

# ▶ Ферменты

Выполнил: курсант 10 «Г» класса

КГАОУ «Школа космонавтики»

Бурнашов Данила

# Ферменты / энзимы –

особый класс белков,  
являющихся биологическими  
катализаторами.

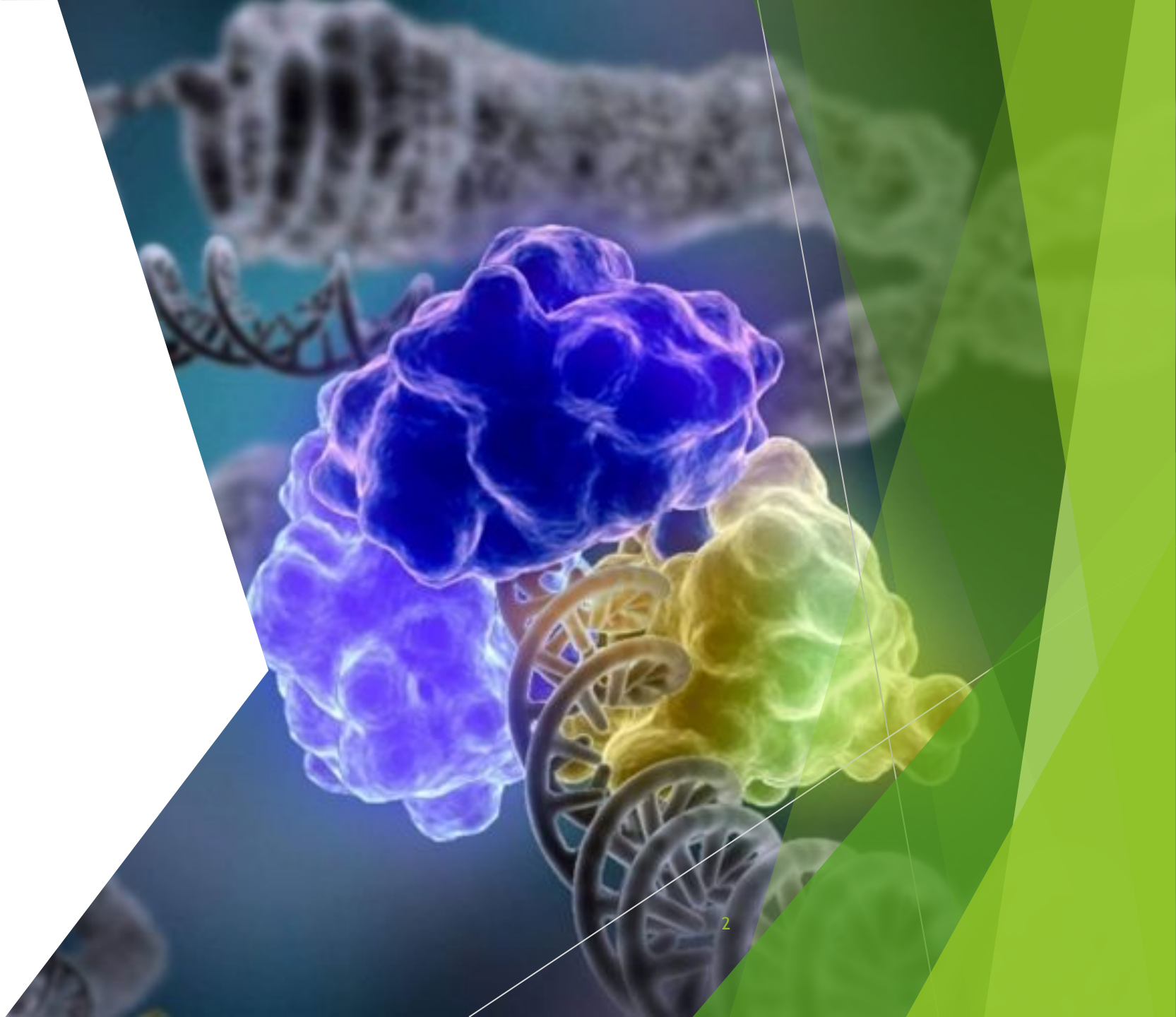




Рис.1

# Структурно-функциональная организация ферментов

## Активный центр

– комбинация аминокислотных остатков (обычно 12-16), обеспечивающая непосредственное связывание с молекулой субстрата и осуществляющая катализ.



Рис.2

Рис.3

## Аллостерический центр (allos – чужой)

– центр регуляции активности фермента, который пространственно отделен от активного центра и имеется не у всех ферментов.



Рис.4



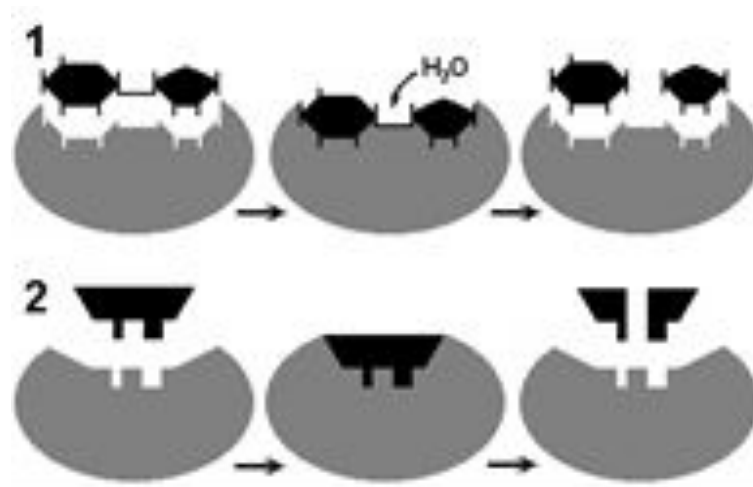
Д.Кошланда

Рис.5



Э.Фишера

Рис.6



Соответствие фермента и субстрата:

1 — гипотеза «ключ — замок»; 2 — гипотеза «рука - перчатка».

Рис.7

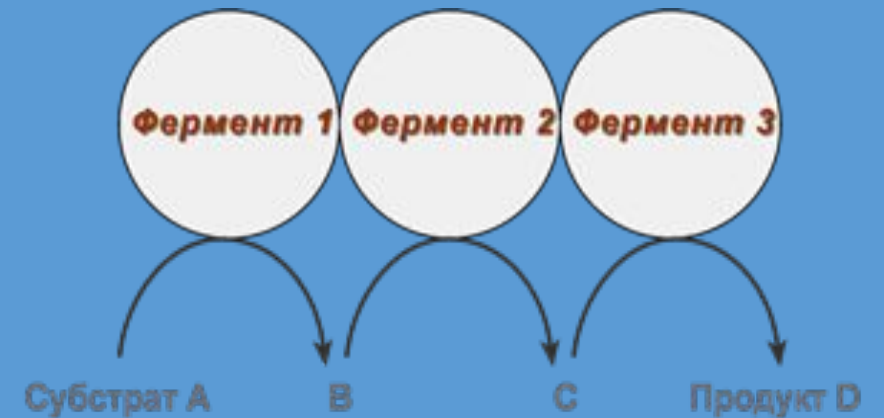
## Изоферменты

– это молекулярные формы одного и того же фермента, возникшие в результате небольших генетических различий в первичной структуре фермента, но катализирующие одну и ту же реакцию.

Рис.8

## Мультиферментном комплекс

– несколько ферментов прочно связаны между собой в единый комплекс и осуществляют ряд последовательных реакций, в которых продукт реакции непосредственно передается на следующий фермент и является только его субстратом.



Строение мультферментного комплекса

Рис.9

# На чем основан ферментативный катализ?

## Энергетический барьер

– это такое количество энергии, которое необходимо преодолеть молекулам, чтобы вступить в химическое взаимодействие.

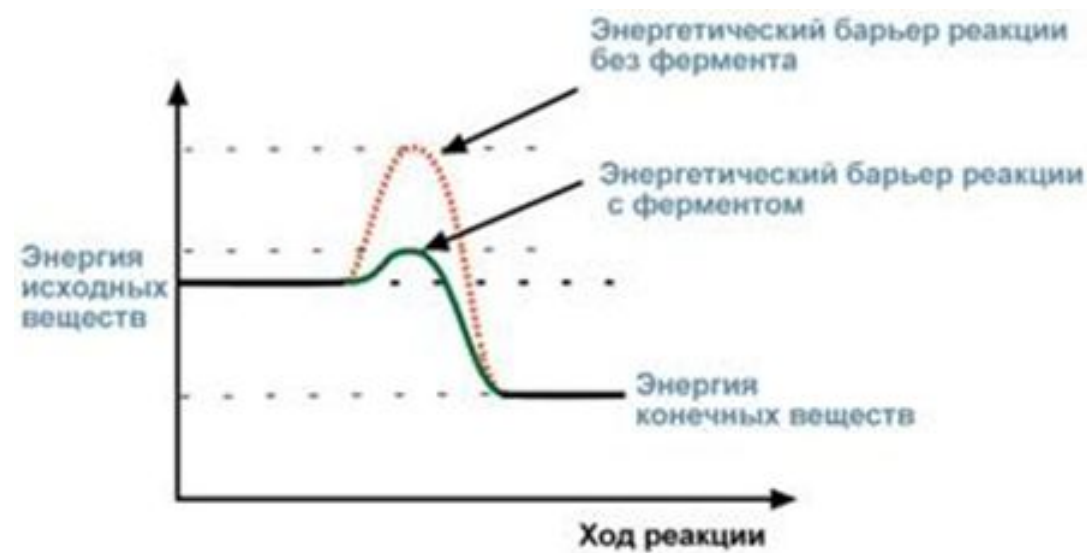


Рис.10

# Ферменты / неорганические катализаторы

## Сущность ферментов / неорганических катализаторов:

- в активации молекул реагирующих веществ,
- в разбиении реакции на несколько стадий, энергетический барьер каждой из которых ниже такового общей реакции.

## Сходство и отличия ферментов и неорганических катализаторов

### *Сходство*

1. Катализируют только энергетически возможные реакции.
2. Не изменяют направления реакции.
3. Ускоряют наступление равновесия реакции, но не сдвигают его.
4. Не расходуются в процессе реакции.

### *Отличия*

1. Скорость ферментативной реакции намного выше.
2. Высокая специфичность.
3. Мягкие условия работы (внутриклеточные).
4. Возможность регулирования скорости реакции.
5. Скорость ферментативной реакции пропорциональна количеству фермента.



# Особенности ферментативного катализа

## Этапы катализа:

1. Присоединение субстрата (S) к ферменту (E) с образованием фермент-субстратного комплекса (E-S).
2. Преобразование фермент-субстратного комплекса в один или несколько переходных комплексов (E-X) за одну или несколько стадий.
3. Превращение переходного комплекса в комплекс фермент-продукт (E-P).
4. Отделение конечных продуктов от фермента.



Рис.11

## Механизмы катализа:

1. Кислотно-основной катализ

Доноры	Акцепторы
-COOH -NH <sub>3</sub> <sup>+</sup> -SH; -OH	-COO <sup>-</sup> -NH <sub>2</sub> -S <sup>-</sup> ; -O <sup>-</sup>

2. Ковалентный катализ

# Типы ферментативных реакций

## Тип "пинг-понг"



Рис.12

## Тип последовательных реакций

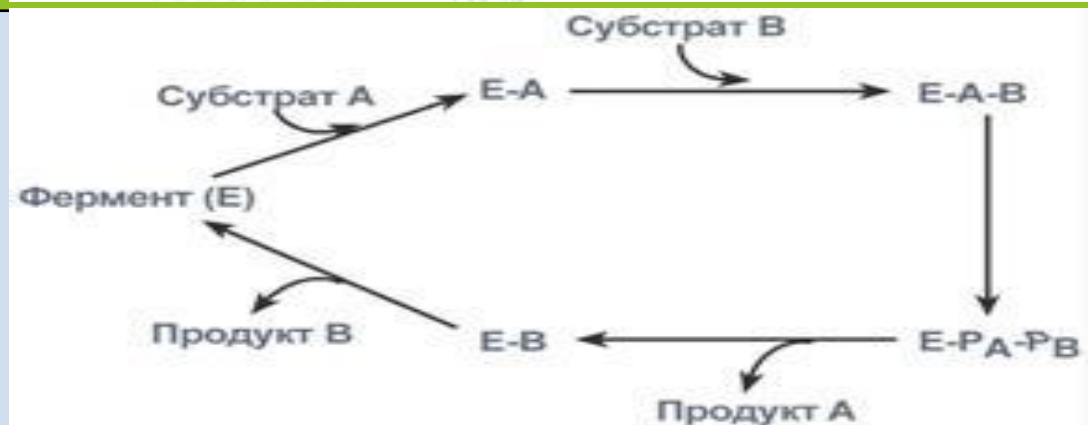


Рис.13

## Тип случайных взаимодействий

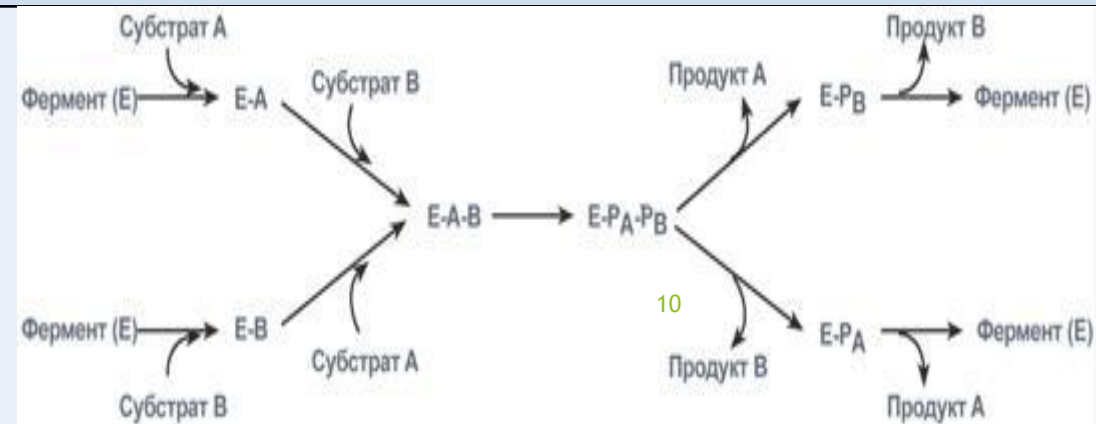


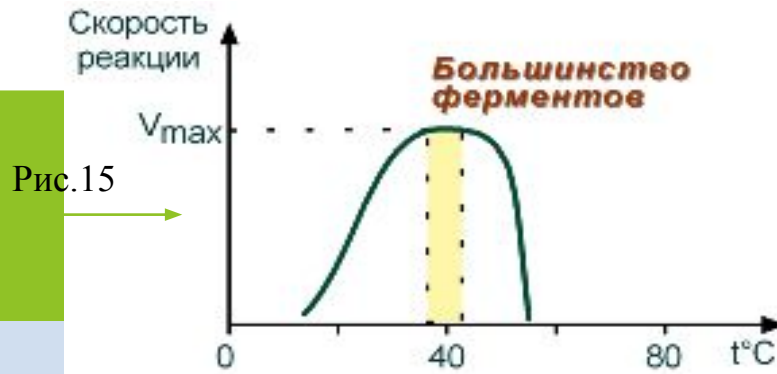
Рис.14

# Активность фермента

$$\text{Активность фермента} = \frac{\text{Количество полученного продукта или исчезнувшего субстрата}}{\text{Время работы фермента} \times \text{Масса или объем пробы}}$$

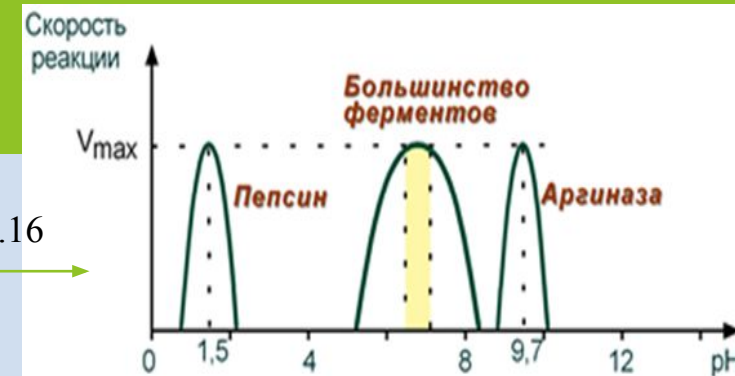
Зависит от ...

Температура



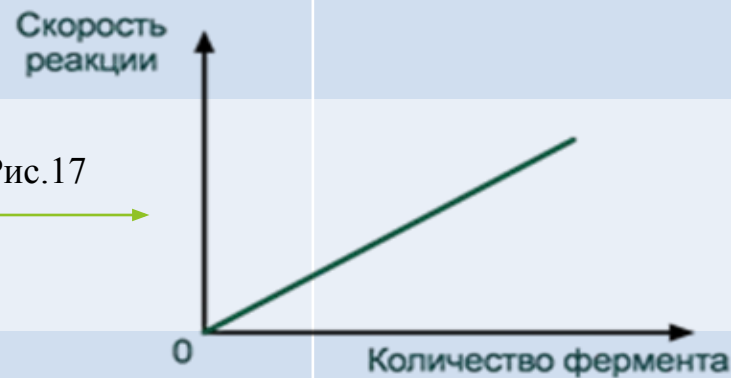
pH

Рис.16



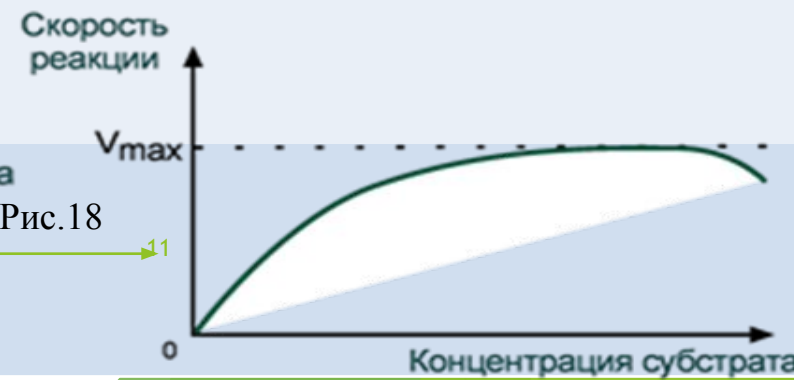
Количество фермента

Рис.17



Концентрация субстрата

Рис.18



# Ингибирование

## Кинетика конкурентного ингибирования

увеличивает  $K_m$  и не  
изменяет  $V_{max}$ .

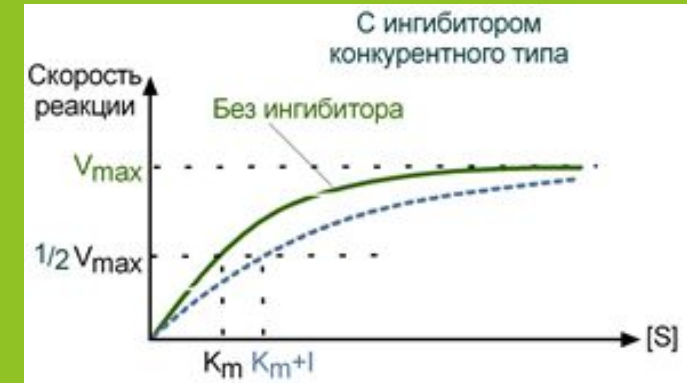


Рис.19

## Кинетика неконкурентного ингибирования

не изменяет  $K_m$  и снижает  
 $V_{max}$ .

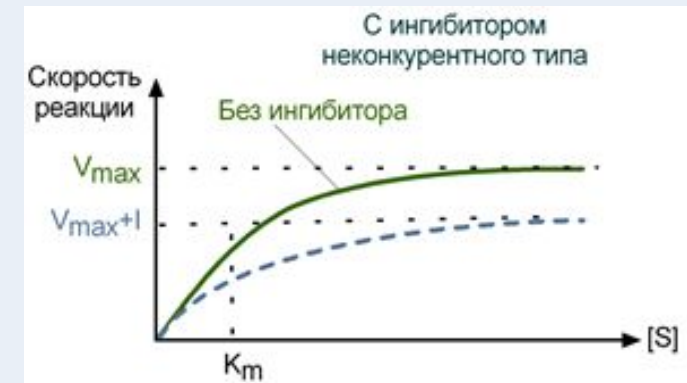


Рис.20

## Кинетика бесконкурентного ингибирования

снижает  $K_m$  и  $V_{max}$

# Классификация

В 1961 г в Москве V Международный биохимический союз принял современную классификацию ферментов. В соответствии с этой классификацией все ферменты делятся:

- на классы – по типу катализируемой реакции,
- каждый класс подразделяется на подклассы – по природе атакуемой химической группы,
- подклассы делятся на подподклассы – по характеру атакуемой связи или по природе акцептора



Рис.21

## **Оксиредуктазы**

перенос атомов водорода, кислорода или электронов от одного вещества к другому

## **Трансферазы**

перенос метильной, ацильной, фосфатной или аминогруппы от одного вещества к другому

## **Гидролазы**

реакции гидролиза, при которых из субстрата образуются два продукта

## **Лиазы**

негидролитическое присоединение к субстрату или отщепление от него группы атомов, при этом могут разрываться связи «С-С», «С-N», «С-О», «С-S»

## **Изомеразы**

внутримолекулярная перестройка

## **Лигазы**

соединение двух молекул в результате образования связей «С-С», «С-N», «С-О», «С-S»

Спасибо за внимание