



# **КАТАЛИЗ. ВИДЫ КАТАЛИЗА. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ**

**Лекция №6 курса  
«Общая химия»**

**Лектор: проф. Иванова Надежда Семёновна**

**Ката́лиз** (от греч. κατάλυσις,

восходит к καταλύειν —

разрушение) — явление изменения

скорости химической или

биохимической реакции в

присутствии веществ, количество и

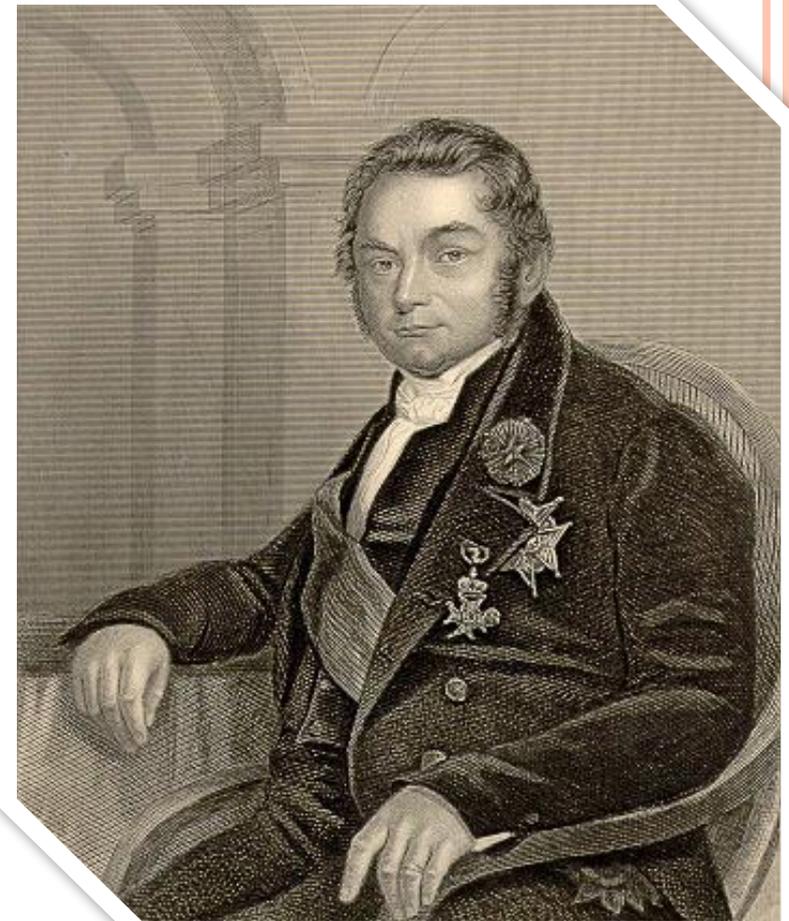
состояние которых в ходе реакции

не изменяются.

Термин «катализ» был введён в 1835

году шведским учёным

Берцелиусом.



**Йёнс Якоб Берцелиус**

**(1779–1848)**

На изменении активности ферментов в организме основана энзимодиагностика, энзимотерапия и биохимическая генетика.

**Энзимодиагностика** позволяет определять болезнь на ранних этапах (заболевания печени, поджелудочной железы, эндокринных расстройств и т.д.).

В **энзимотерапии** лекарством является фермент (пепсин – для лечения гастрита, диспепсии и др. расстройств пищеварения, панкреатин [фестал, панзинорм] – для лечения печени и поджелудочной железы и т.д.).

**Биохимическая генетика** – учение о наследственных заболеваниях, обусловленных дефектами в структуре ферментов.

# КАТАЛИЗАТОР — ...

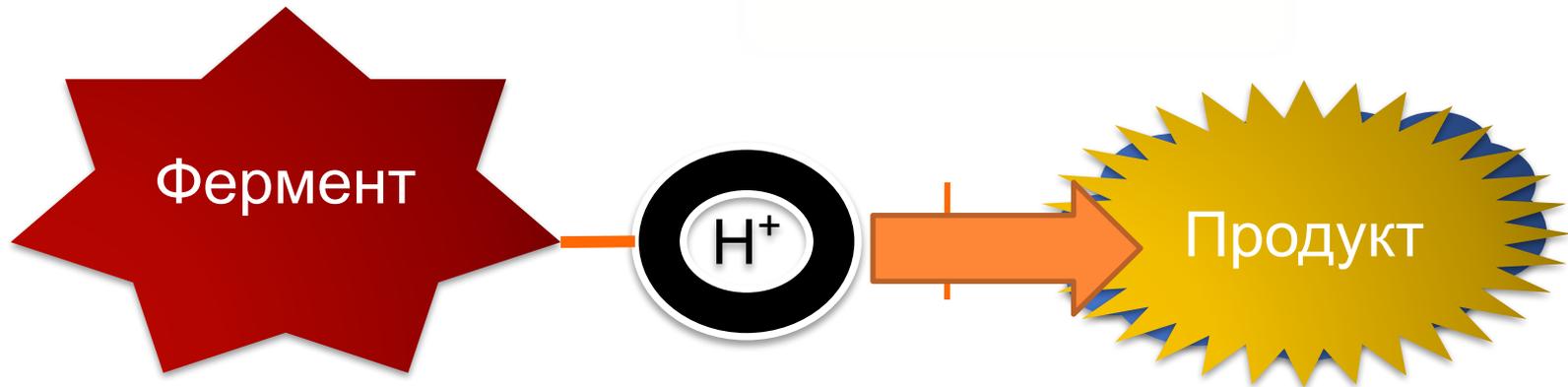
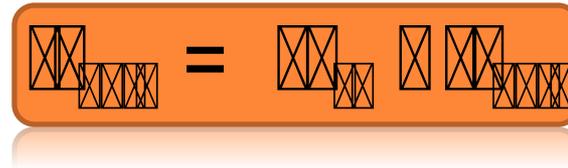
...вещество, ускоряющее реакцию, но не входящее в состав продуктов реакции.

В отношении катализатора выполняются 2 условия:

1. катализатор ускоряет реакцию, для которой  $\Delta G < 0$ .
2. Катализатор не смещает химического равновесия, т.е. не влияет на  $K_p$ .

# ВИДЫ КАТАЛИЗА

**1. Гомогенный катализ** – катализатор находится в одной фазе с субстратом. Характерным примером является кислотно-основной катализ, который реализуется в организме при гидролизе жиров, спиртовом и молочном брожении, окислении  $C_6H_{12}O_6$  и т. п. Скорость определяется по формуле:



# ВИДЫ КАТАЛИЗА

**2. Гетерогенный катализ** – катализатор и субстрат находятся в разных фазах. Особенность таких катализаторов – наличие активных и аллостерических центров.

Активный центр – центр, обладающий каталитической активностью.

Аллостерический центр участвует в явлении, которое носит название индуцированная приспособляемость фермента к субстрату и наоборот.

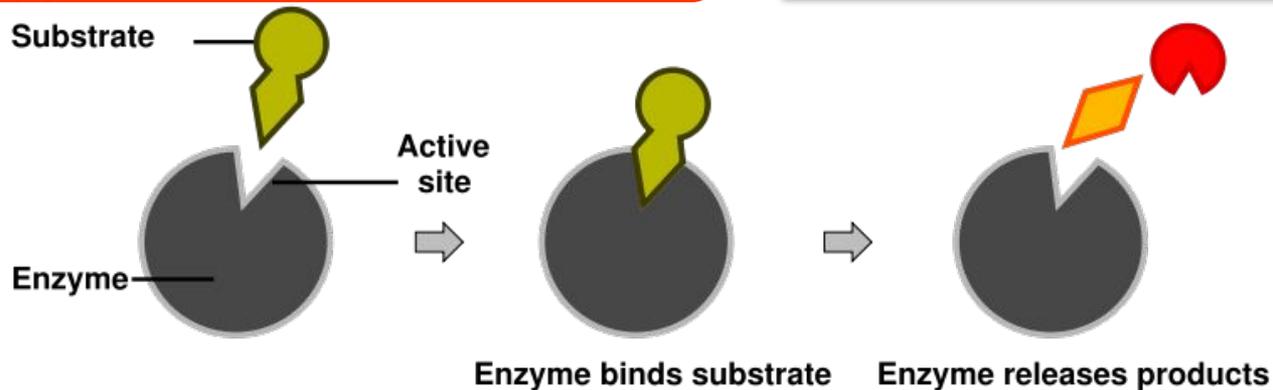
## ВИДЫ КАТАЛИЗА

**3. Ферментативный катализ (биокатализ)** – ускорение биохимических реакций при участии белковых макромолекул, называемых ферментами (энзимами). Этот вид катализа относится к микрогетерогенному катализу, но имеет аналогии и с гомогенным катализом. Отличие ферментов от других катализаторов – высокая активность и селективность первых.

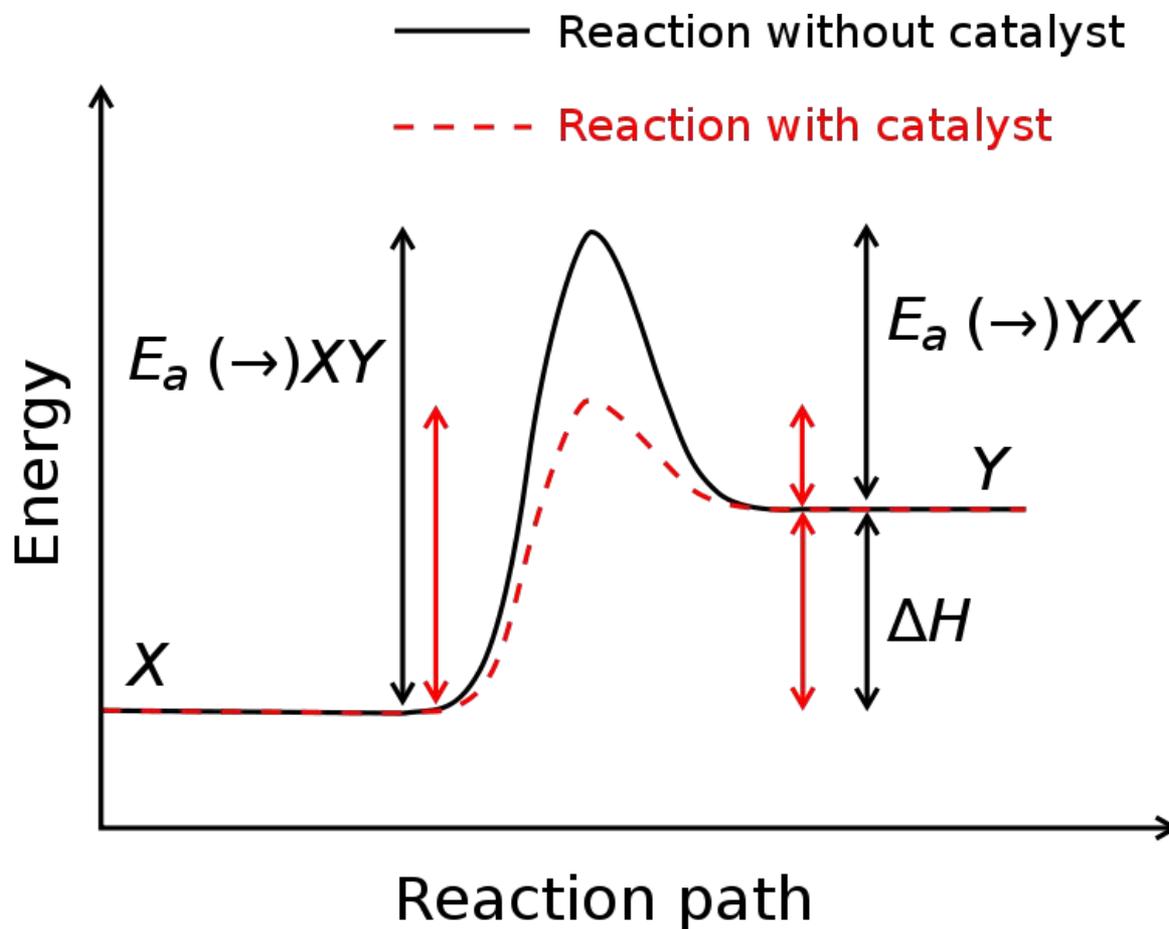
Эмиль Герман **Фишер**

(1852-1919)

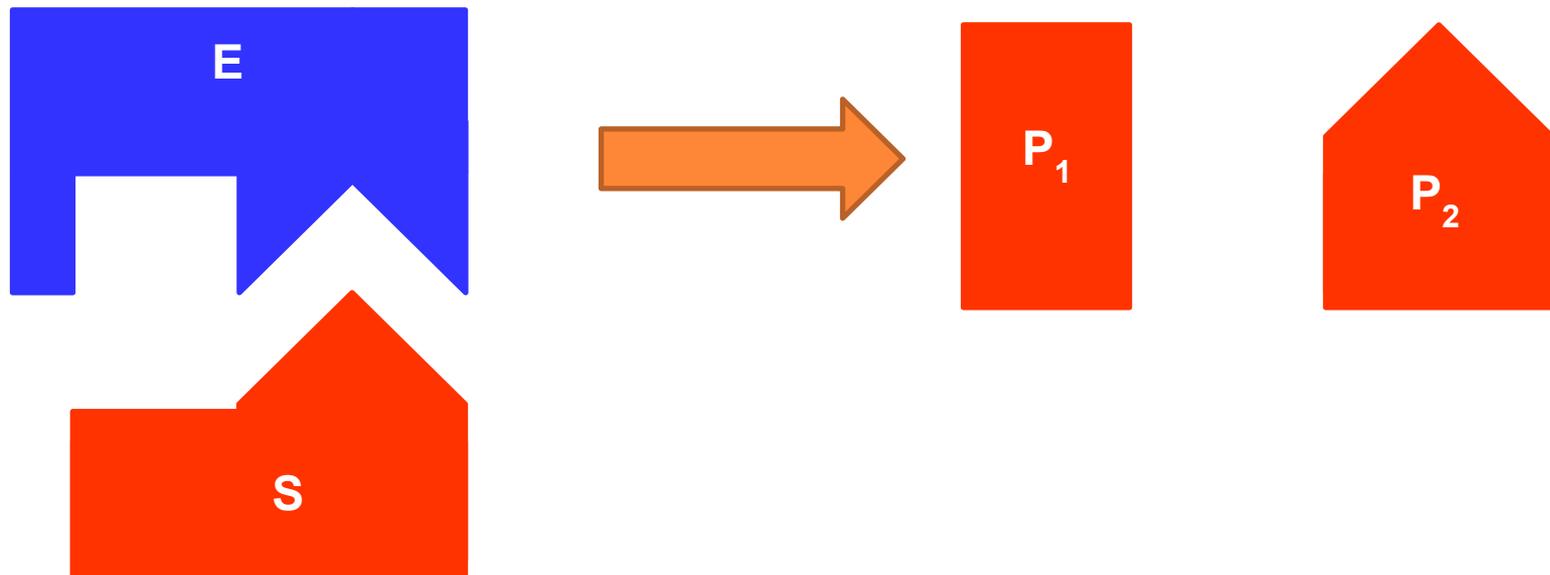
В 1890 г. предположил, что специфичность ферментов определяется точным соответствием формы активного центра фермента и структуры субстрата. Такая трактовка называется моделью «ключ-замок».

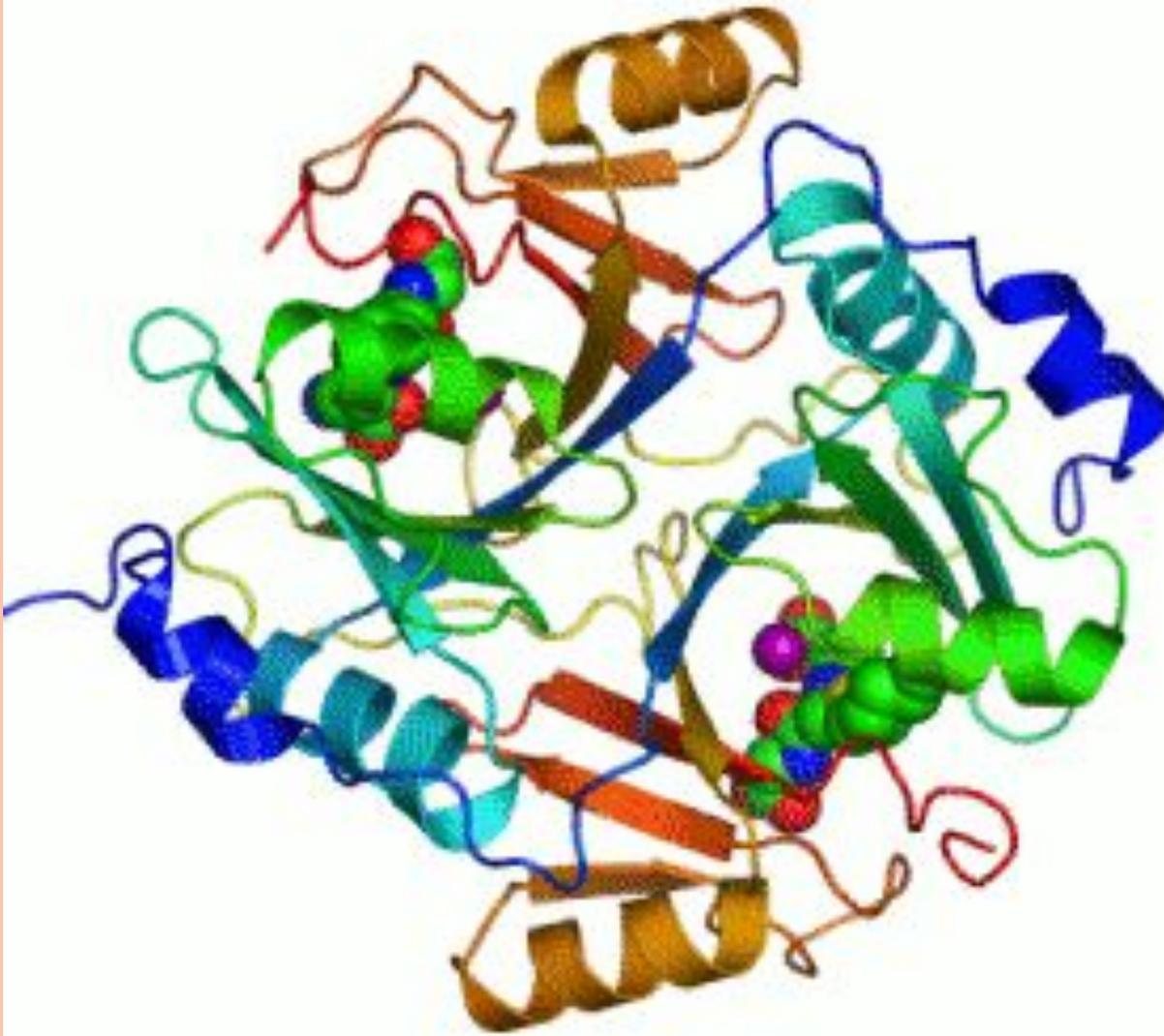


За счёт образования E-S комплекса, в котором перераспределены электроны в субстрате, уменьшается прочность разрываемых связей, значительно уменьшается  $E_a$ , а скорость реакции сильно возрастает.



Трактовка Фишера объясняет действие селективного фермента. Для неселективного фермента более реалистична индуцированная приспособляемость фермента к субстрату и наоборот. Неправильные субстраты — слишком большие или слишком маленькие — не подходят к активному центру, поэтому аллостерический центр «подгоняет» структуру субстрата под структуру активного центра.



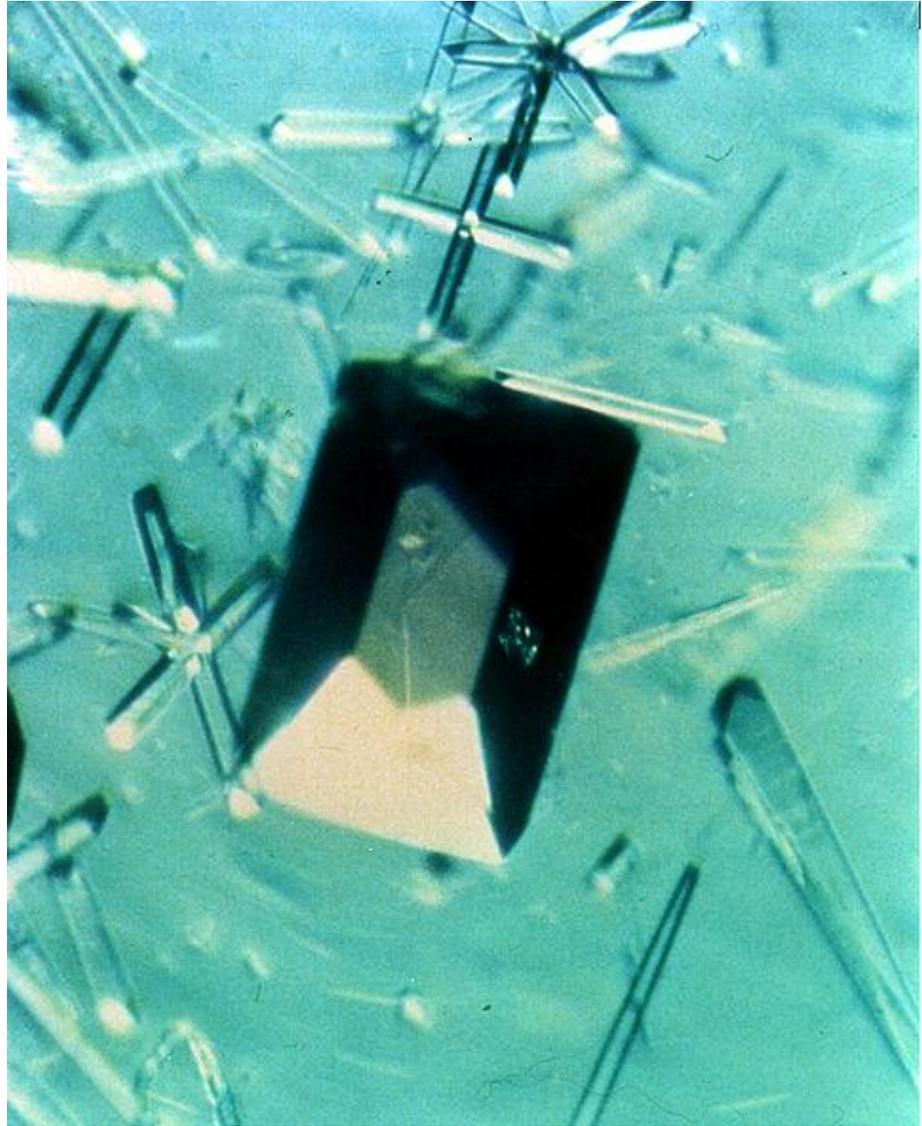


## Human glyoxalase

Two zinc ions that are needed for the enzyme to catalyze its reaction are shown as purple spheres, and an enzyme inhibitor called S-hexylglutathione is shown as a space-filling model, filling the two active sites.

# ELASTASE

Protein Crystal Growth  
Porcine Elastase



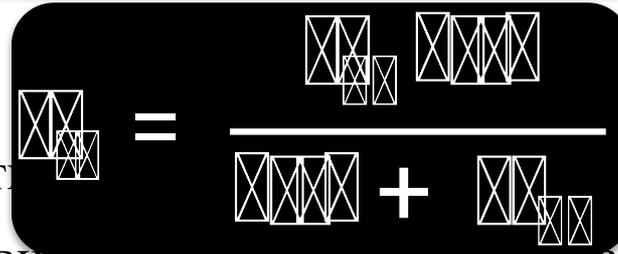
# КИНЕТИЧЕСКАЯ РАБОТА ФЕРМЕНТА

**Уравнение Михаэлиса – Ментен** — описывает

зависимость скорости реакции, катализируемой ферментом, от концентрации субстрата и фермента. Простейшая кинетическая схема, для которой справедливо уравнение Михаэлиса:

Уравнение имеет вид: 

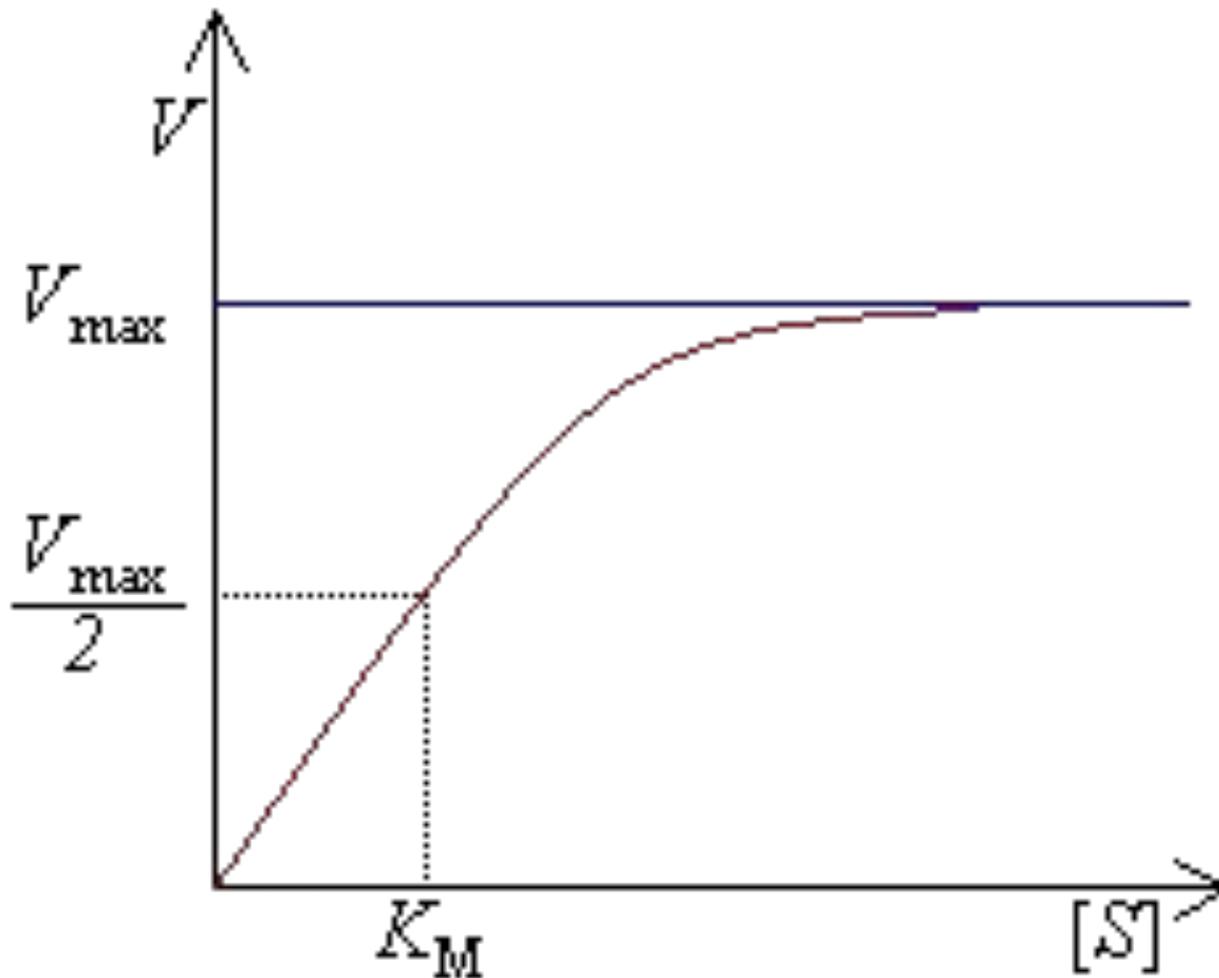
где  $V_m$  — максимальная скорость


$$V_m \frac{S}{K_M + S}$$

$K_M$  — константа Михаэлиса, равная концентрации субстрата, при которой скорость реакции составляет половину от максимальной;

$S$  — концентрация субстрата.

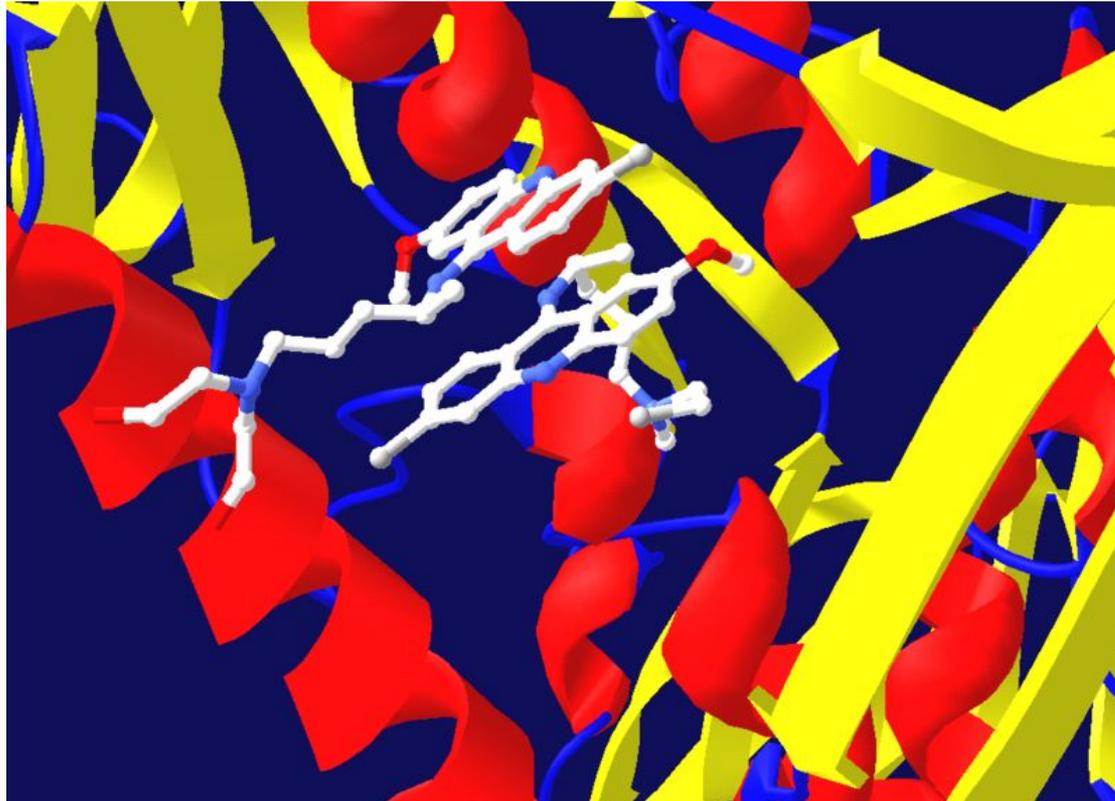
# ГРАФИЧЕСКОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ УРАВНЕНИЯ МИХАЭЛИСА–МЕНТЕН



При низких  $[S]$  – реакция I порядка;  $V=k[S]$   
При высоких  $[S]$  – реакция 0 порядка;  $V=k[E]$

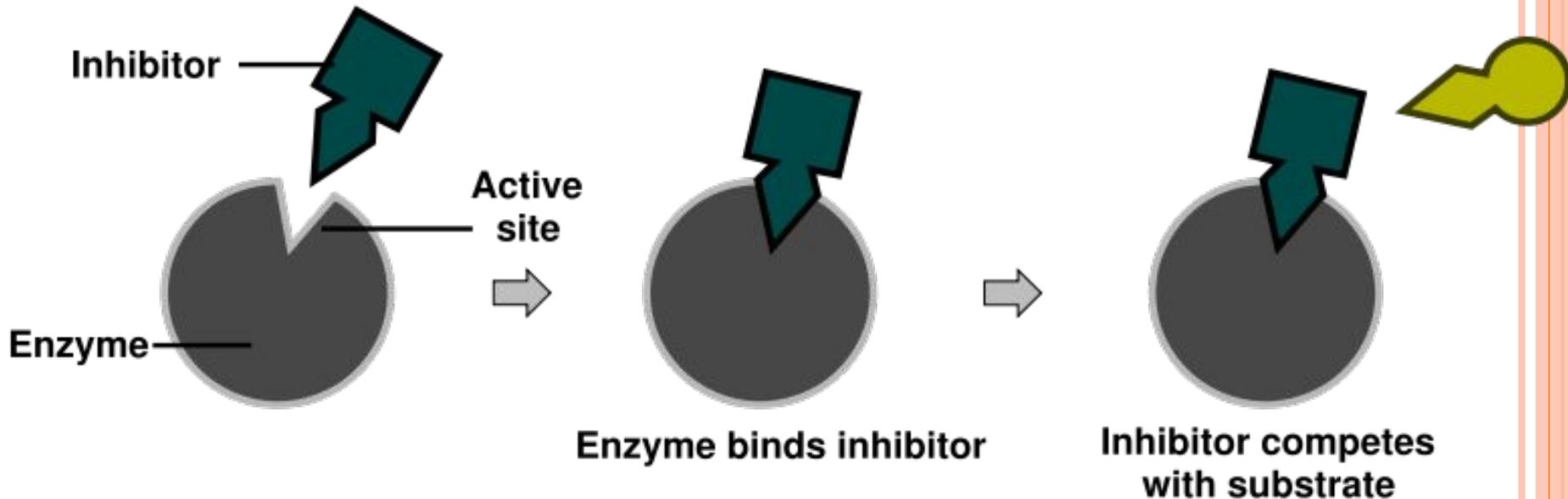
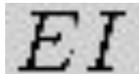
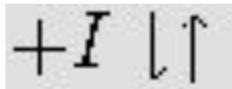
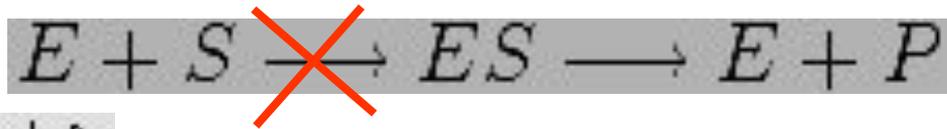
**Ингибитор** (лат. *inhibere* — задерживать) — вещество, замедляющее или предотвращающее течение различных химических реакций.

**Ферментативный ингибитор** — вещество, замедляющее протекание ферментативной реакции.

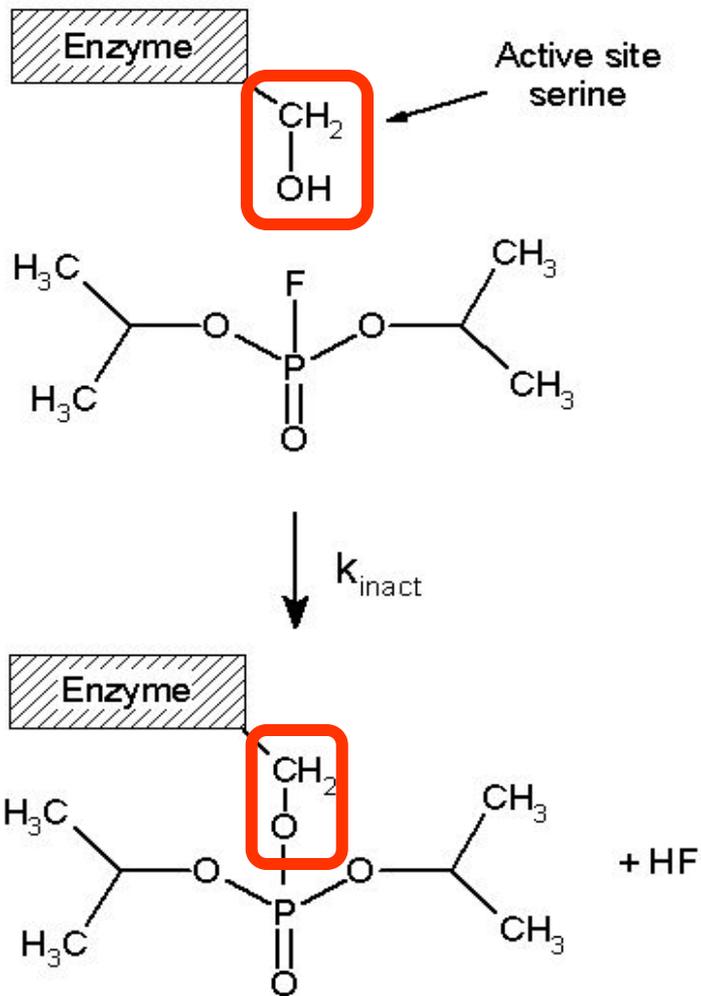


# КОНКУРЕНТНОЕ ИНГИБИРОВАНИЕ

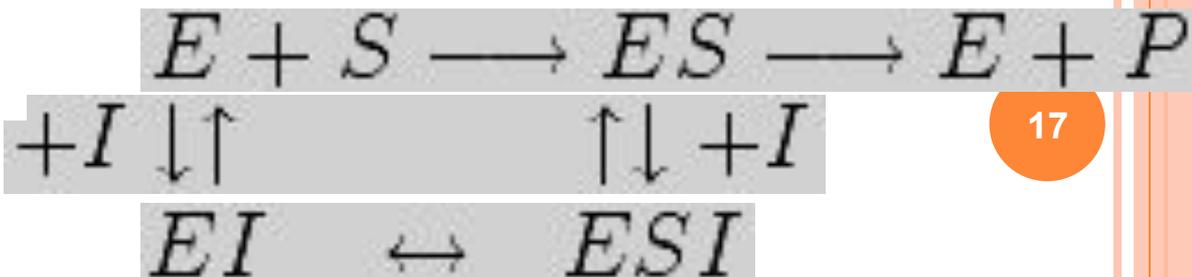
Ингибитор конкурирует с субстратом за активный центр фермента. В результате не образуется ES – комплекс и продукты реакции.

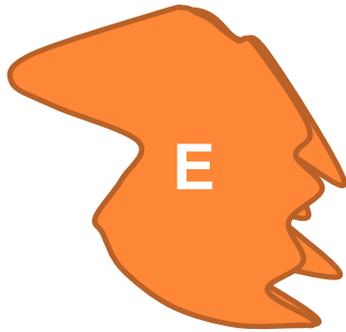
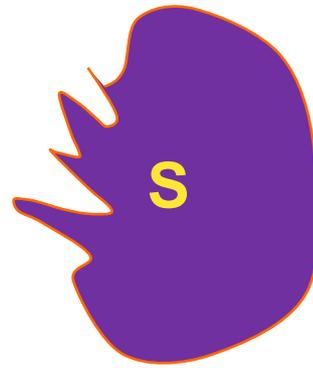


# НЕКОНКУРЕНТНОЕ ИНГИБИРОВАНИЕ



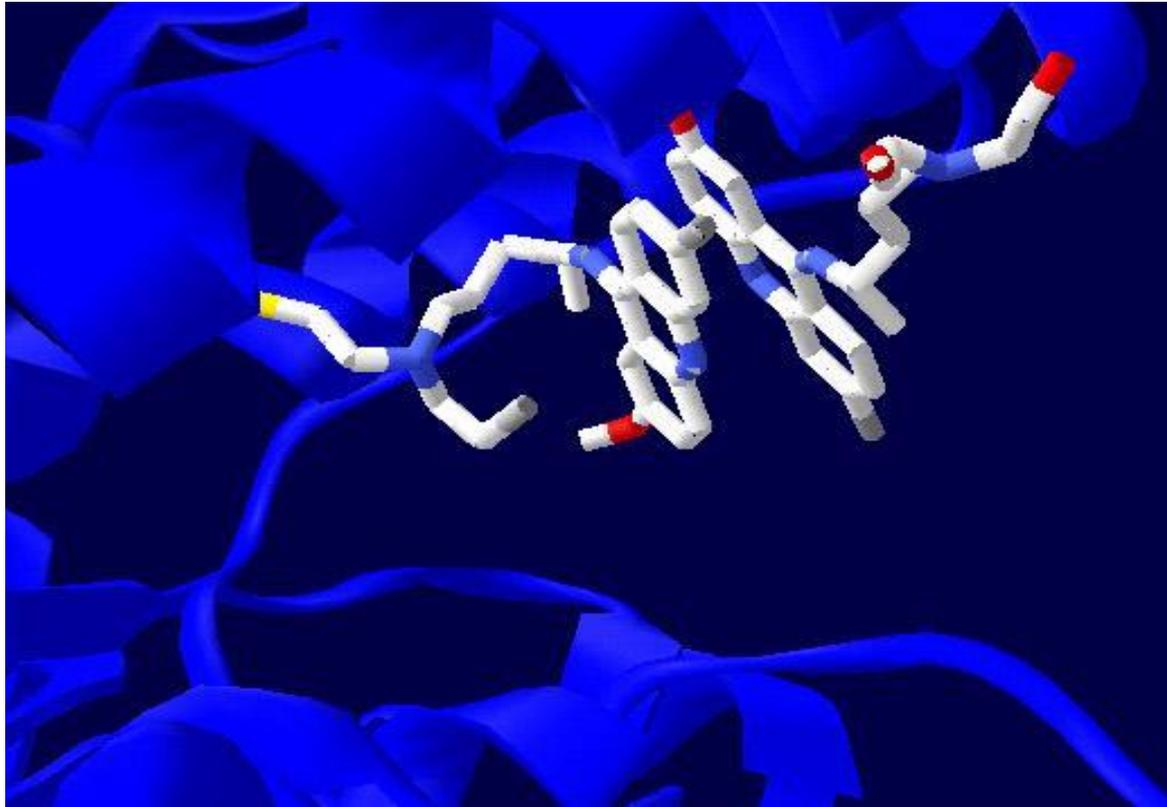
Ингибитор не мешает связыванию субстрата с ферментом. Он способен присоединяться как к свободному ферменту, так и к фермент-субстратному комплексу с одинаковой эффективностью. Ингибитор вызывает такие конформационные изменения, которые не позволяют ферменту превращать субстрат в продукт, но не влияют на сродство фермента к субстрату.





# НЕОБРАТИМОЕ ИНГИБИРОВАНИЕ – ...

... формирование стабильного комплекса ингибитора с ферментом, ведущее к его необратимой инактивации.



Структура активного центра трипантионредуктазы с двумя молекулами ингибиторов, один из которых связан необратимо, а другой обратимо. Фермент показан синим цветом.

**Спасибо за  
внимание!**