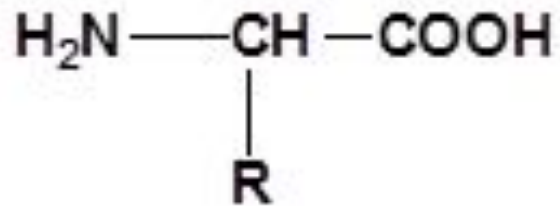


**АМИНОКИСЛОТЫ
ПЕПТИДЫ
БЕЛКИ**

СТРУКТУРА И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМИНОКИСЛОТ

20 аминокислот входят в состав белков (протеиногенные аминокислоты).

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



α -Аминокислоты отличаются друг от друга структурой **R-группы**.

По структуре боковой группы R аминокислоты

подразделяются на:

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

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

Гидрофобные, неполярные

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

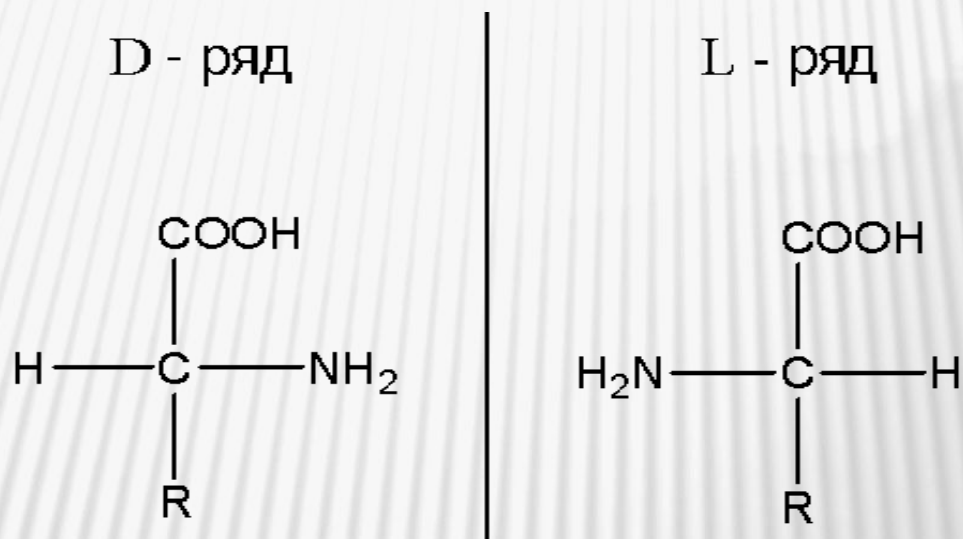
*Тирозин, или гидроксифенилаланин – ароматическая, гидрофильная, полярная аминокислота.

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.

α -Аминокислоты (кроме глицина) имеют в структуре **хиральные** (асимметричные) атомы С.

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

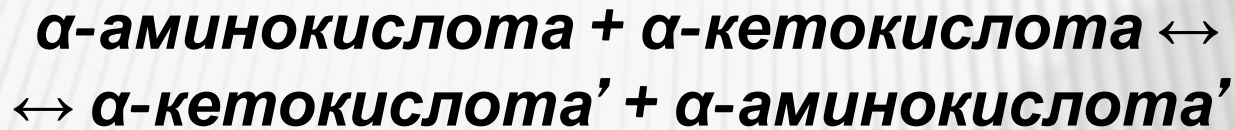


Все аминокислоты, входящие в состав белков, относятся к **L-ряду**.

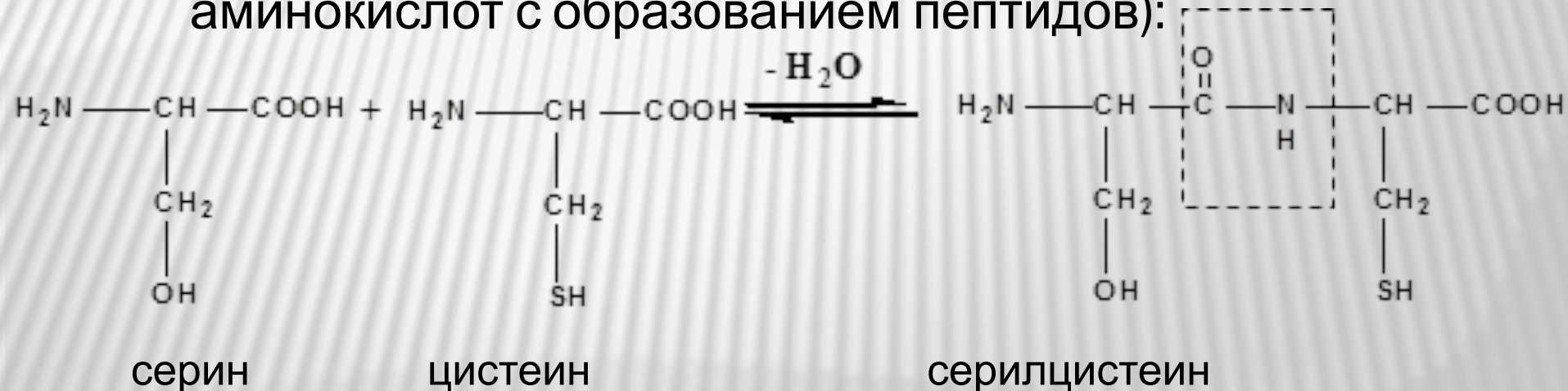
Аминокислоты, относящиеся к **D-ряду**, встречаются в неcodируемых пептидах.

Химические свойства аминокислот

- **декарбоксилирования** (образование аминов) и **дезаминирования** (образование карбоновых кислот);
- **переаминирования** с α -кетокислотами;



- **образование пептидной связи** между α -COOH- и α -NH₂-группами двух аминокислот (полимеризация аминокислот с образованием пептидов):



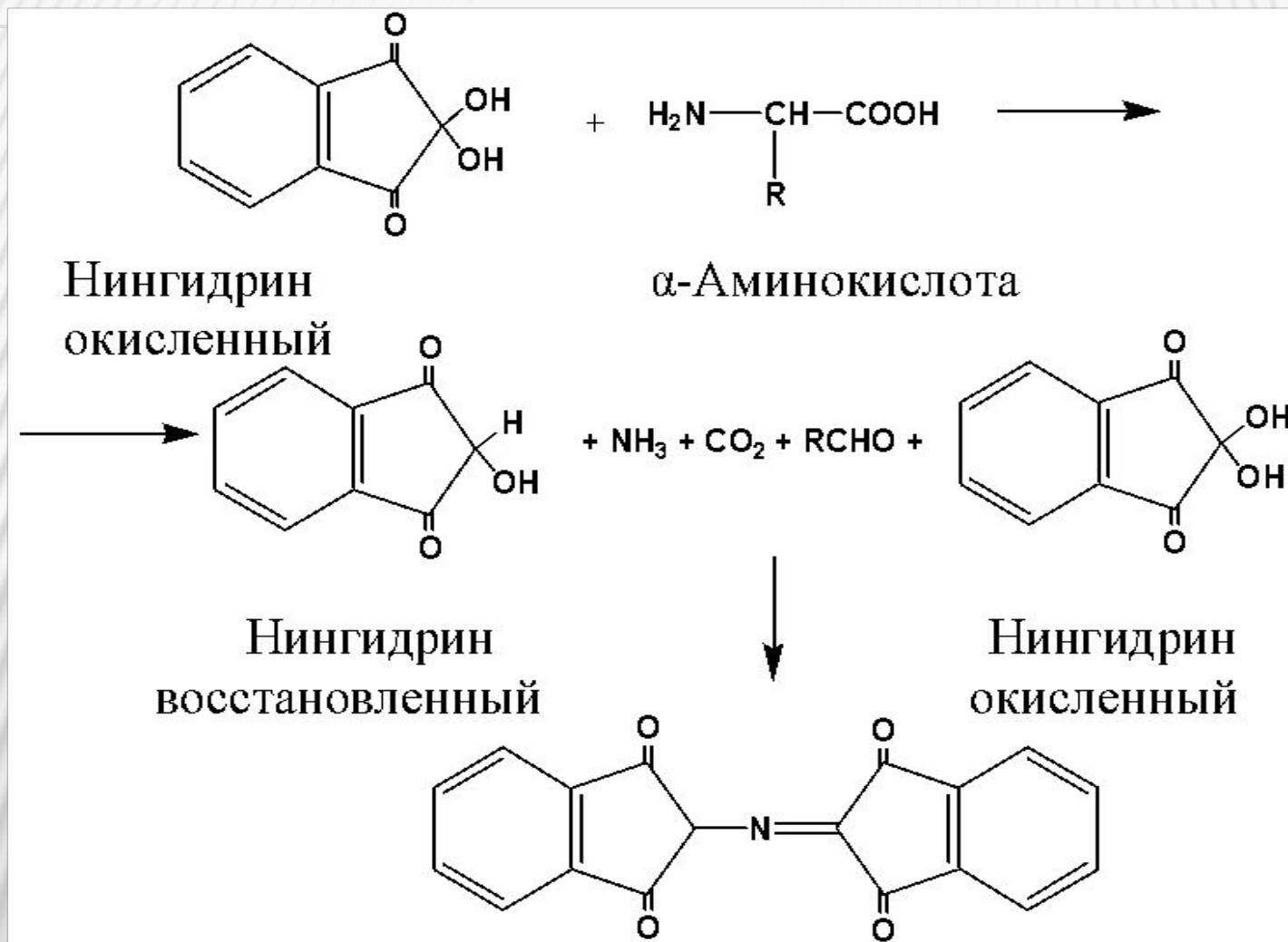
•

•

- **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 α -аминокислоты, является их взаимодействие с *нингидрином*, сопровождающееся образованием окрашенного продукта фиолетового цвета (пурпура Руэмана).

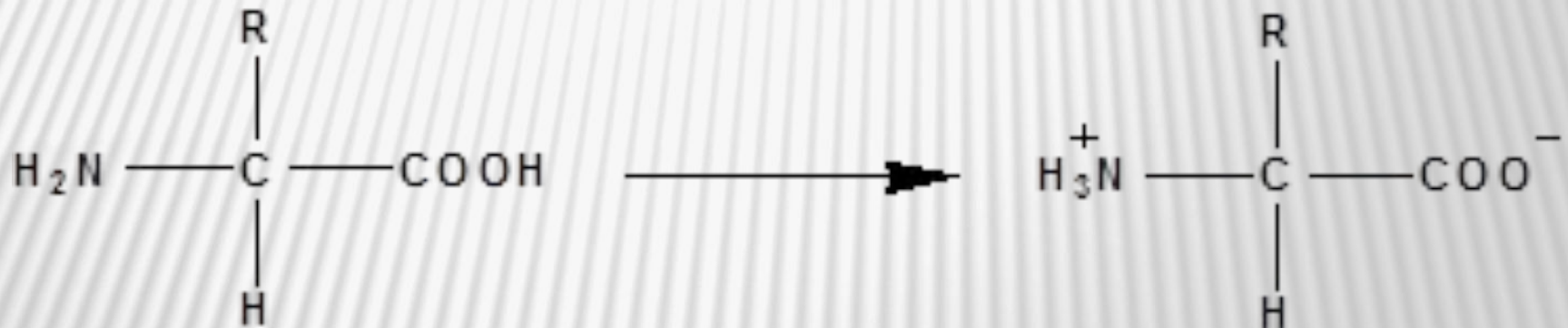
КАЧЕСТВЕННАЯ РЕАКЦИЯ НА α -АМИНОКИСЛОТЫ



Пурпур Руэмана

Амфотерные свойства аминокислот

α -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 α -карбоксильных групп;
 pK_2 – константа диссоциации α -аминогрупп.

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

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

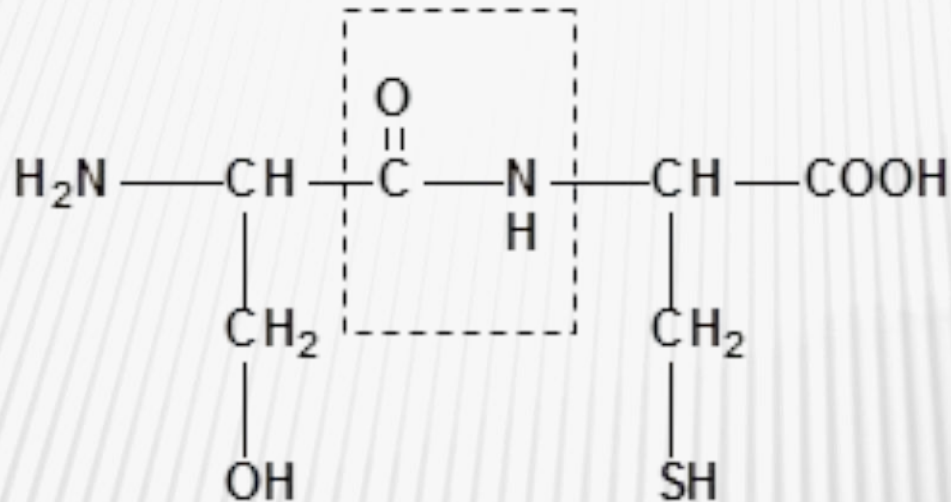
Значения изоэлектрической и изоионной точек в разбавленных растворах приблизительно равны.

Заряд аминокислоты в растворе зависит от его pH

$\text{pH} < \text{pI}$	$\text{pH} = \text{pI}$	$\text{pH} > \text{pI}$
Заряд > 0 (положительный)	Заряд $= 0$	Заряд < 0 (отрицательный)

Аминокислоты в растворах при любых значениях pH (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
Первичная структура	последовательность аминокислотных остатков в полипептидной цепи	ковалентные связи (пептидные)
Вторичная структура - α -спираль - β -структура	конфигурация полипептидной цепи	водородные связи
Сверхвторичная структура	упорядоченное расположение α -спиральных участков и/или β -структур полипептидной цепи	

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

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

- - **глобулярные**
(при соотношении длинной оси к короткой 3:5);
- **фибрилярные**
(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
1. Оксидоредуктазы	Окислительно-восстановительные реакции всех типов
2. Трансферазы	Перенос отдельных атомов и групп атомов
3. Гидролазы	Гидролитическое расщепление химических связей
4. Лиазы	Негидролитическое расщепление двойных связей или их образование
5. Изомеразы	Взаимопревращение различных изомеров
6. Лигаза	Образование связей (синтез) с затратой энергии АТФ

Единицы и формы выражения активности ферментов

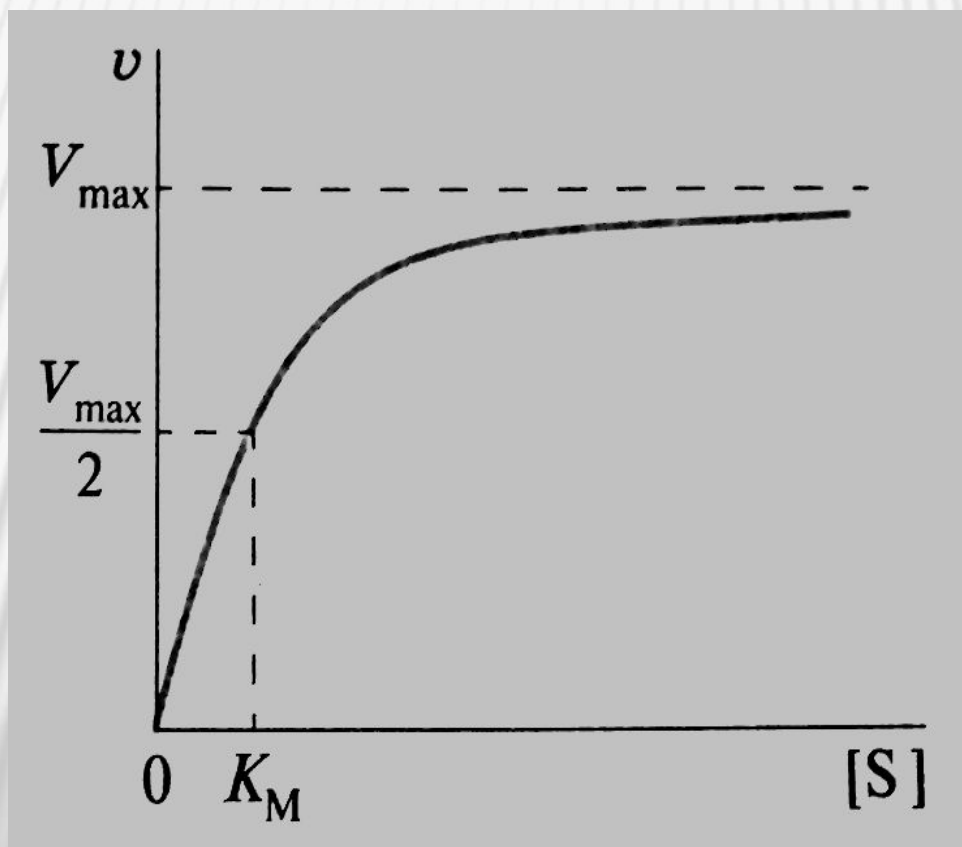
1 катал (kat) – количество фермента, которое катализирует превращение 1 моль субстрата за 1 сек при 25°C.

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)**

