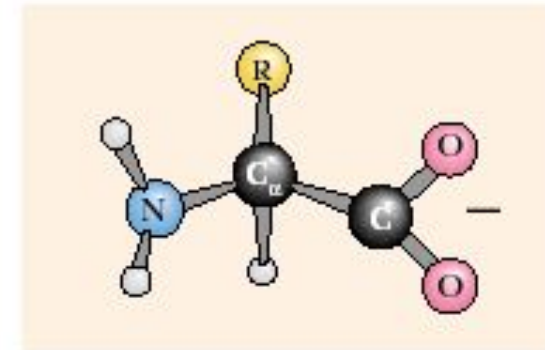
pH 1 Заряд +1



pH 7 Заряд 0



pH 13 Заряд -1



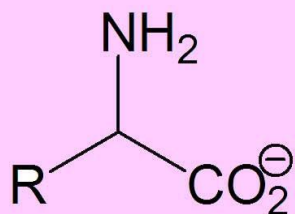
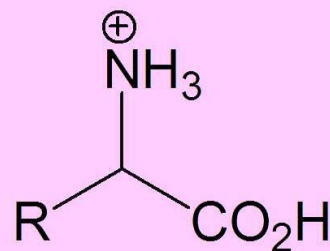
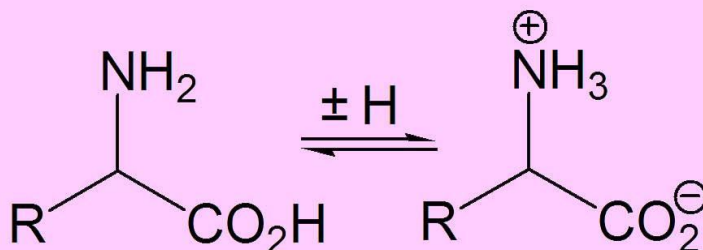
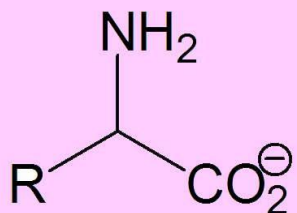
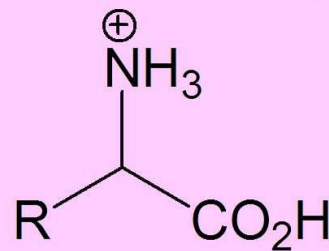
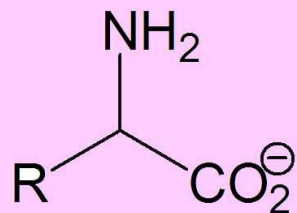
Катионная форма

Цвиттер-ион  
(нейтральный)

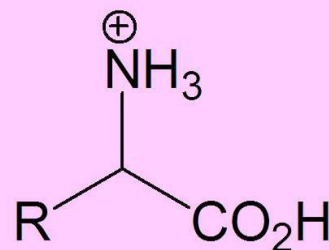
Анионная форма

+ анод

катод -



нейтральные  
молекулы



анионы



катионы



электрофорез



## Изоэлектрическая точка

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

## 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  $pI \approx 5-6$

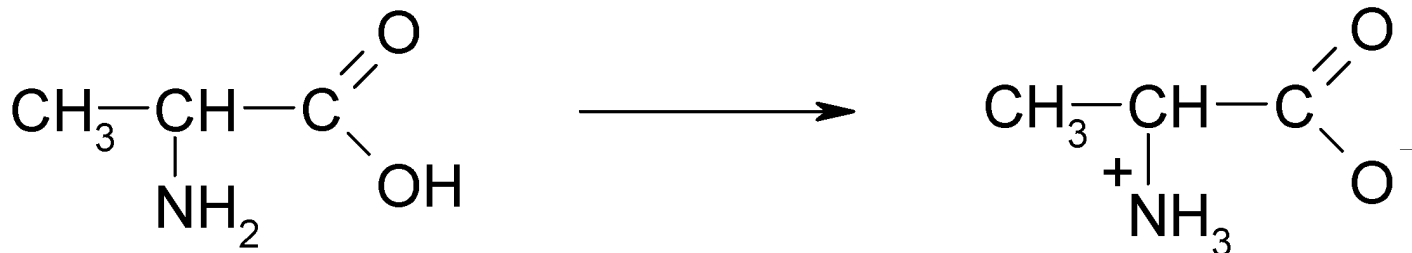
$pI$  **моноаминоди**карбоновых кислот (Asp, Glu)  $\approx 3$

$pI$  **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>
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	4,38	нет
$\text{H}_3\text{N}^+\text{CH}(\text{CH}_3)\text{COO}^-$	2,34	9,69
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$	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.

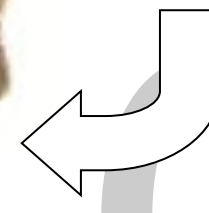
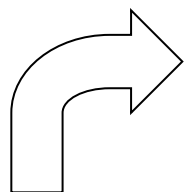
## 2. Микробиологический синтез

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

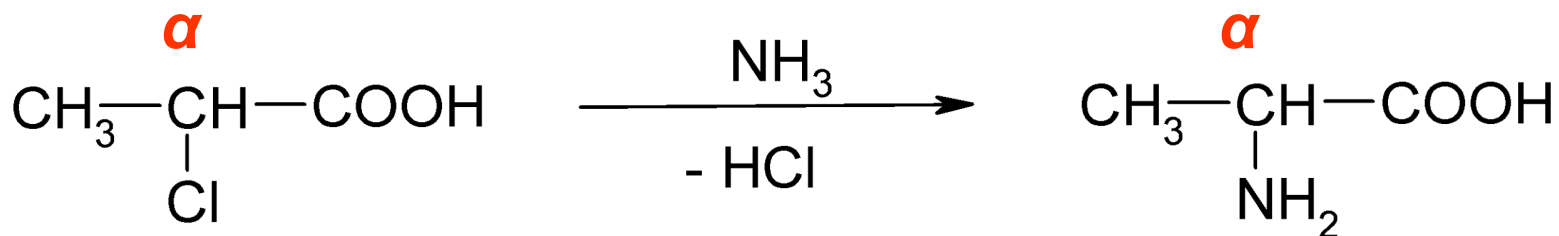
Отходы с оптически  
активным изомером  
 $\alpha$ -аминокислоты

Очистка

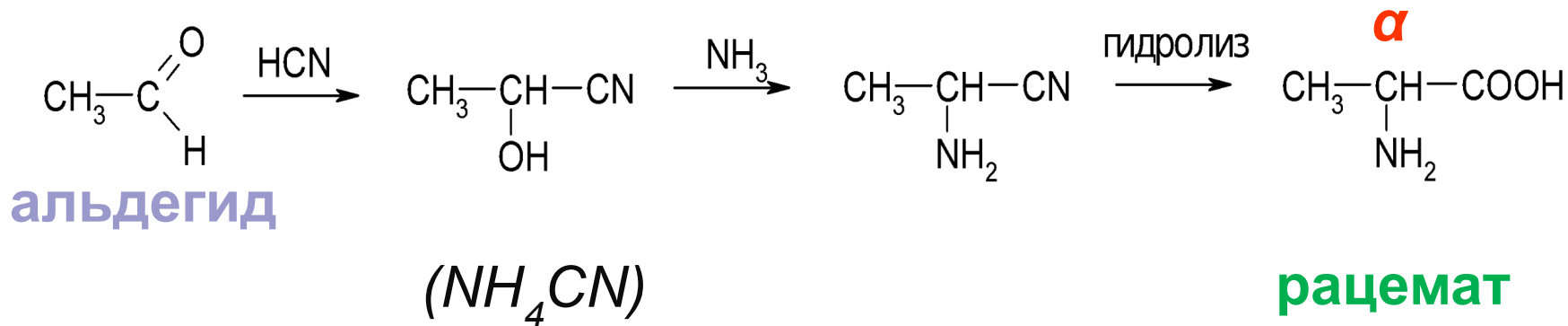
Оптически чистый изомер  
 $\alpha$ -аминокислоты

# Химические синтезы аминокислот.

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



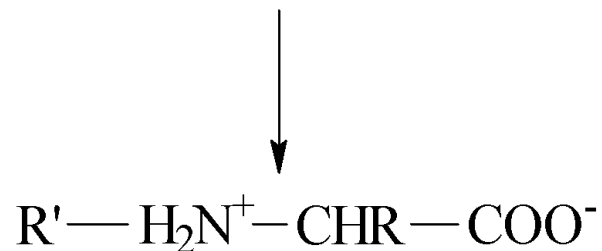
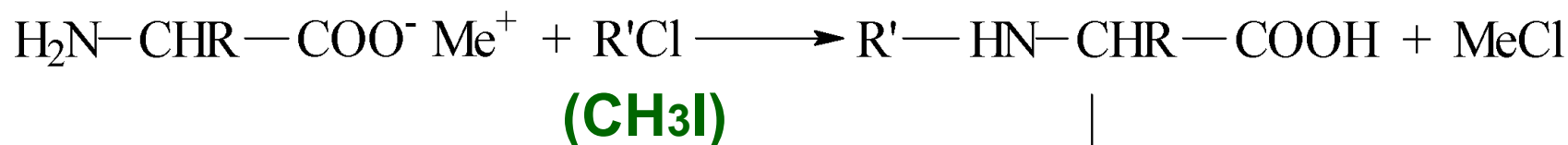
## 2. Синтез Штреккера





# Реакции с участием только аминогруппы

## 1. Алкилирование



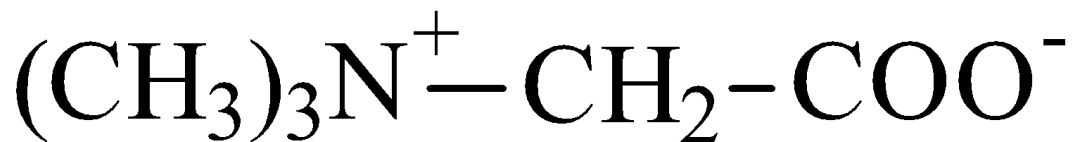
**биполярный ион**

***саркозин*** - N-метилглицин



промежуточное соединение в метаболизме аминокислот

**Бетаин** - триметильное производное



биполярный ион

**N,N,N-триметилглицин**

**донор метильных групп**

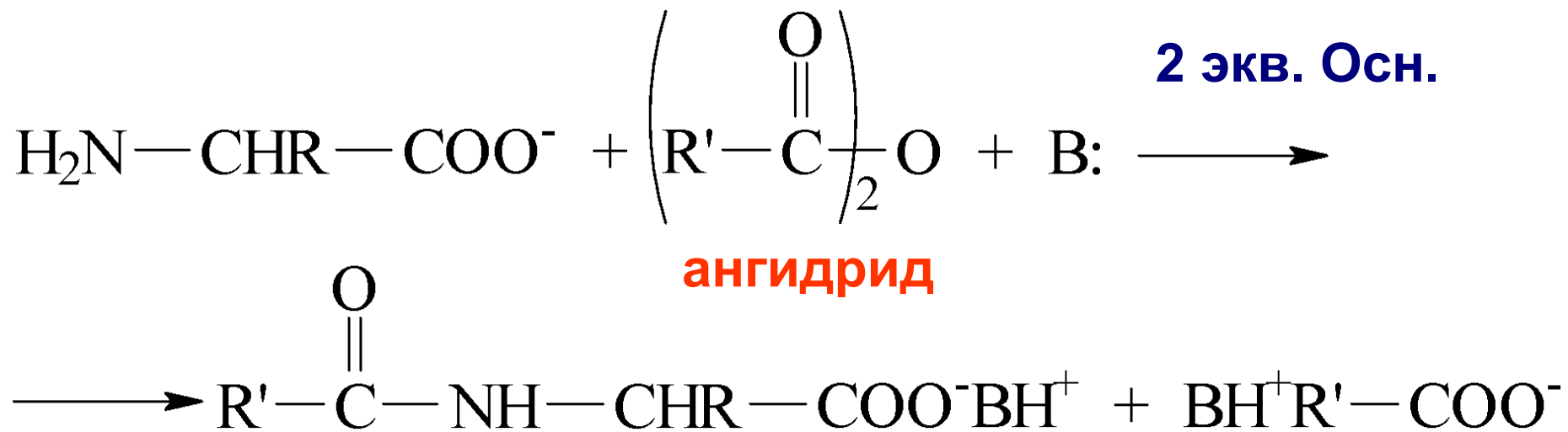
**Простейший бетаин** - производное глицина - был впервые обнаружен в соке столовой свеклы *Beta vulgaris*



## 2. Ацилирование



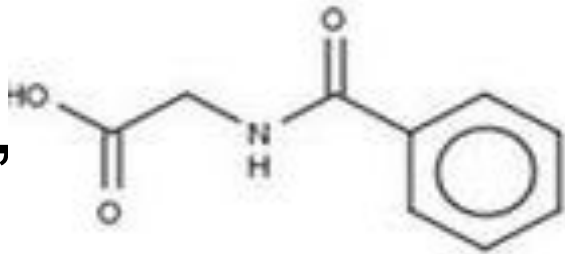
Ацилирование в условиях Шоттена-Баумана



**Ацилирование в условиях Шоттена-Баумана**

# Гиппу́ровая кислота́

бензоилглицин,



**В клинической практике**

**показатель функционального  
состояния печени.**

**способность печени  
обезвреживать ядовитые  
вещества.**



# Образование N-ацильных производных

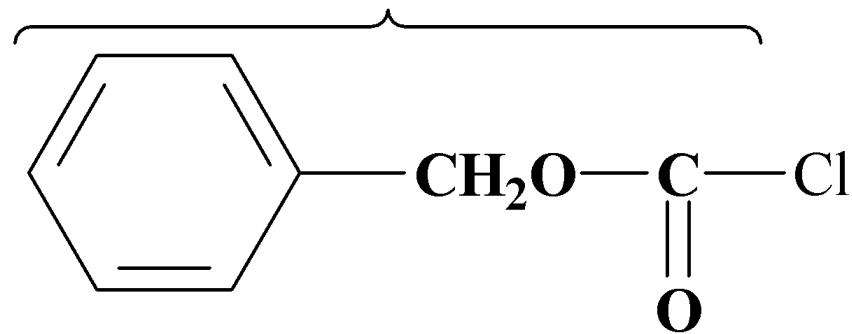
("защита аминогруппы").



не существуют в виде биполярных ионов

карбобензоксигруппа

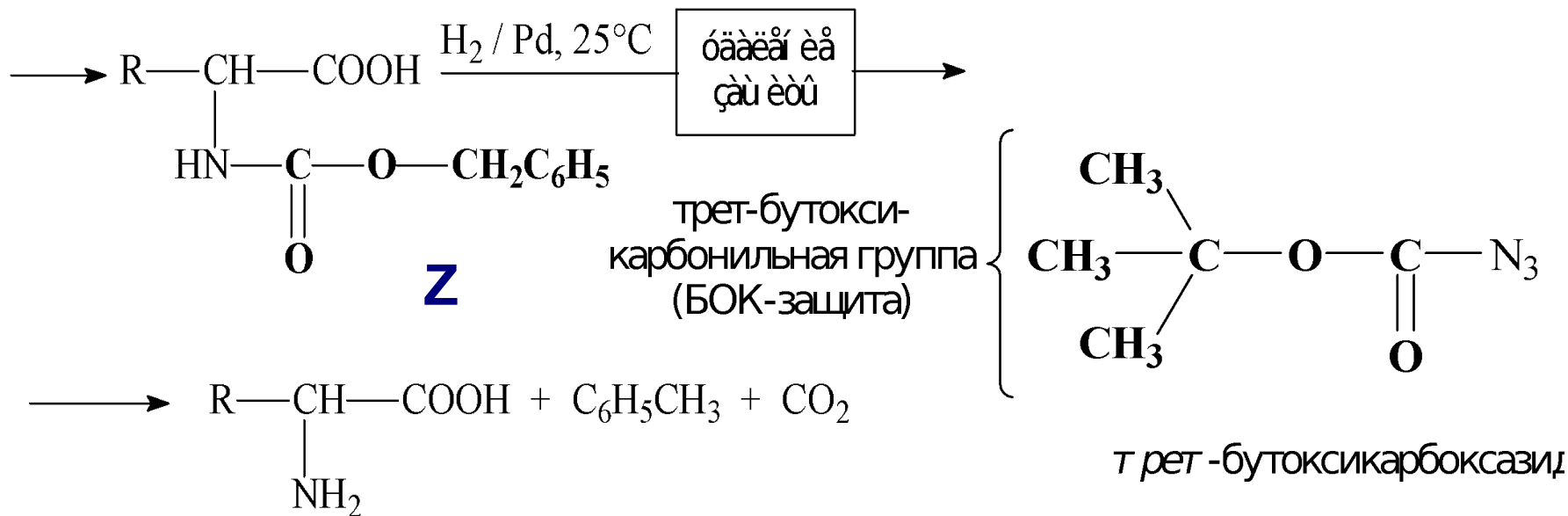
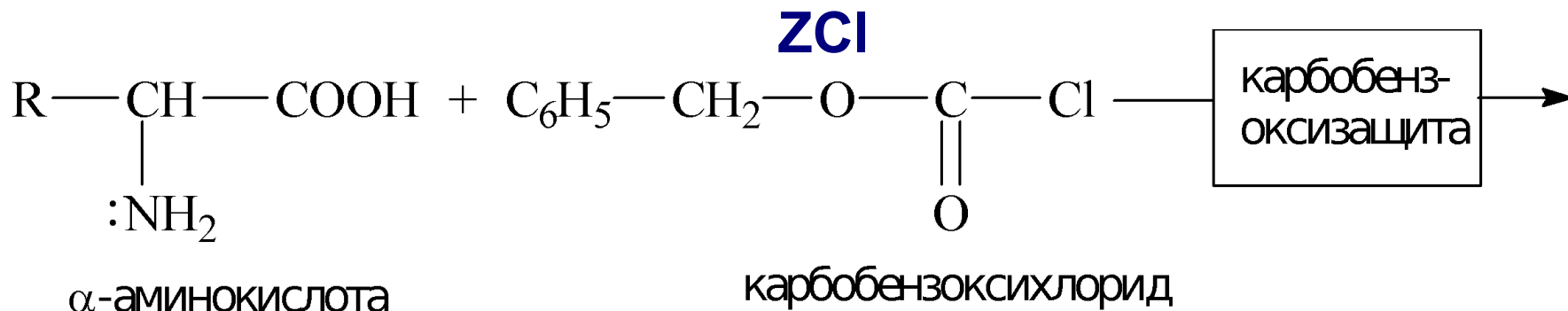
**Карбобензоксизащита (1932 г)**  
**карбобензоксихлорид**  
**(бензиловый эфир**  
**хлормуравьиной кислоты).**



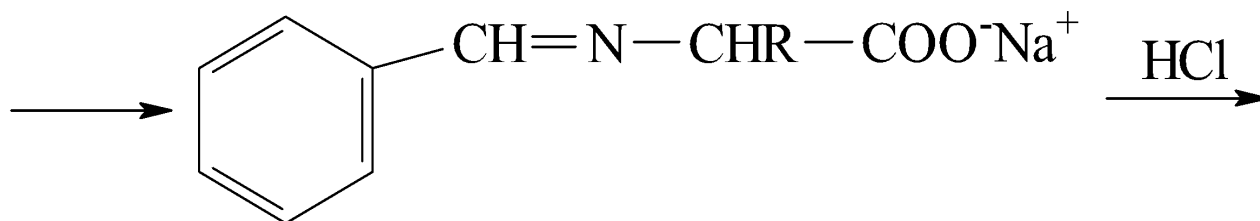
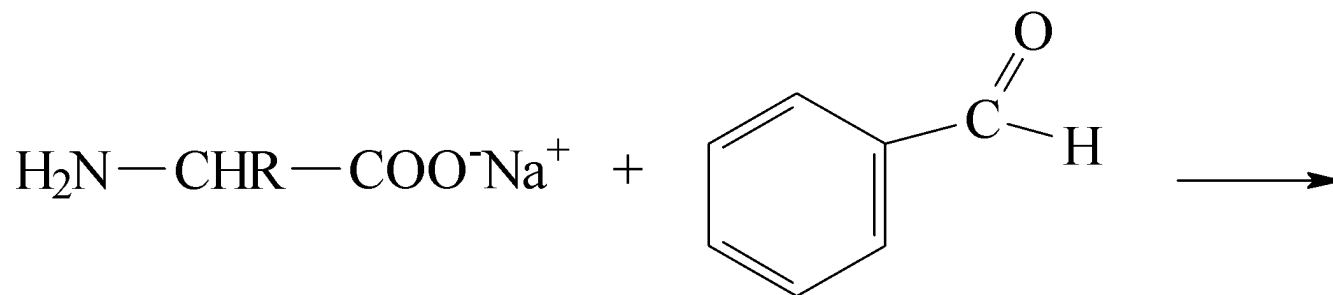
**ZCl**

карбобензоксихлорид

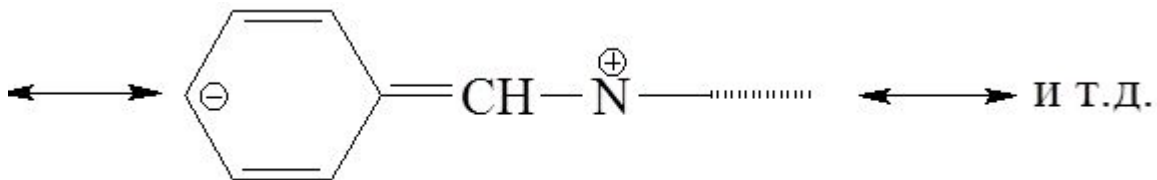
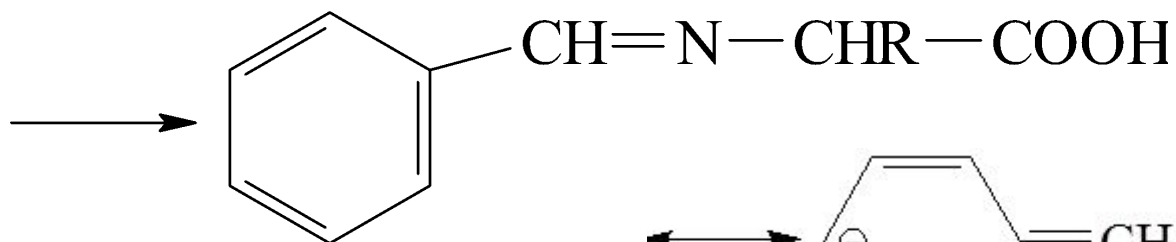
# Физические и химические свойства



### 3. Образование оснований Шиффа



**защита аминогруппы**





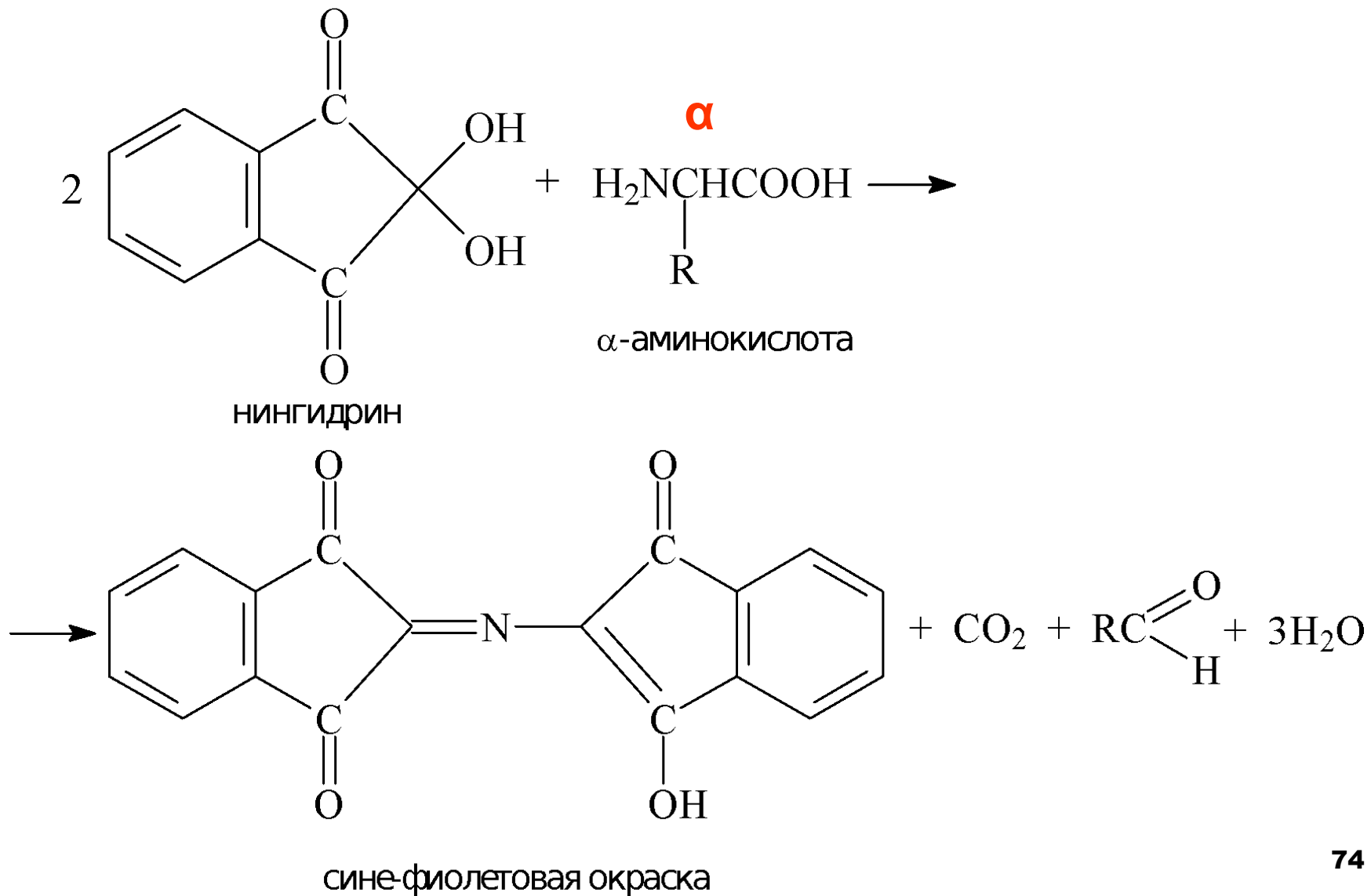
## Реакция с формальдегидом



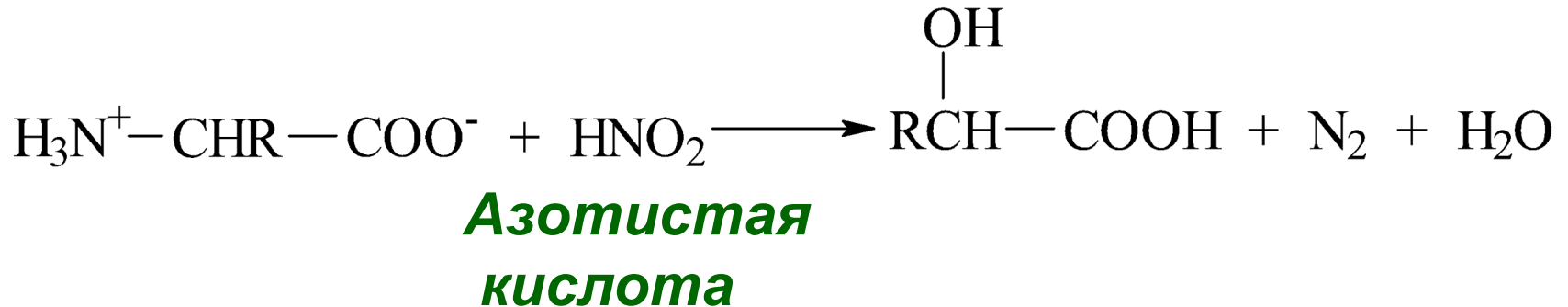
метилольные производные являются гораздо более сильными кислотами, чем аминокислоты, и они легко оттитровываются щёлочью.

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

# «Нингидриновая реакция»

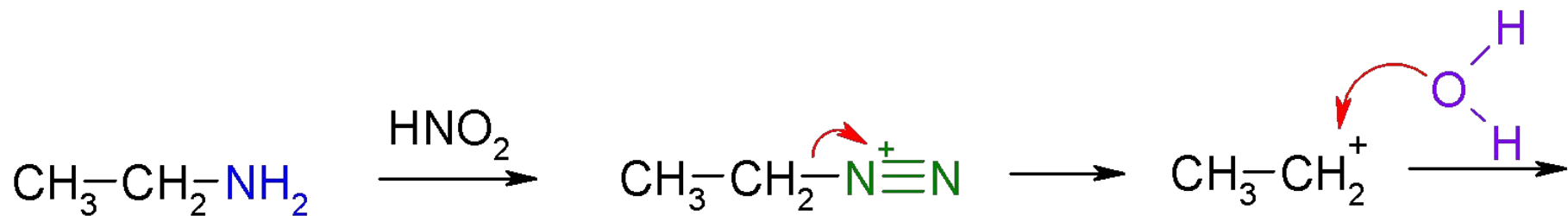
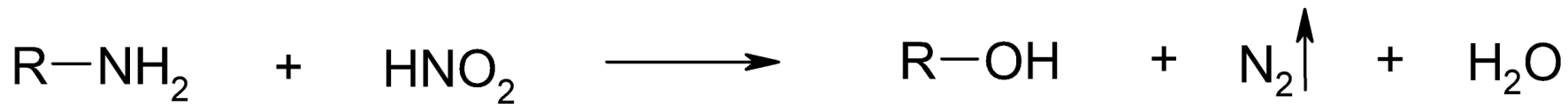


## 4. Дезаминирование аминокислот

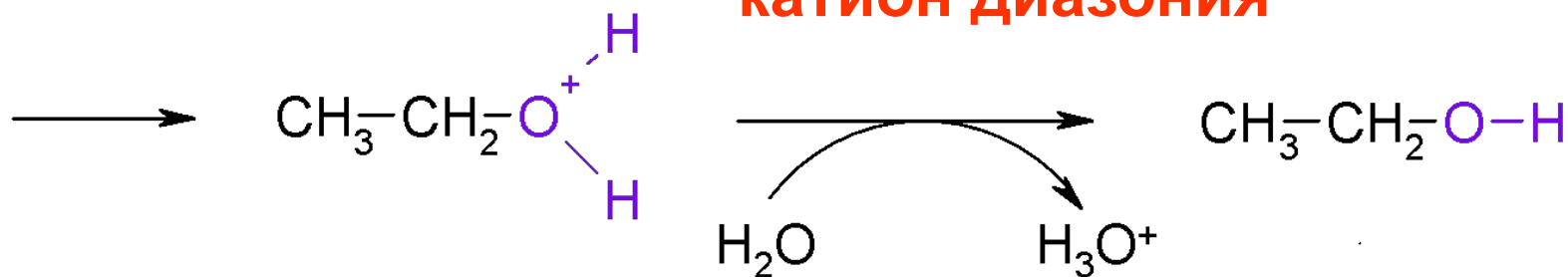


вольнометрическое определение содержания азота и количества аминогрупп в аминокислотах

*Метод Ван-Слайка*

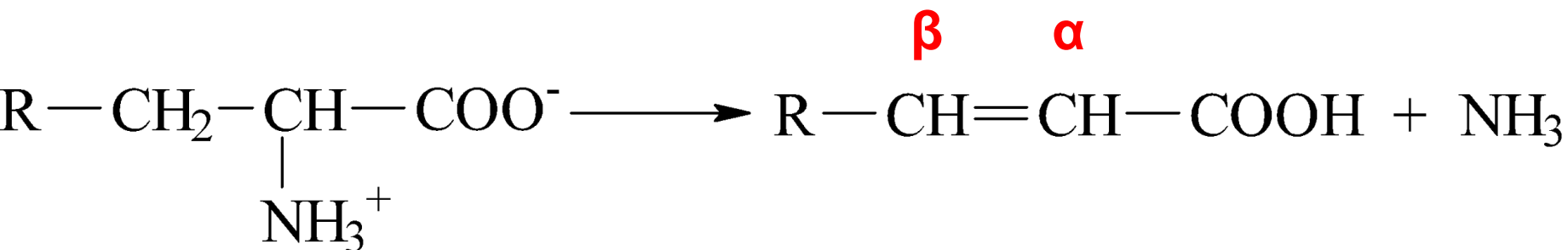


**КАТИОН ДИАЗОНИЯ**



# БИОЛОГИЧЕСКИ ВАЖНЫЕ РЕАКЦИИ $\alpha$ -АМИНОКИСЛОТ.

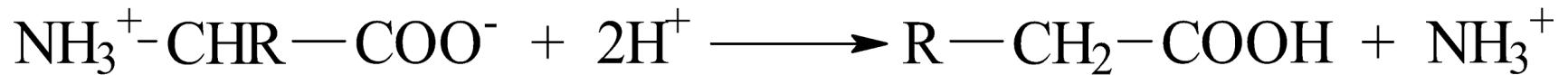
## ■ А. Внутримолекулярное дезаминирование



(таким образом у некоторых микроорганизмов и высших растений

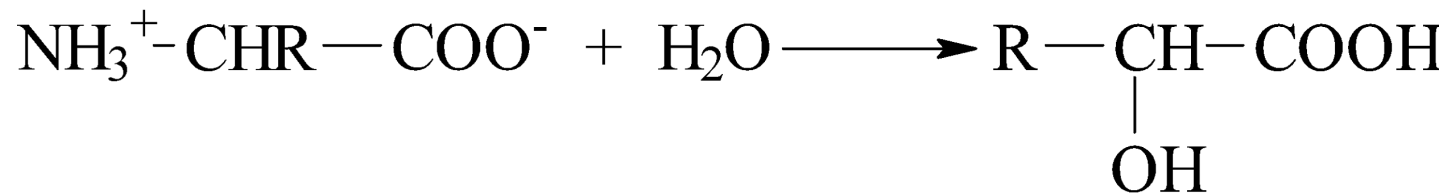
аспарагиновая кислота превращается в фумаровую)

## **Б. Восстановительное дезаминирование**



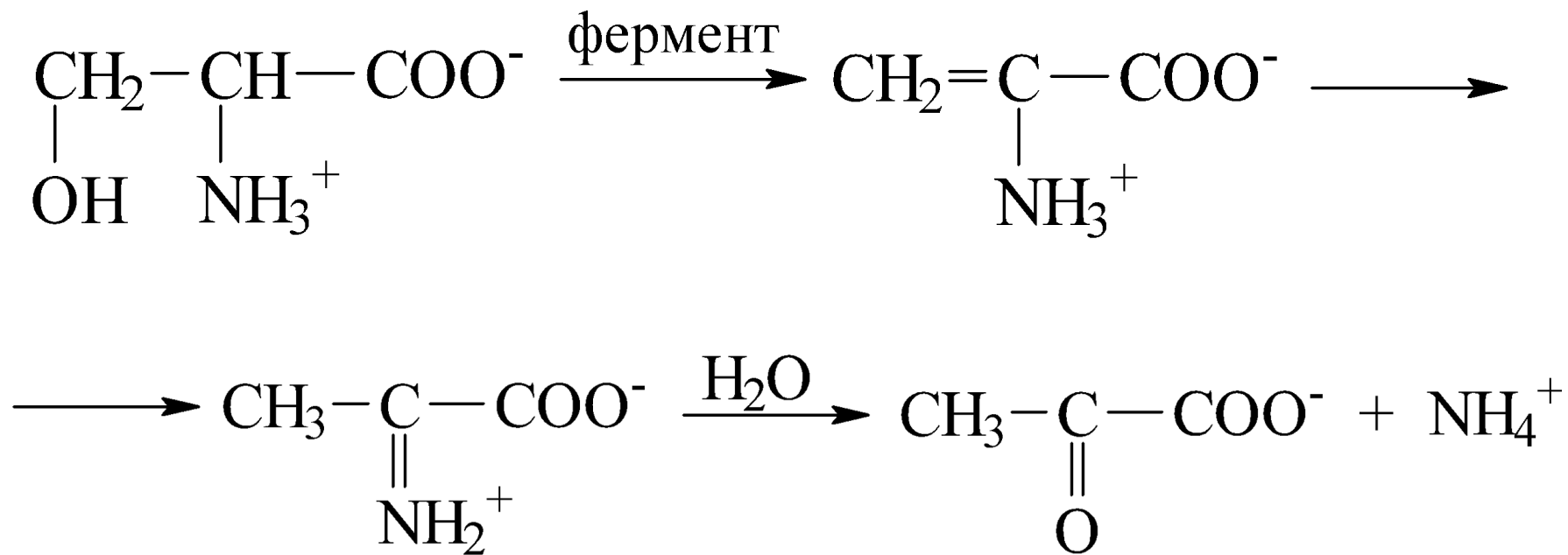
(у некоторых микроорганизмов)

## **В. Гидролитическое дезаминирование**



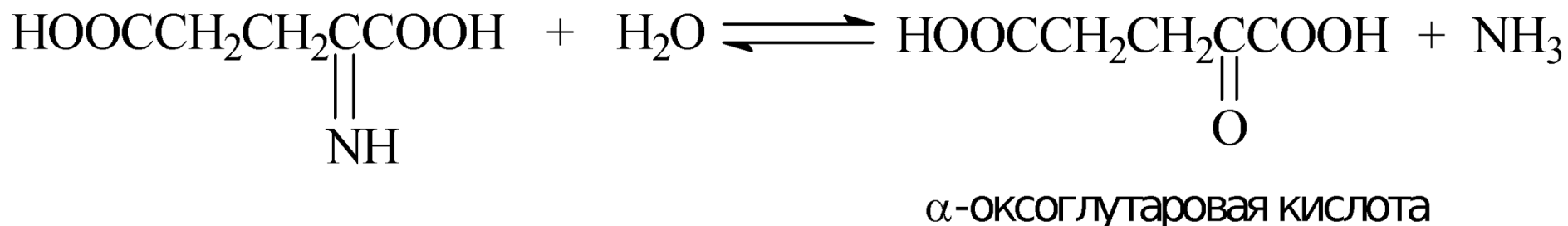
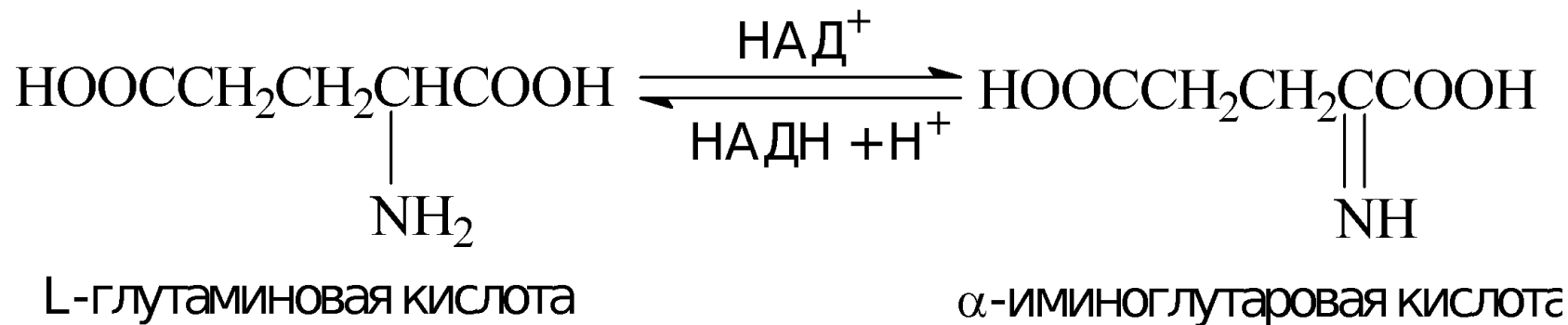
(тип дезаминирования, характерный для микроорганизмов)

## Г. Дегидратазное дезаминирование



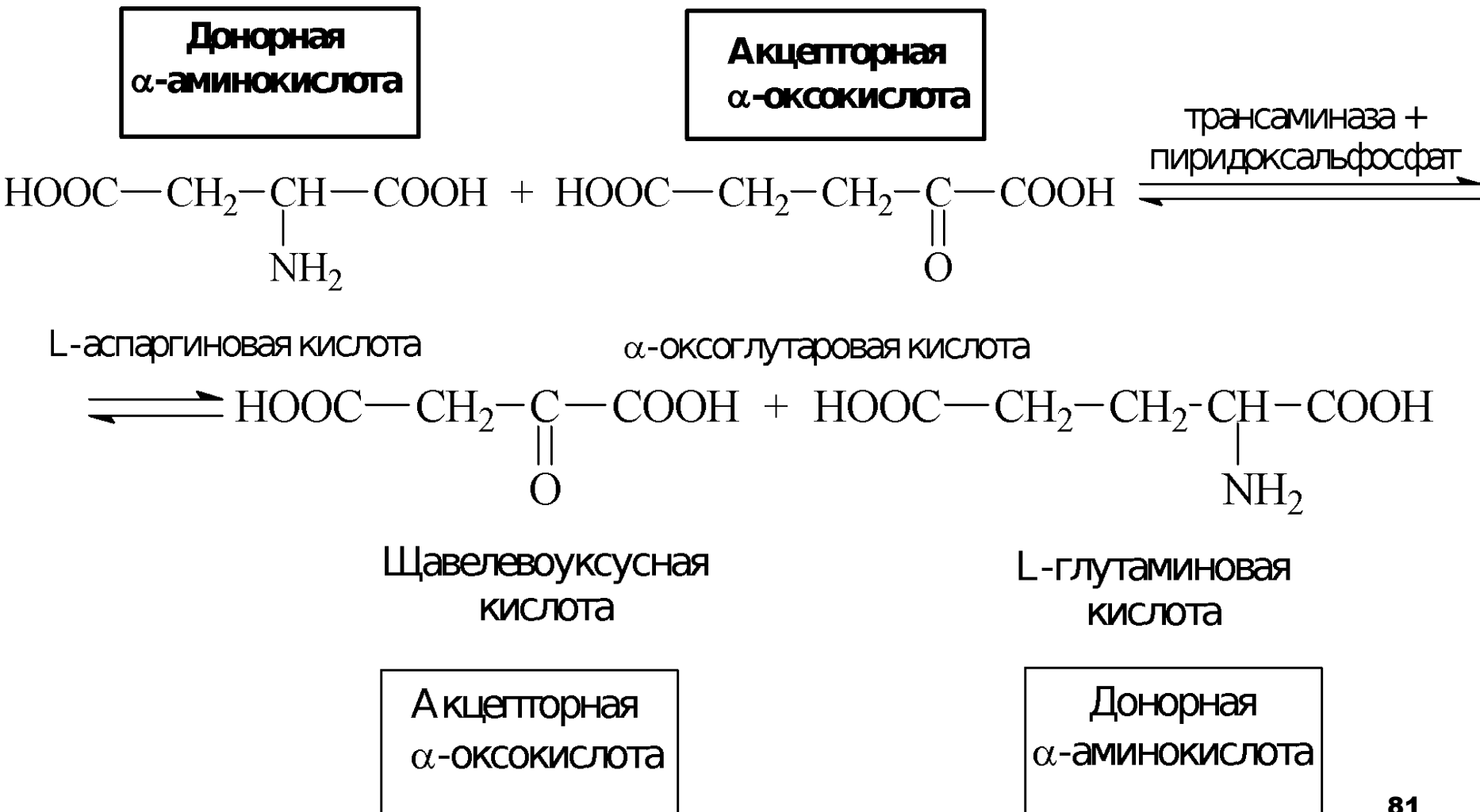
(этот тип дезаминирования характерен для аминокислот серин, треонин, цистеин)

## Д. Окислительное дезаминирование



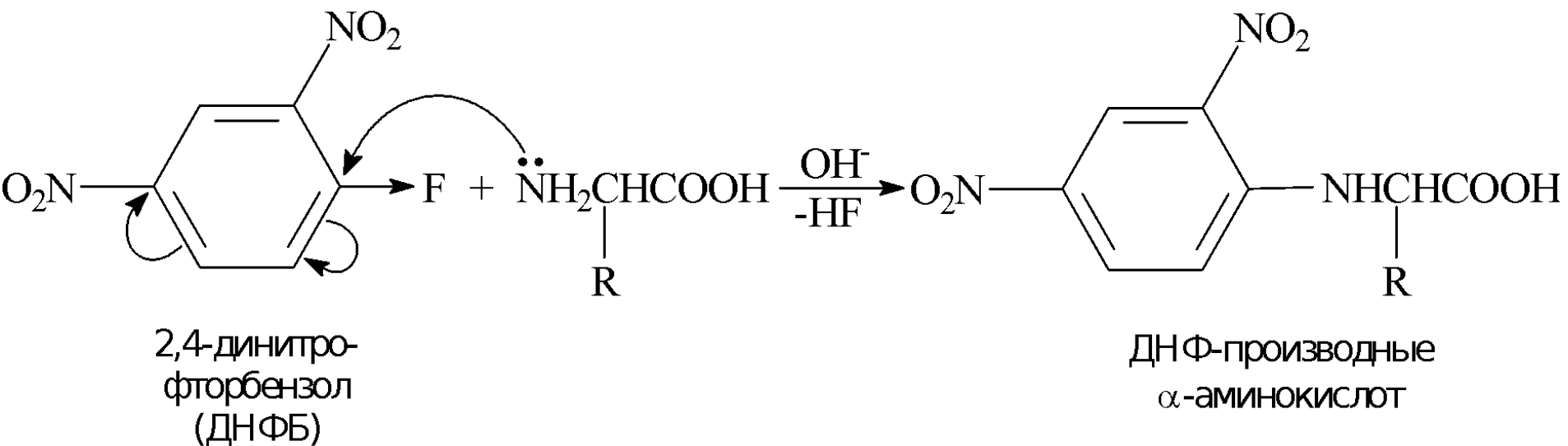


# Трансаминирование – реакция переноса α-аминогруппы с аминокислоты на α-кетокислоту:



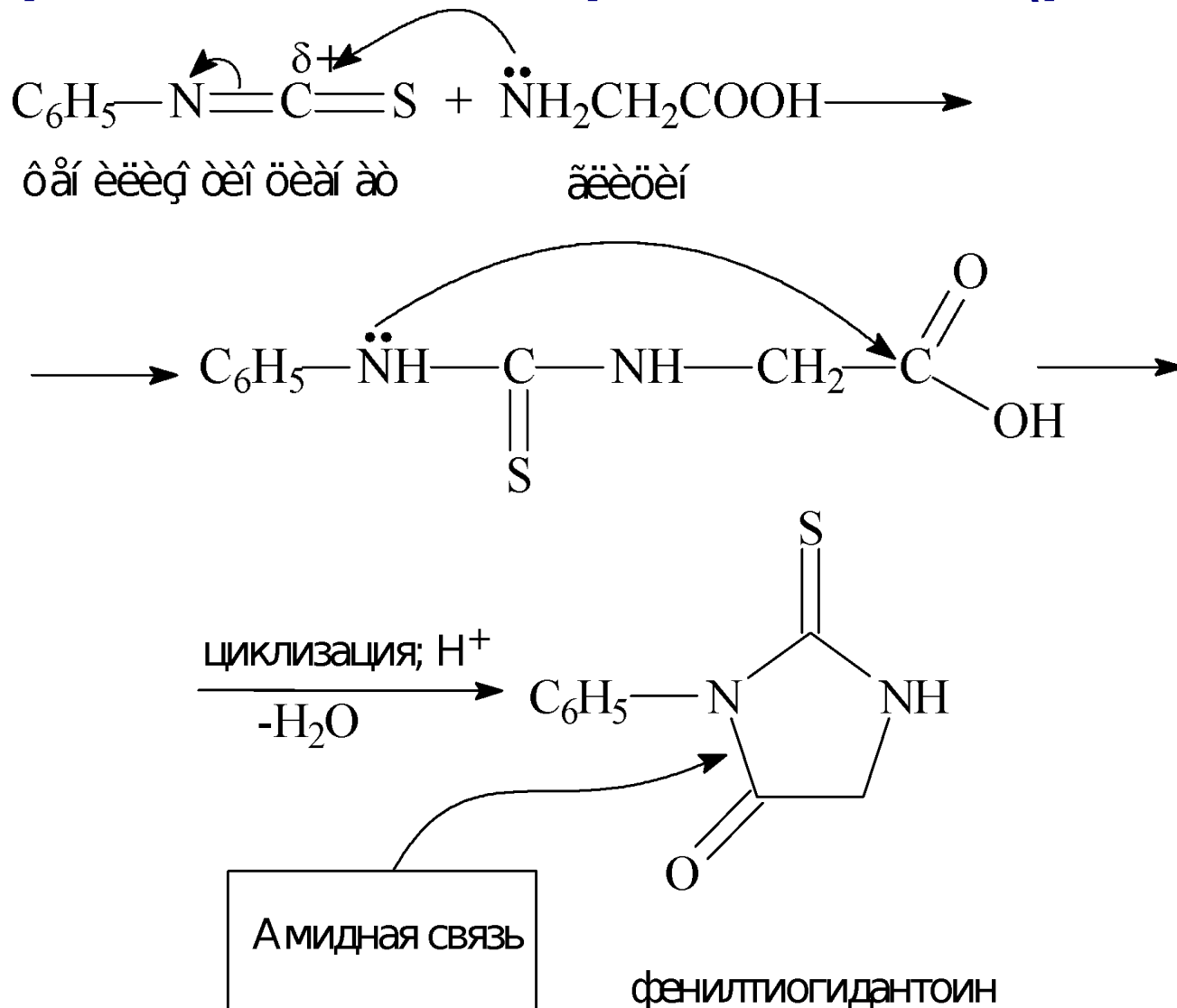
# Физические и химические свойства

## Образование ДНФ-производных



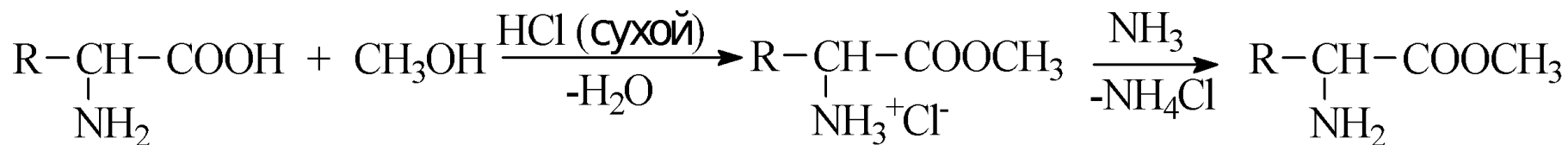
# Физические и химические свойства

## Образование ФТГ-производных (реакция Эдмана)



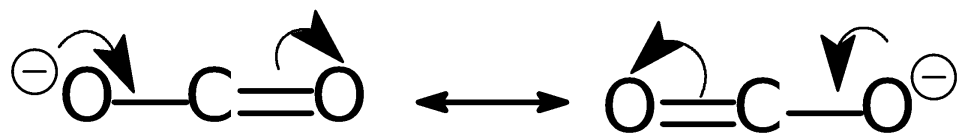
# Реакции, протекающие с участием только карбоксильной группы.

## 1. Образование эфиров



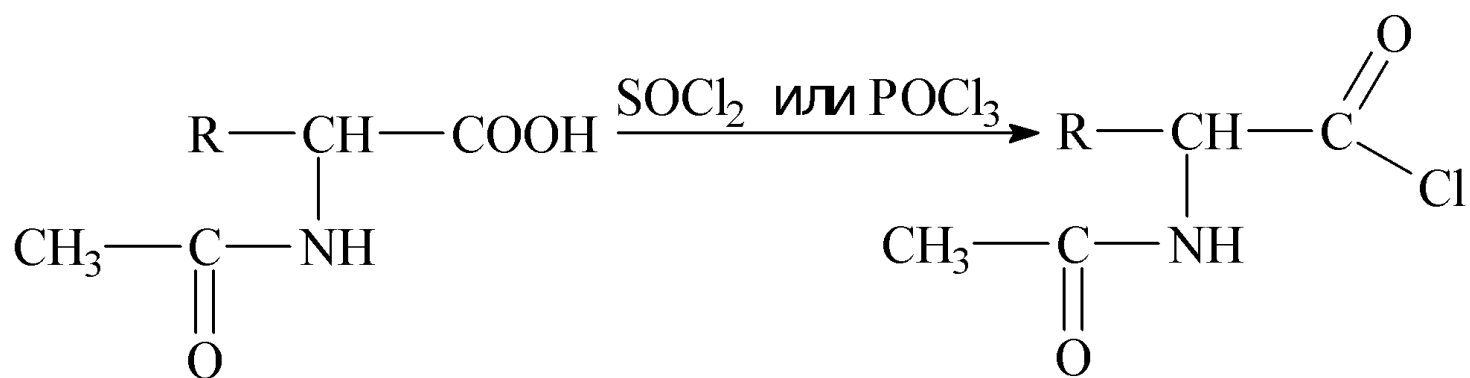
метилловый эфир  
 $\alpha$ -аминокислоты

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



карбоксилат-ионы, полностью лишены ацилирующей способности

## 2. Образование галогенангидридов

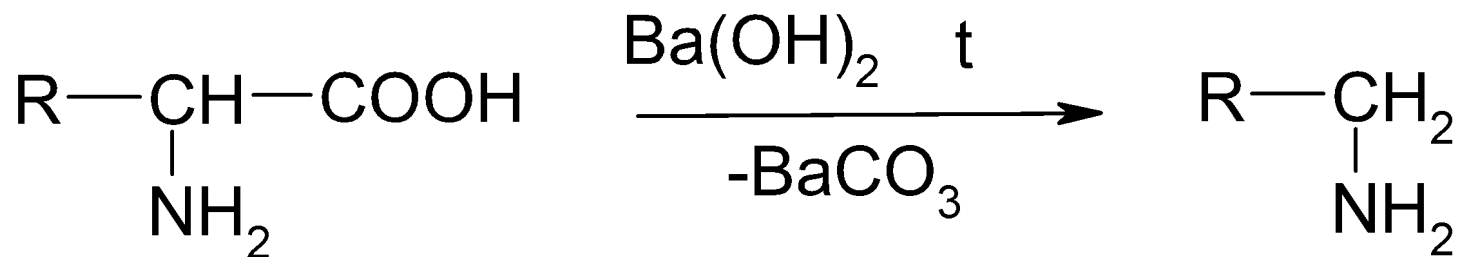


Реакция используется для активации карбоксильной группы при пептидном синтезе

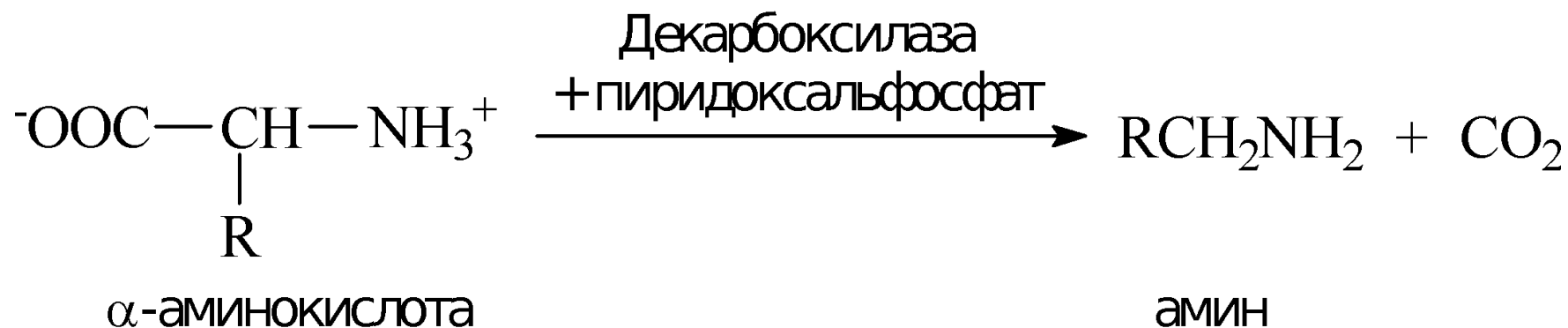
### 3. Восстановление карбоксильной группы до первичной спиртовой



### 4. Декарбоксилирование аминокислот термолизом солей щелочноземельных металлов



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





putrescine



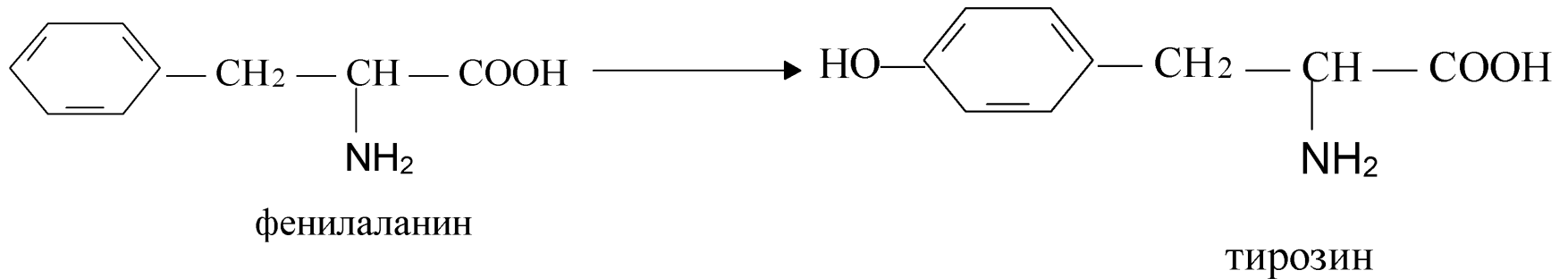
cadaverine

**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).

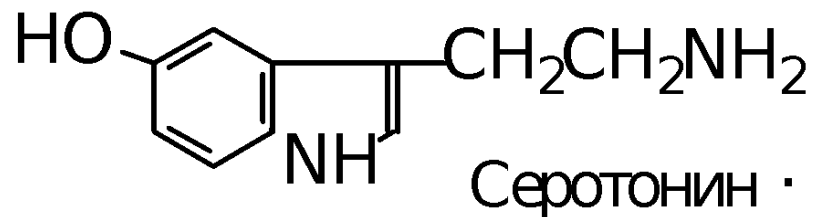
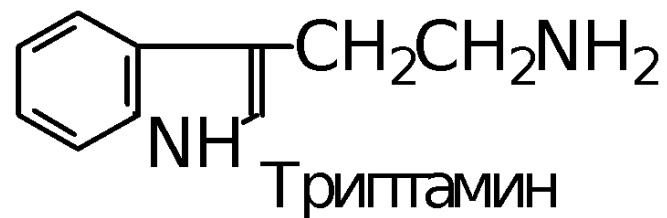
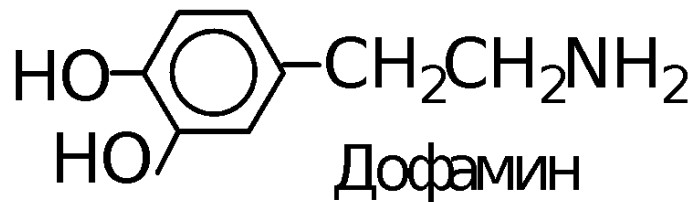


# Ферментативное гидроксилирование

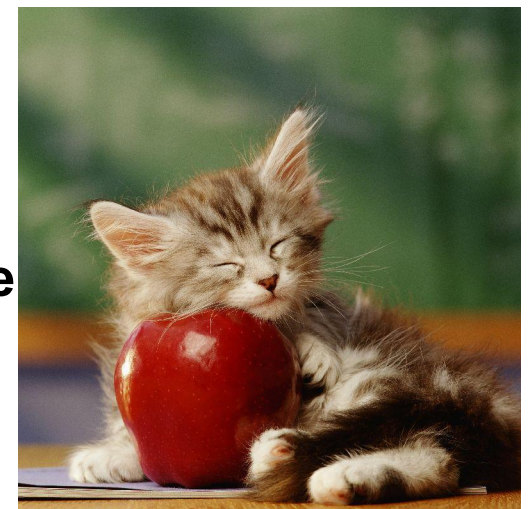


При генетически обусловленном отсутствии в организме фермента, катализирующего этот процесс, развивается тяжелое заболевание — **фенилкетонурия**.

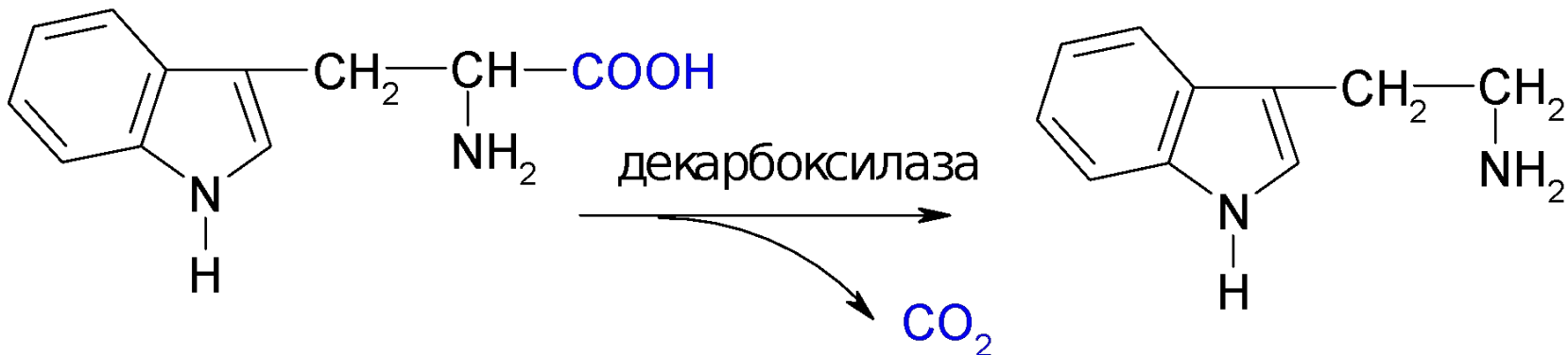
# Биогенные амины в организме



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



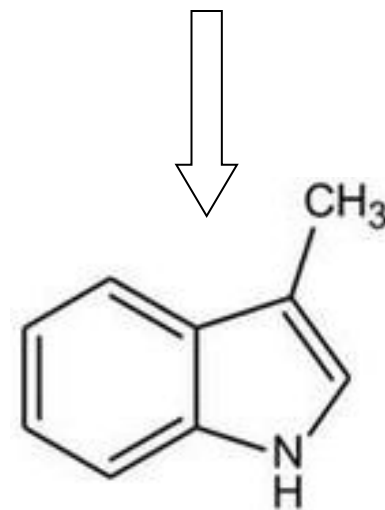
## ■ Декарбоксилирование



Триптофан

индол

Триптамин

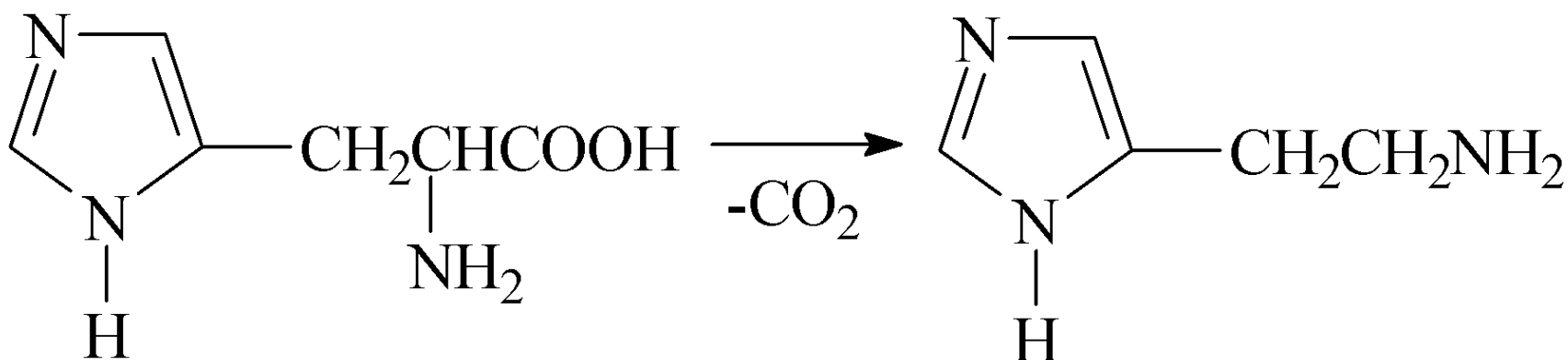


Скатола (3-метилиндола)



Обладает фекальным запахом (при большом разведении приобретает запах жасмина)

## Декарбоксилирование в организме



ГИСТИДИН

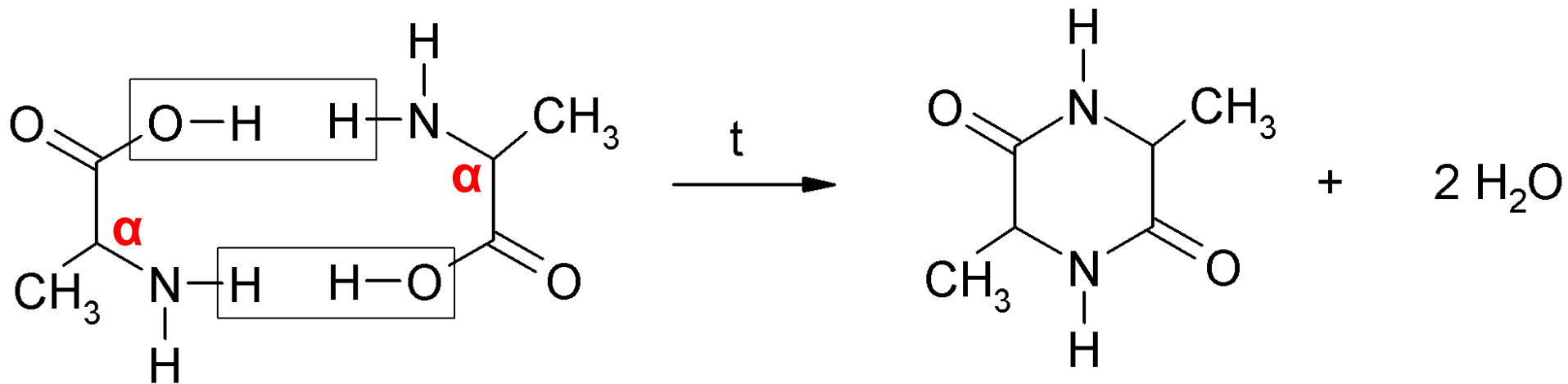
ГИСТАМИН

**Обладает сосудорасширяющим свойством,  
Медиатор аллергических реакций**

# Реакции, протекающие с участием обеих функциональных групп.

## 1. Отношение аминокислот к нагреванию

### $\alpha$ -аминокислоты

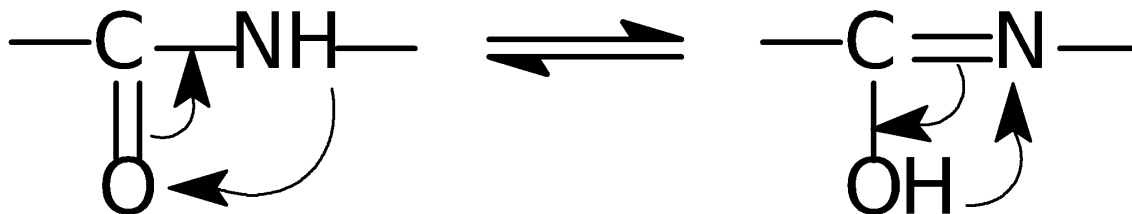


*аланин*

*дикетопиперазин*

*2,5-диоксо-3,6-диметилпиперазин*

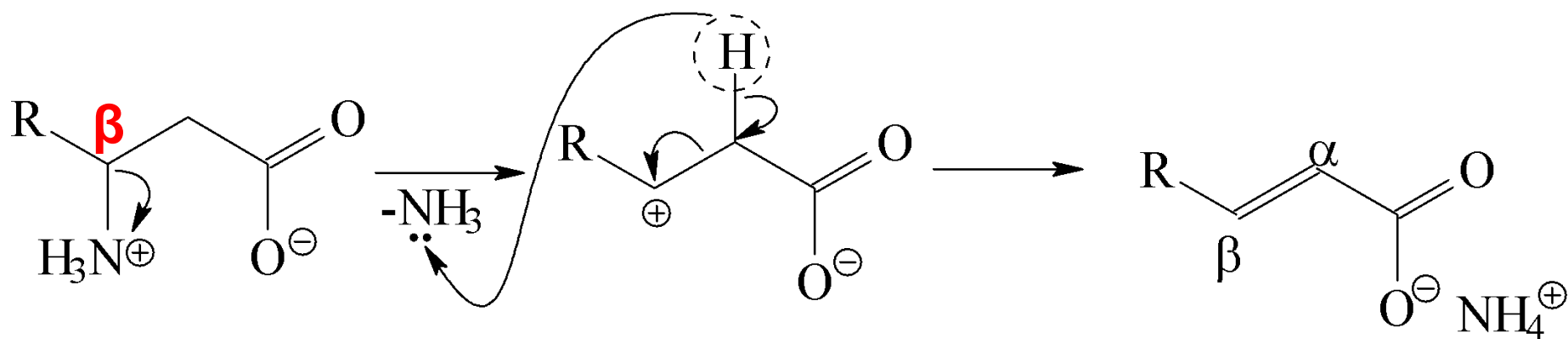
# Лактим-лактамная таутомерия



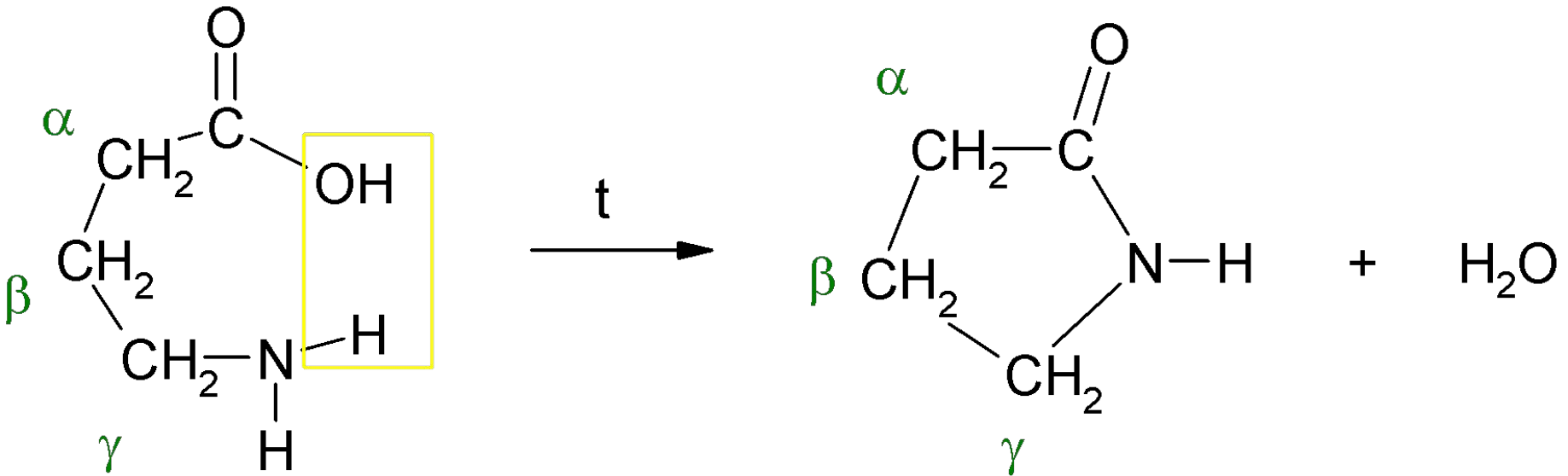
Лактам

лактим

# β-аминокислоты



# γ-аминокислоты



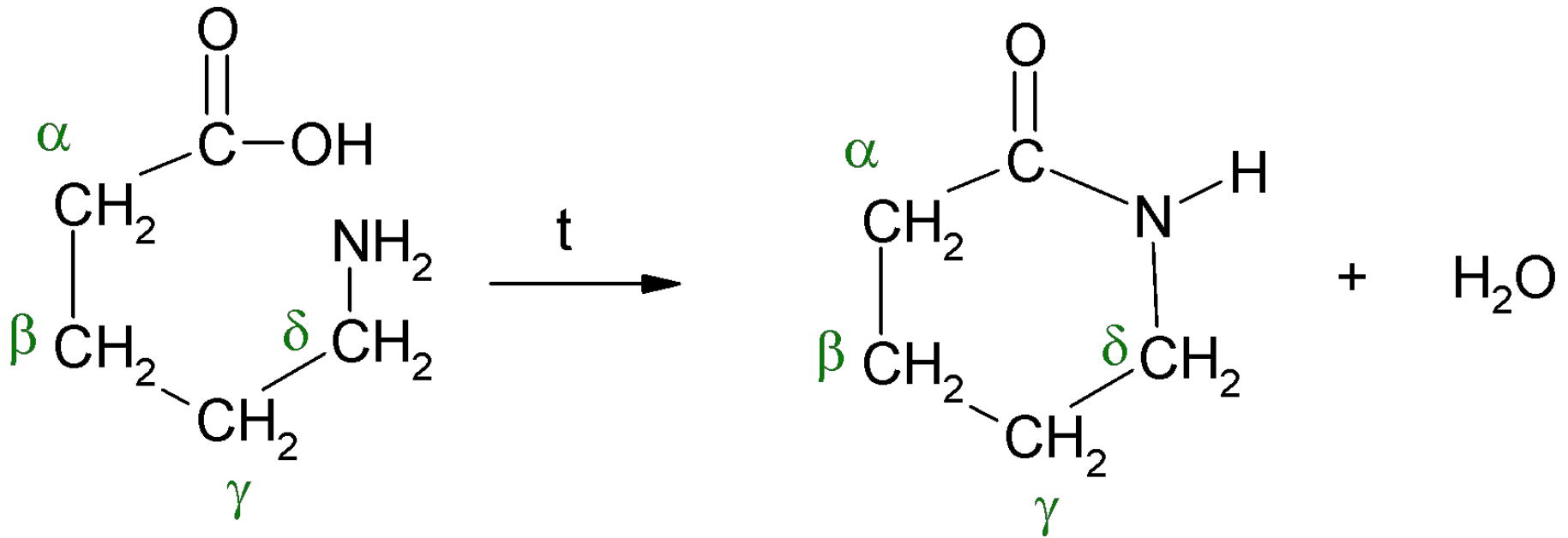
γ-аминомасляная кислота

γ-бутиролактam

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



# δ-аминокислоты

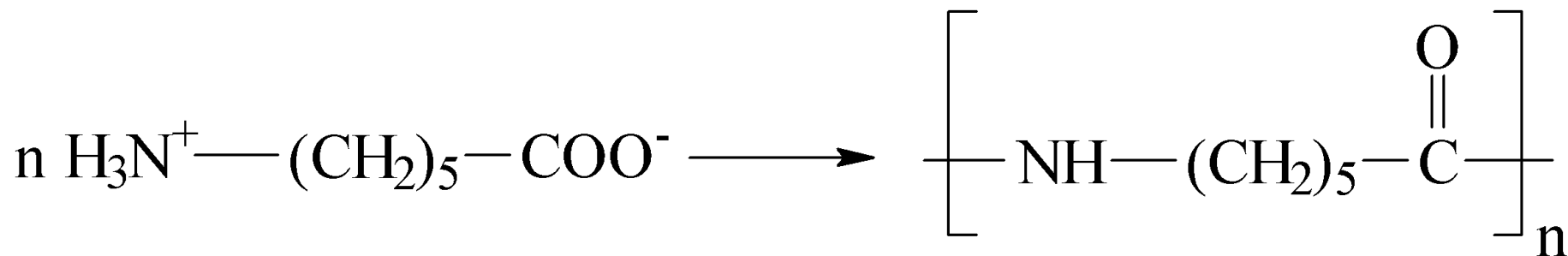


**δ-аминовалериановая  
кислота**

**δ-валеролактam**

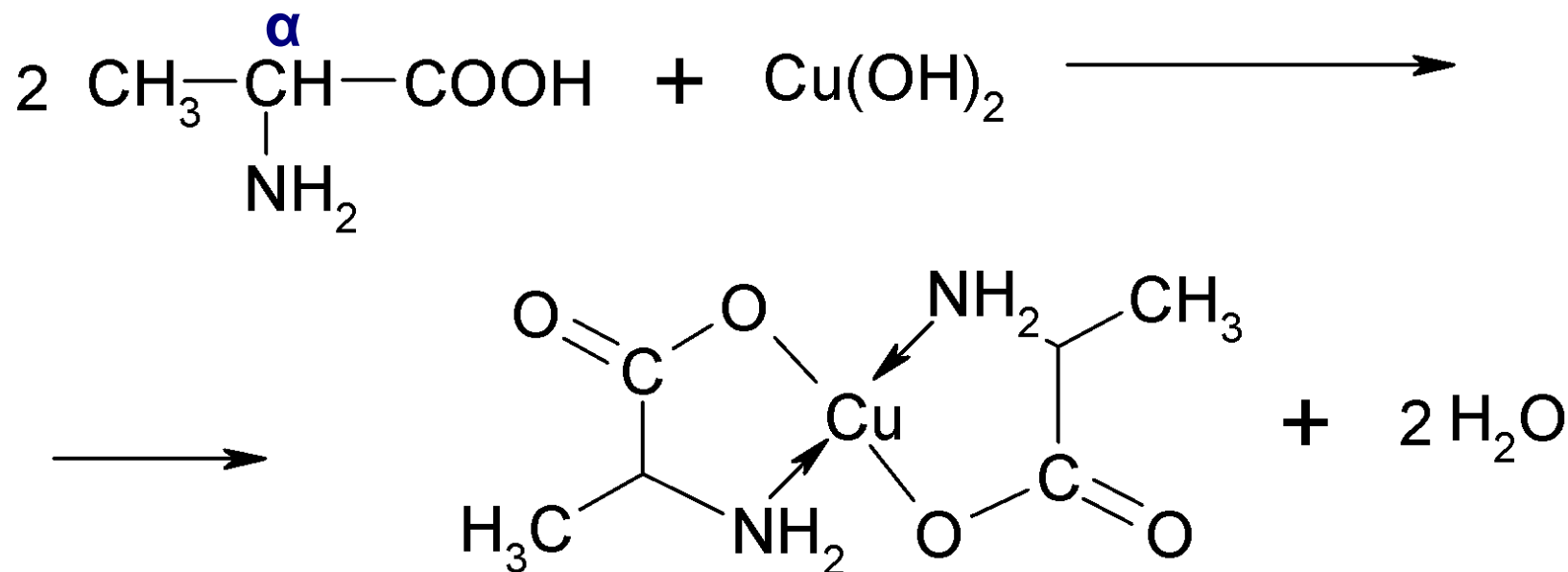
**производные пиперидона-2**

## ω-аминокислоты



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

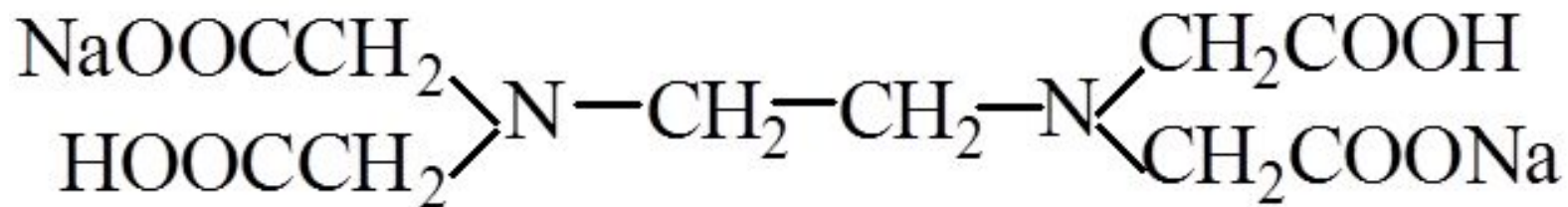
## 2. Образование комплексных солей металлов



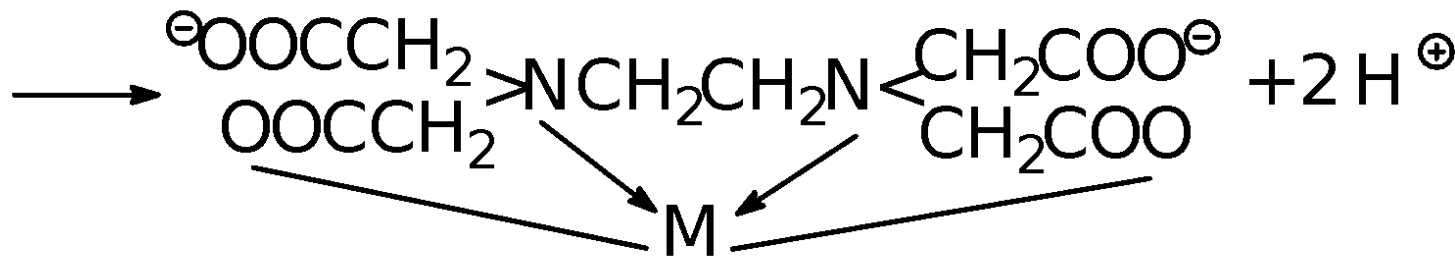
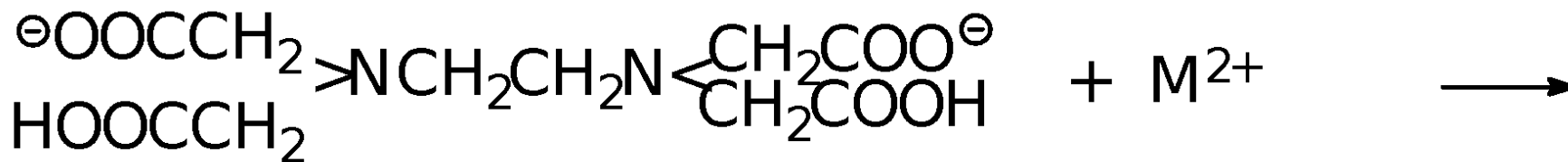
Хелатные соли меди (II) синего цвета



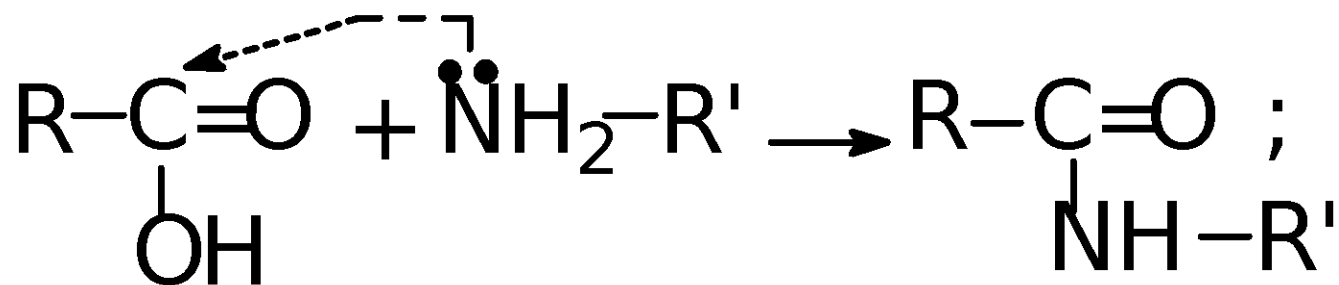
служит **качественной реакцией** на наличие в молекуле **α-аминокарбоксильной функции**.



Трилон Б  
(динатриевая соль  
этилендиаминтетрауксусной кислоты)



### 3. Образование межмолекулярных амидных связей



R:  $\text{NH}_2\text{CHR}''-$ ;

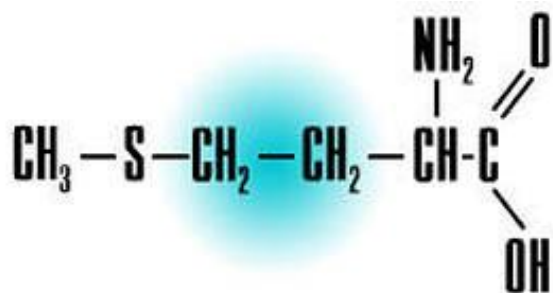
R':  $-\text{CHR}''' \text{COOH}$ .

# Аминокислоты нередко применяются в качестве лекарственных средств:

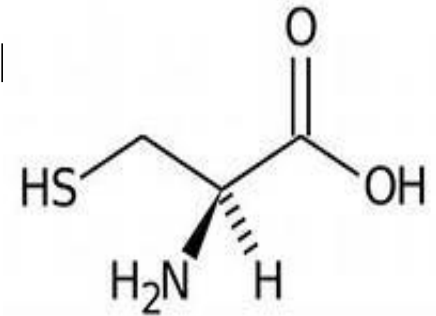
- - Смешанные К,Мg-соли **Asp (аспаркам)** или **Glu (панангин)** используются в кардиологии и неврологии



**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.

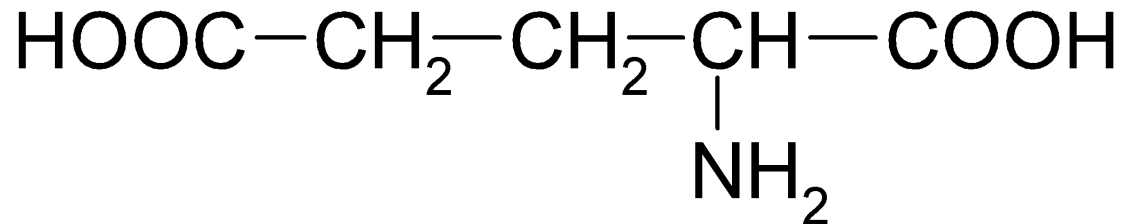




**Na-соль Glu (глутамат натрия)** является очень широко распространенной пищевой добавкой, улучшающей вкус продуктов.

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!

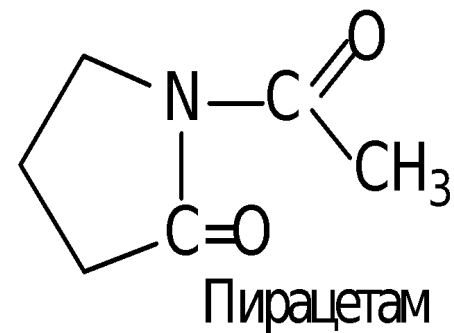
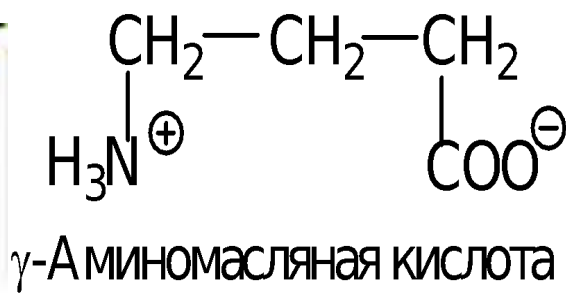
В продуктах питания глутамата натрия должно быть не более 0,8%



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.



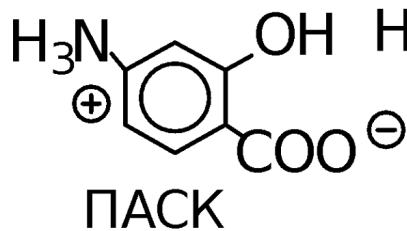


**Спасибо**  
**за**  
**Ваше внимание!**

**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**:

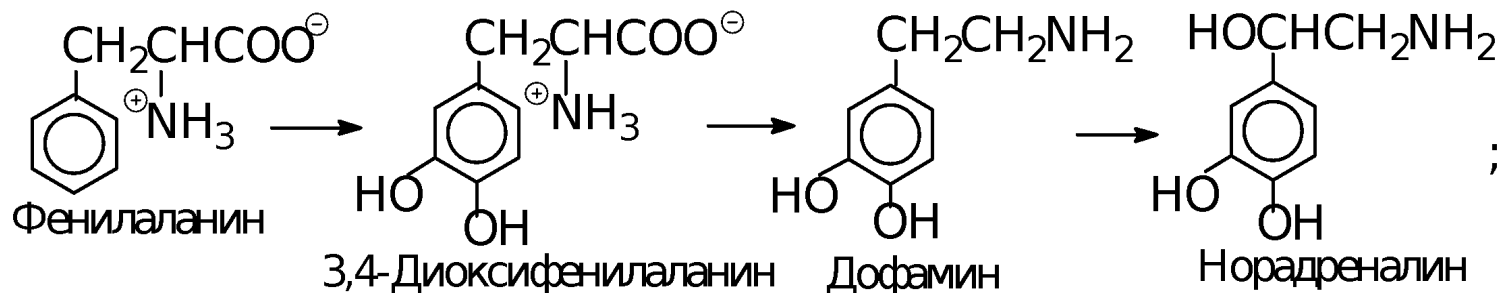


## Биологическое значение аминокислот

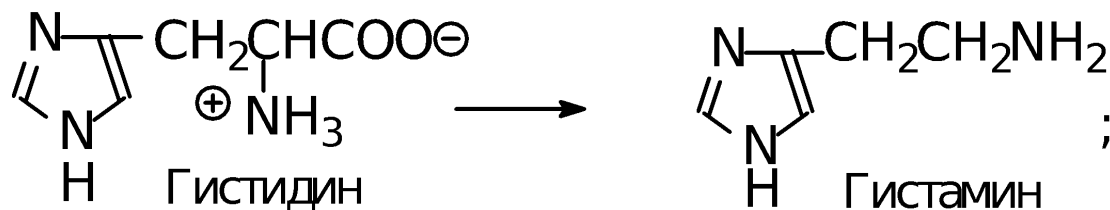
1. Аминокислоты являются теми мономерными молекулами, из которых в организме образуются практически все биологически важные биополимеры: простые и сложные белки (именно поэтому природные аминокислоты называют *протеиногенными*);

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;

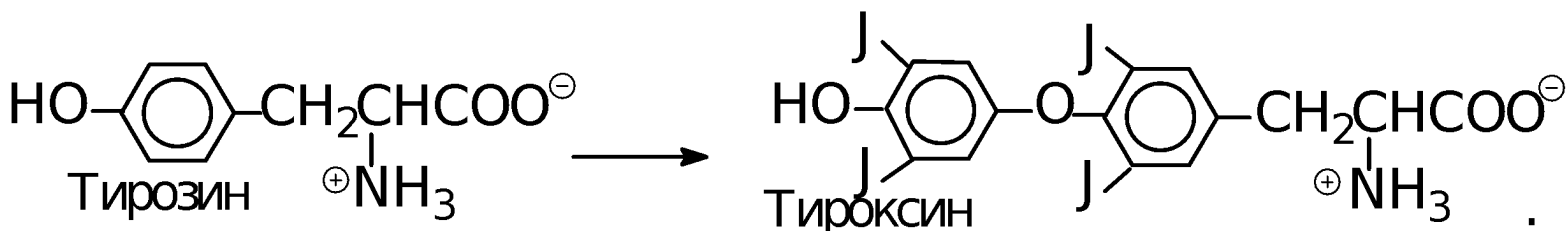
3. Существенна роль аминокислот как предшественников разнообразных нейромедиаторов:



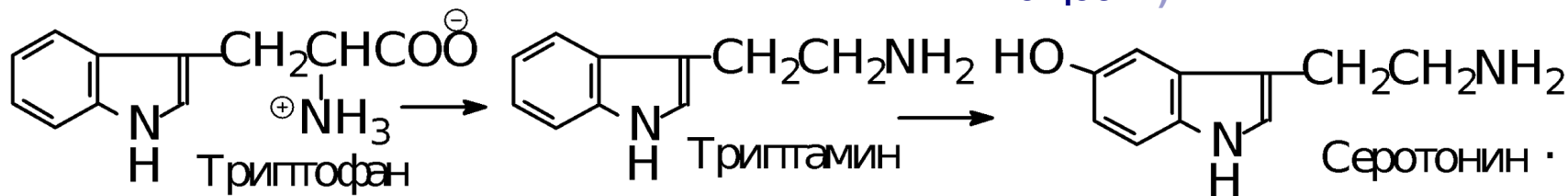
**ДОФА или ДОРА**



отвечает за развитие аллергических реакций



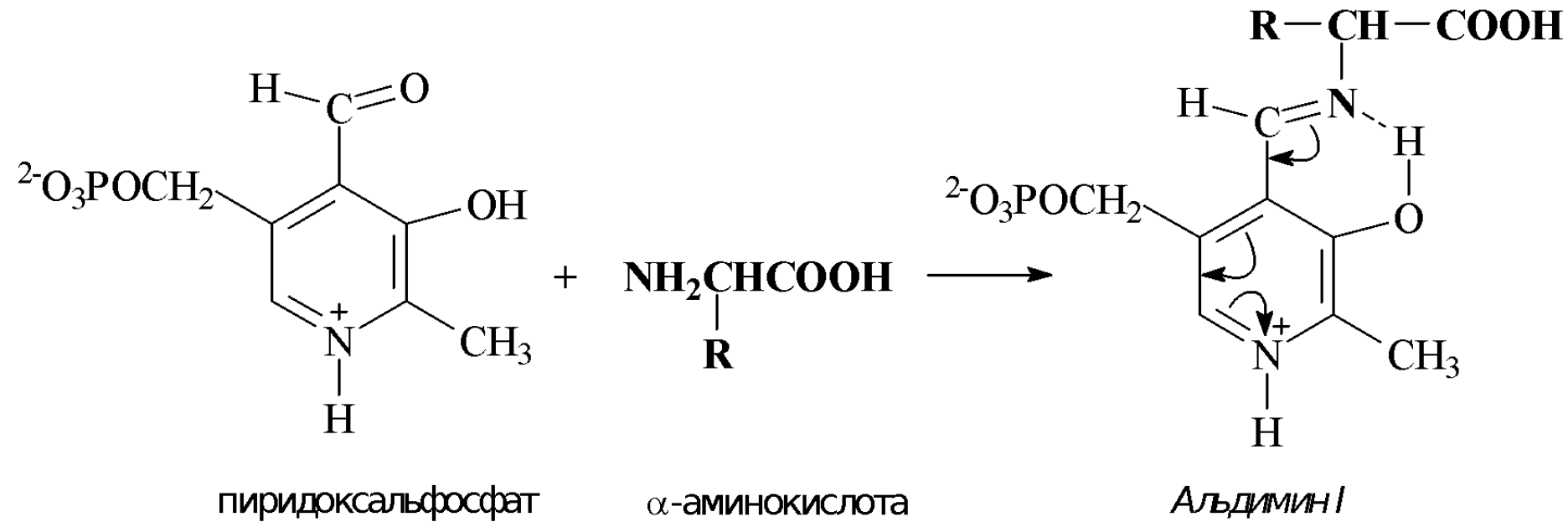
гормон щитовидной железы (регулирует обмен веществ)



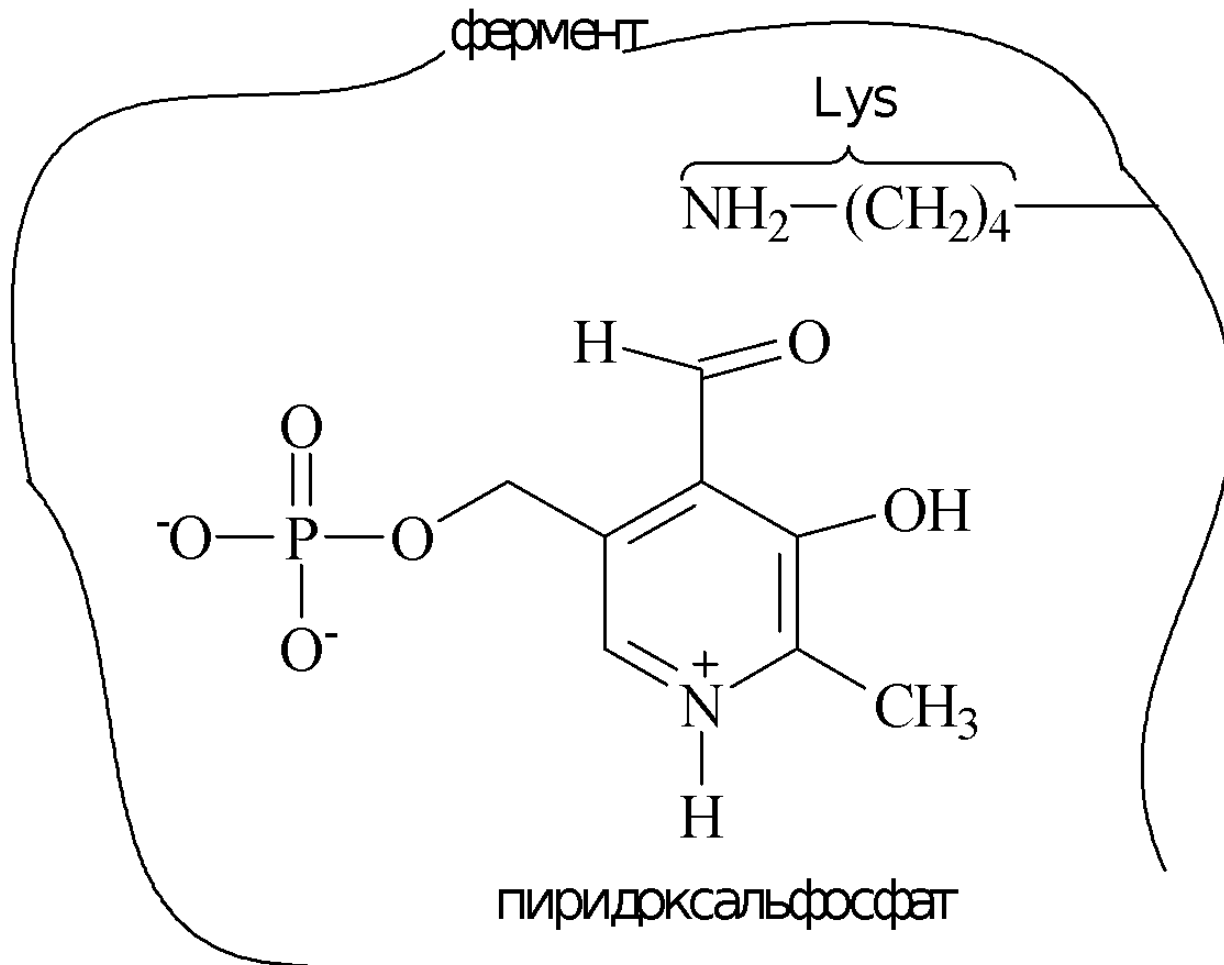
серотонинэргический медиатор, вызывает торможение



# Биологически важные химические реакции

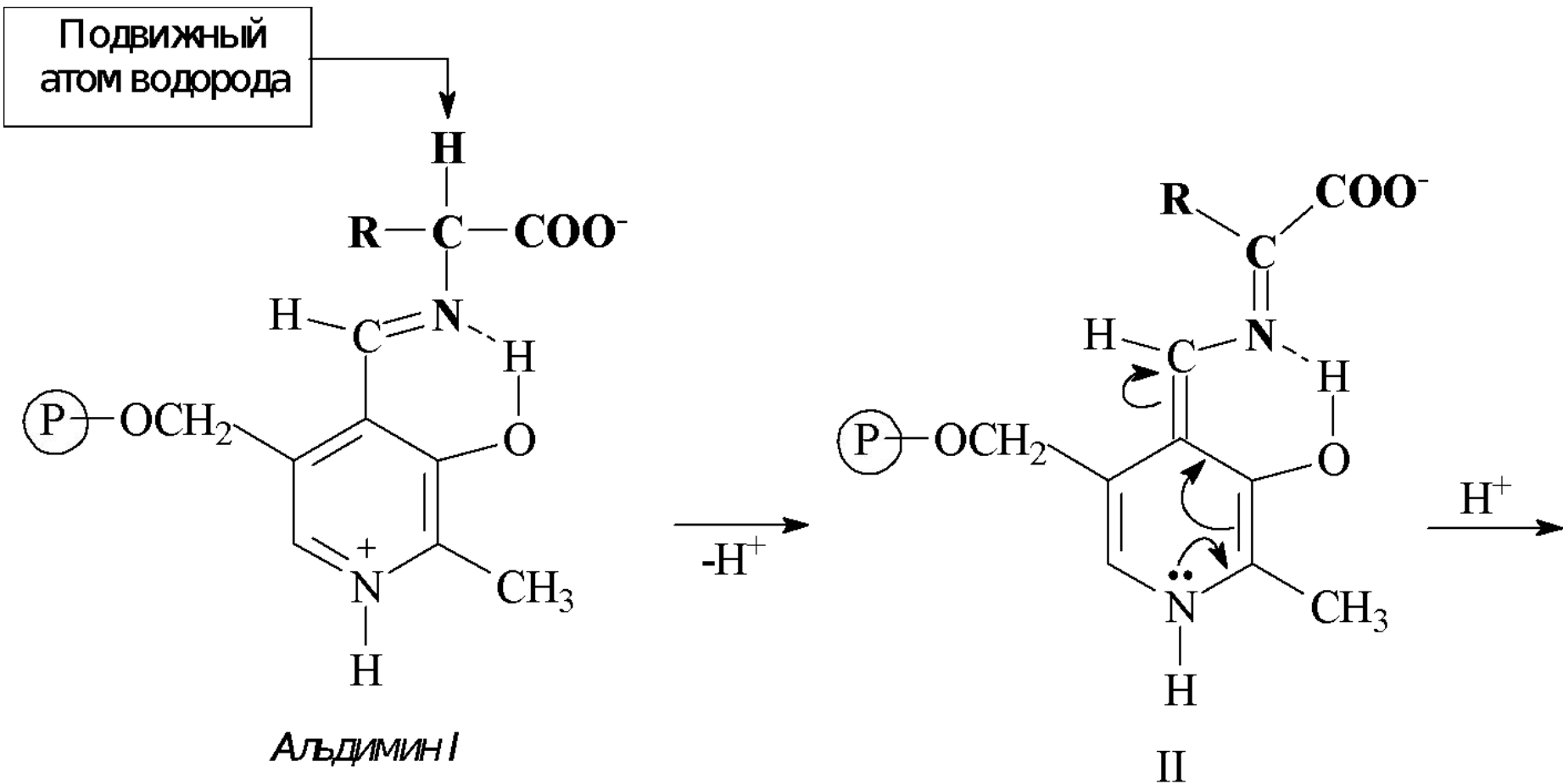


# Биологически важные химические реакции



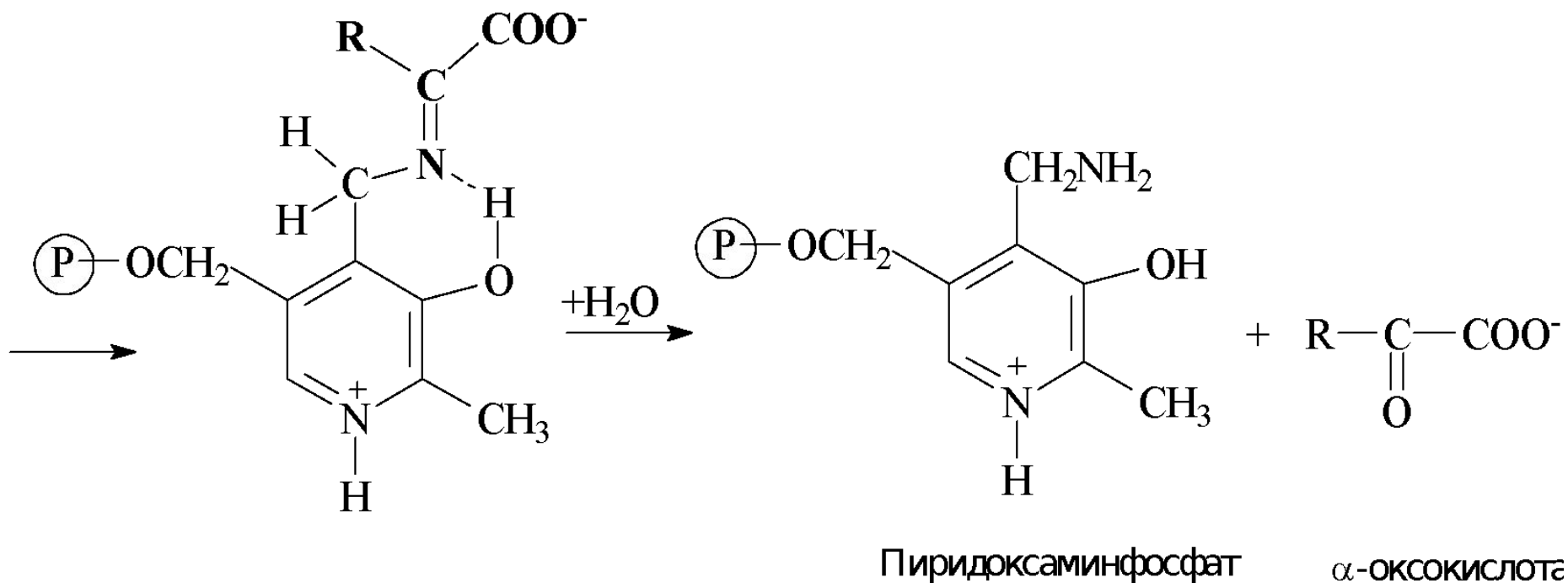
# Биологически важные химические реакции

## Перенос аминогруппы



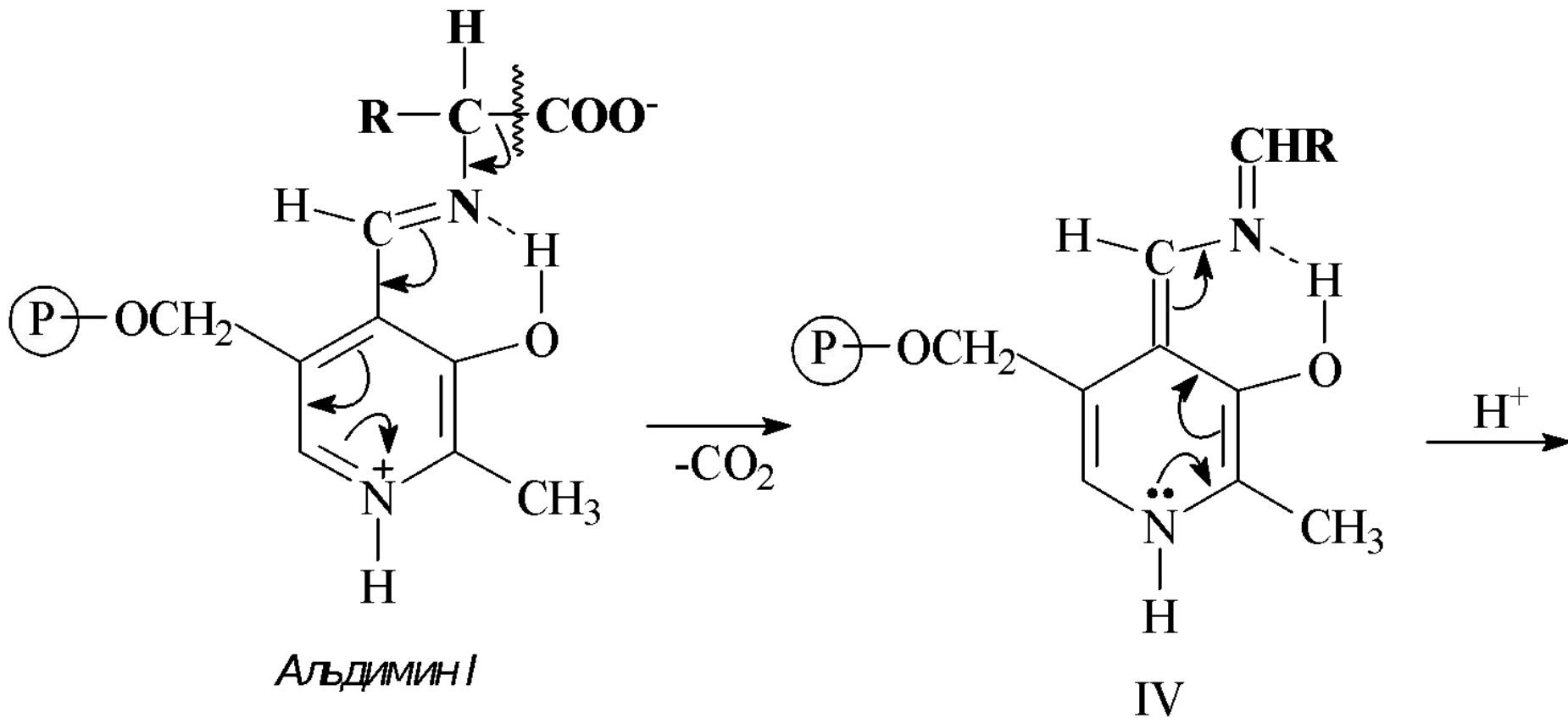
# Биологически важные химические реакции

## Перенос аминогруппы



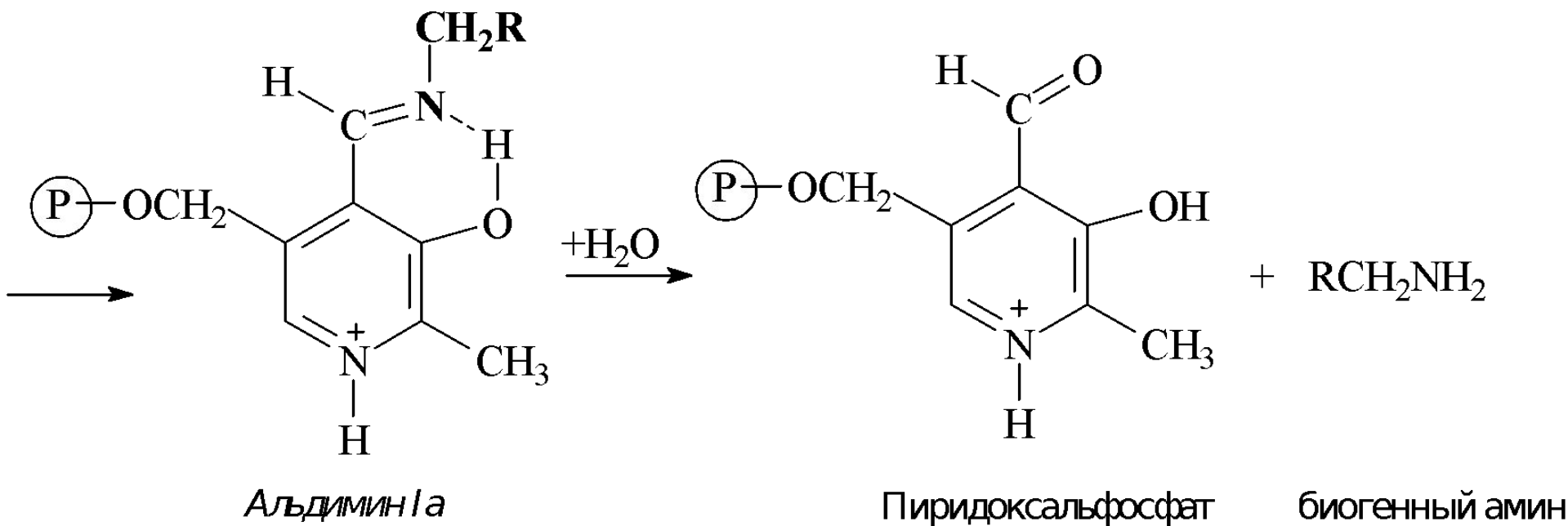
# Биологически важные химические реакции

## Декарбоксилирование в организме



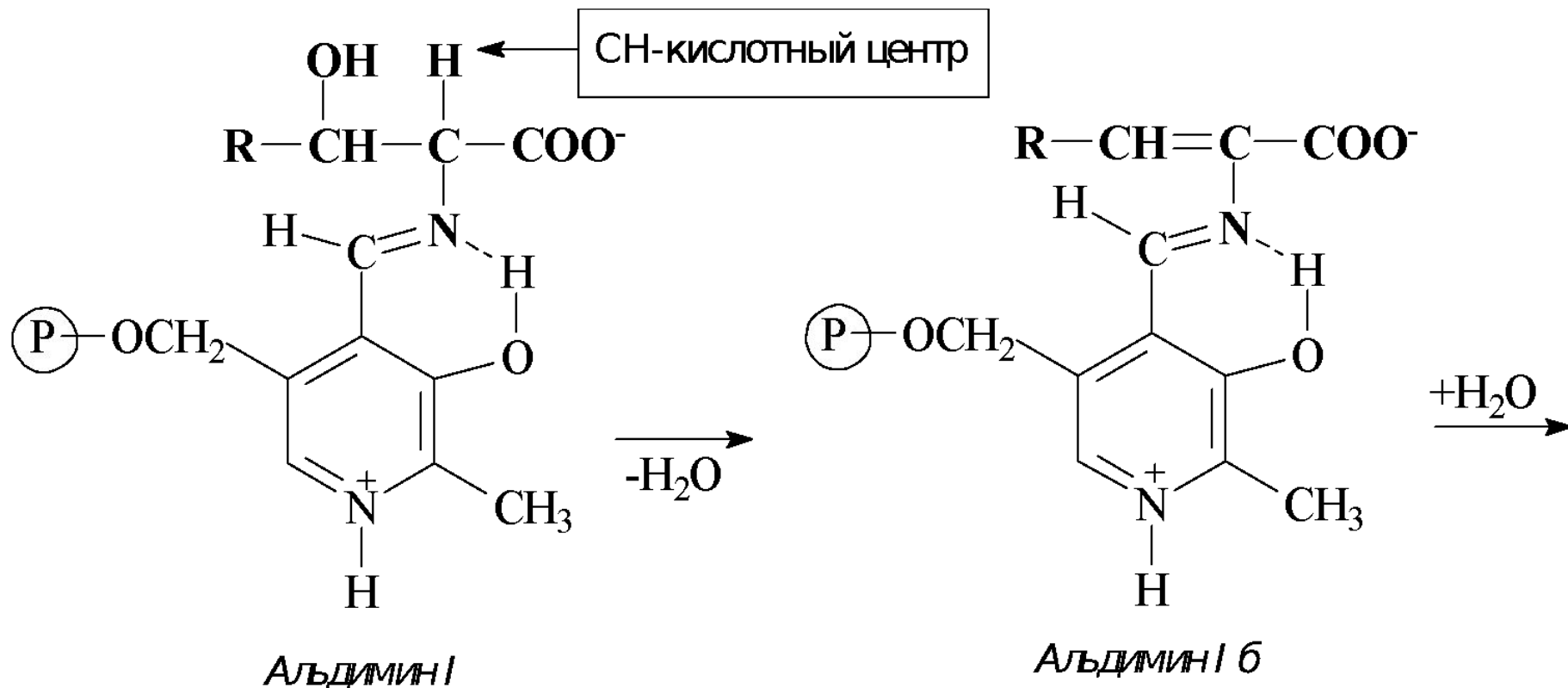
# Биологически важные химические реакции

## Декарбоксилирование в организме



# Биологически важные химические реакции

## Элиминирование



# Биологически важные химические реакции

## Элиминирование

