

# АМИНОКИСЛОТ Ы



*Жизнь – есть способ существования  
белковых тел.*

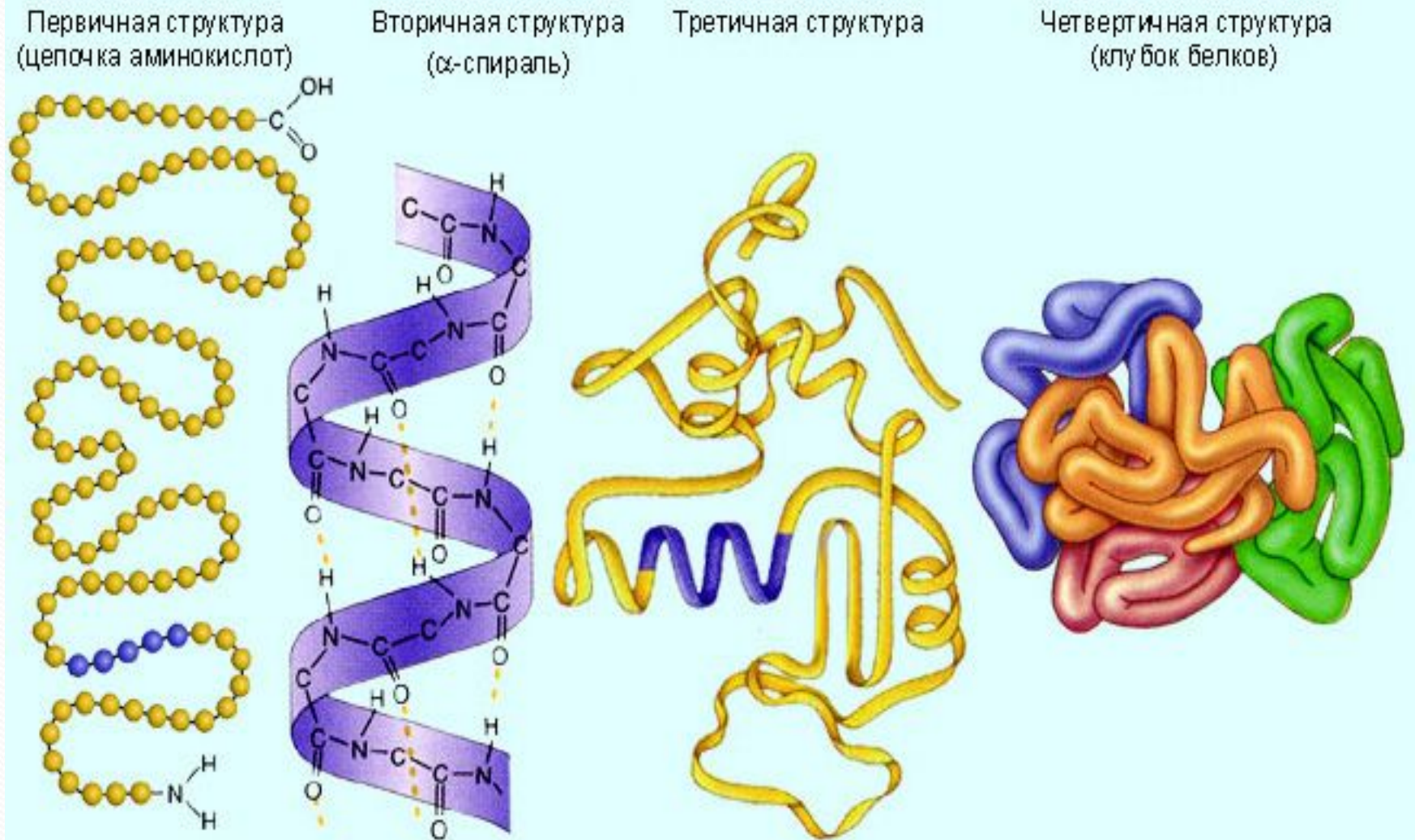
Ф. Энгельс

● Белки, являясь основой всех проявлений материальной жизни, выполняют в организме ряд важнейших функций:

1. Пластическая
2. Каталитическая
3. Сократительная
4. Регуляторная
5. Транспортная
6. Защитная (имунная)
7. Энергетическая  
(10% всех энергозатрат)

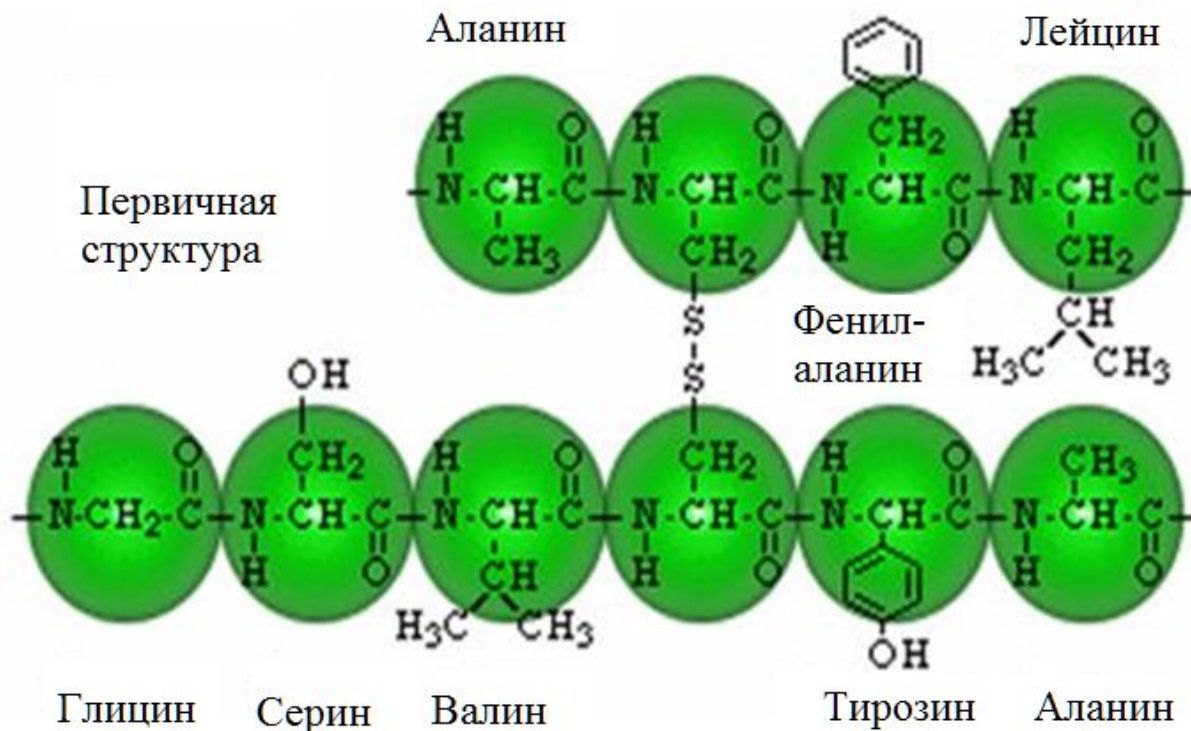


# По химической природе БЕЛКИ являются биополимерами

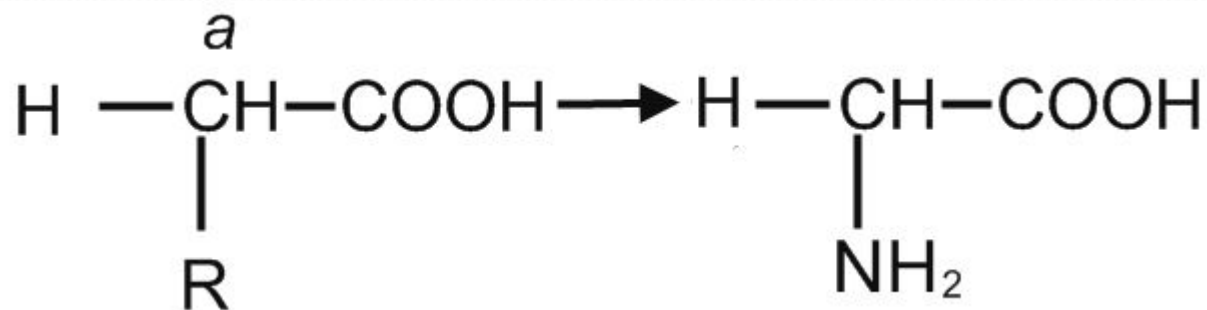
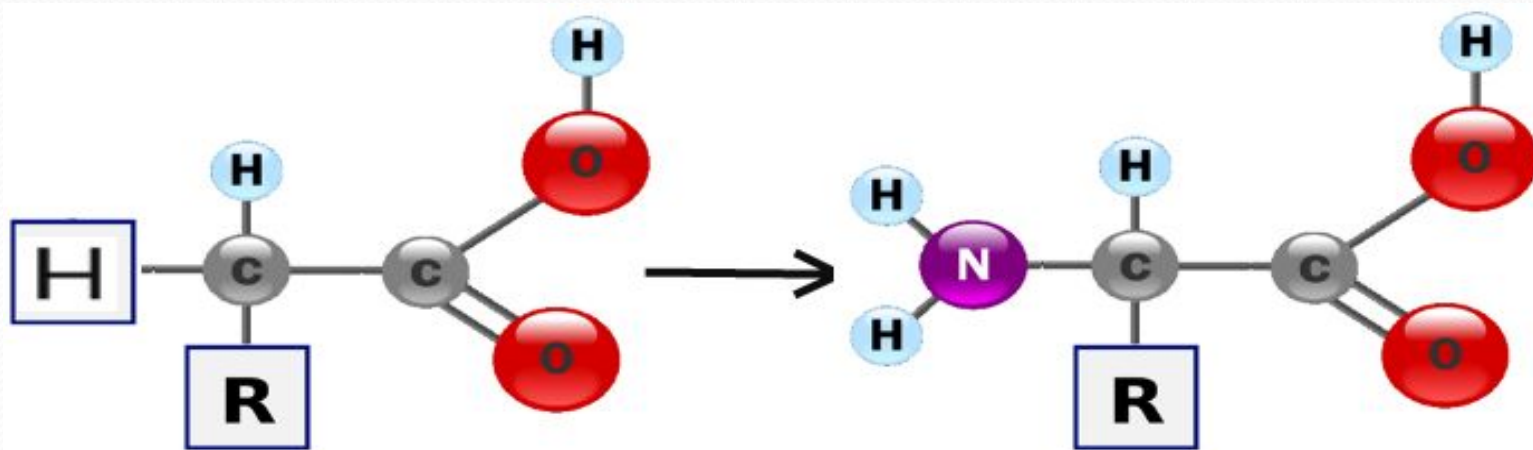


# Структурным компонентом – мономером – являются

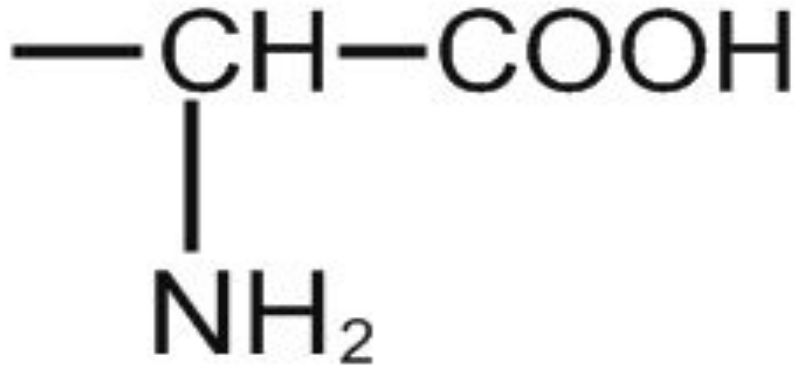
0



**Аминокислоты – это гетерофункциональные органические соединения, производные КК у которых у  $\alpha$ -углеродного атома водород замещен на аминогруппу**

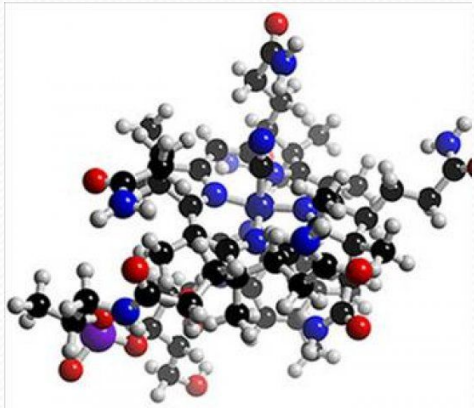


Все  $\alpha$ -АМК имеют общую группу



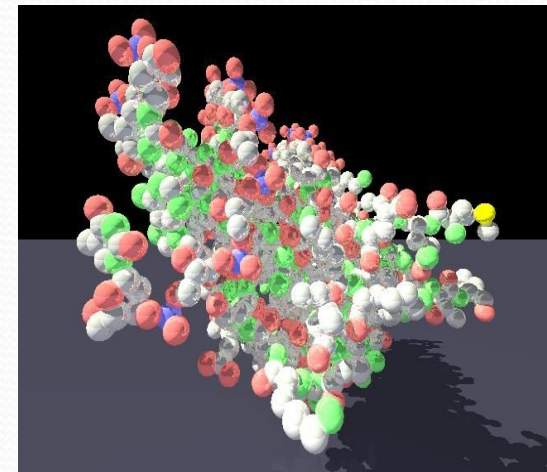
и отличаются друг от друга строением радикала

**R**



В состав белков  
животного и  
растительного  
происхождения  
входит:

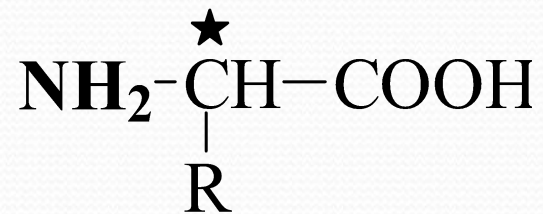
- 19 АМК,
- 2 амида АМК
- 2 иминокислоты.



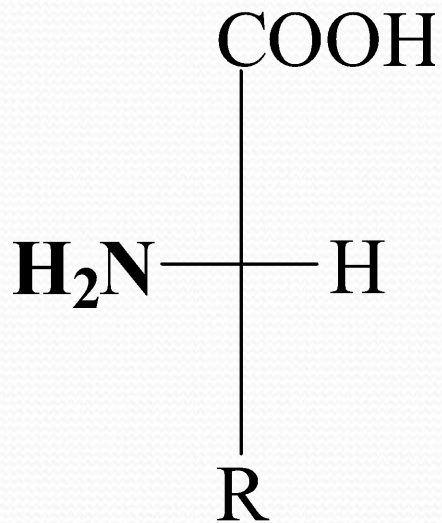


# Стереохимия аминокислот

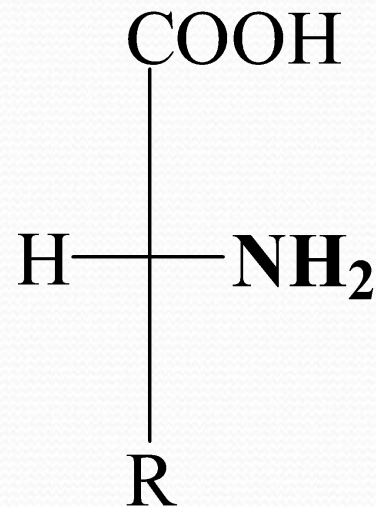
- Во всех природных АМК, за исключением *глицина*,  $\alpha$ -С атом ассиметричен и  $\alpha$ -АМК обладают оптической активностью.
- Растворы АМК вращают плоскость поляризованного света вправо (10 АМК) либо влево (8 АМК).



**α-аминокислота**



**L-α-аминокислота**



**D-α-аминокислота**

# Классификация, строение, номенклатура $\alpha$ -АМК

**I. По химической природе  
радикала и характеру  
содержащихся в нем  
заместителей:**

**1. АЛИФАТИЧЕСКИЕ**

**2. ЦИКЛИЧЕСКИЕ**

**Алифатические  $\alpha$ -АМК в зависимости от количества в их составе аминогрупп и карбоксильных групп подразделяют на:**

1. **МАМК**
2. **МАДК**
3. **ДАМК**

# К МАМК аминокислотам

Глицин	Gly	$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$
Аланин	Ala	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{NCHCOOH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
Валин	Val	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{NCHCOOH} \\   \\ \text{CH}(\text{CH}_3) \end{array}$
Лейцин	Leu	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{NCHCOOH} \\   \\ \text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2 \end{array}$
Изолейцин	Ile	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{NCHCOOH} \\   \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{C}_2\text{H}_5 \end{array}$

К МАМК а-АМК относят аминокислоты, в радикале которых имеются другие функциональные группы. Это ОКСИАМИНОКИСЛОТЫ:

Серин	Ser(S)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{NCHCOOH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$
Треонин	Tre(T)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{NCHCOOH} \\   \\ \text{CH}_3\text{—CH—OH} \end{array}$

К МАМК  $\alpha$ -АМК относят аминокислоты, в радикале которых имеются другие функциональные группы. Это СЕРУСОДЕРЖАЩИЕ  $\alpha$ -АМК:

Метионин	Met(M)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{NCHCOOH} \\   \\ \text{CH}_2\text{CH}_2\text{SCH}_3 \end{array}$
Цистеин	Cys©	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{NCHCOOH} \\   \\ \text{CH}_2\text{—SH} \end{array}$



# К МАДК аминокислоты

представлены:

Аспарагиновая кислота	Asp(D)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{NCHCOOH} \\   \\ \text{CH}_2\text{COOH} \end{array}$
Аспарагин	Asn(N)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{NCHCOOH} \\   \\ \text{CH}_2\text{CONH}_2 \end{array}$
Глутаминовая кислота	Glu(E)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{NCHCOOH} \\   \\ \text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} \end{array}$
Глутамин	Gln(Q)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{NCHCOOH} \\   \\ \text{CH}_2\text{CH}_2\text{CONH}_2 \end{array}$

# К ДАМК аминокислоты:

Лизин	Lys(K)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{NCHCOOH} \\   \\ \text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2 \end{array}$
Аргинин	Arg(R)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{NCHCOOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}-\text{C}-\text{NH}_2 \\    \\ \text{NH} \end{array}$

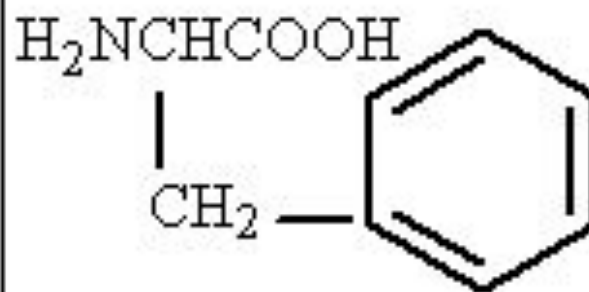
**Циклические  
аминокислоты в  
зависимости от  
природы цикла  
делятся на:**

- 1. карбоциклические**
- 2. гетероциклические**

# Карбоциклические АМК

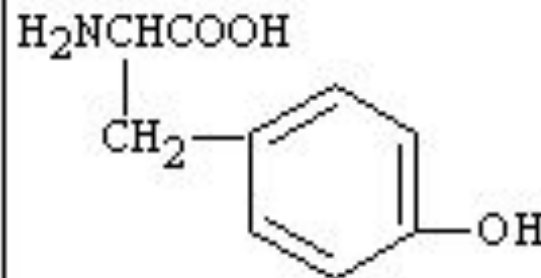
Фенилаланин

Phe



Тирозин

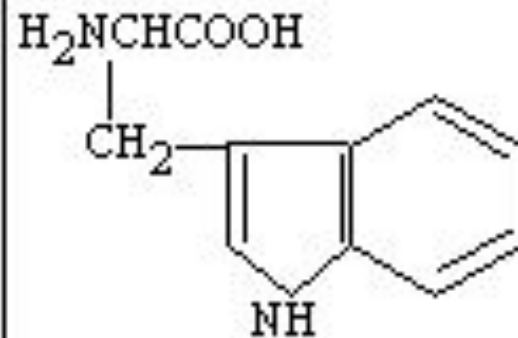
Tyr(Y)



# Гетероциклические АМК

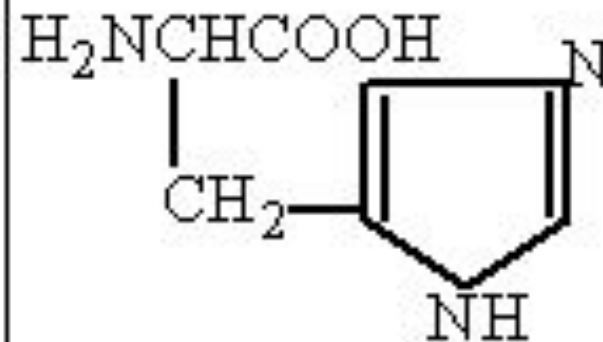
Триптофан

Try(W)

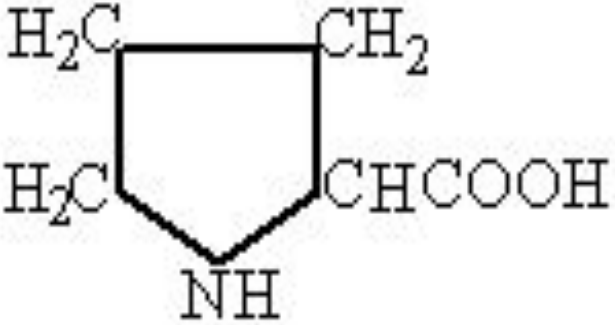
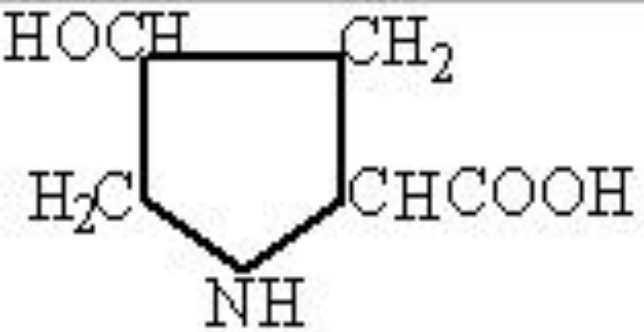


Гистидин

His(H)



# Гетероциклические ИМИНОКИСЛОТЫ:

Пролин	Pro(P)	 <p>Chemical structure of Proline: A five-membered pyrrolidine ring with a carboxylic acid group (-CH<sub>2</sub>COOH) attached to the alpha carbon. The ring carbons are labeled H<sub>2</sub>C and CH<sub>2</sub> at the top, and H<sub>2</sub>C and CHCOOH at the bottom. The nitrogen atom is labeled NH.</p>
Оксипролин	Opr	 <p>Chemical structure of Oxypyrrolidine: A five-membered pyrrolidine ring with a hydroxyl group (-OH) and a methyl group (-CH<sub>3</sub>) attached to the alpha carbon, and a carboxylic acid group (-CH<sub>2</sub>COOH) attached to the beta carbon. The ring carbons are labeled HOCH and CH<sub>2</sub> at the top, and H<sub>2</sub>C and CHCOOH at the bottom. The nitrogen atom is labeled NH.</p>

## **II. По полярности радикала:**

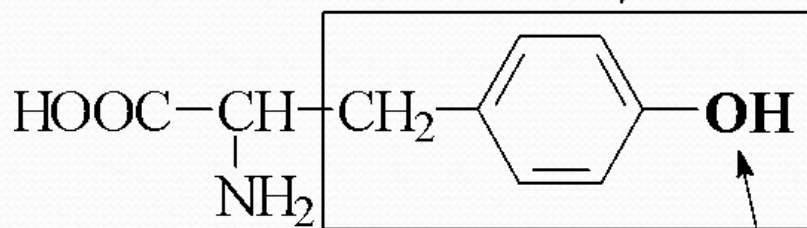
**1. ПОЛЯРНЫЕ**

**2. НЕПОЛЯРНЫЕ**

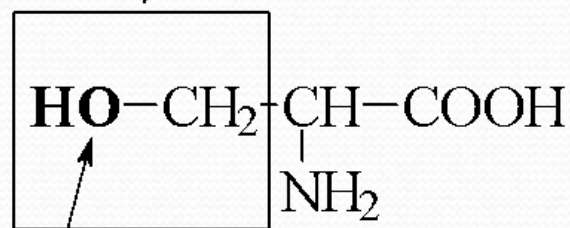
# Полярный радикал

ионогенный

неионогенный



Тирозин



Серин

*фенольная*

*спиртовая*

**ОН-группа**

диссоциирует

В щелочной  
среде

не диссоциирует



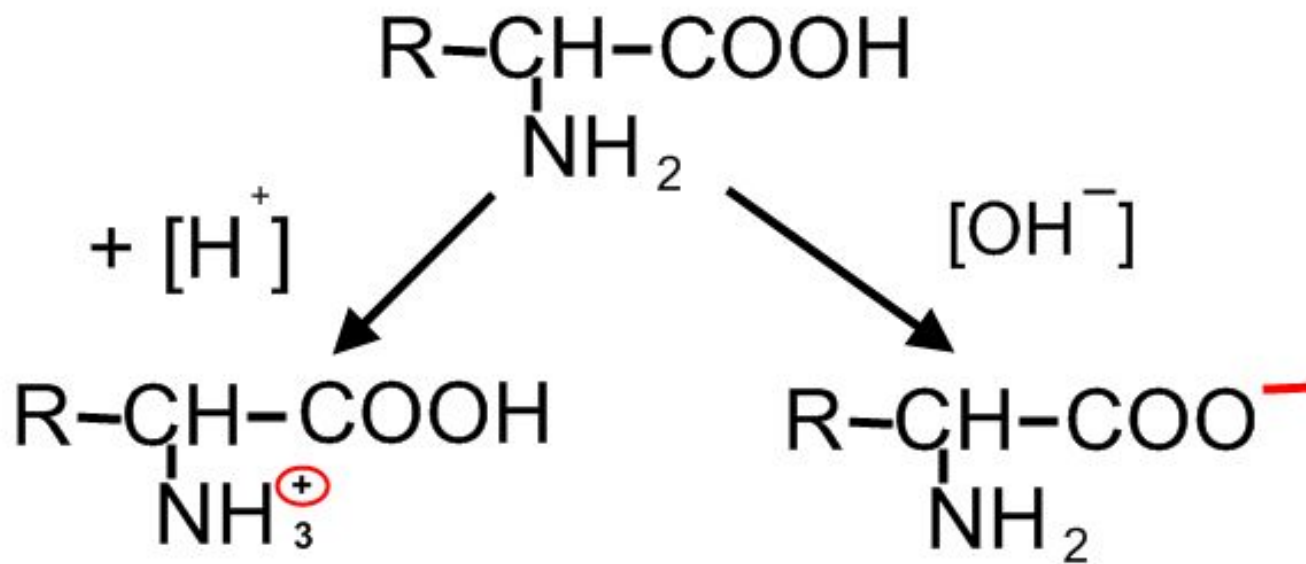
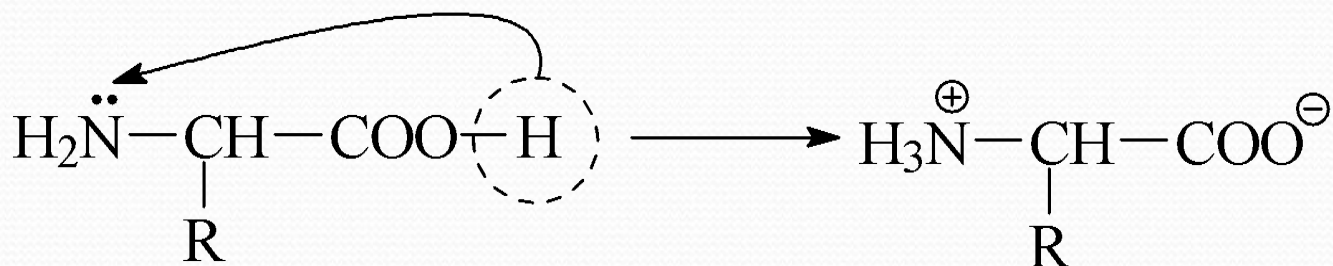
- **К НЕПОЛЯРНЫМ АМК**  
относят аминокислоты **не**  
**содержащие полярных**  
**функциональных групп:**  
глицин, аланин, валин,  
лейцин, изолейцин,  
фенилаланин.

# АМК, содержащие ионогенные группы

Несущие положительный заряд:  
**лизин, аргинин, гистидин**

Несущие отрицательный заряд:  
**аспарагиновая к-та,  
глутаминовая к-та, тирозин,  
цистеин**

# III. Классификация по КИСЛОТНО-ОСНОВНЫМ СВОЙСТВАМ:



● Значение  $pH$ , при котором концентрация дипольных форм АМК максимальна, а концентрация анионных и катионных форм минимальна или равны, называется **изоэлектрической точкой (pI)**.

pI: 5,5-6,3

- **Нейтральные АМК:** метионин, пролин, тирозин, триптофан, фенилаланин ...

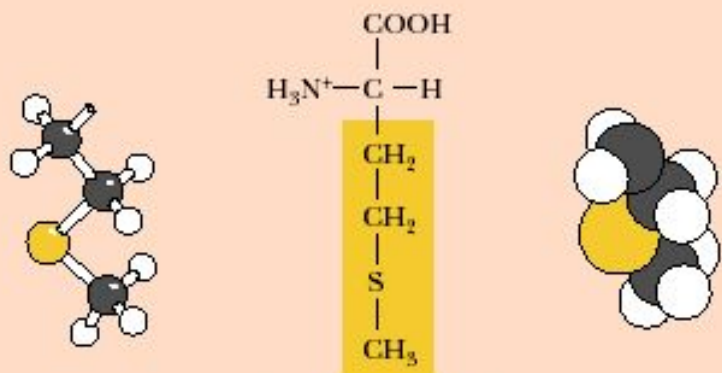
pI: менее 5,5  
(резкокислая среда)

- **Кислые АМК:** аспарагиновая, глутаминовая кислоты, цистеин

pI: более 6,3  
(резкощелочная среда)

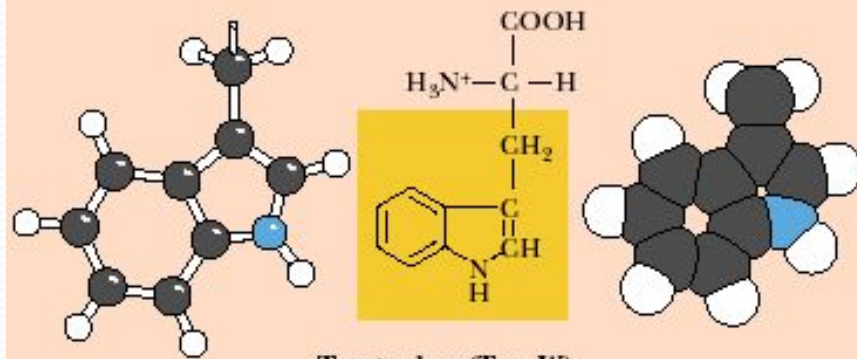
- **Основные АМК:** лизин, аргинин, гистидин

## Нейтральные гидрофобные аминокислоты



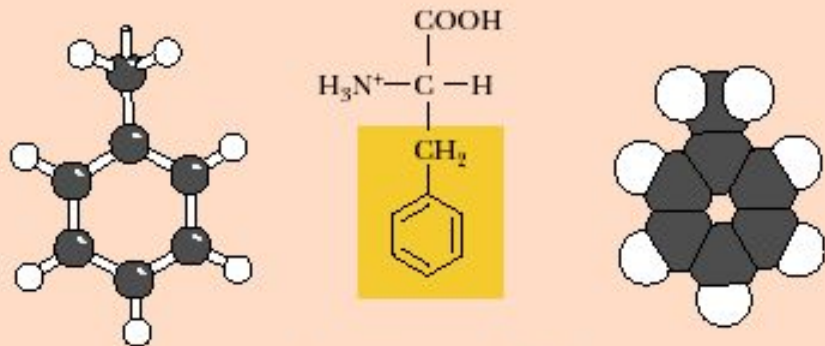
Methionine (Met, M)

**Метионин**



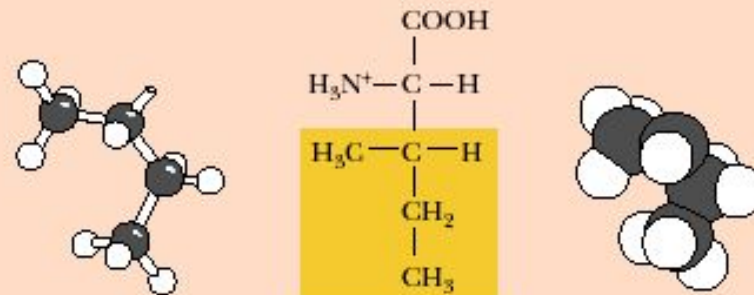
Tryptophan (Trp, W)

**Триптофан**



Phenylalanine (Phe, F)

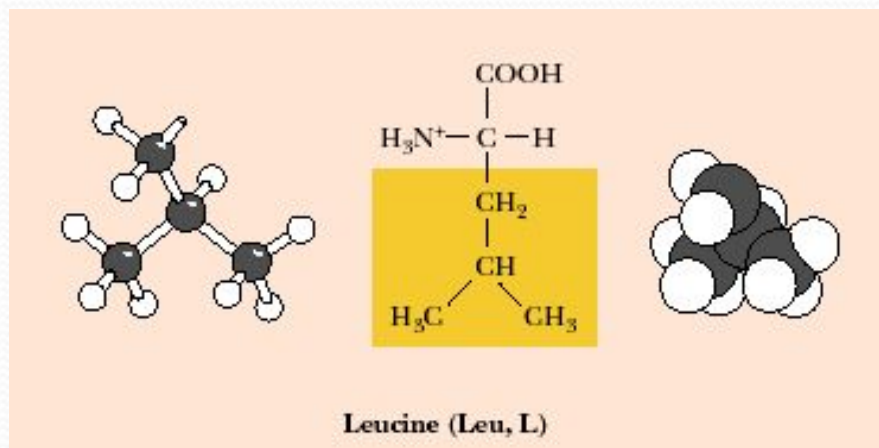
**Фенилаланин**



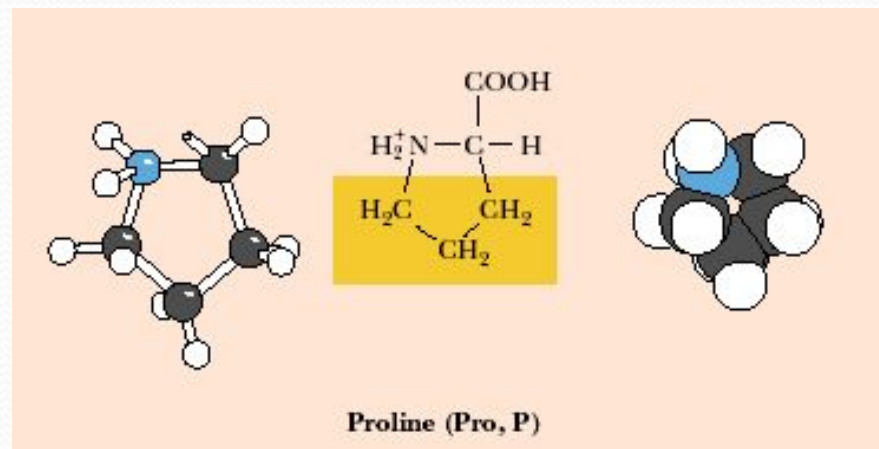
Isoleucine (Ile, I)

**Изолейцин**

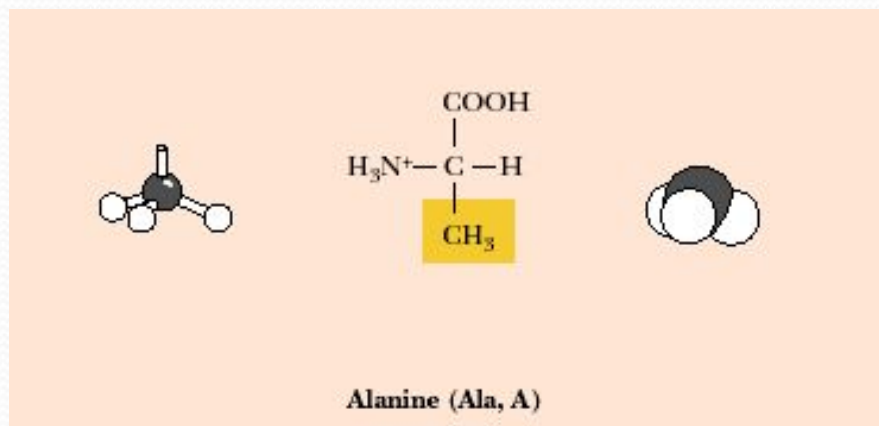
## Нейтральные гидрофобные аминокислоты



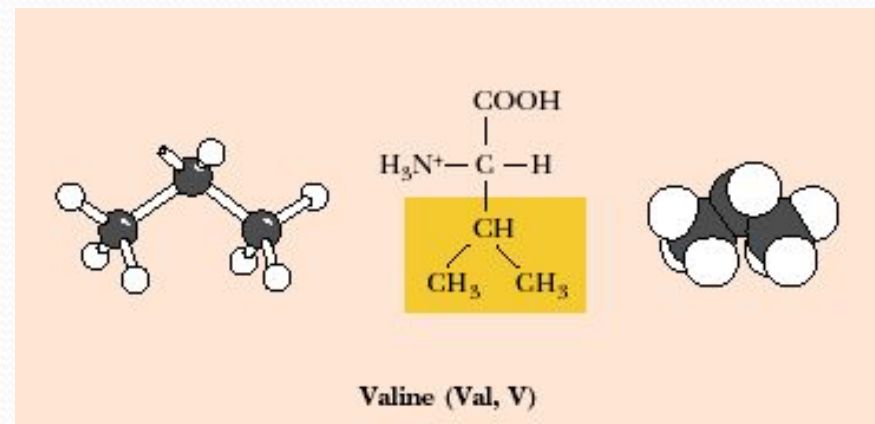
**Лейцин**



**Пролин**



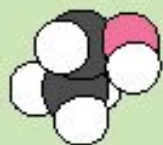
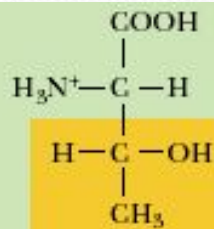
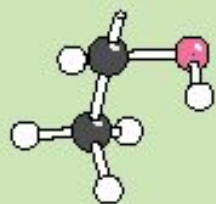
**Аланин**



**Валин**

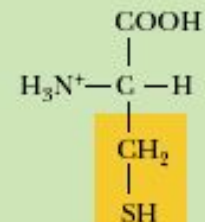
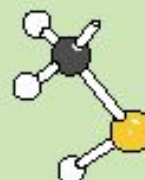
# Классификации аминокислот

## Нейтральные гидрофильные аминокислоты



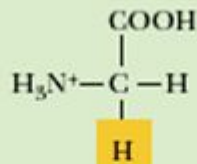
Threonine (Thr, T)

Треонин



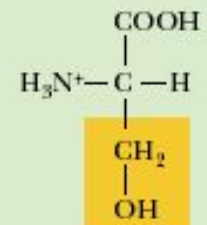
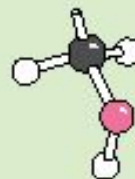
Cysteine (Cys, C)

Цистеин



Glycine (Gly, G)

Глицин

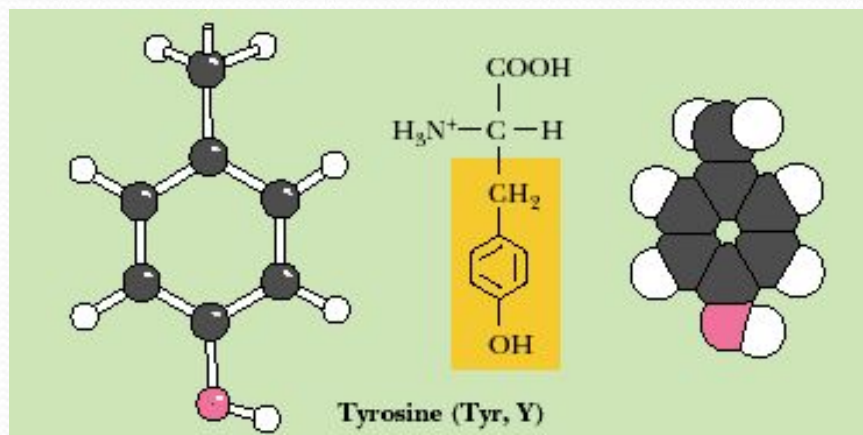


Serine (Ser, S)

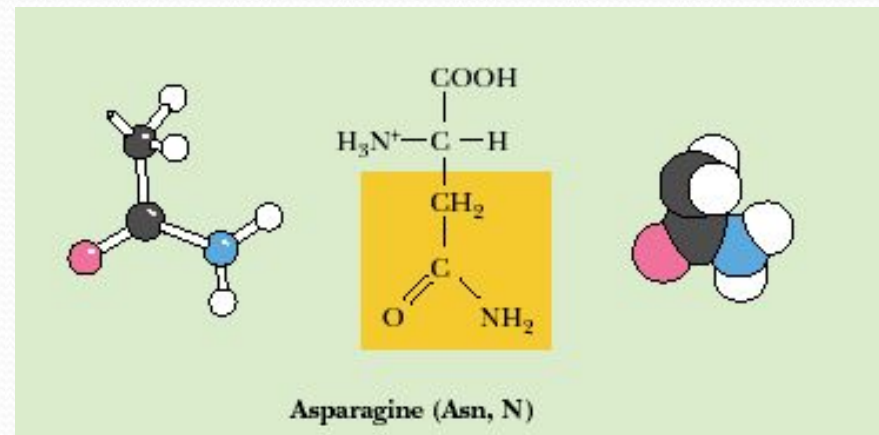
Серин



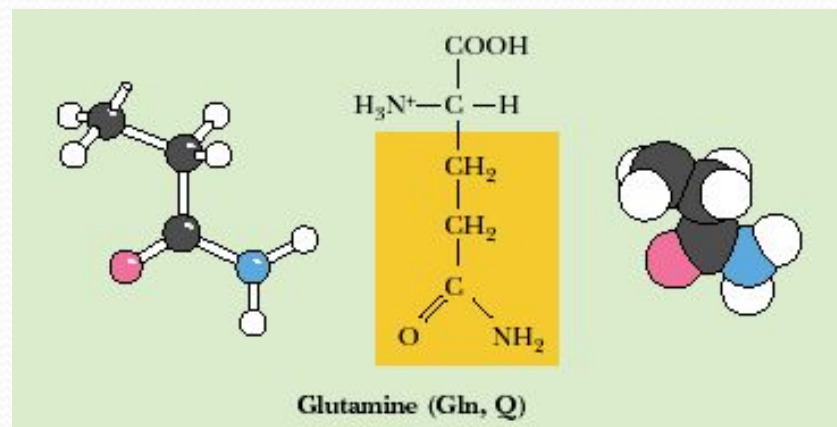
## Нейтральные гидрофильные аминокислоты



Тирозин

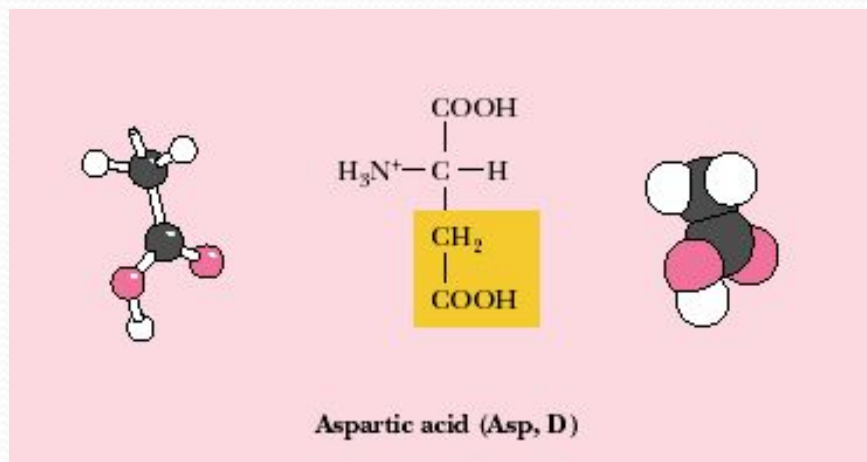


Аспарагин

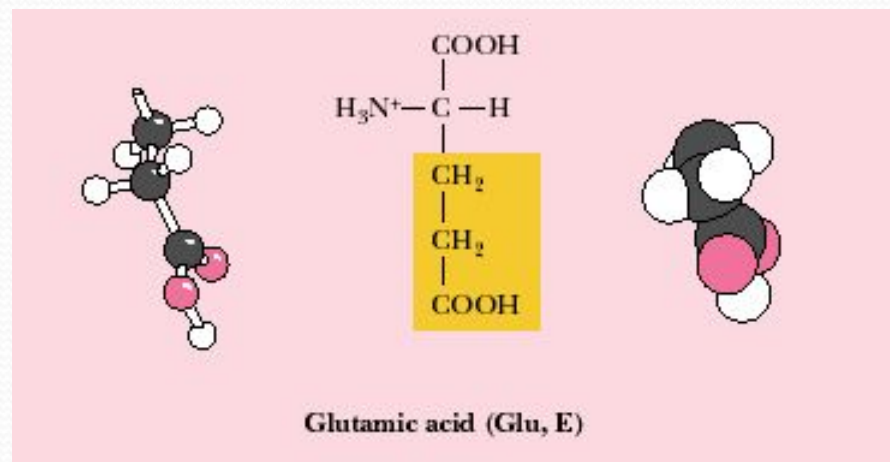


Глутамин

## Кислые аминокислоты

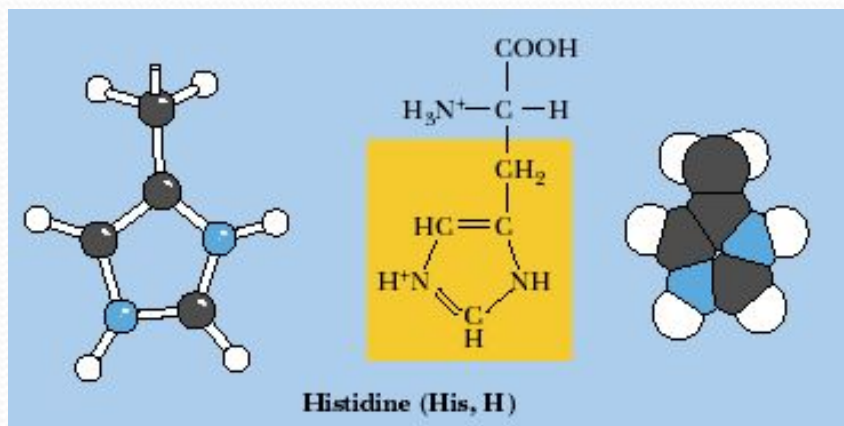


Аспарагиновая кислота

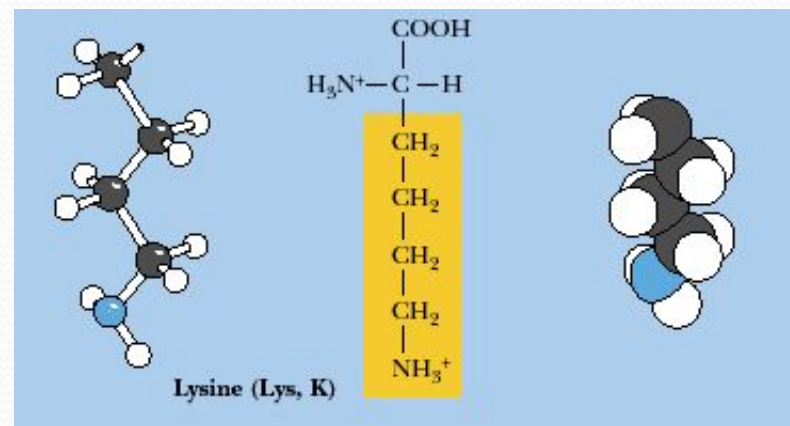


Глутаминовая кислота

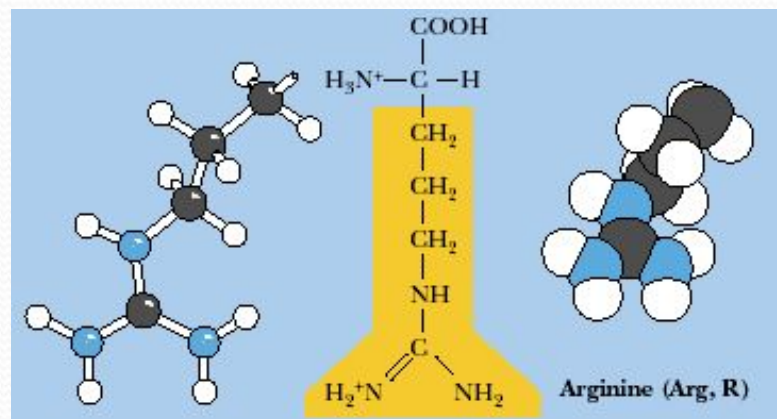
## Основные аминокислоты



**Гистидин**



**Лизин**



**Аргинин**

# III. Классификация

## АМК по

## биологическому

## принципу:

1. ЗАМЕНИМЫЕ

2. НЕЗАМЕНИМЫЕ

**Незаменимые** - не синтезируются в организме и должны поступать с пищей:

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

# Номенклатура аминокислот

Названия аминокислот произошли в основном *от исходных материалов*, из которых они были впервые выделены;

- аспарагин (от лат. asparagus — спаржа) получен из сока спаржи,
- цистеин и цистин (от греч. cystis — мочевого пузыря) — из камней мочевого пузыря,
- глутамин и глутаминовая кислота (от нем. das Gluten — клейковина) — из клейковины пшеницы, серин (от греч. seros — шелковичный червь) — из шелка,
- тирозин (от греч. tyros — сыр) — из сыра.

Другие названия связаны с *методами выделения*:

- аргинин (от лат. argentum — серебро) был впервые получен в виде серебряной соли,
- триптофан выделен при расщеплении белка с помощью трипсина.

*Структурные связи с другими природными соединениями* также внесли вклад в названия некоторых аминокислот:

- валин назван как производное валериановой кислоты,
- треонин структурно связан с моносахаридом треозой,
- название «пролин» происходит от рационального обозначения пирролидин-2-карбоновой кислоты.



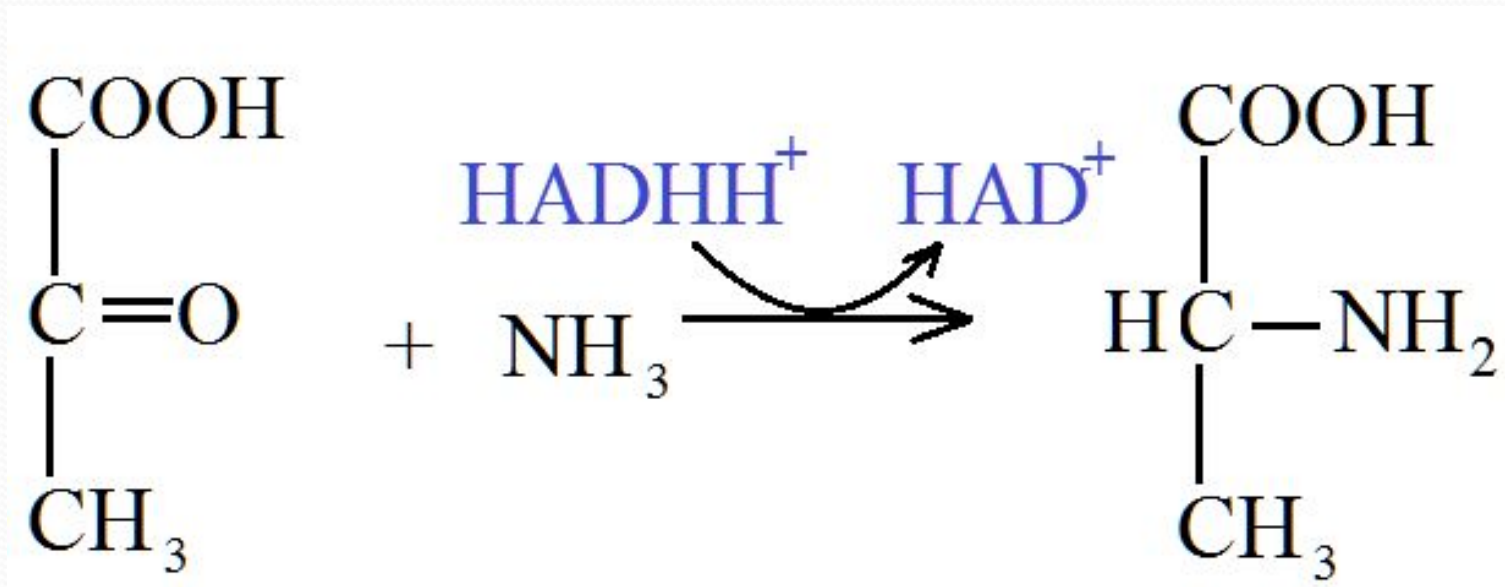
- Аминоацильные остатки общей формулы  $\text{NH}_2\text{-CHR-CO-}$  называют, добавляя к корню слова окончание **-ил** (исключение: триптофан и аминокислоты\*)

*\*Поскольку у аспарагиновой и глутаминовой кислот и их полуамидов одинаковые корневые слова, остатки глутамина и аспарагина называют обычно «глутаминил» и «аспарагинил», остатки же глутаминовой и аспарагиновой кислот получили названия «глутамил» и «аспарагил».*

# Синтез аминокислот

- Восстановительное аминирование  $\alpha$ -кетокислот
- Переаминирование или трансаминирование

# Образование аланина из пировиноградной кислоты



ПВК

АЛАНИН

● Аналогичным образом

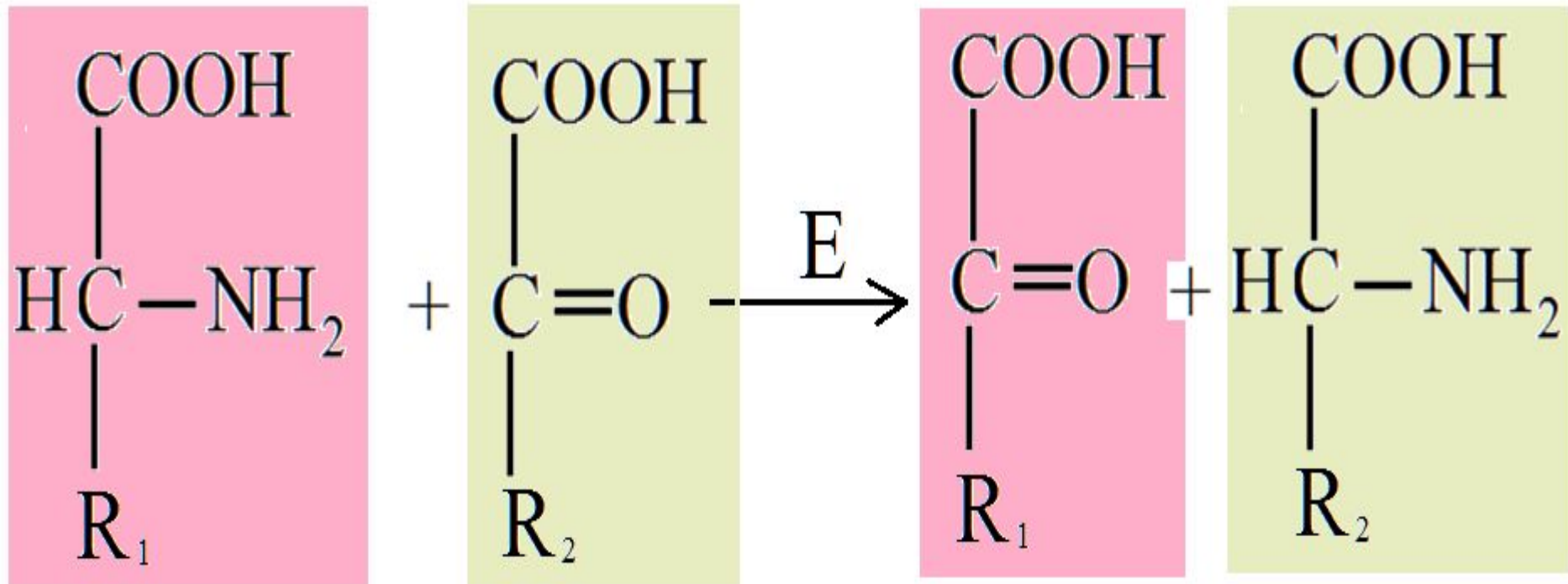
синтезируется из

**α-кетоглутаровой** КИСЛОТЫ

**глутаминовая** КИСЛОТА

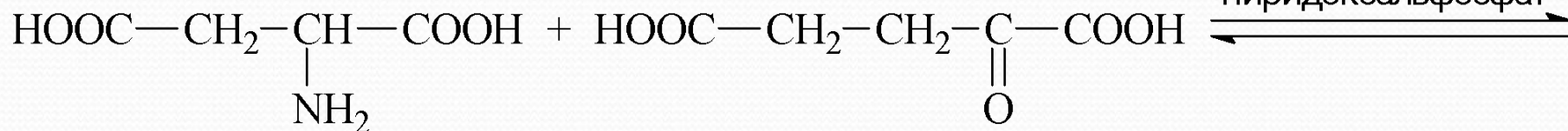
# Реакции

**перезаминирования**  
Сущность этого процесса заключается в ферментативном переносе аминогруппы с  $\alpha$ -аминокислоты на  $\alpha$ -кетокислоту с образованием новой  $\alpha$ -аминокислоты и новой  $\alpha$ -кетокислоты.



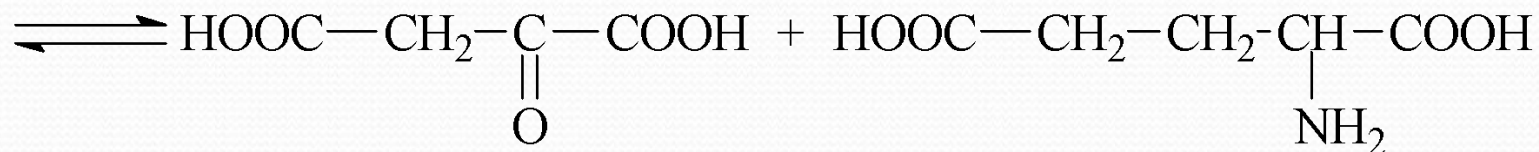
Донорная  
 $\alpha$ -аминокислота

Акцепторная  
 $\alpha$ -оксокислота



L-аспаргиновая кислота

$\alpha$ -оксоглутаровая кислота



Щавелевоуксусная  
кислота

L-глутаминовая  
кислота

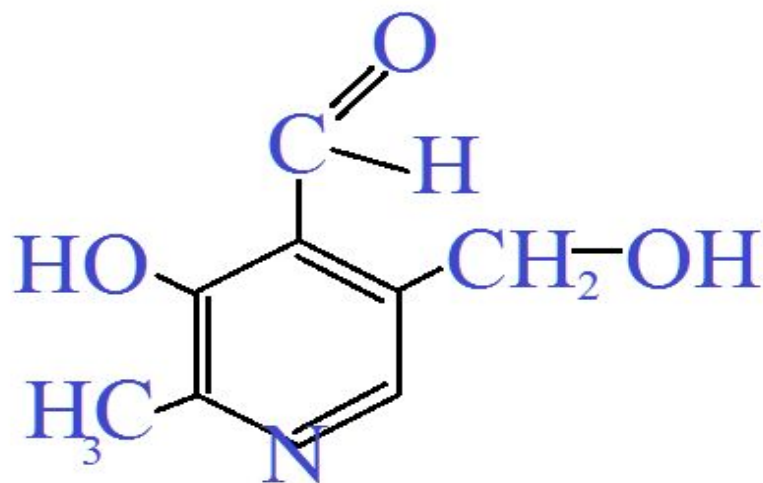
Акцепторная  
 $\alpha$ -оксокислота

Донорная  
 $\alpha$ -аминокислота

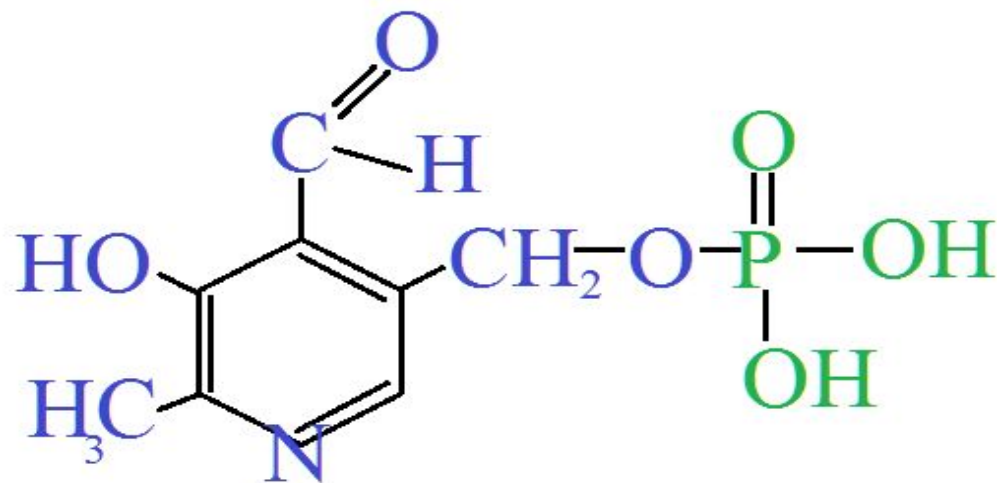
● Реакция осуществляется с участием ферментов **ТРАНСАМИНАЗ** (класс трансфераз – «переносчики»).

● Кофактором этих ферментов является витамин

**B<sub>6</sub>** – пиридоксаль (пиридоксальфосфат)

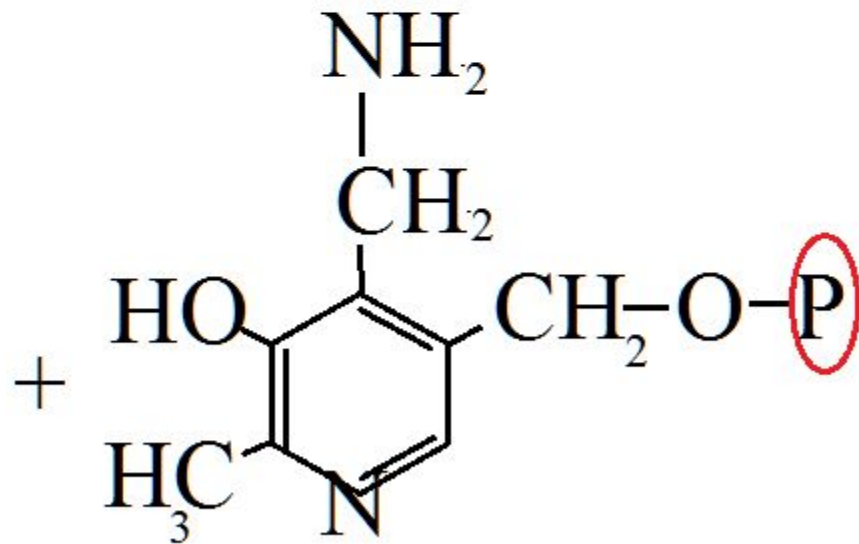
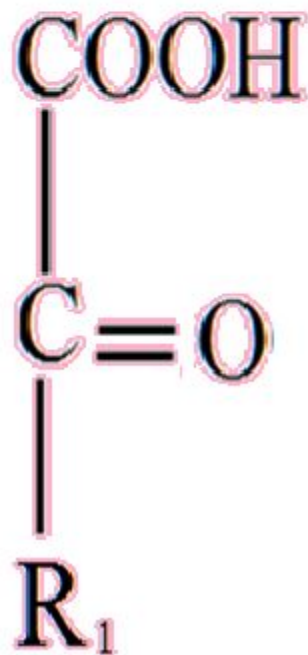
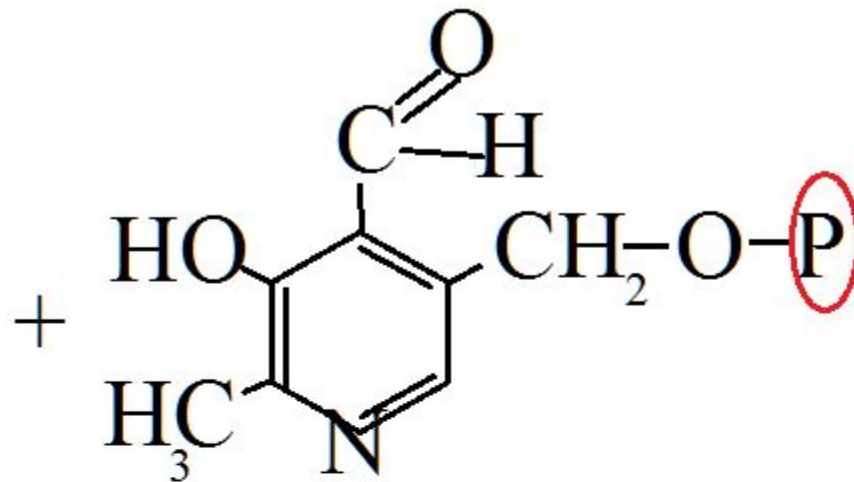
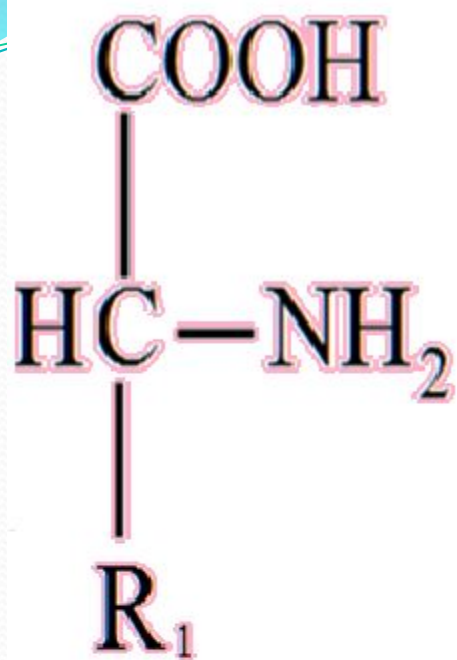


пиридоксаль

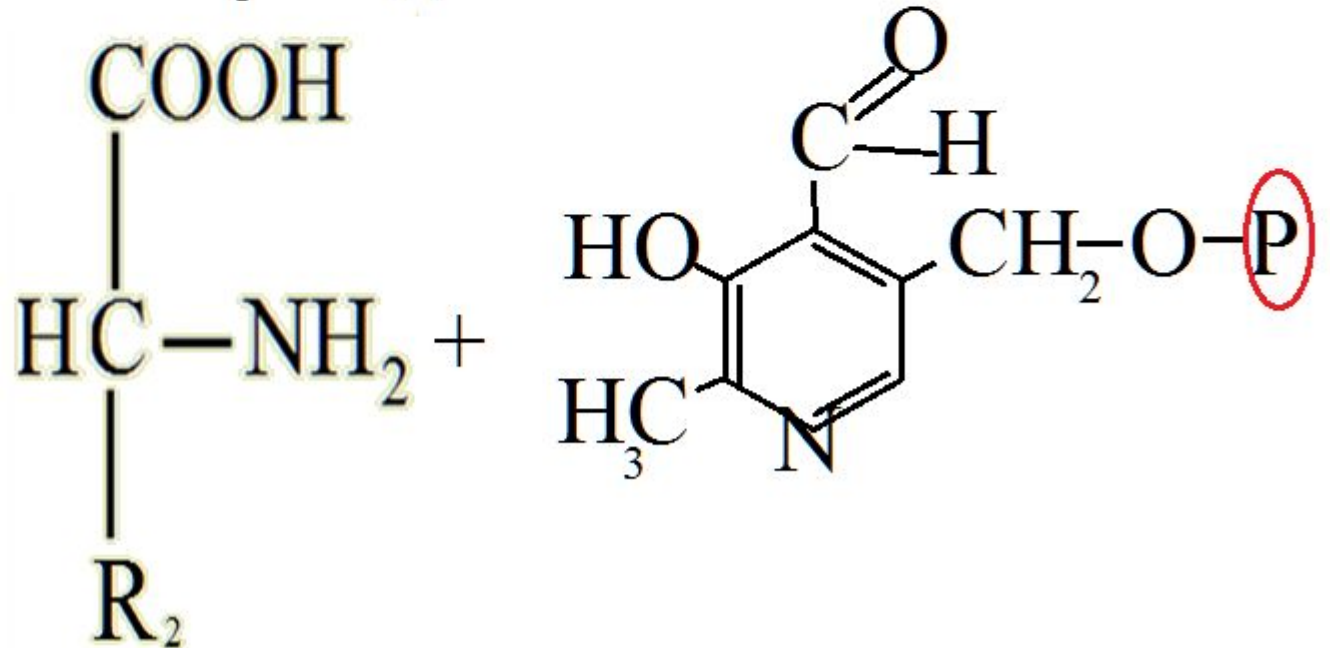
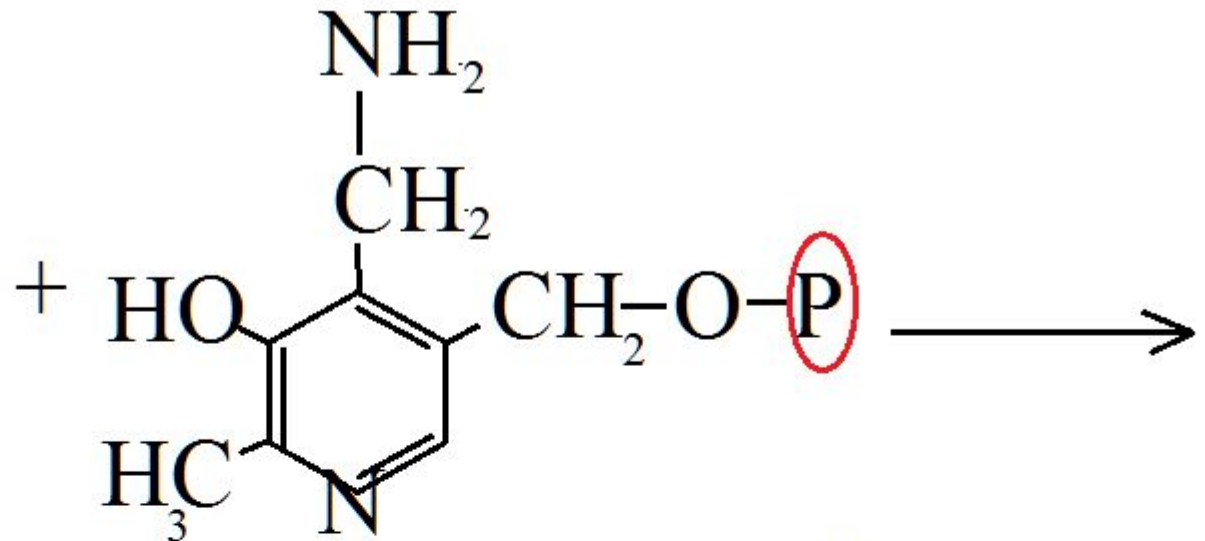
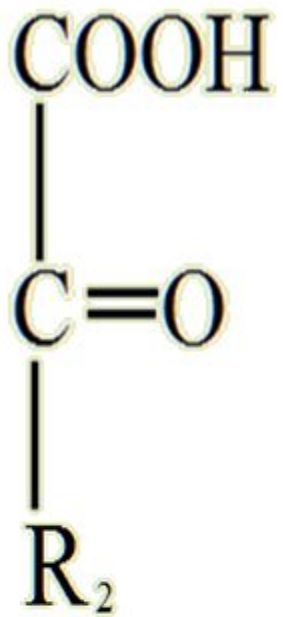


пиридоксальфосфат

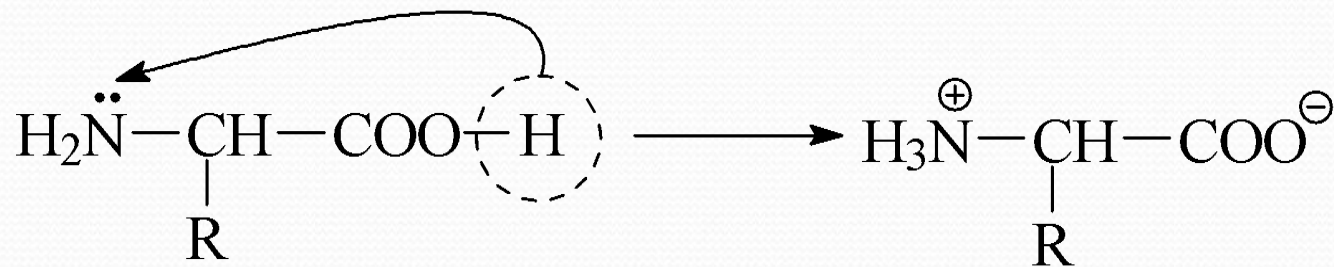




фосфопиридоксамин



# Химические свойства аминокислот

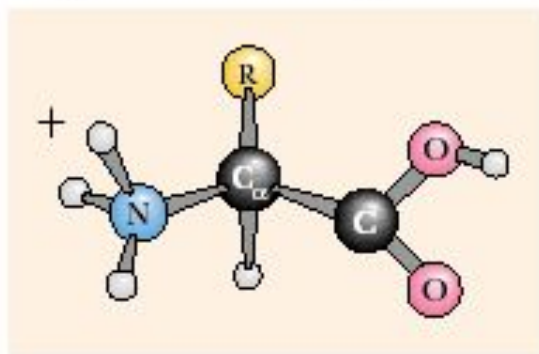


**Несуществующая  
в природе форма**

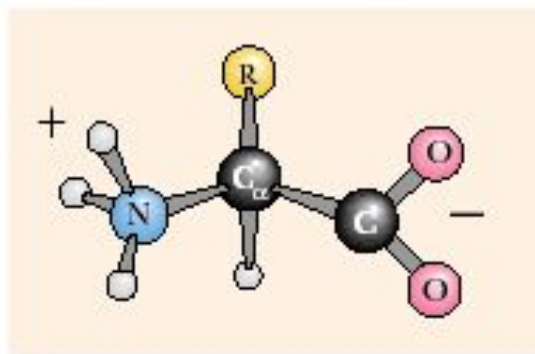
**Биполярный ион  
(цвиттер-ион),  
внутренняя соль**

# Кислотно-основные свойства

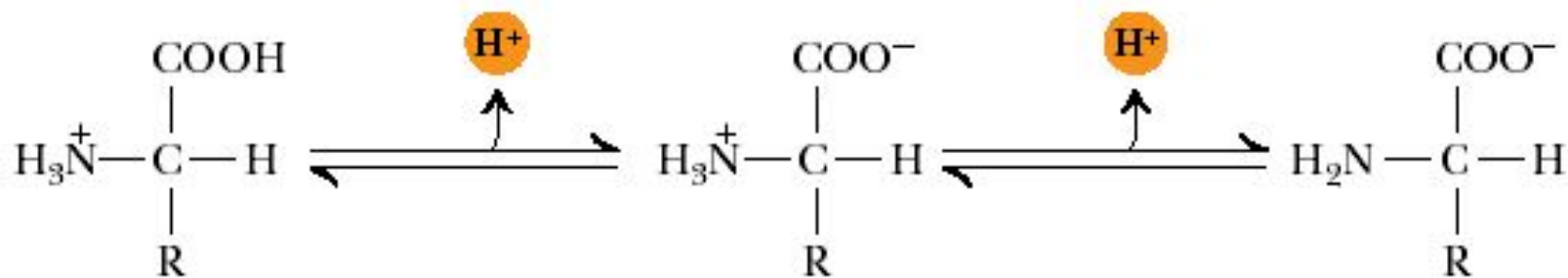
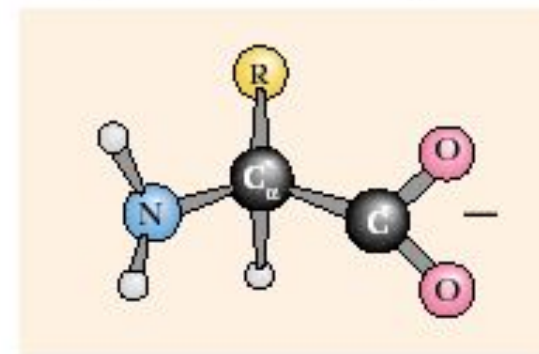
pH 1 Заряд +1



pH 7 Заряд 0



pH 13 Заряд -1

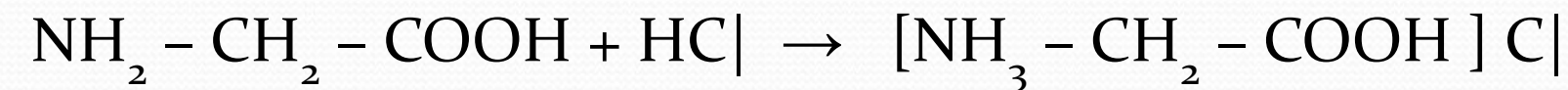


Катионная форма

Цвиттерион (нейтральный)

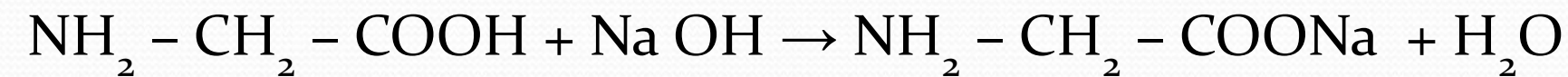
Анионная форма

1)



как основание

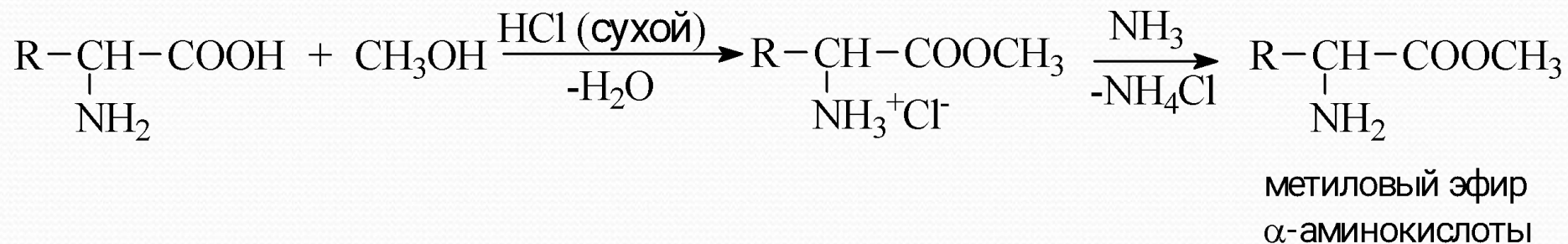
2)



как кислота

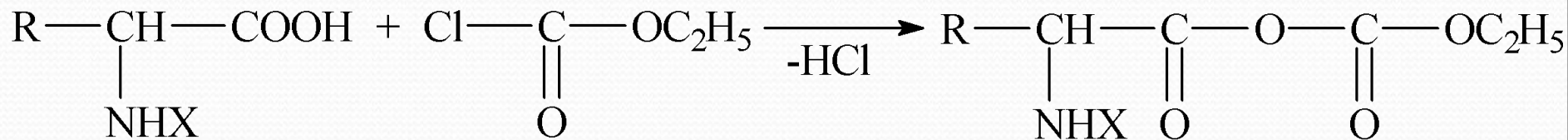
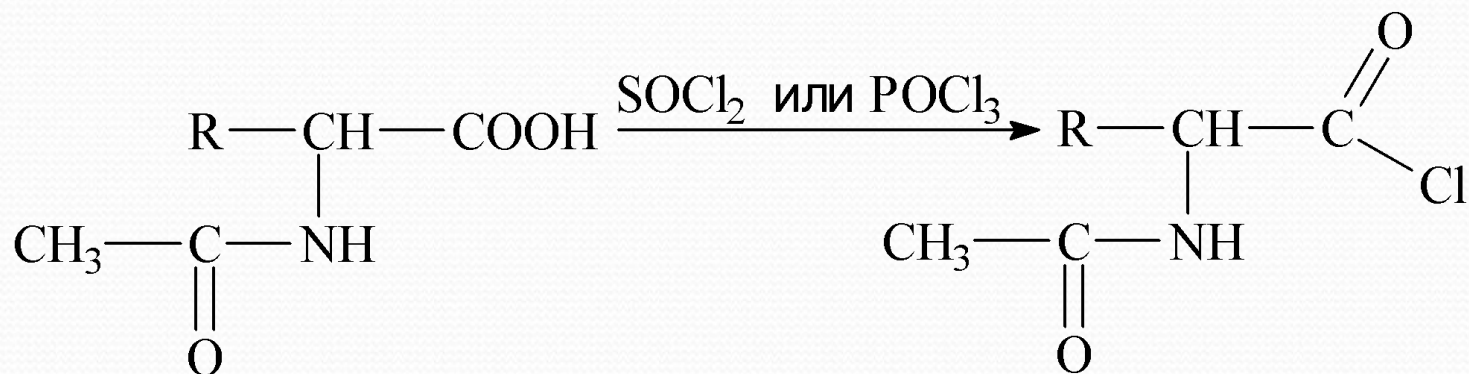
# Химические свойства определяемые карбоксильной группой

## Образование эфиров



Э. Фишер (1901)

## Образование галогенангидридов



замещенная  
 $\alpha$ -аминокислота

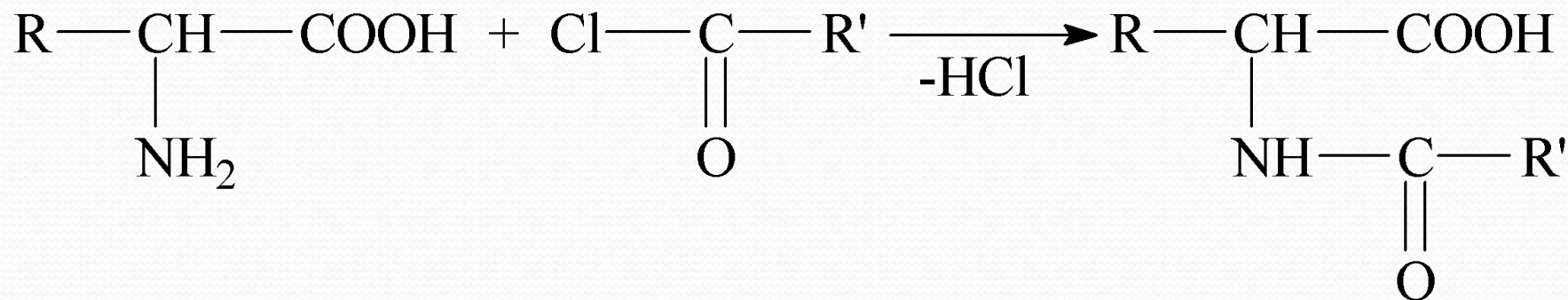
этилхлорформиат

смешанный  
ангидрид

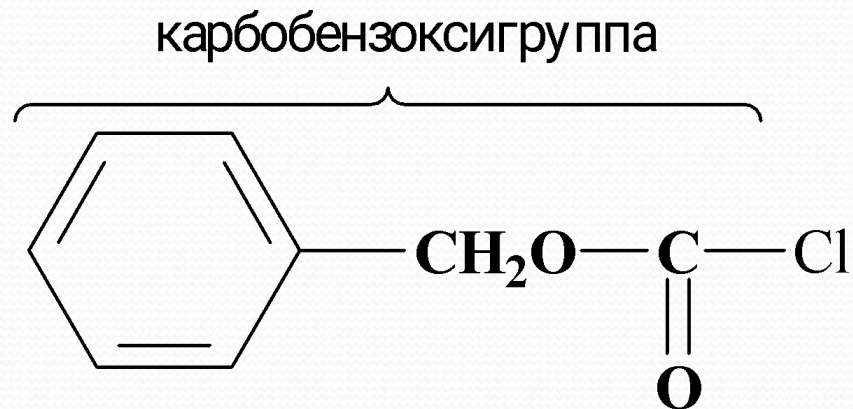


# Реакции с участием только аминогруппы

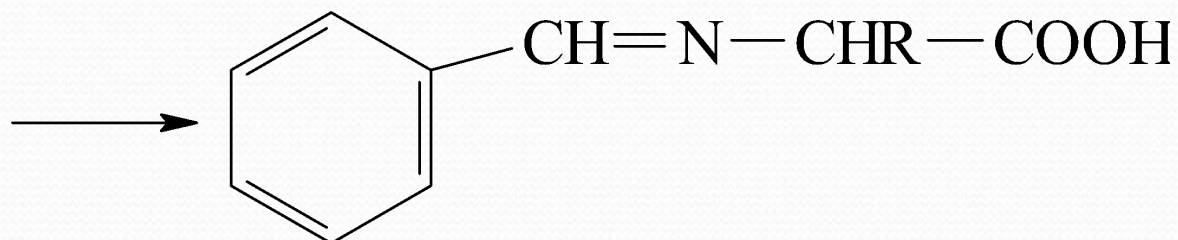
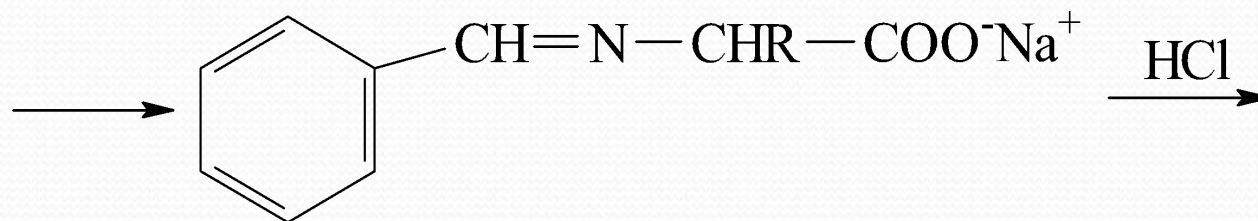
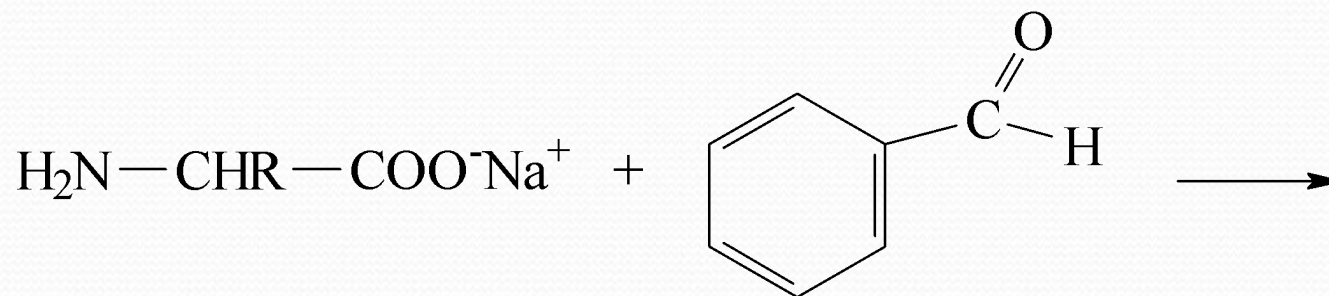
## Образование N-ацильных производных



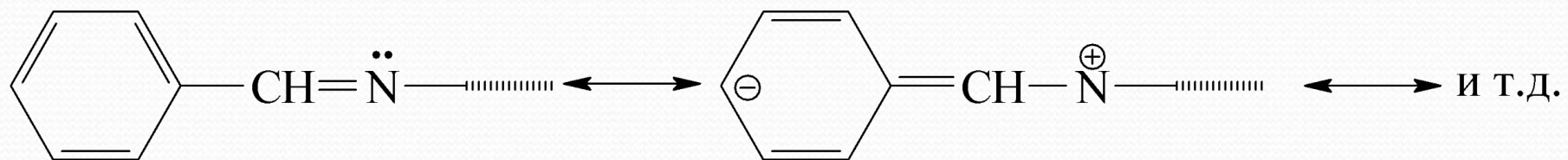
Карбобензоксизащита (1932 г)  
карбобензоксихлорид  
(бензиловый эфир  
хлормуравьиной кислоты).



## Образование оснований Шиффа

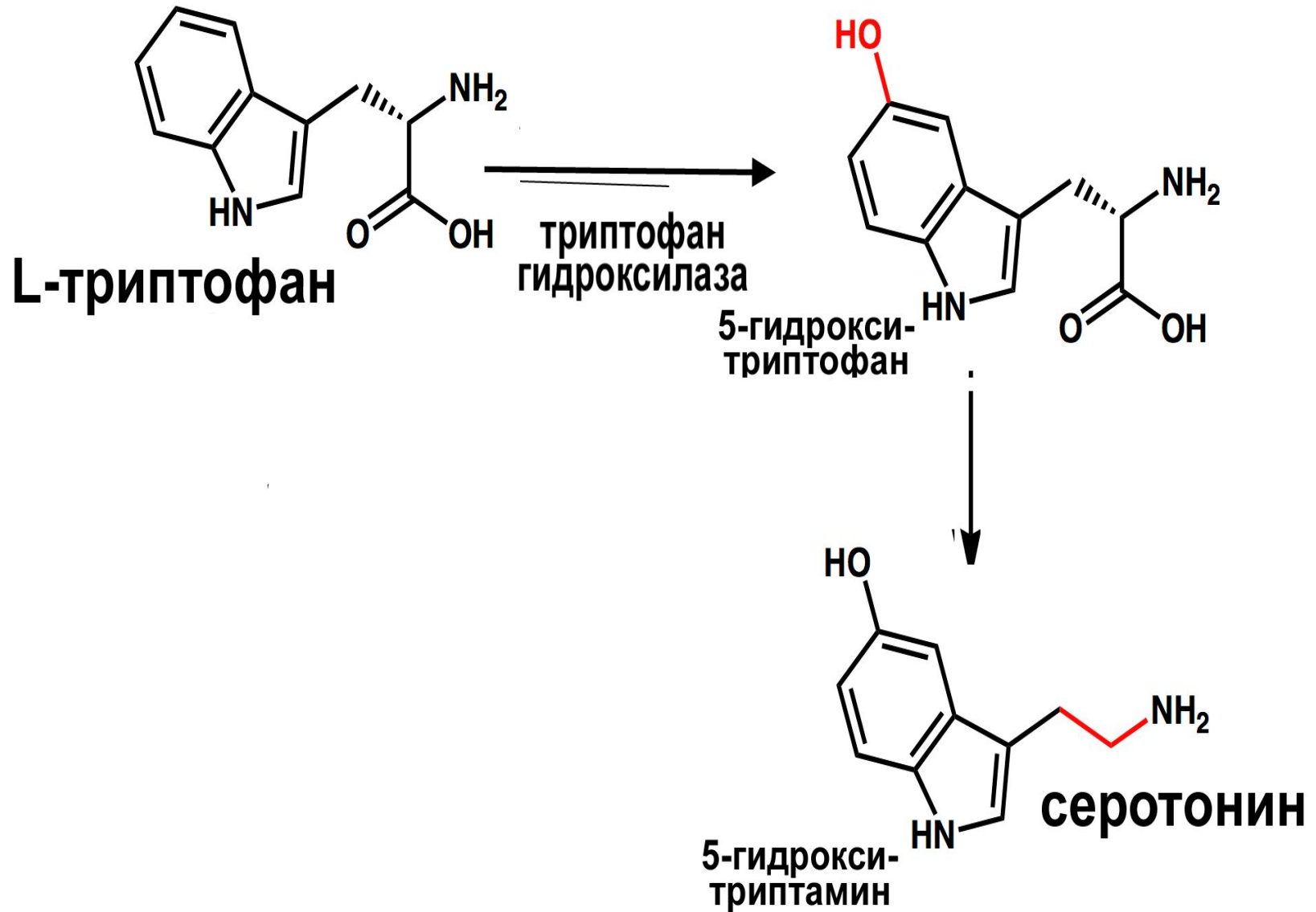


## Образование оснований Шиффа

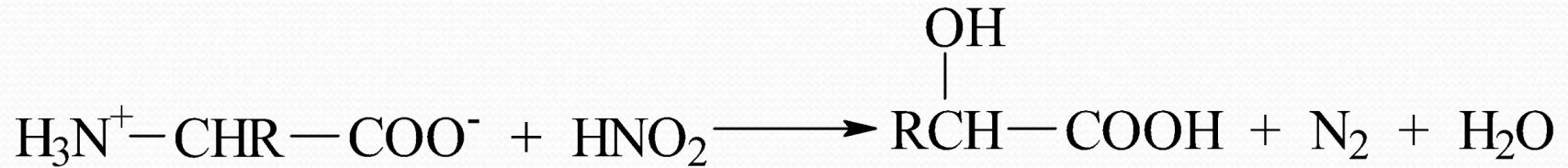


# **Биологически значимые реакции**

# Реакции

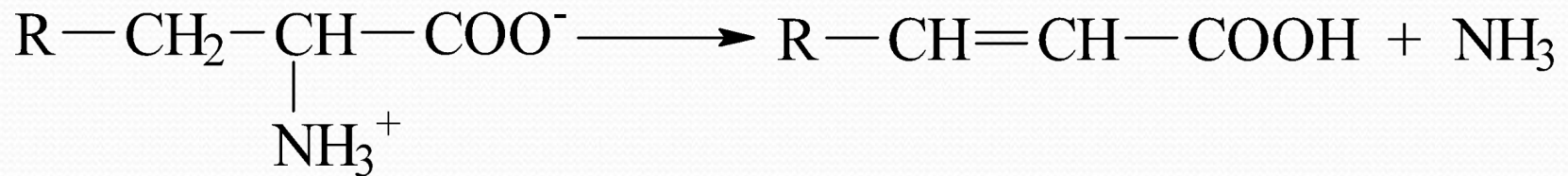


# Дезаминирование аминокислот



*Метод Ван-Слайка*

## А. Внутримолекулярное дезаминирование



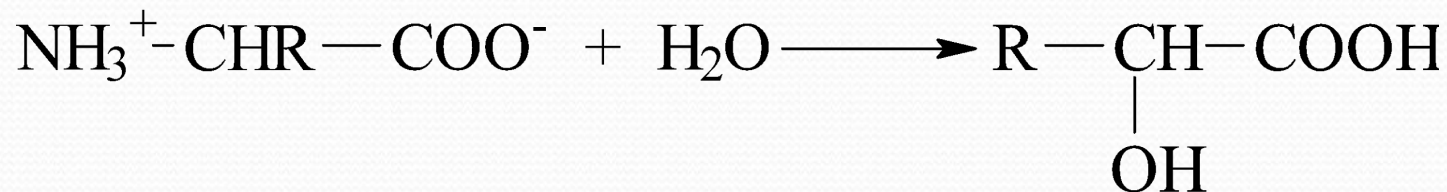
(таким образом у некоторых микроорганизмов и высших растений аспарагиновая кислота превращается в фумаровую)

## **Б. Восстановительное дезаминирование**



(у некоторых микроорганизмов )

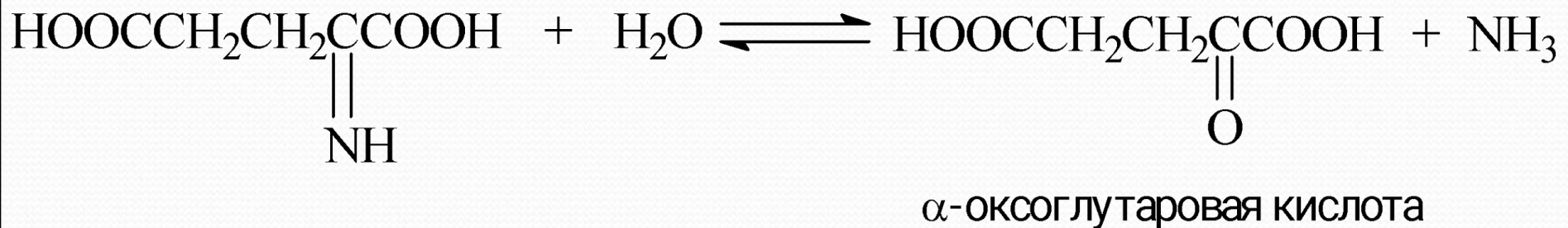
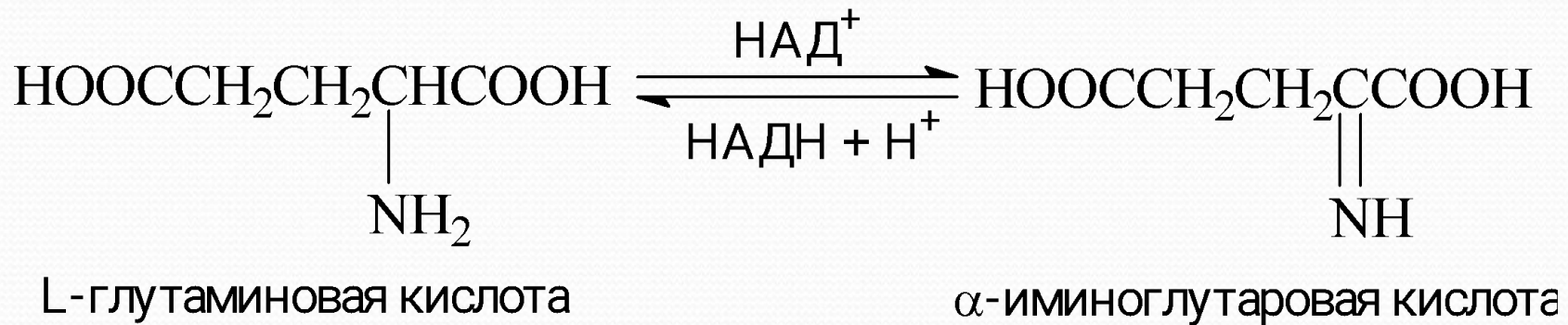
## **В. Гидролитическое дезаминирование**



(тип дезаминирования, характерный для микроорганизмов)

# Биологически важные химические реакции

## Окислительное дезаминирование





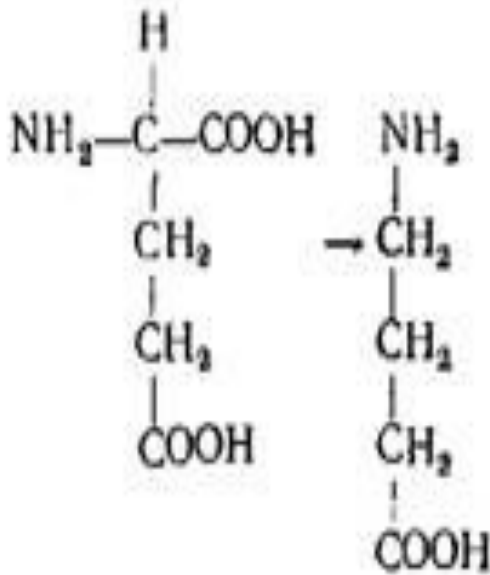
# Биологически важные химические реакции

## Декарбоксилирование



# Биологически важные химические реакции

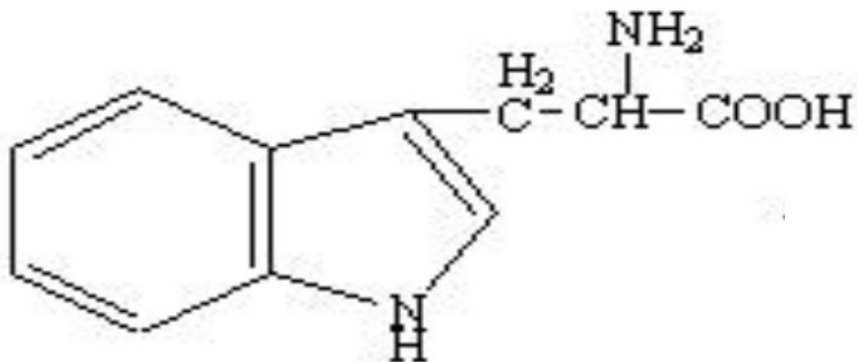
## Декарбоксилирование в организме



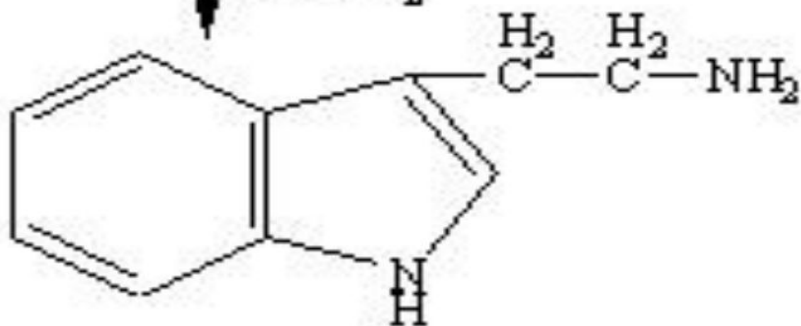
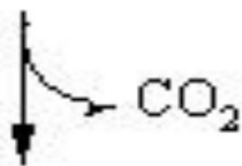
- Декарбоксилирование **ГЛЮТАМИНОВОЙ КИСЛОТЫ** приводит к образованию **у-аминомасляной КИСЛОТЫ**

# Биологически важные химические реакции

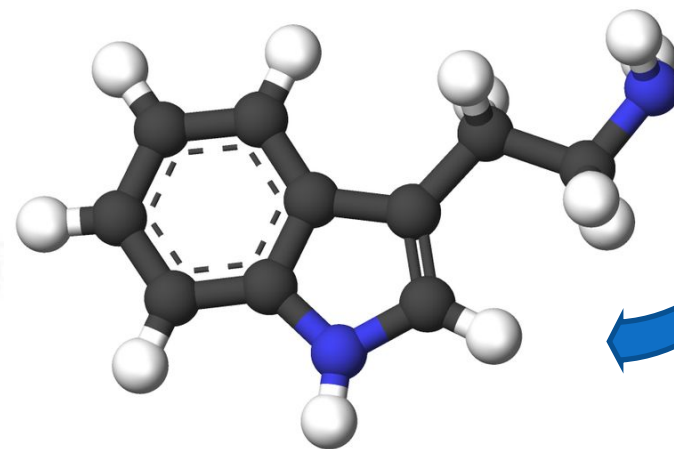
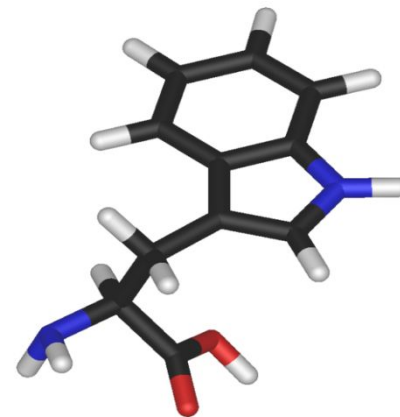
## Декарбоксилирование в организме



Триптофан

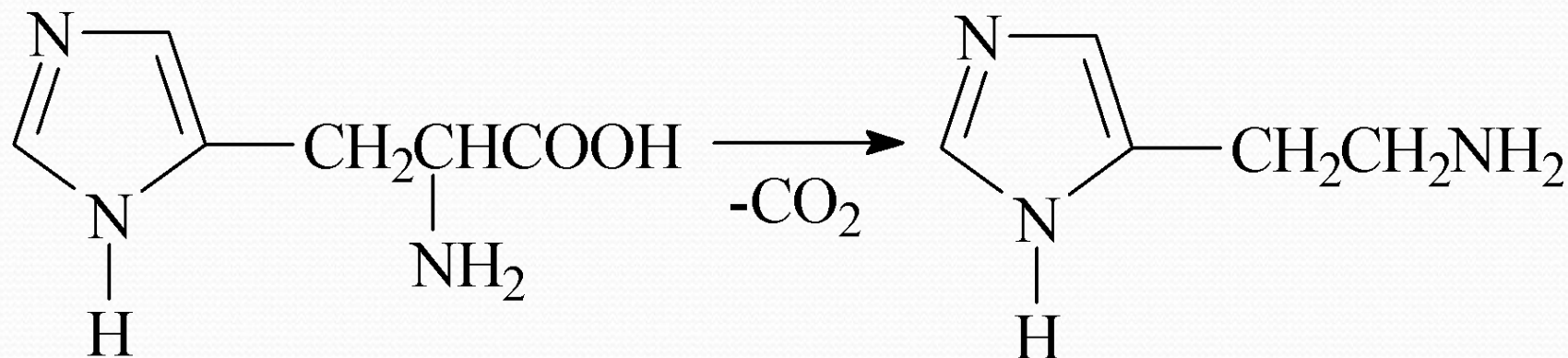


Триптамин



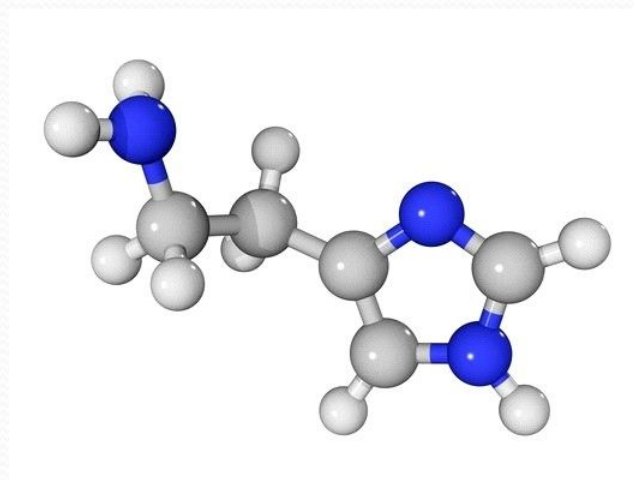
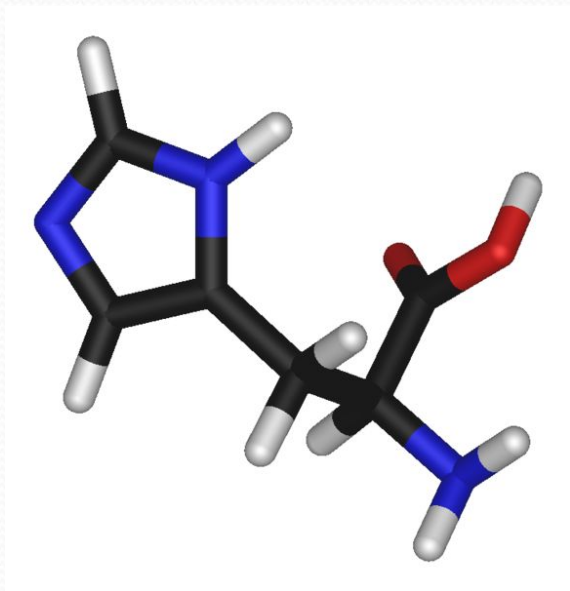
# Биологически важные химические реакции

## Декарбоксилирование в организме



ГИСТИДИН

ГИСТАМИН

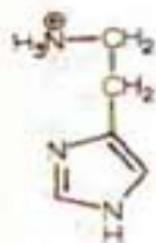




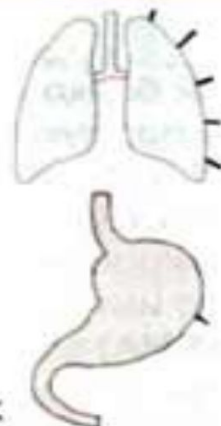
### Место синтеза

### Место действия

### Физиологический эффект



**Гистамин**



Просвет бронхов ↓

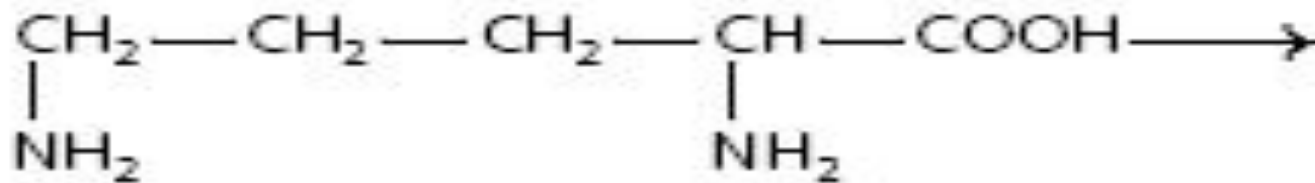
Капилляры:  
ширина ↑  
проницаемость ↑

Секреция  
соляной  
кислоты ↑

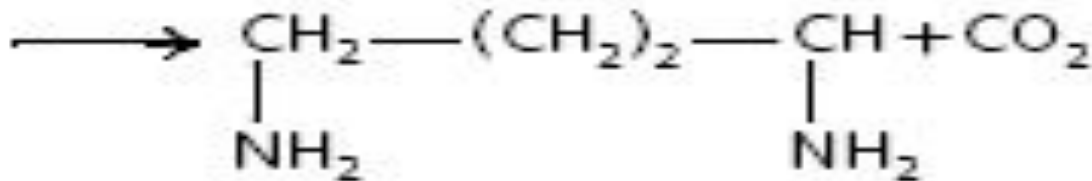
Работоспособность  
сердца ↑

# Биологически важные химические реакции

## Декарбоксилирование в организме



Лизин

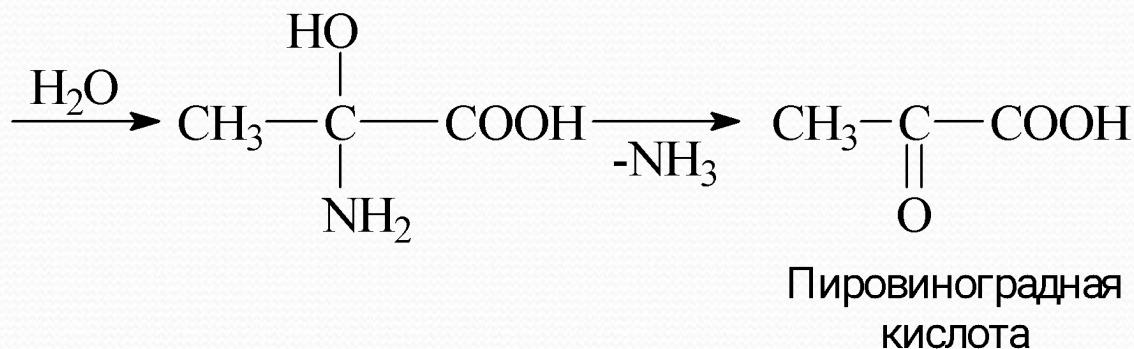
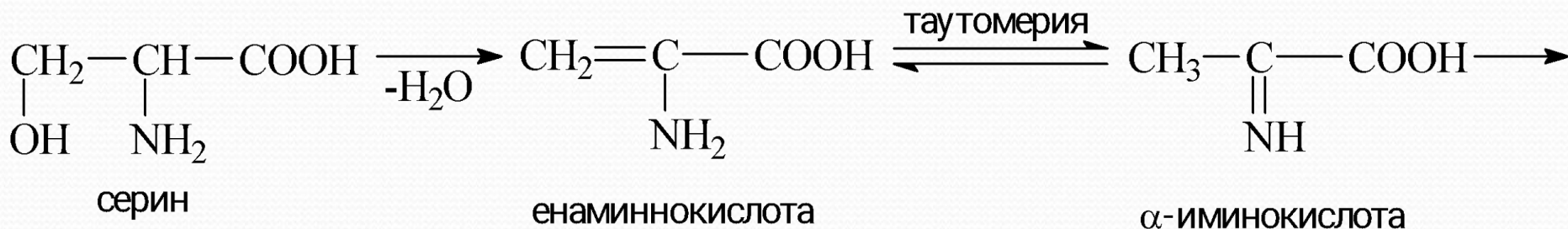


Кадаверин

- Ранее кадаверин относили к т. н. трупным ядам, однако ядовитость кадаверина относительно невелика.

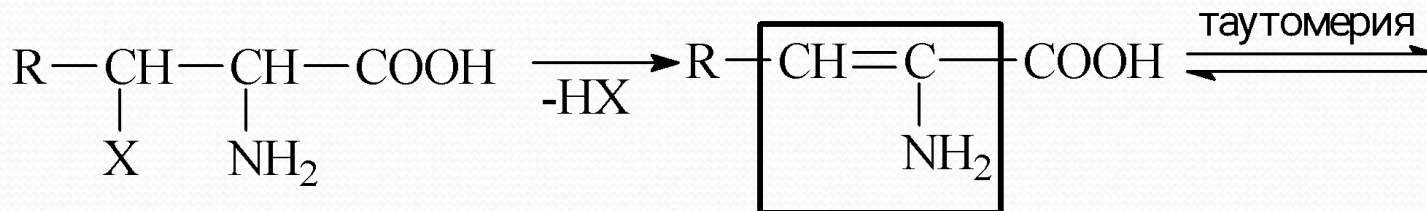
# Биологически важные химические реакции

## Элиминирование



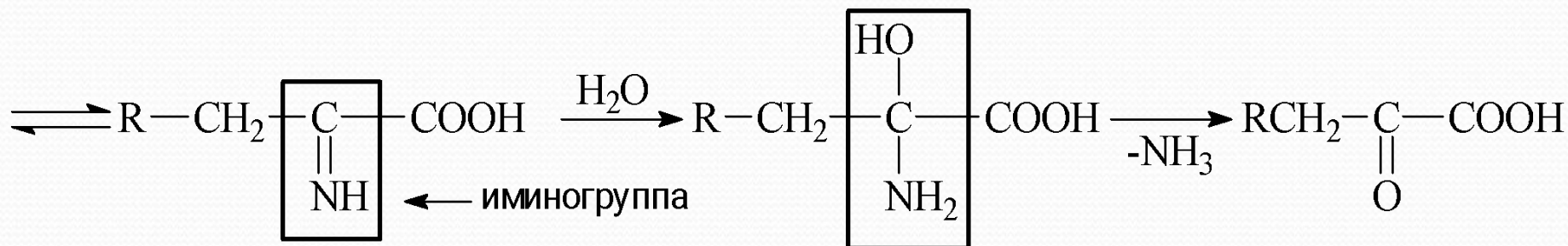
# Биологически важные химические реакции

## Элиминирование



$\beta$ -замещенная  $\alpha$ -аминокислота  
X = OH, SH

енаминный  
фрагмент



$\alpha$ -ИМИНОКИСЛОТА

карбинол-  
аминная группа

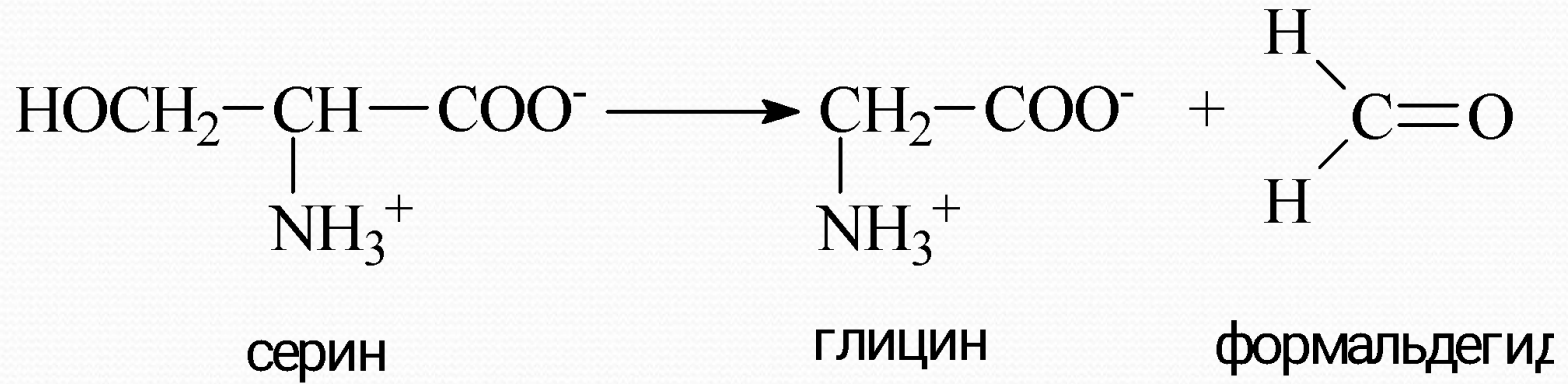
$\alpha$ -ОКСОКИСЛОТА

## элиминирование-гидратация



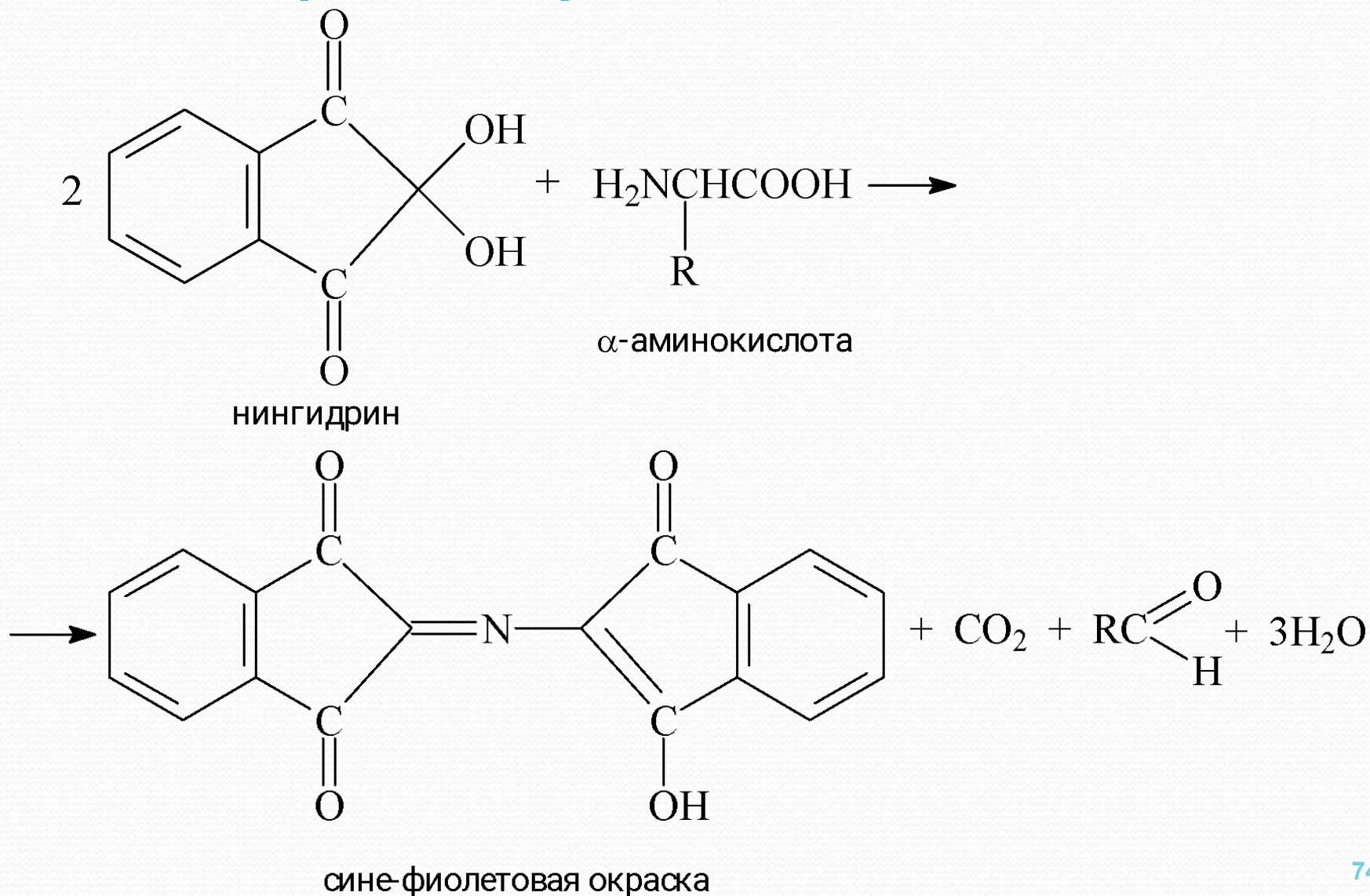
# Биологически важные химические реакции

## Альдольное расщепление



# Физические и химические свойства

## «Нингидриновая реакция»



# Благодарю за Ваше внимание!

