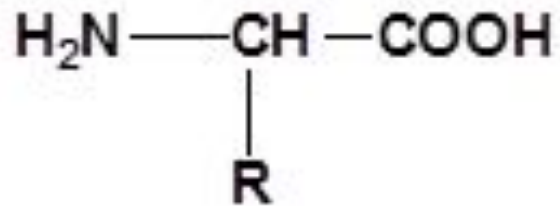


**АМИНОКИСЛОТЫ  
ПЕПТИДЫ  
БЕЛКИ**

# СТРУКТУРА И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМИНОКИСЛОТ

20 аминокислот входят в состав белков (протеиногенные аминокислоты).

Это  **$\alpha$ -аминокислоты**, в которых функциональные амино- и карбоксильная группы находятся у одного и того же  $\alpha$ -углеродного атома.



$\alpha$ -Аминокислоты отличаются друг от друга структурой **R-группы**.

## По структуре боковой группы R аминокислоты

подразделяются на:

- 1 **моноаминомонокарбоновые алифатические** (глицин, аланин, валин, лейцин, изолейцин);
- 2 **моноаминодикарбоновые и их амиды** (аспарагиновая кислота и аспарагин, глутаминовая кислота и глутамин);
- 3 **диаминомонокарбоновые** (аргинин, лизин)
- 4 **гидроксиаминокислоты** (серин, треонин);
- 5 **серосодержащие** (цистеин, метионин);
- 6 **ароматические** (фенилаланин, тирозин, триптофан);
- 7 **гетероциклические** (пролин, гистидин).

Группа аминокислот	Функциональные группы		Аминокислоты		
<b>Гидрофильные, полярные</b>					
<b>Кислые</b>	Карбоксильная	-COO <sup>-</sup>	Аспарагиновая Глутаминовая	Asp Glu	<b>Асп</b> <b>Глу</b>
<b>Основные</b>	Аминогруппа Гуанидиновая Имидазольная	-NH <sub>3</sub> <sup>+</sup> -CH <sub>4</sub> N <sub>3</sub> <sup>+</sup> -C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> N <sub>2</sub> <sup>+</sup>	Лизин Аргинин Гистидин	Lys Arg His	<b>Лиз</b> <b>Арг</b> <b>Гис</b>
<b>Нейтральные</b>	Тиольная	-SH	Цистеин	Cys	<b>Цис</b>
	Гидроксильная	-OH	Серин Треонин	Ser Thr	<b>Сер</b> <b>Тре</b>
	Гидроксифенил	-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OH	Тирозин	Tyr	<b>Тир</b>
	Амиды	-CONH <sub>2</sub>	Аспарагин Глутамин	Asn Gln	<b>Асп</b> <b>Глн</b>
			Глицин	Gly	<b>Гли</b>

## Гидрофобные, неполярные

<b>Алифатические</b>			Аланин	Ala	<b>Ала</b>
			Валин	Val	<b>Вал</b>
			Лейцин	Leu	<b>Лей</b>
			Изолейцин	Ile	<b>Иле</b>
			Метионин	Met	<b>Мет</b>
<b>Ароматические</b>	Фенил	$-C_6H_5$	Фенилаланин	Phe	<b>Фен</b>
	Индол	$-C_8H_5N$	Триптофан	Trp	<b>Трп</b>
			* ( <i>Тирозин</i> )	<i>Tyr</i>	
<b>Иминокислота</b>			Пролин	Pro	<b>Про</b>

\**Тирозин*, или *гидроксифенилаланин* – ароматическая, гидрофильная, полярная аминокислота.

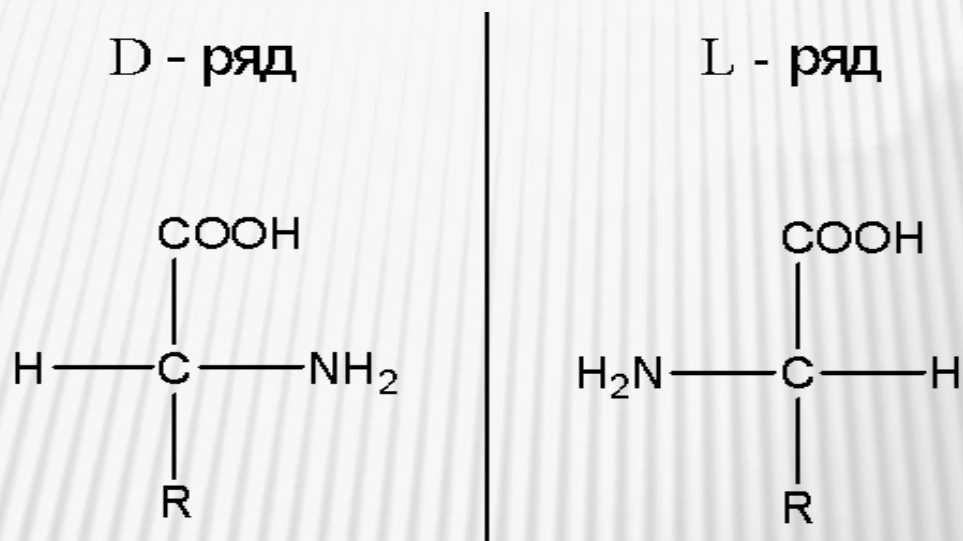
---

## **Протеиногенные аминокислоты делятся на:**

- **незаменимые** – не могут синтезироваться в организме человека  
(треонин, метионин, валин, лейцин, изолейцин, фенилаланин, триптофан, лизин),
- **частично заменимые** – аргинин и гистидин
- **заменимые** – могут синтезироваться в организме.

$\alpha$ -Аминокислоты (кроме глицина) имеют в структуре **хиральные** (асимметричные) атомы С.

Это обуславливает существование двух энантиомеров – **L- и D-форм** аминокислот.

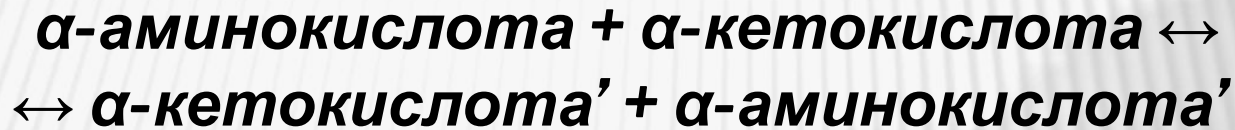


Все аминокислоты, входящие в состав белков, относятся к **L-ряду**.

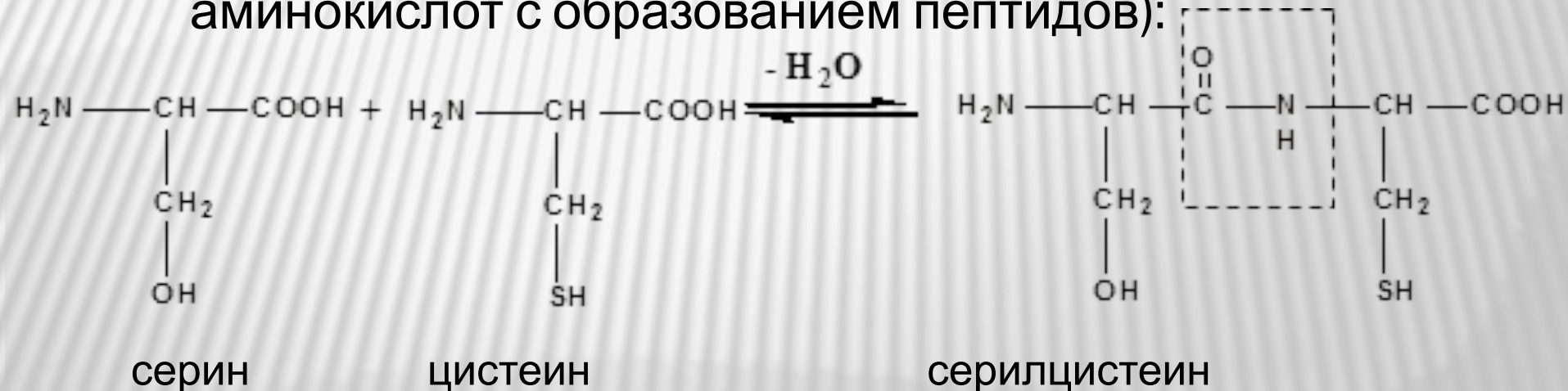
Аминокислоты, относящиеся к **D-ряду**, встречаются в неcodируемых пептидах.

## Химические свойства аминокислот

- **декарбоксилирования** (образование аминов) и **дезаминирования** (образование карбоновых кислот);
- **переаминирования** с  $\alpha$ -кетокислотами;



- **образование пептидной связи** между  $\alpha$ -COOH- и  $\alpha$ -NH<sub>2</sub>-группами двух аминокислот (полимеризация аминокислот с образованием пептидов):



- 
-

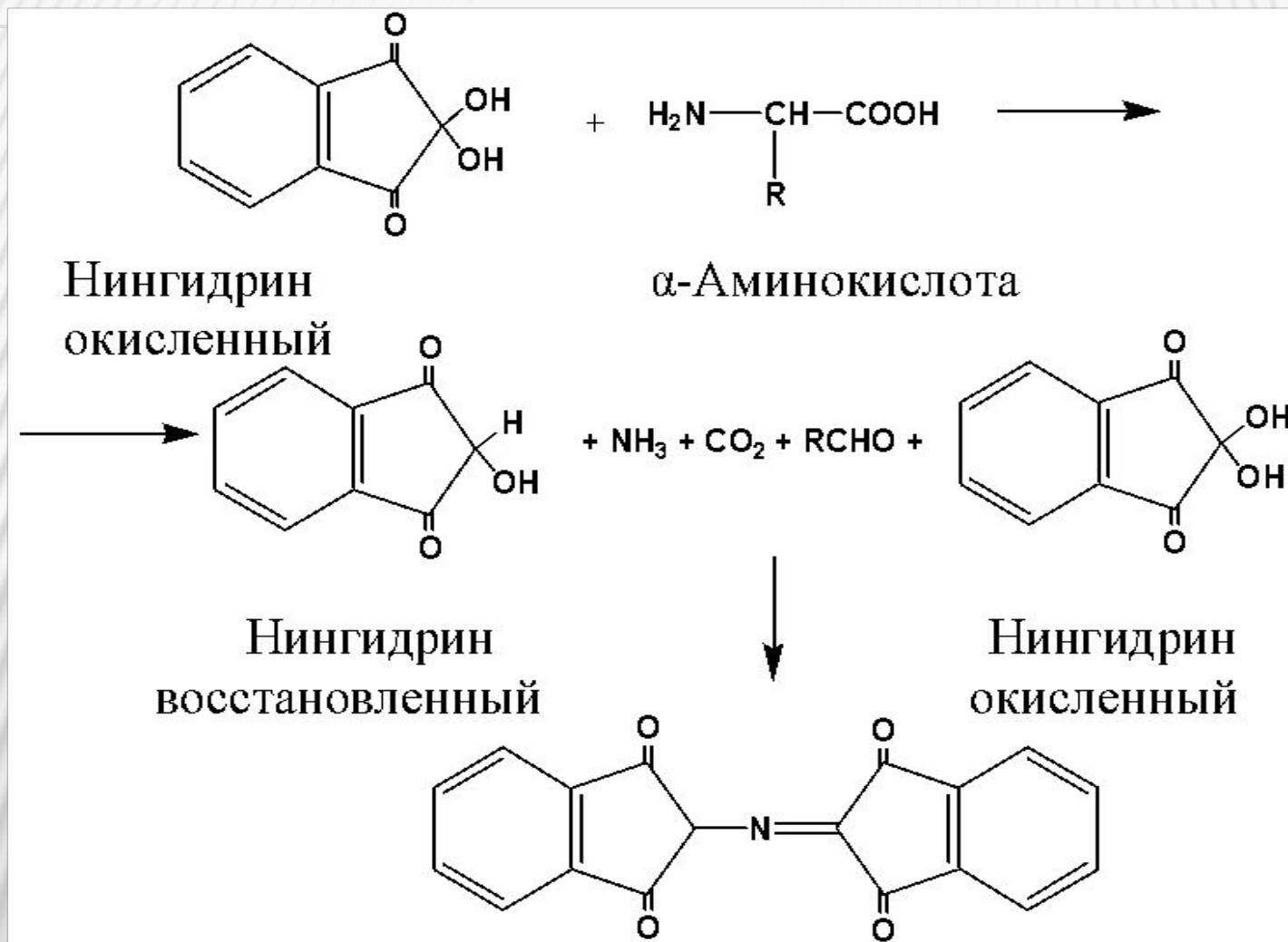


- **образования амидов** и сложных эфиров;
- **взаимодействие аминогрупп с альдегидами** (образование шиффовых оснований);
- **образование N-гликозидов** (при взаимодействии с углеводами через аминогруппу);
- **образование O-гликозидов** (при взаимодействии с углеводами через карбоксильную группу);
- **окисление SH-групп** (образование дисульфидных соединений, например, димера цистеина - цистина);
- **фосфорилирование гидроксиаминокислот** (образование сложных фосфорных эфиров);
- **окисление гуанидиновой группы** аргинина.

---

**Универсальной качественной реакцией на  $\alpha$ -аминокислоты, является их взаимодействие с *нингидрином*, сопровождающееся образованием окрашенного продукта фиолетового цвета (пурпура Руэмана).**

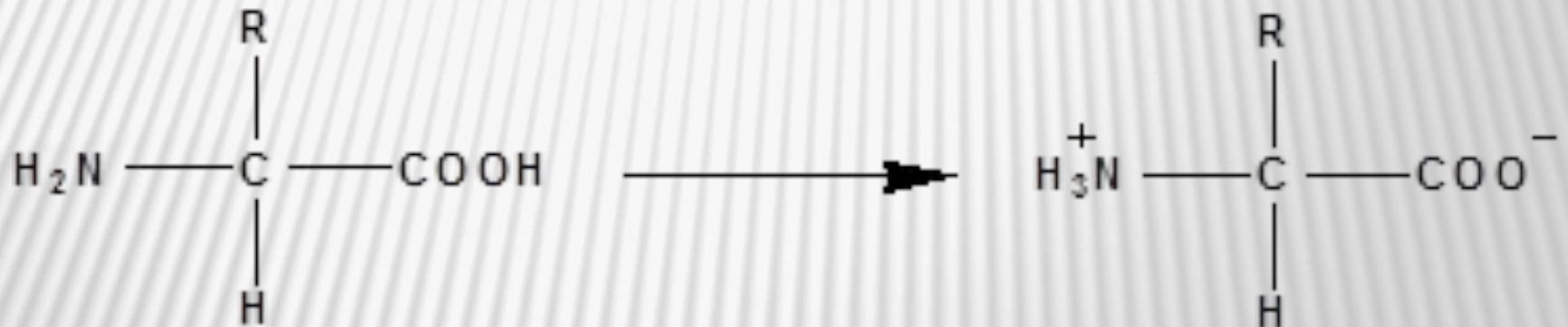
# КАЧЕСТВЕННАЯ РЕАКЦИЯ НА $\alpha$ -АМИНОКИСЛОТЫ



Пурпур Руэмана

# Амфотерные свойства аминокислот

$\alpha$ -Аминокислоты в водных растворах существуют преимущественно в виде **биполярных**, или **цвиттер-ионов**:



Степень диссоциации ионогенных групп зависит от рН. Значение рН раствора, при котором суммарный заряд молекулы аминокислоты равен «0», называется **изоэлектрической точкой pI** и определяется по формуле:

$$pI = (pK_1 + pK_2) / 2$$

$pK_1$  – константа диссоциации  $\alpha$ -карбоксильных групп;  
 $pK_2$  – константа диссоциации  $\alpha$ -аминогрупп.

Если аминокислота содержит дополнительные ионогенные группы, то при расчете pI учитывается их вклад.

---

Значение рН водного раствора химически чистой аминокислоты называется ***изоионной точкой***.

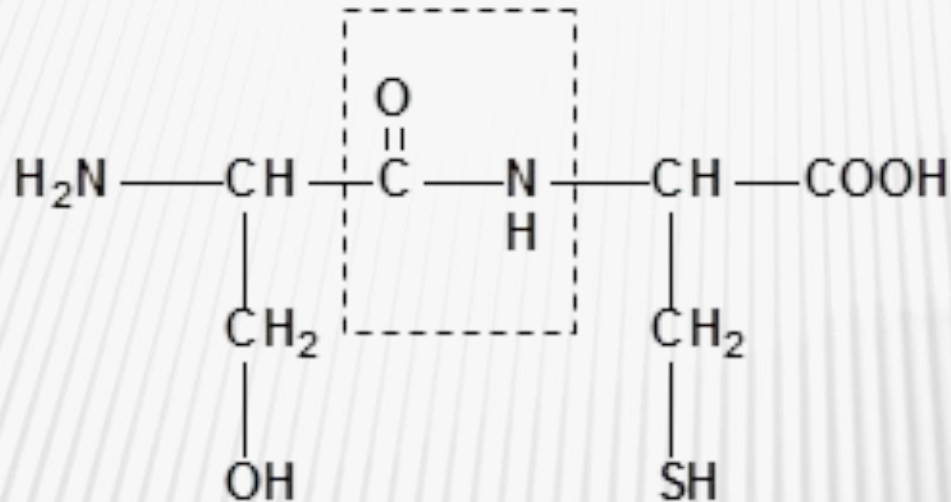
Значения изоэлектрической и изоионной точек в разбавленных растворах приблизительно равны.

## Заряд аминокислоты в растворе зависит от его рН

$pH < pI$	$pH = pI$	$pH > pI$
Заряд $> 0$ (положительный)	Заряд $= 0$	Заряд $< 0$ (отрицательный)

Аминокислоты в растворах при любых значениях рН (кроме  $pI$ ) ведут себя как сильные электролиты, проявляя амфотерные свойства.

Аминокислотные остатки в молекуле белка соединены **пептидными связями**.



Длина пептидной связи = 0,132 нм

длина одинарной С–N связи = 0,146 нм;

длина двойной С=O связи = 0,127 нм.



## Свойства пептидной связи:

- ? пептидная группа **жесткая планарная** (плоская) структура и вращение вокруг пептидной связи невозможно;
- ? пептидная связь имеет **транс-конфигурацию** (только остатки пролина образуют пептидную связь в *цис*-конфигурации);
- ? для пептидной группировки характерна **кетонольная таутомерия**.

*По числу аминокислотных остатков:*

- ? **олигопептиды** (до 10 аминокислотных остатков);
- ? **полипептиды** (от 10 до 50 аминокислотных остатков).

*По составу пептиды подразделяются на:*

- ? **простые (гомомерные)** – состоят только из аминокислотных остатков;
- ? **сложные (гетеромерные)** – дополнительно включены не аминокислотные компоненты (углеводы, липиды, металлы и др.).

Полипептиды, состоящие более, чем из 50 аминокислотных остатков, относятся к ***белкам***, или ***протеинам***.

В структуре белковой молекулы выделяют **4 уровня организации**.

Структурный уровень	Характеристика структуры	Типы связей в структуре
<b>Первичная структура</b>	последовательность аминокислотных остатков в полипептидной цепи	<b>ковалентные связи (пептидные)</b>
<b>Вторичная структура</b> - $\alpha$ -спираль - $\beta$ -структура	конфигурация полипептидной цепи	<b>водородные связи</b>
<b>Сверхвторичная структура</b>	упорядоченное расположение $\alpha$ -спиральных участков и/или $\beta$ -структур полипептидной цепи	

Структурный уровень	Характеристика структуры	Типы связей в структуре
<b>Третичная структура</b>	пространственная организация (конформация) полипептидной цепи	<ul style="list-style-type: none"><li>• гидрофобные взаимодействия</li><li>• водородные связи</li><li>• ионные связи</li><li>• дисульфидные (ковалентные) связи</li></ul>
Четвертичная структура	способ организации в пространстве отдельных полипептидных цепей, образование макромолекулярных комплексов	<ul style="list-style-type: none"><li>• гидрофобные взаимодействия</li><li>• водородные связи</li><li>• ионные связи</li></ul>

---

В зависимости от степени асимметрии молекулы белка, имеющие пространственную структуру (конформацию), подразделяются на:

- - **глобулярные**  
(при соотношении длинной оси к короткой 3:5);
- **фибриллярные**  
(при соотношении осей 80:150).

---

Формирование третичной структуры приводит к образованию функционально активной, или ***нативной***, белковой структуры.

## ***Физико-химические свойства белков***

Большинство белков – это водорастворимые вещества.

В растворах белки проявляют коллоидные свойства и отличаются:

- высокой вязкостью;
- способностью к образованию гелей;
- неспособностью проходить через полупроницаемые мембраны.



---

Белки способны взаимодействовать и с катионами, и с анионами.

Способность белков взаимодействовать с различными заряженными веществами может приводить к их осаждению, т.к. происходит изменение заряда молекулы.

**Денатурация** – изменение пространственной структуры, которая происходит в связи с разрывом связей, поддерживающих и образующих пространственную структуру.

Происходит нарушение четвертичного, третичного и вторичного уровней организации белка.

### ***Факторы денатурации:***

**физические** (механические воздействия, высокие и низкие температуры, ультразвук, радиация и др.);

**химические** (концентрированные неорганические и органические кислоты, концентрированные щелочи, органические растворители и т.д.).

Процесс, обратный денатурации, называется ***ренатурация***.

# КЛАССИФИКАЦИЯ БЕЛКОВ

В зависимости от состава белки делятся на *простые* и *сложные*.

*Простые* белки состоят только из аминокислот.

*Альбумины и глобулины* – глобулярные транспортные и запасные белки.

*Протамины* – основные белки.

*Гистоны* – ядерные основные белки.

*Проламины, глютелины* – кислые растительные белки.

**Сложные** белки кроме белковой части имеют структуры небелковой природы.

**Хромопротеины** – окрашенные белки: **гемопротеины**, **флавопротеины**, **родопсин** и др.

**Фосфопротеины** – содержат остатки фосфорной кислоты.

**Гликопротеины** – содержат ковалентно связанные моно- и олигосахариды.

**Нуклеопротеины** – содержат белок и нековалентно связанные остатки нуклеиновых кислот.

**Липопротеины** – гидрофобные белки, содержащие нековалентно связанные липиды.

**Металлопротеины** – сложные белки, содержащие атомы (ионы) металлов.

# *Функции белков*

---

- **Каталитическая функция.**
- **Структурная функция.**
- **Транспортная функция**
- **Защитная функция.**
- **Регуляторная функция.**
- **Двигательная функция.**

---

# ФЕРМЕНТЫ

*Ферменты* - природные биокатализаторы белковой природы.

# **СВОЙСТВА ФЕРМЕНТОВ**

---

Общие со всеми катализаторами:

1. способность катализировать только термодинамически возможные процессы.
2. ускорение наступления состояния равновесия обратимого процесса, без смещения равновесия в сторону прямой или обратной реакции.
3. не расходуются и не модифицируются в процессе катализа.

## Специфические свойства:

1. более высокая активность ферментов по сравнению с неорганическими катализаторами.
2. высокую специфичность действия ферментов.
3. способность реагировать на различные регуляторные воздействия.
4. свойства, обусловленные белковой природой абсолютного большинства ферментов (термолабильность, зависимость активности от величины рН среды и др.).



# СТРУКТУРА ФЕРМЕНТОВ

---

**Простые ферменты** – однокомпонентные, состоят только из полипептидной части;

**Сложные ферменты (холофермент)** – двухкомпонентные, кроме полипептида (**апофермента**) содержат дополнительный компонент небелковой природы (**кофактор**).

Область фермента, в которой происходит связывание и превращение субстрата, называется **активным центром**.

# Классификация ферментов

Класс ферментов	Тип реакции
<b>1. Оксидоредуктазы</b>	<b>Окислительно-восстановительные реакции всех типов</b>
<b>2. Трансферазы</b>	<b>Перенос отдельных атомов и групп атомов</b>
<b>3. Гидролазы</b>	<b>Гидролитическое расщепление химических связей</b>
<b>4. Лиазы</b>	<b>Негидролитическое расщепление двойных связей или их образование</b>
<b>5. Изомеразы</b>	<b>Взаимопревращение различных изомеров</b>
<b>6. Лигаза</b>	<b>Образование связей (синтез) с затратой энергии АТФ</b>

# Единицы и формы выражения активности ферментов

---

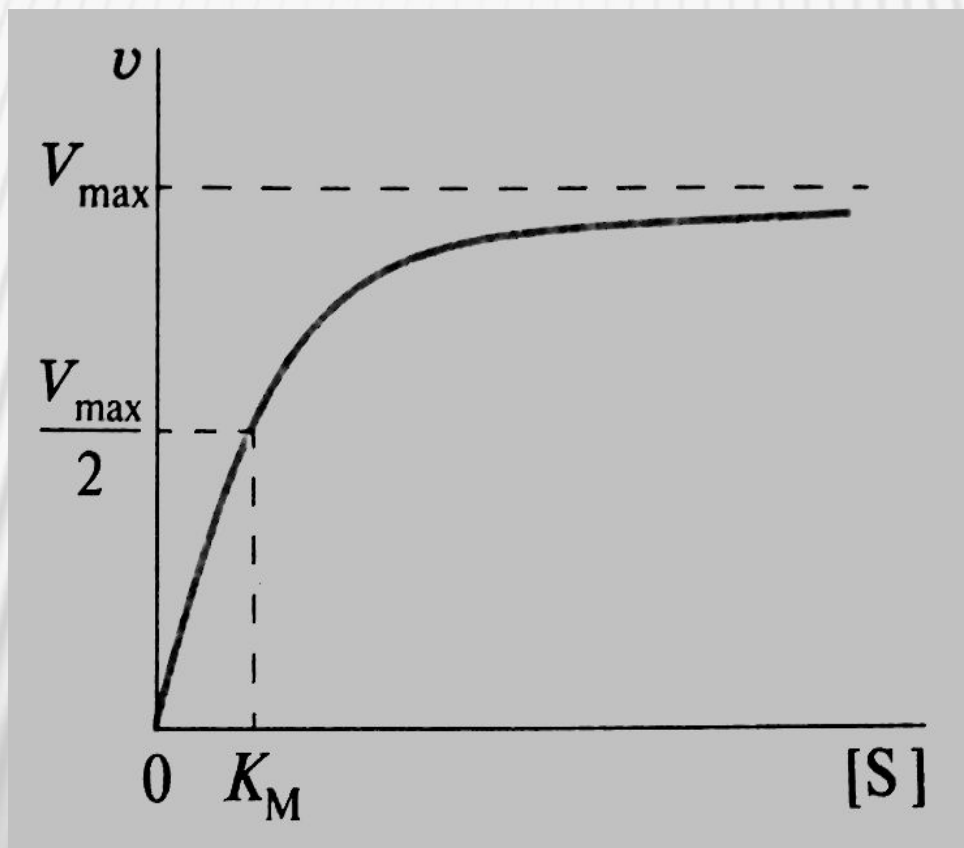
**1 катал (kat)** – количество фермента, которое катализирует превращение 1 моль субстрата за 1 сек при 25°C.

**1 международная единица (МЕ)** – количество фермента, которое катализирует превращение 1 мкмоль субстрата за 1 мин при 25°C.

***Удельная активность*** - число единиц активности фермента, приходящихся на 1 мг белка.

# Уравнение Михаэлиса-Ментен

$$V = \frac{V_{\max} [S]}{K_M + [S]}$$



## Зависимость активности ферментов от температуры (А) и рН среды (Б)

