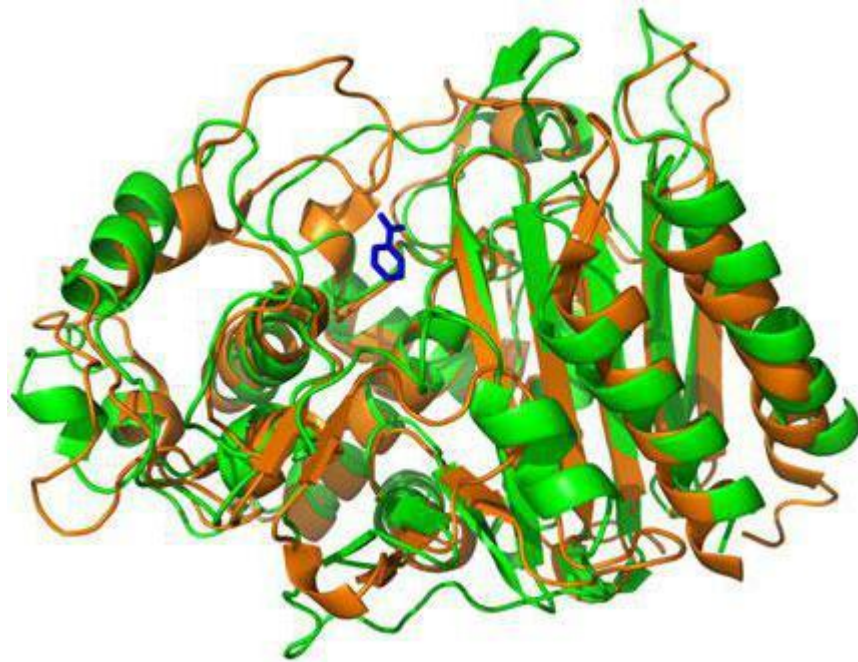


# Биохимия белков и ферментов



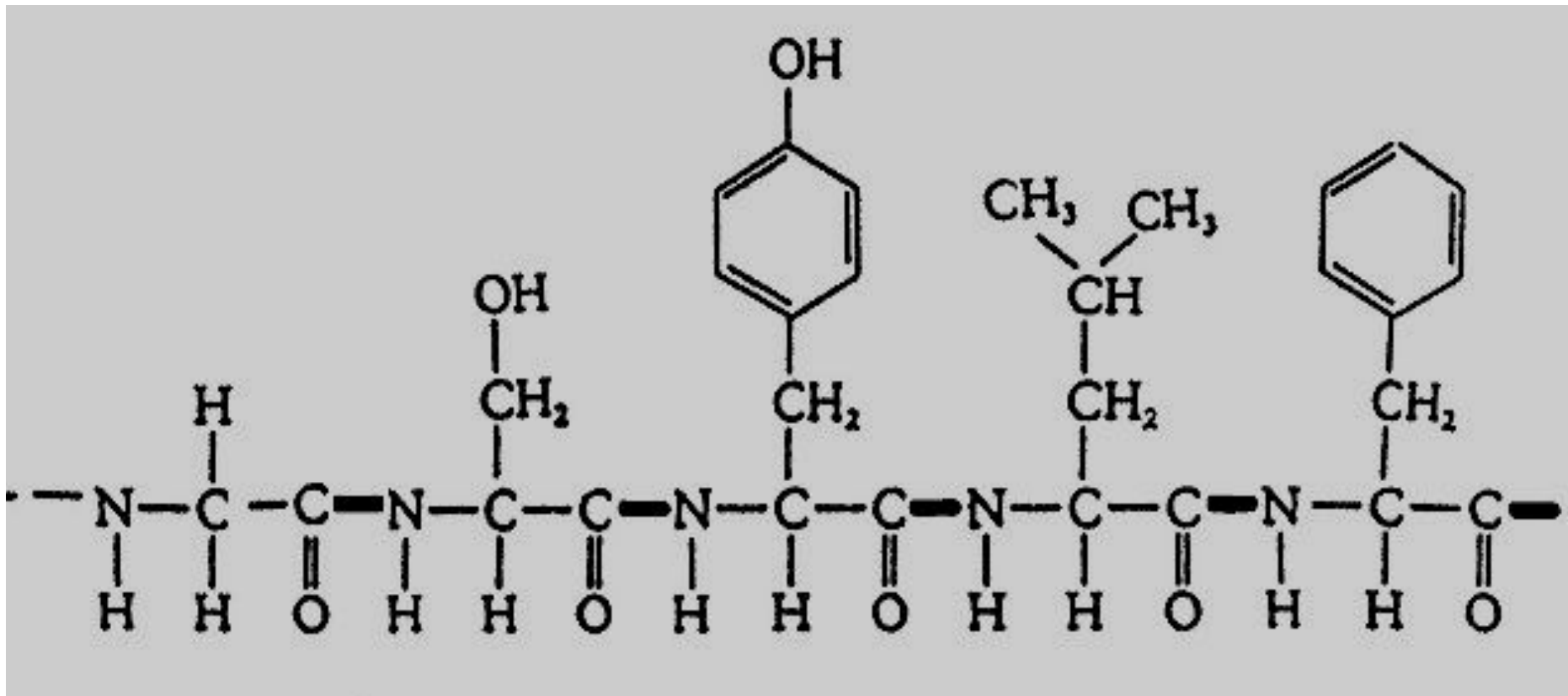
# Структурные единицы белков – аминокислоты

## Классификация

### аминокислот

1. **Неполярные (гидрофобные)**
2. **Полярные (гидрофильные)**
3. **Ароматические**
4. **(главным образом неполярные)**
5. **Отрицательно заряженные**
6. **Положительно заряженные**

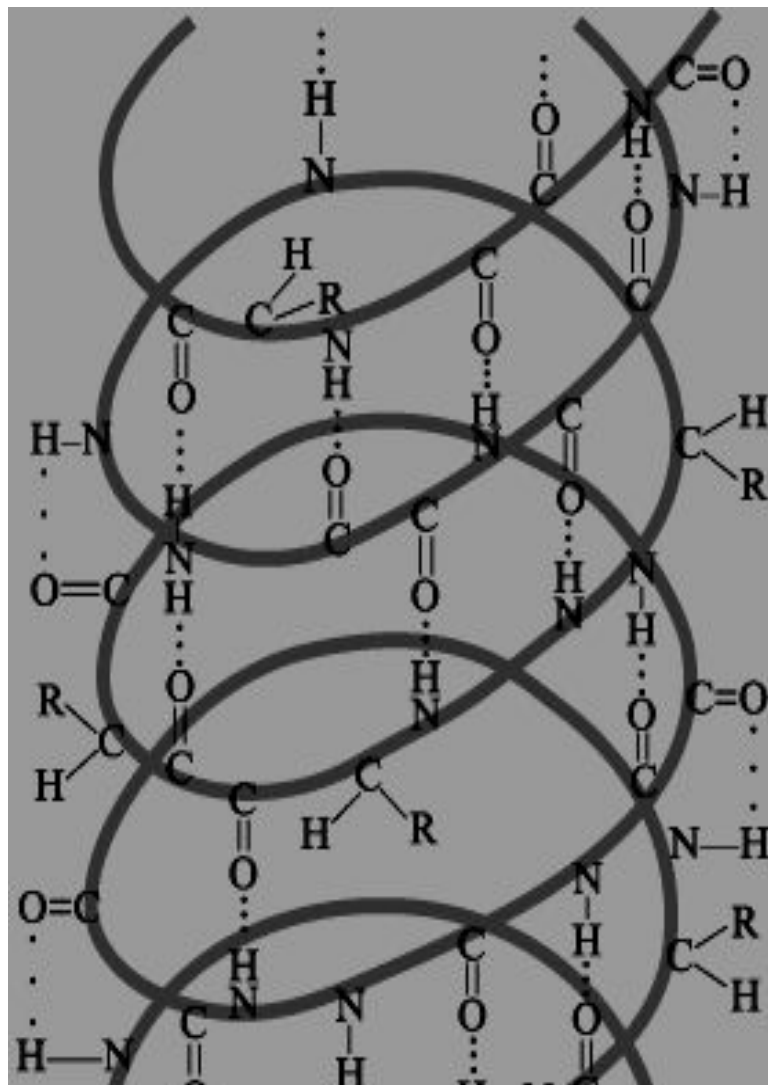
# Первичная структура белка



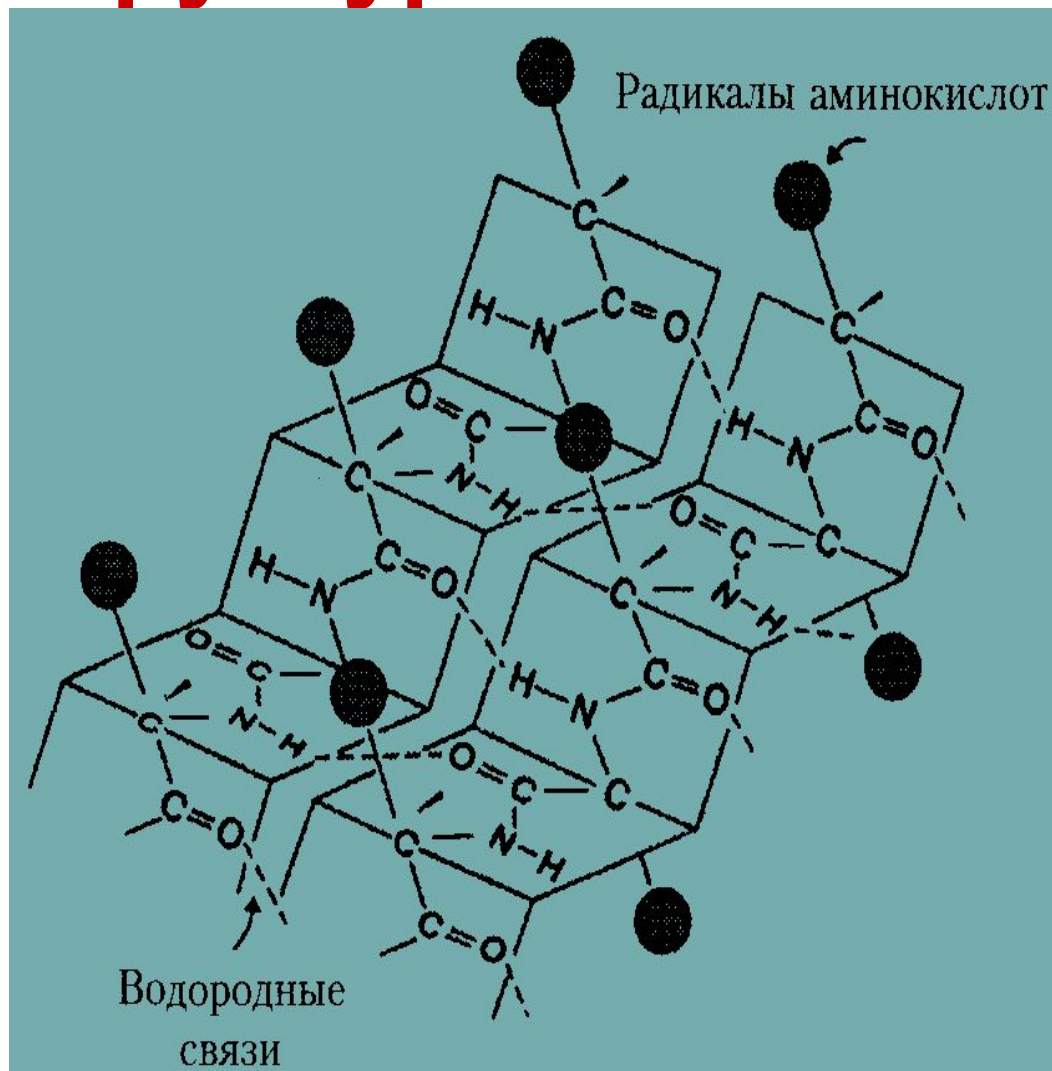
# Установление первичной структуры

| Гидролизующее вещество | Остатки аминокислот |
|------------------------|---------------------|
| Цианогенбромид (CNBr)  | мет                 |
| Гидроксиламин          | между асп и гли     |
| N-бромсукцинамид       | три                 |
| Пепсин                 | фен, тир, глу       |
| Трипсин                | арг, лиз            |
| Химотрипсин            | три, тир, фен       |

# Вторичная структура белка

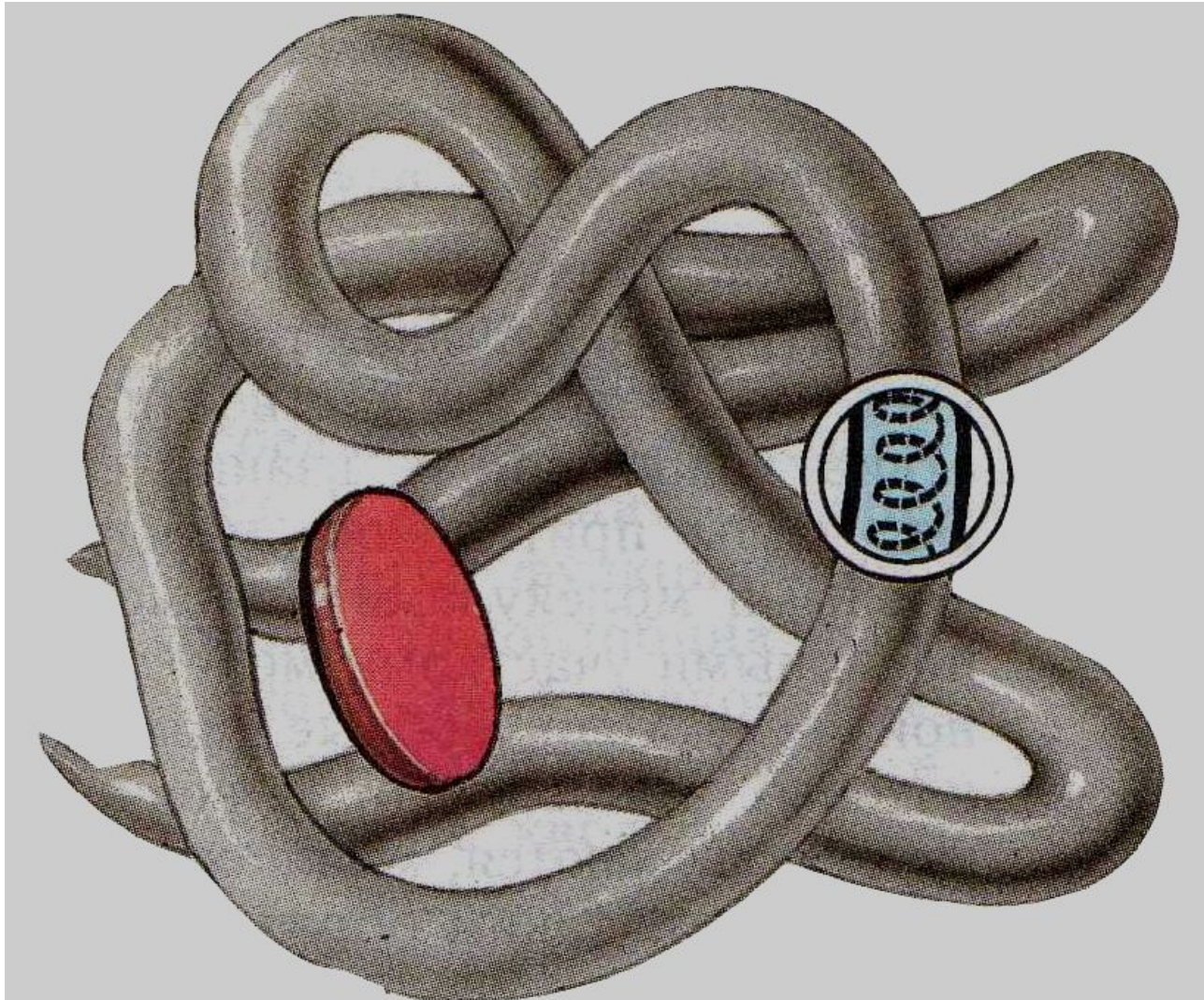


**α-спираль**



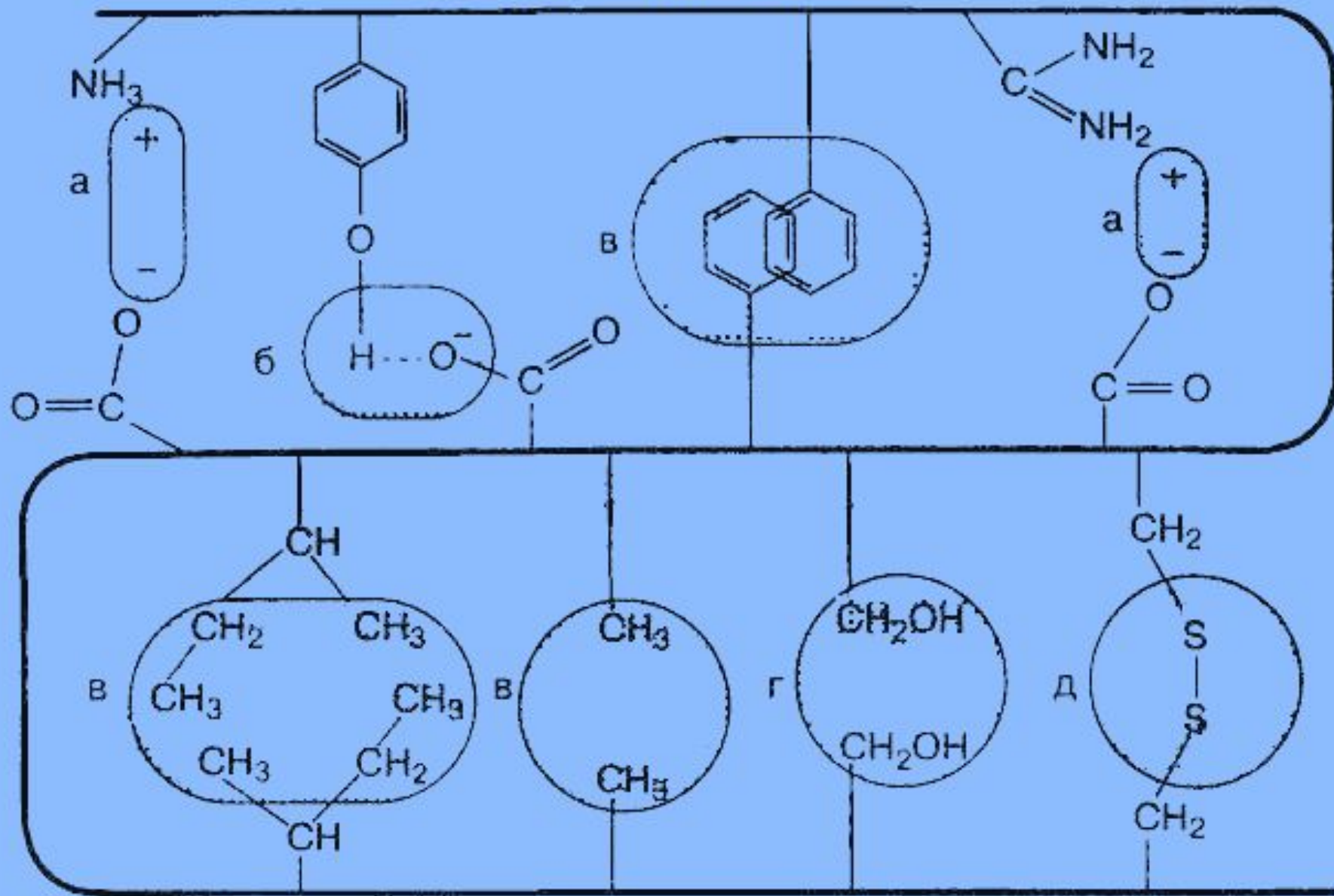
**β-складчатый слой**

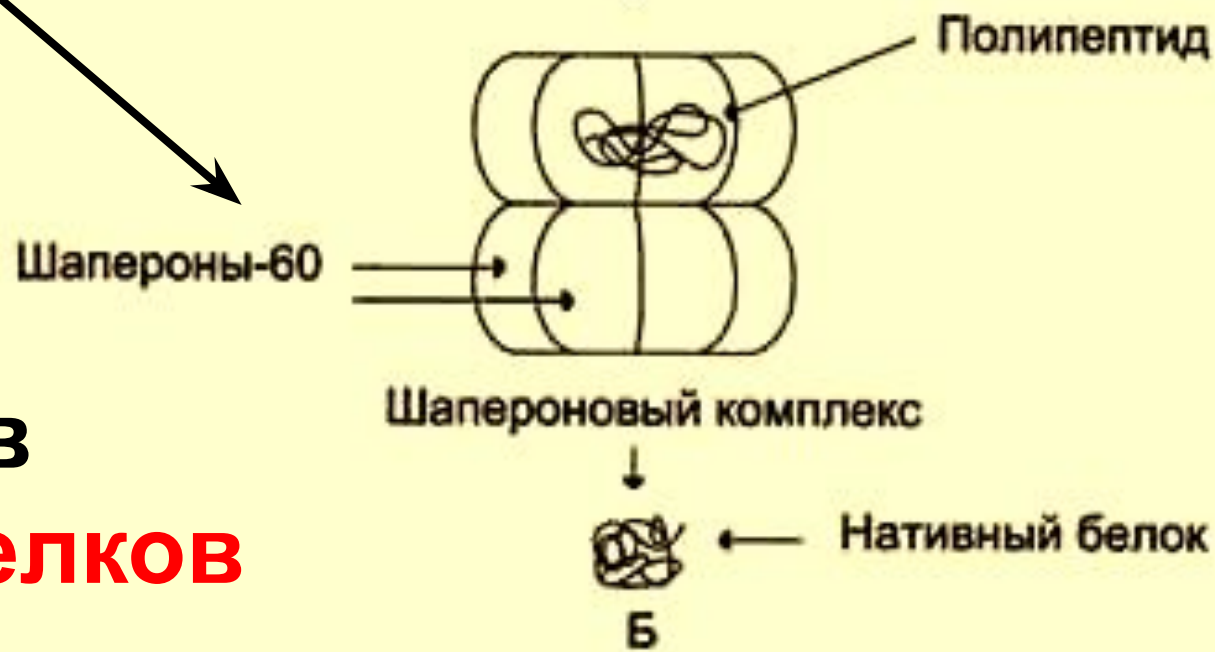
# Третичная структура белка



# Типы связей

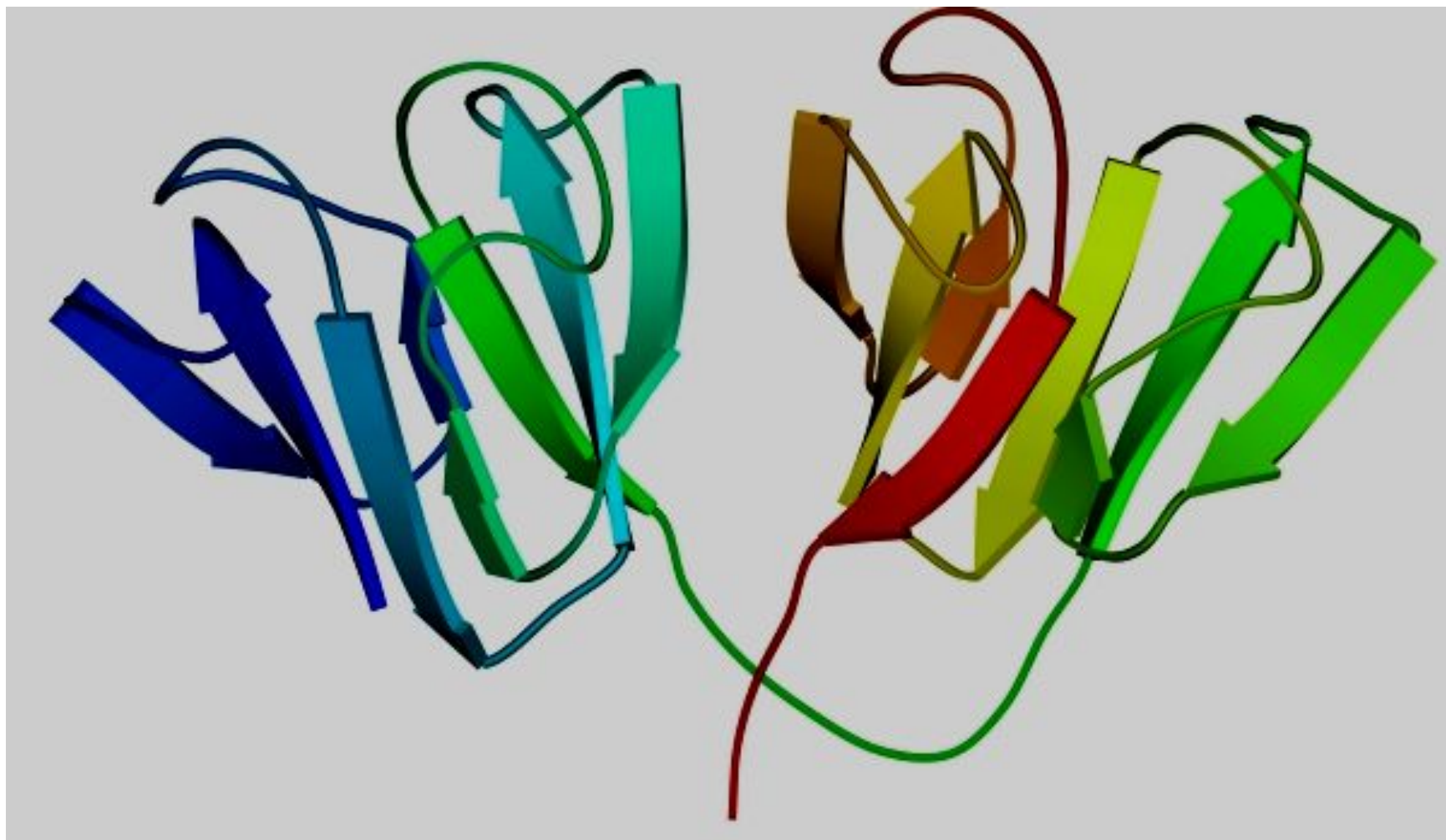
Полипептидная цепь





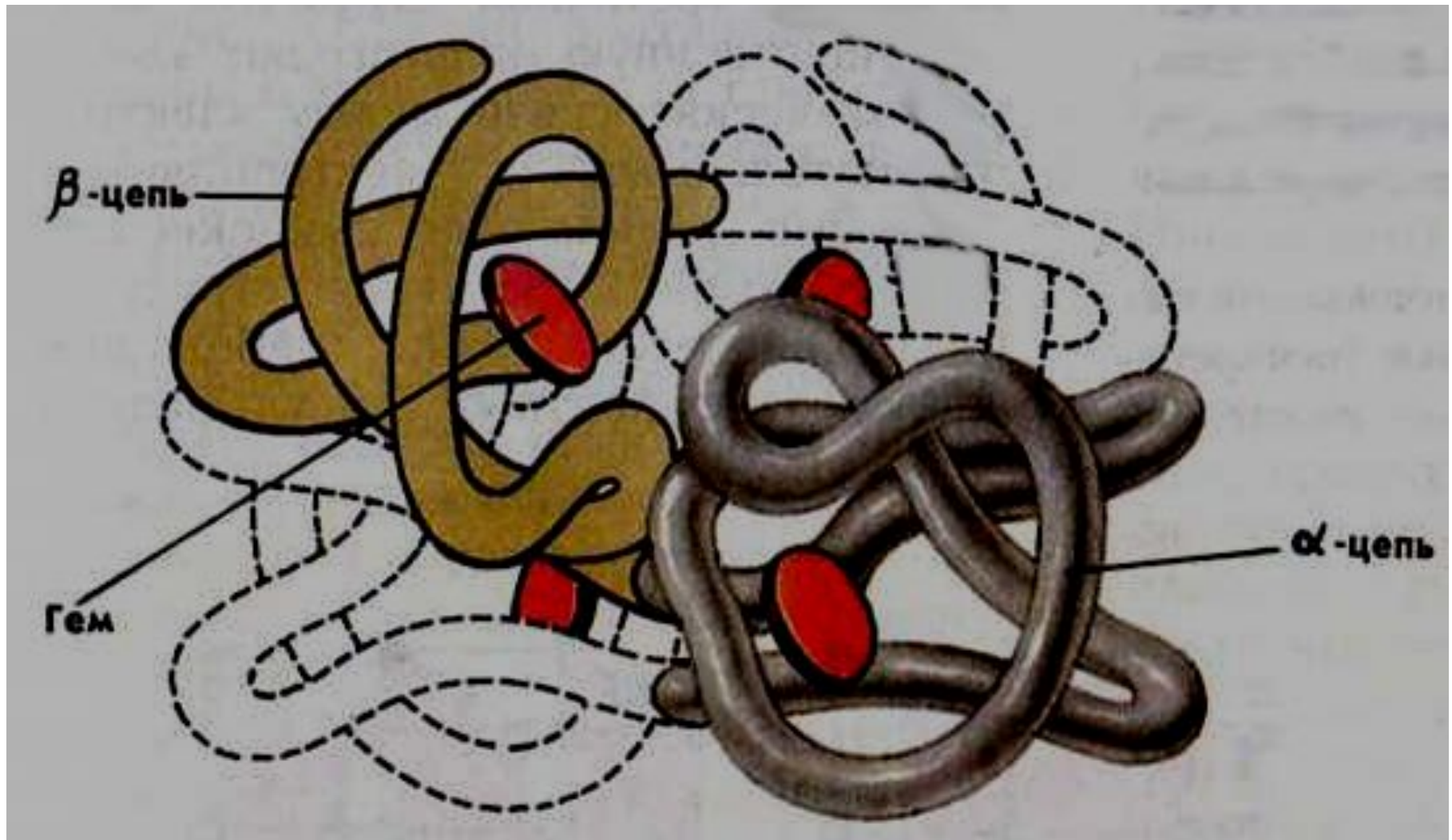
**Участие шаперонов в фолдинге белков**



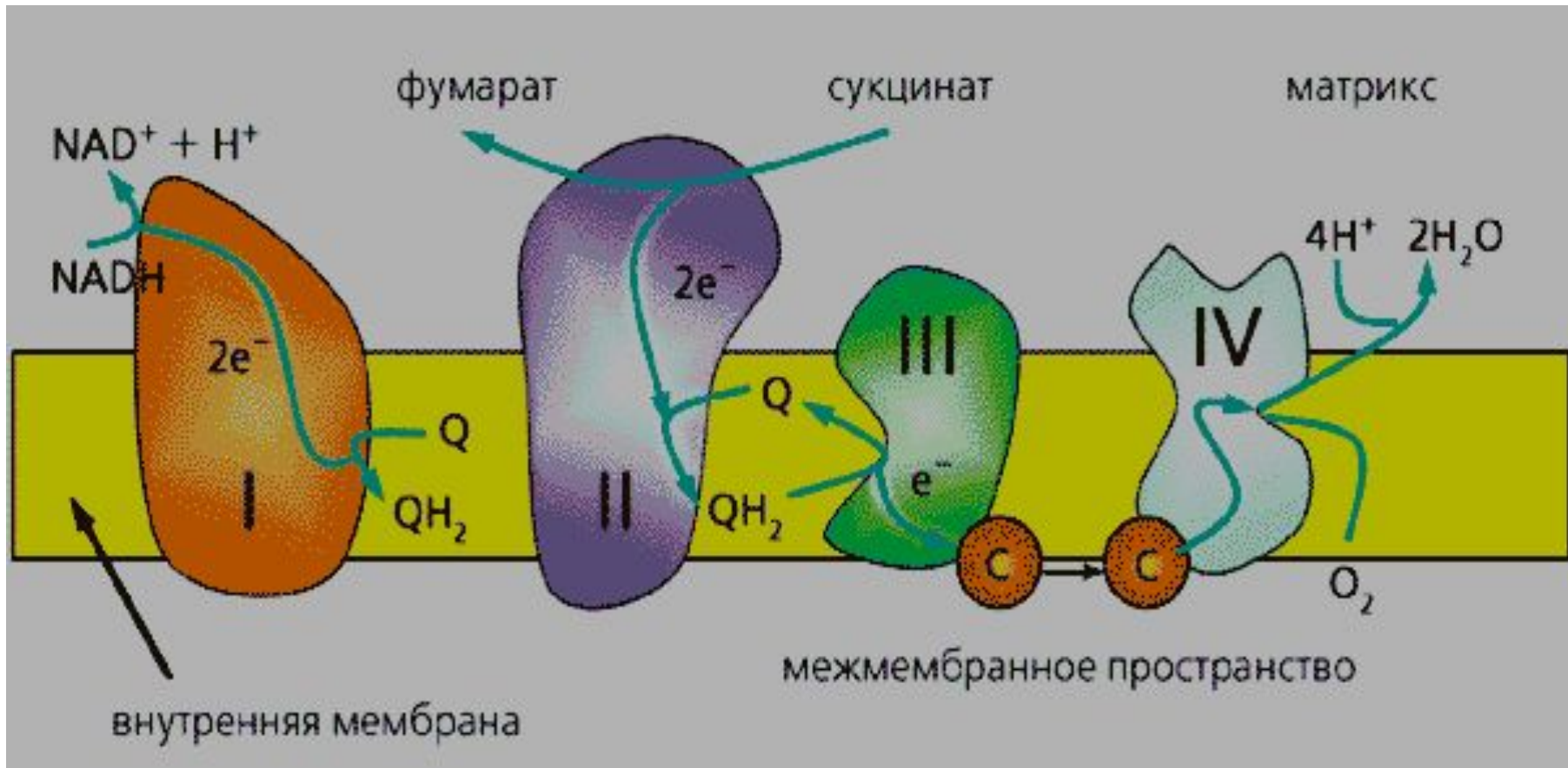


**Глобулярные **ДОМЕНЫ** в  $\gamma$ -  
кристаллине (белке хрусталика  
глаза)**

# Четвертичная структура гемоглобина



# Пятый уровень структурной организации - метаболон



**I, II, III и IV – комплексы  
дыхательной цепи митохондрий**

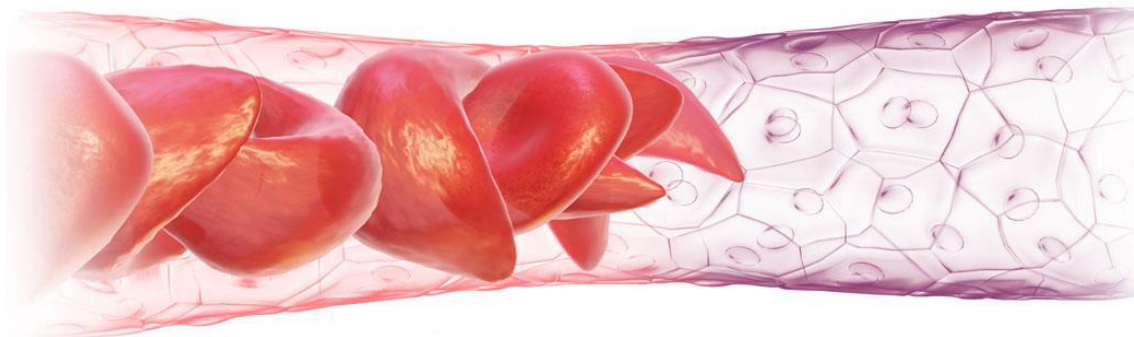
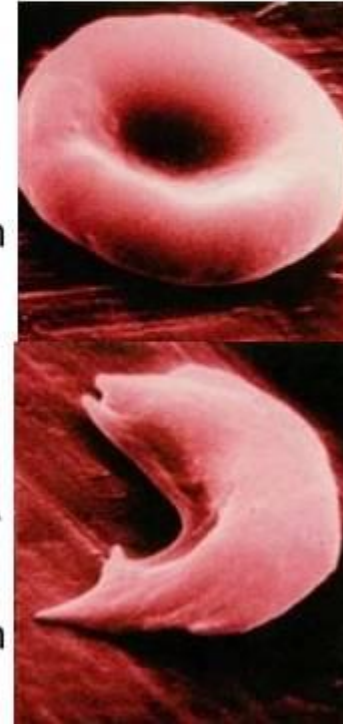
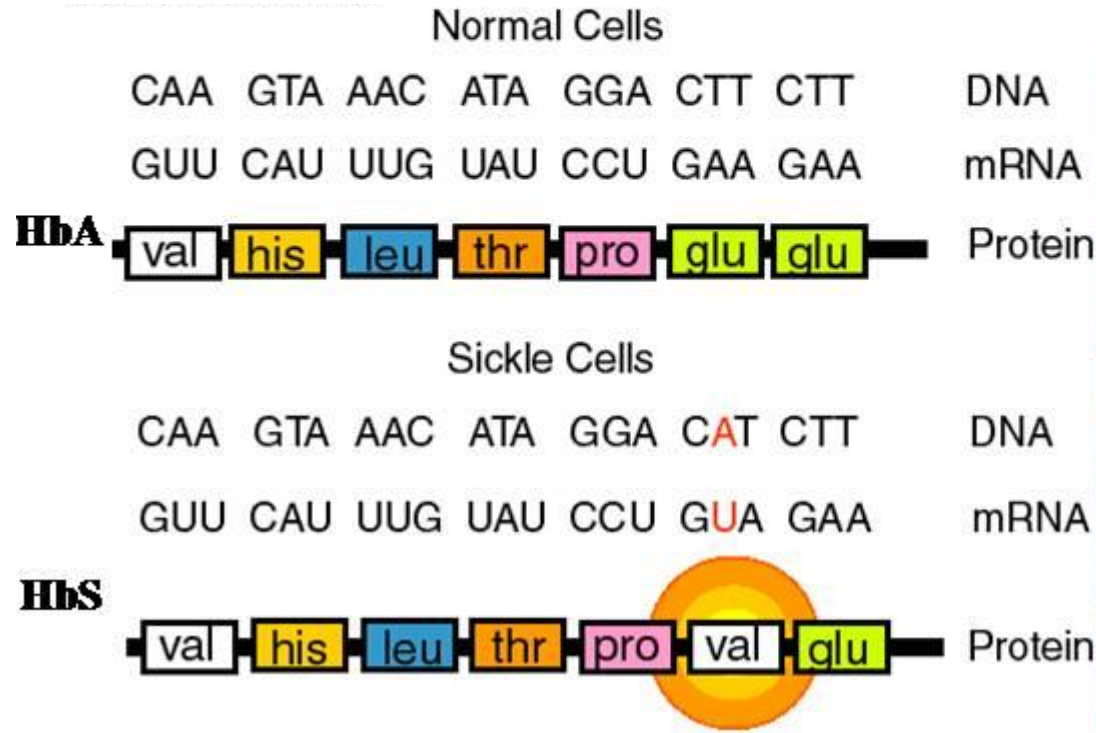
# Классификация белков

| Простые   | Сложные         |
|-----------|-----------------|
| Альбумины | Хромопротеины   |
| Глобулины | Гликопротеины   |
| Гистоны   | Липопротеины    |
| Протамины | Фосфопротеины   |
| Глютелины | Нуклеопротеины  |
| Проламины | Металлопротеины |

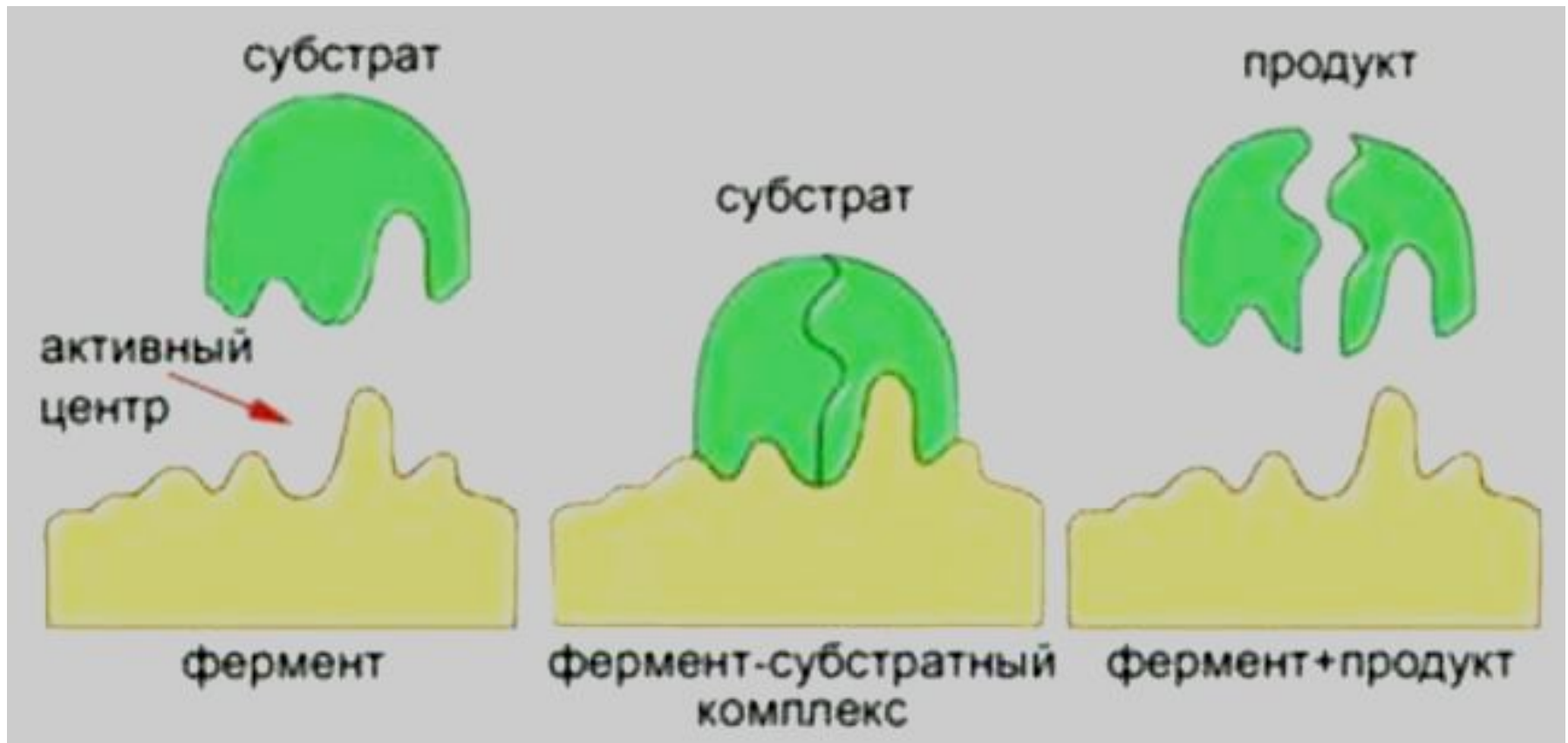
# Аномальные гемоглобины

| Тип гемоглобина | Состав            | Норма            | Замена |
|-----------------|-------------------|------------------|--------|
| S               | $\alpha_2\beta_2$ | Глу 6 в $\beta$  | Вал    |
| C               | $\alpha_2\beta_2$ | Глу 6 в $\beta$  | Лиз    |
| D               | $\alpha_2\beta_2$ | Лей 28 в $\beta$ | Глу    |
| H               | $\beta_4$         |                  |        |

# Серповидно-клеточная анемия



# Ферменты – биологические катализаторы



# **Классификация ферментов**

- 1. Оксидоредуктазы**
- 2. Трансферазы**
- 3. Гидролазы**
- 4. Лиазы**
- 5. Изомеразы**
- 6. Лигазы**



# Сложные ферменты

*кофермент связывающий*

*домен*

*неактивный фермент*

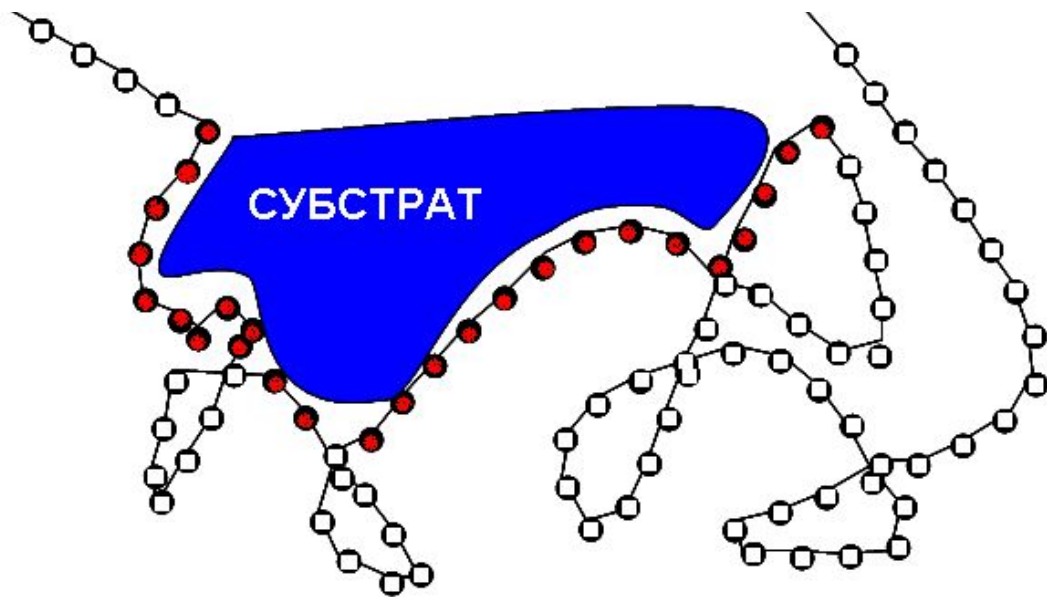
*ВИТАМИН*

*активный фермент*



| <b>Кофермент</b>          | <b>Биохимическая функция</b>              | <b>Витамин-предшественник</b>             |
|---------------------------|---|---|
| <b>Кофермент А</b>        | <b>Активация и перенос ацильных групп</b> | <b>Пантотеновая кислота</b>               |
| <b>Пиридоксаль-фосфат</b> | <b>Перенос аминогрупп</b>                 | <b>Пиридоксин - витамин В<sub>6</sub></b> |
| <b>НАД</b>                | <b>Перенос водорода (электронов)</b>      | <b>Никотинамид - витамин РР</b>           |

# АКТИВНЫЙ ЦЕНТР ФЕРМЕНТО В



# Аллостерический фермент

Активный центр

Аллостерический центр



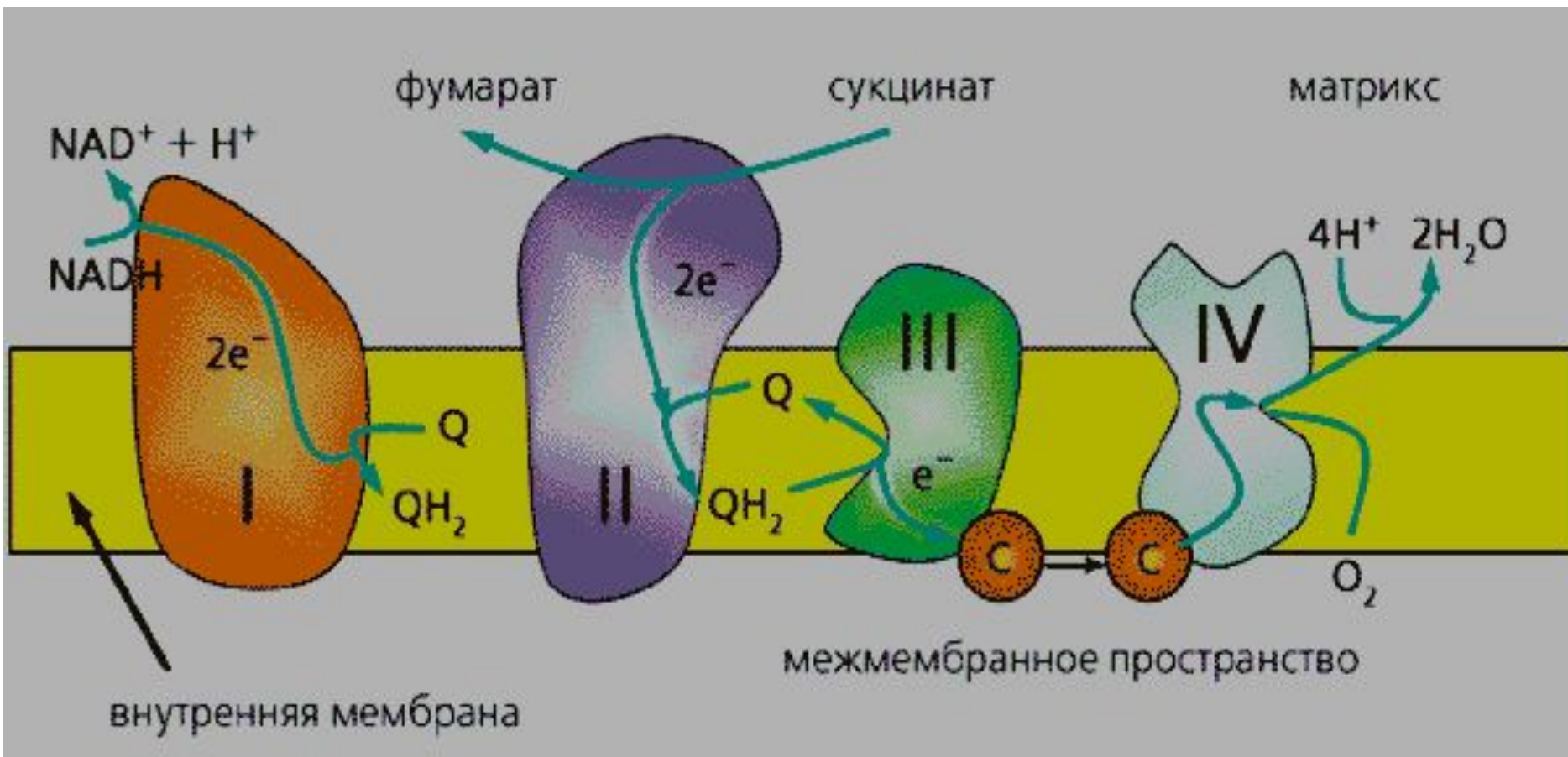
# Полифункциональный фермент



Киназный домен

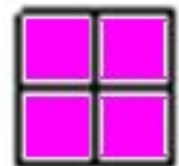
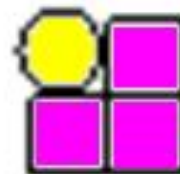
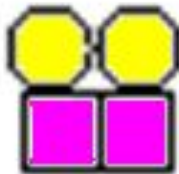
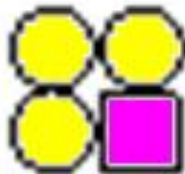
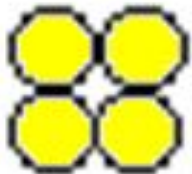
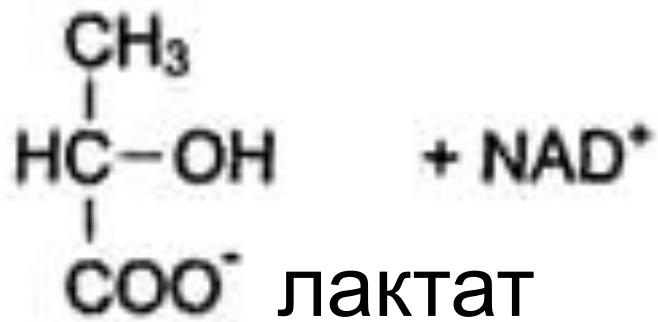
Фосфатазный домен

# МУЛЬТИМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ФЕРМЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ



## Дыхательная цепь митохондрий

# Изоферменты



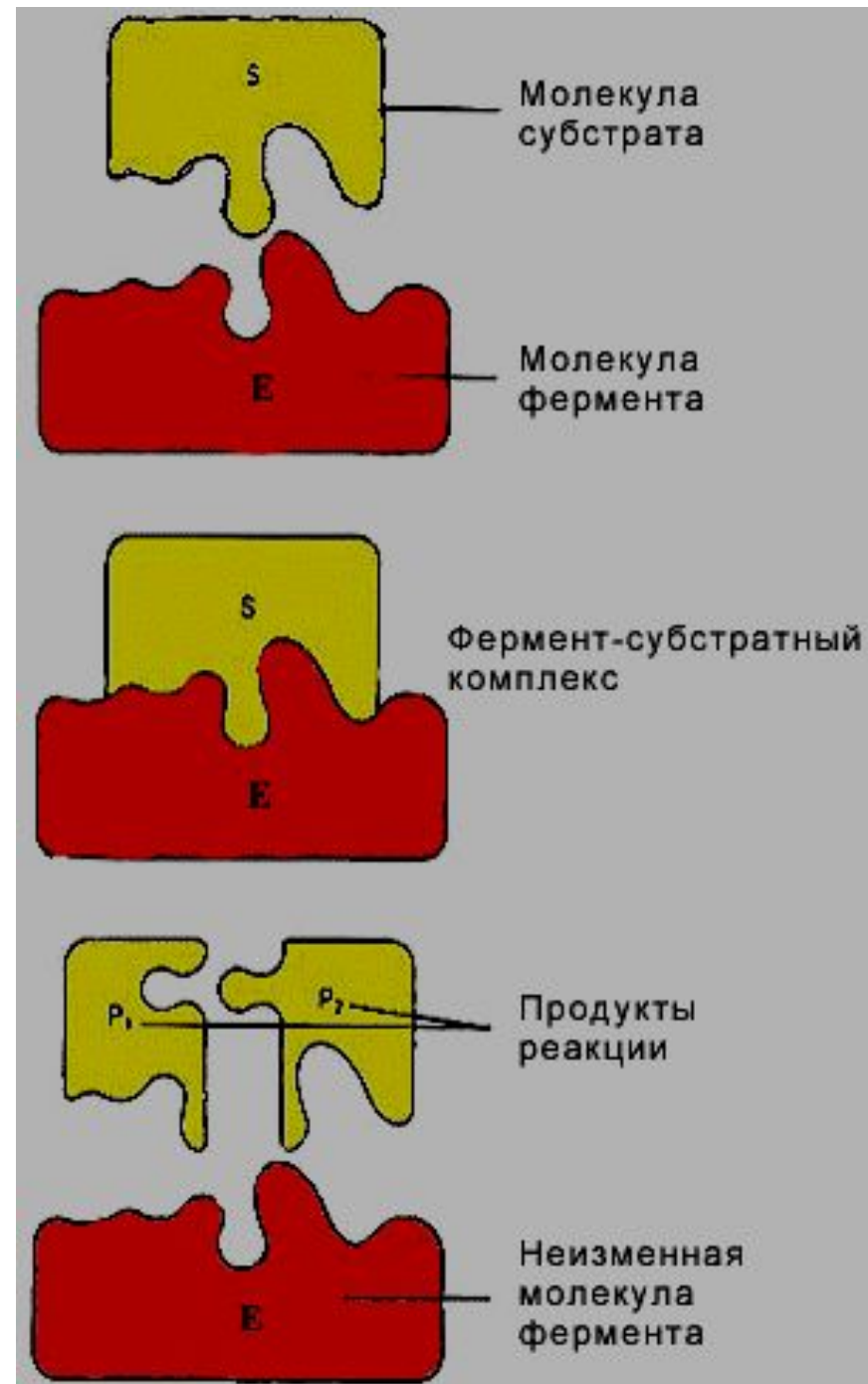
# Теории ферментативного катализа

Герман Эмиль Фишер (1852 – 1919)

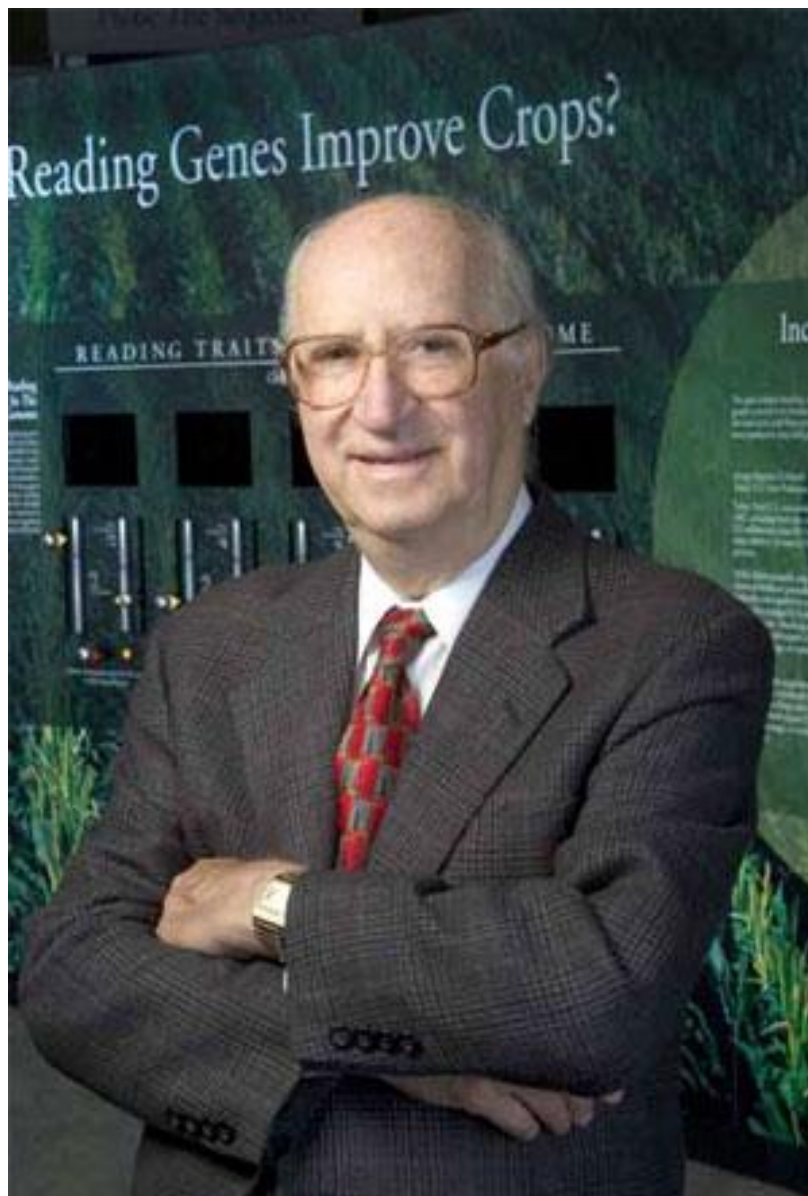




# Теория «КЛЮЧ - ЗАМОК» Фишера

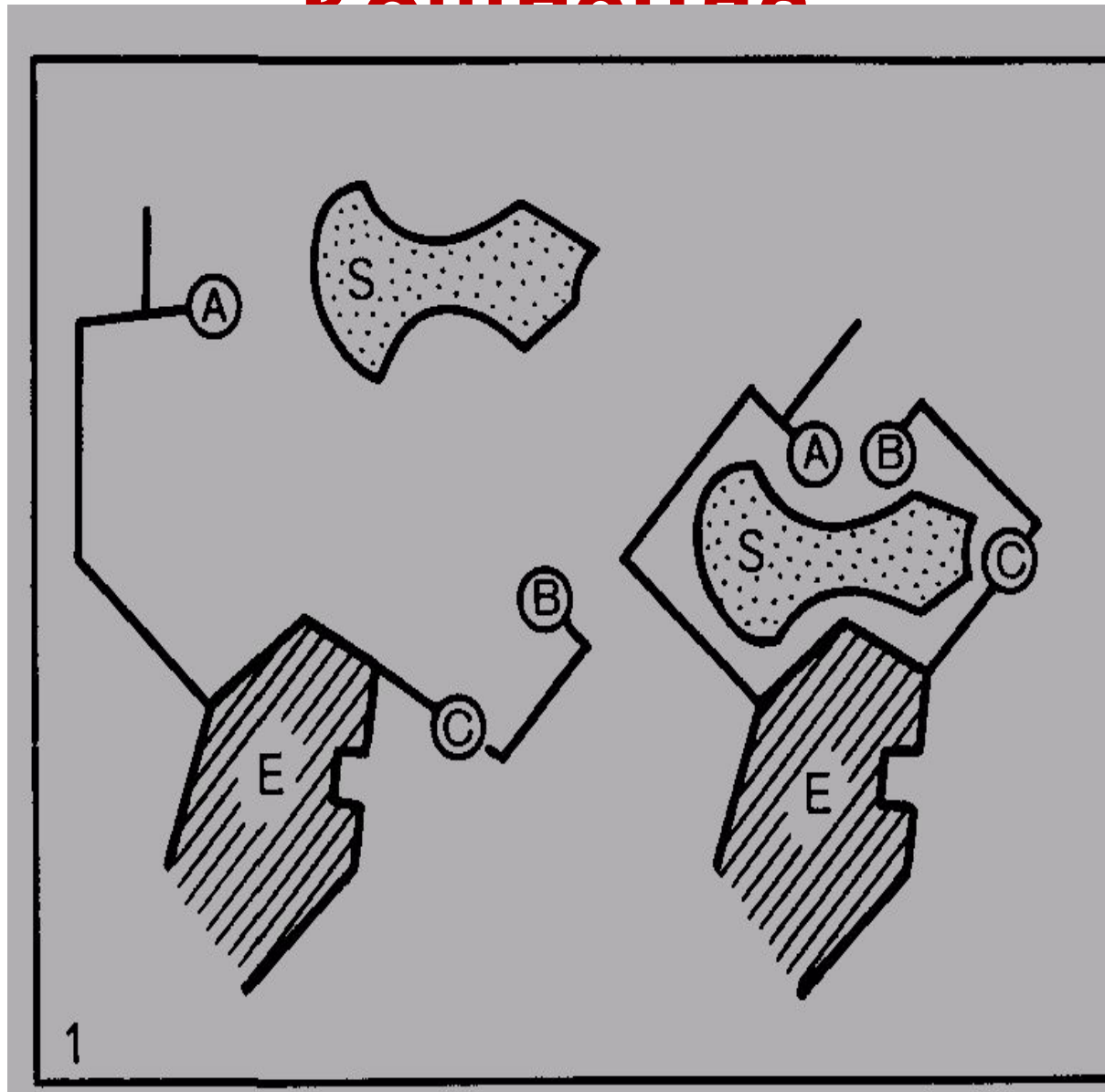


# Дэниел Кошланд (1920 – 2007)

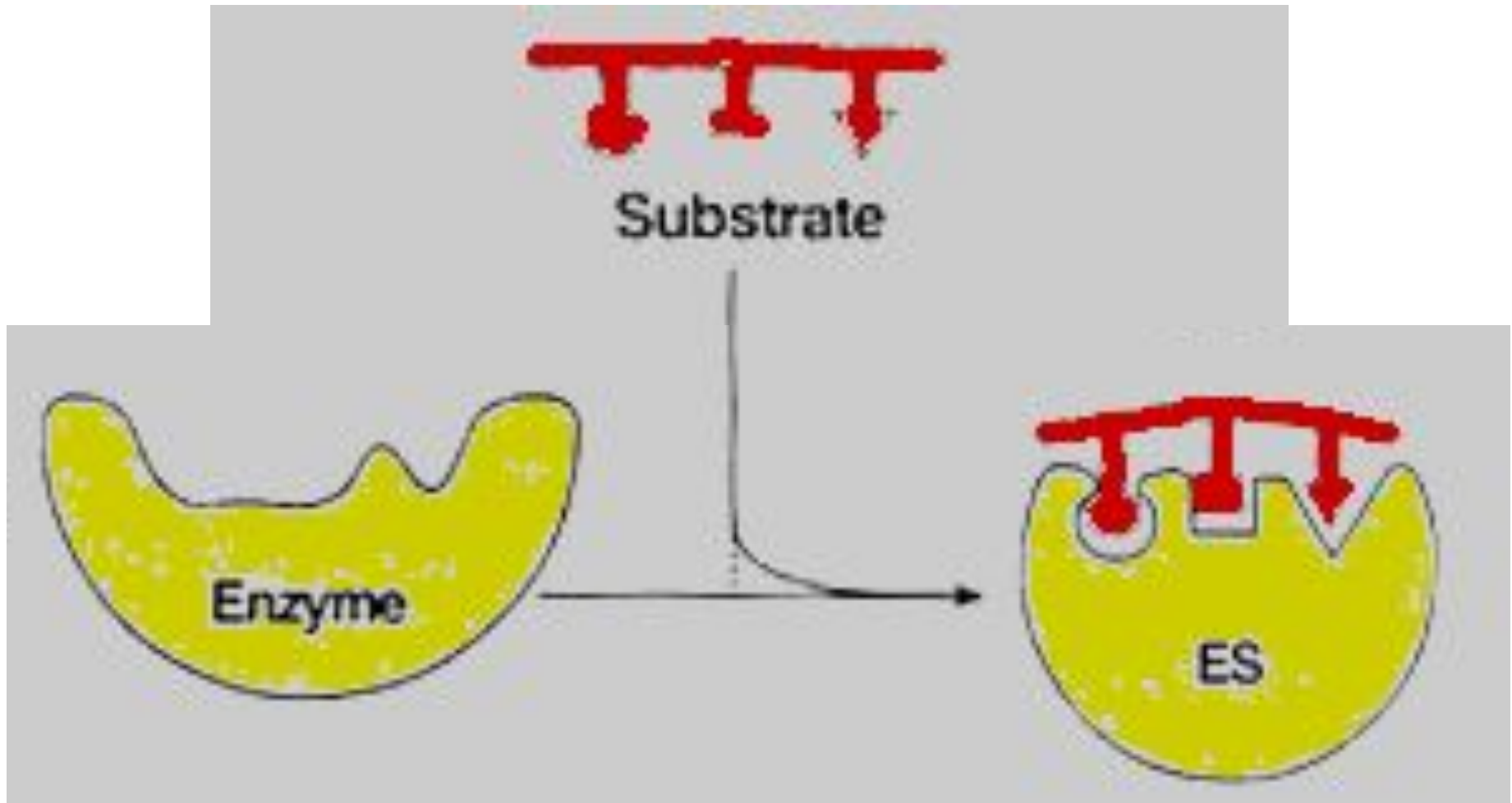


# Теория «перчатка - рука»

Космонавт



# Гипотеза топохимического соответствия



# Ферментативная КИНЕТИКА

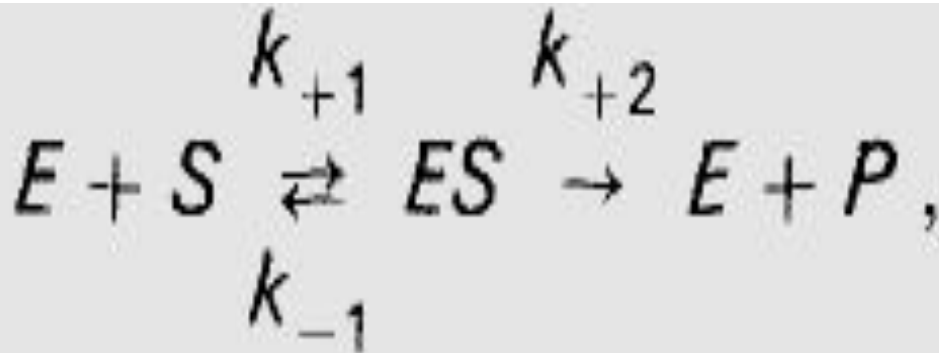


**МИХАЭЛИС**  
**Леонор**



**МЕНТЕН Мод**  
**Леонора**





**Уравнение  
Михаэлиса-Ментен**

**Уравнение  
Бриггса-Холдейна**

$$\mathcal{G} = \frac{\mathcal{G}_{\max} [S]}{K_m + [S]}$$

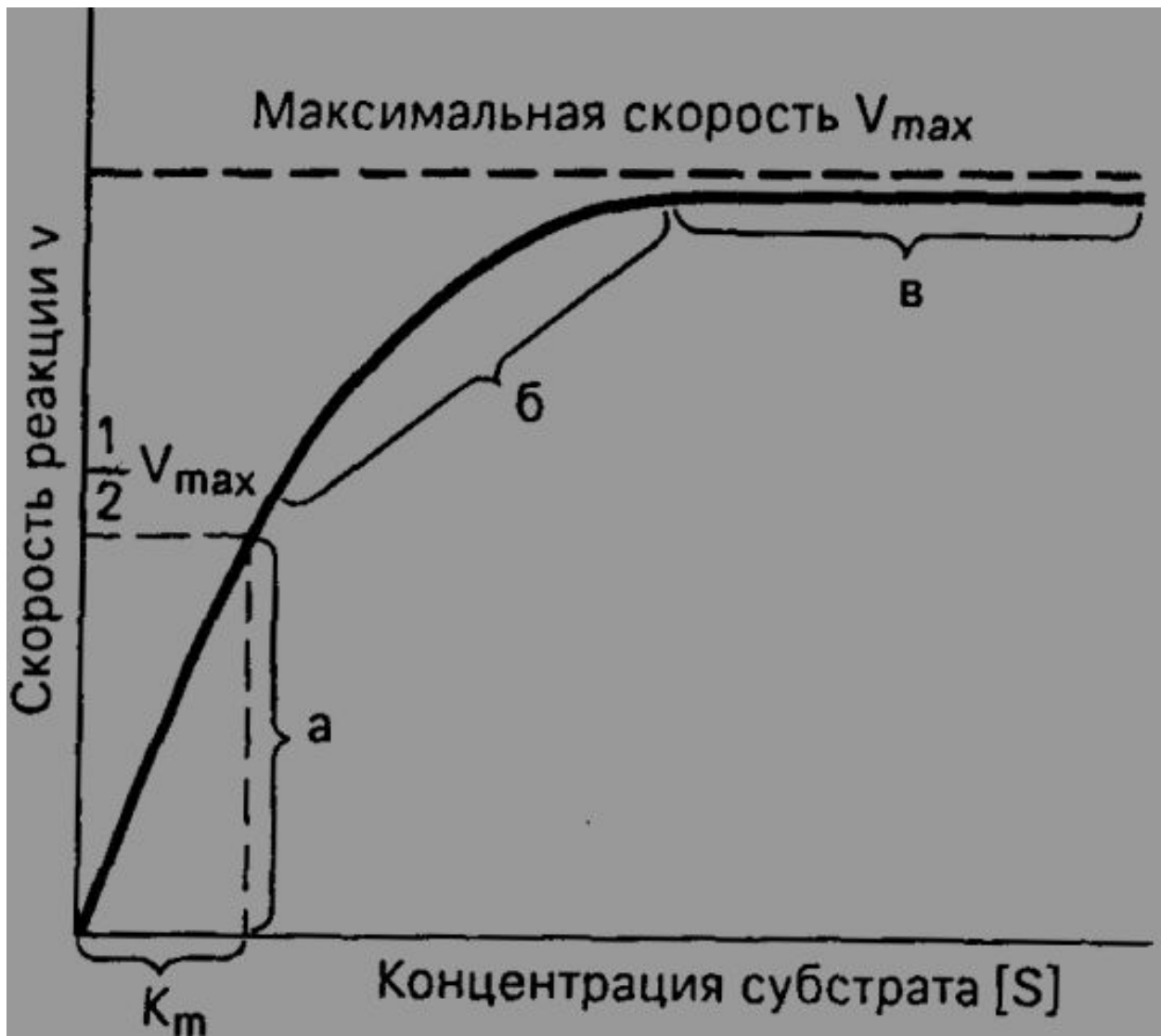
$$K_S = \frac{[E][S]}{[ES]} = \frac{k_{-1}}{k_{+1}}$$

$$\mathcal{G} = \frac{V_{\max} [S]}{K_S + [S]}$$

$$K_m = K_S + \frac{k_{+2}}{k_{+1}}$$

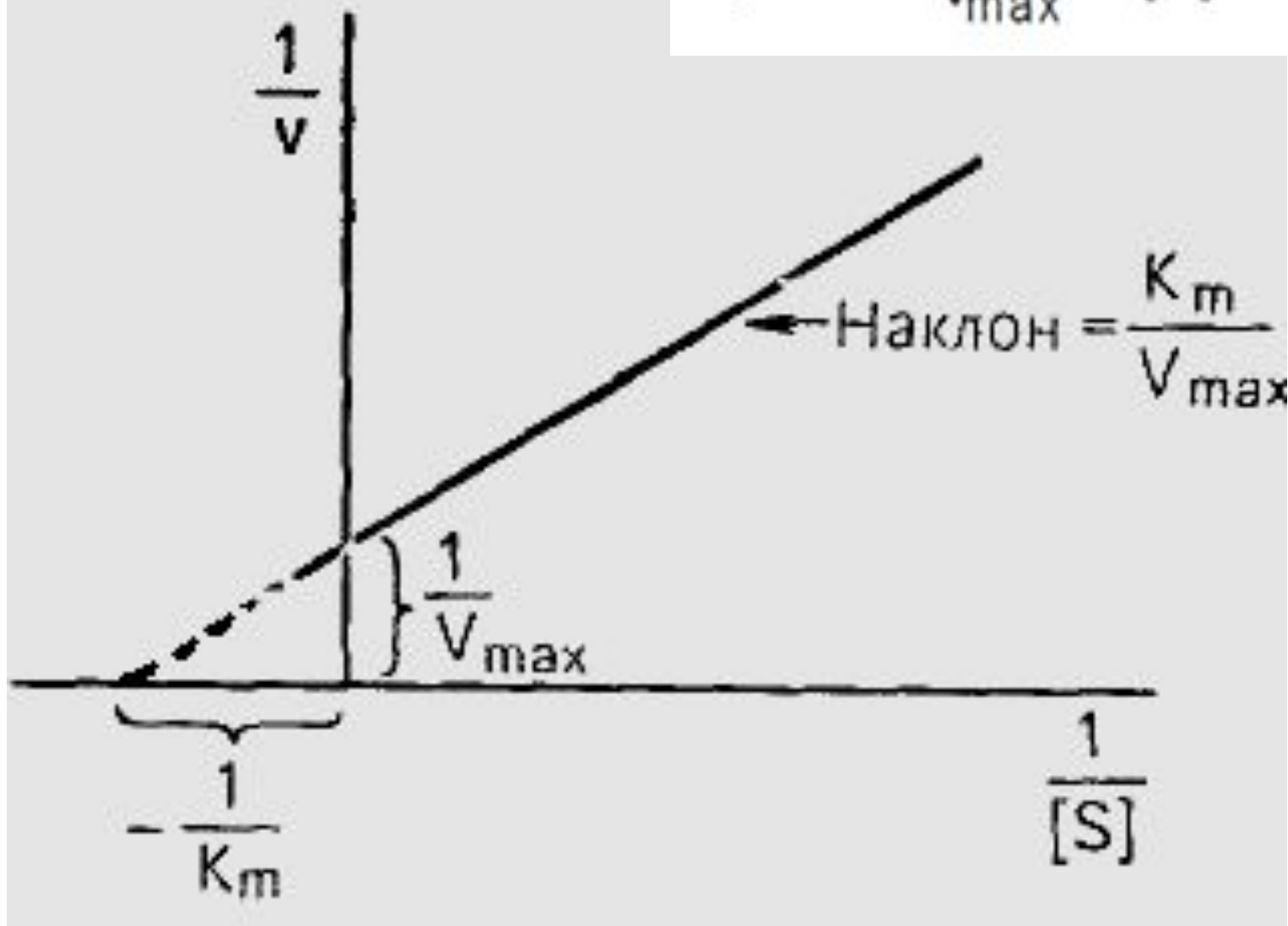


# Зависимость скорости ферментативной реакции от концентрации субстрата

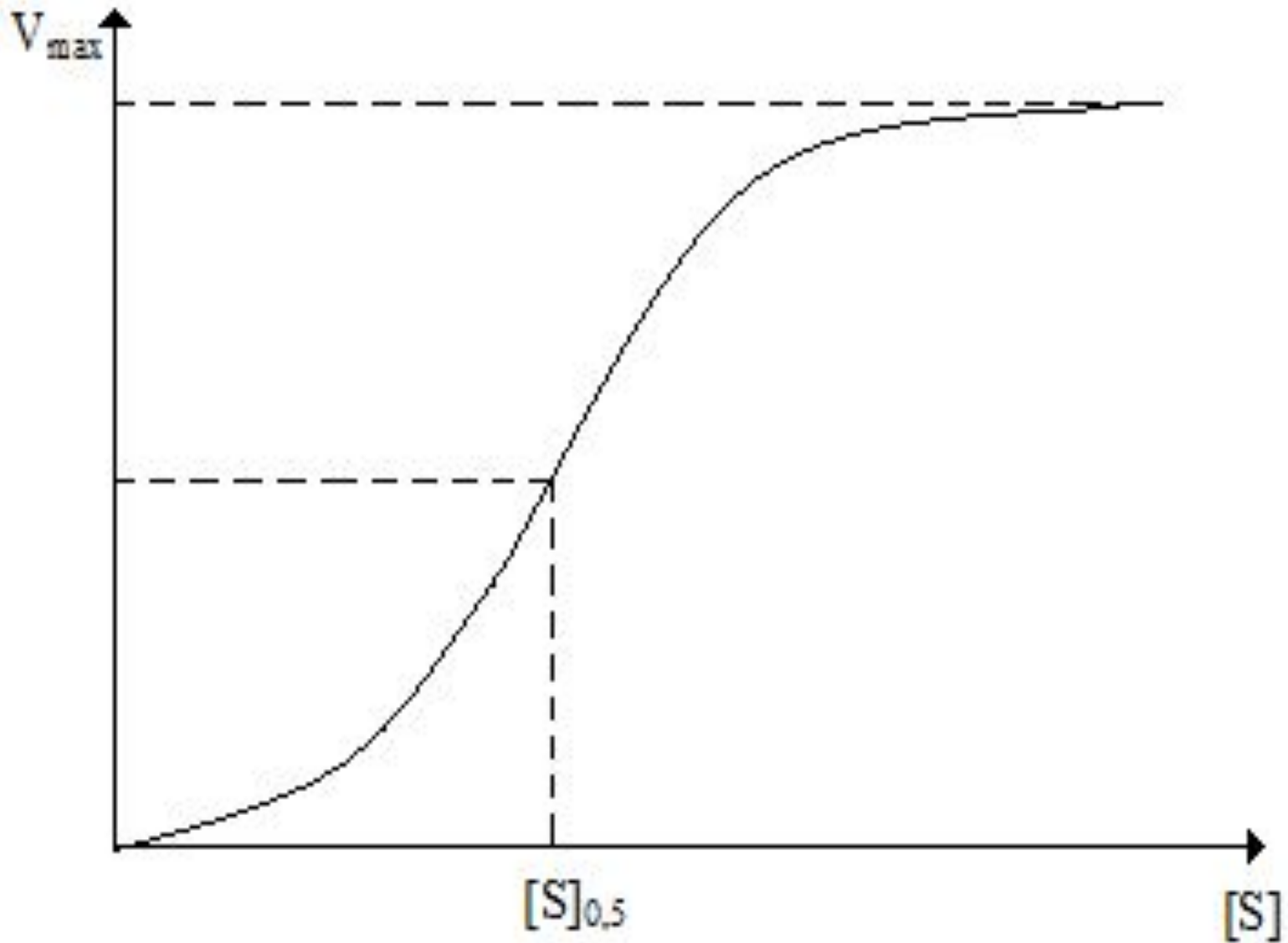


# Уравнение Лайнуивера-Берка

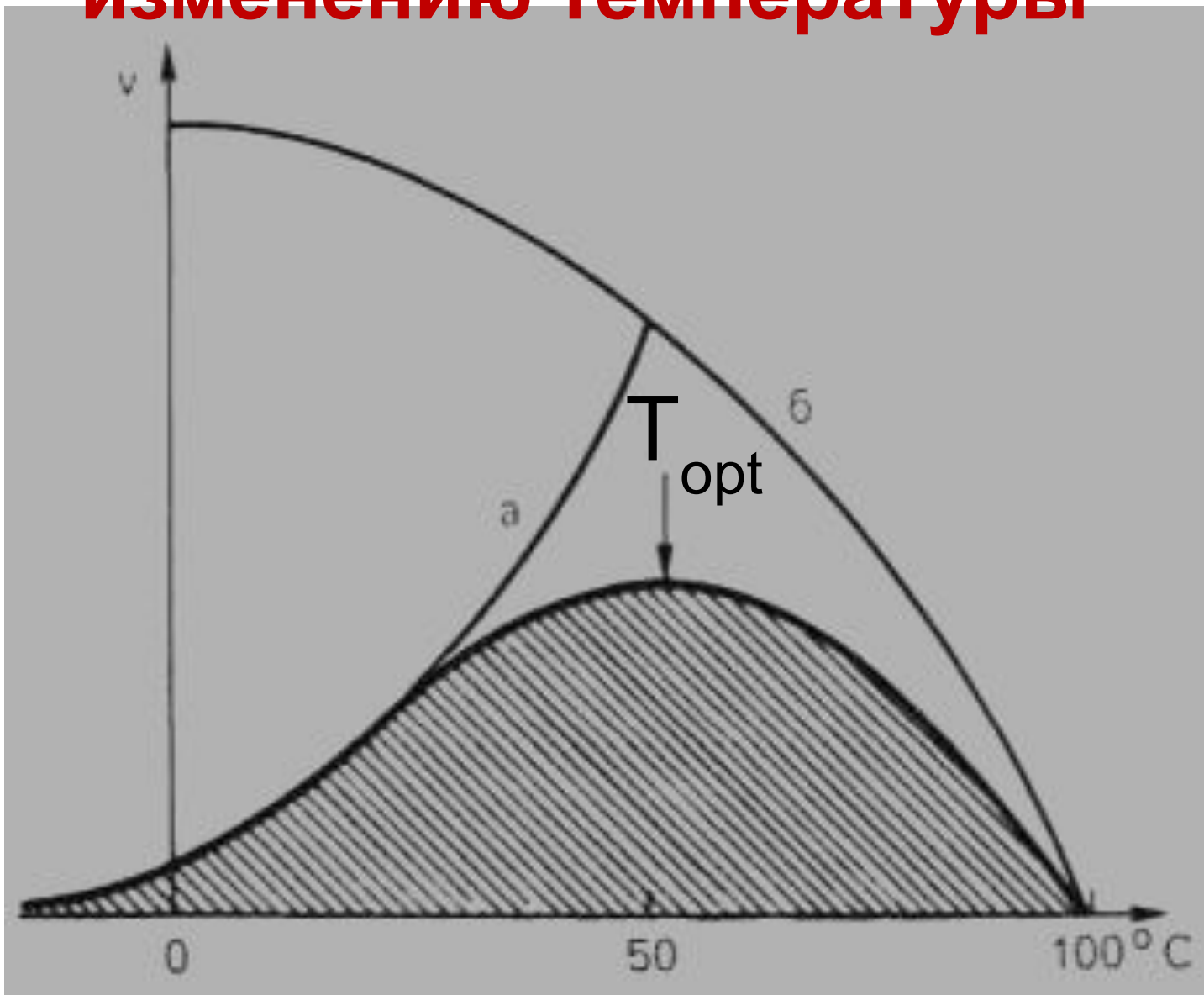
$$\frac{1}{v} = \left( \frac{K_m}{V_{\max}} \right) \left( \frac{1}{[S]} \right) + \frac{1}{V_{\max}}$$



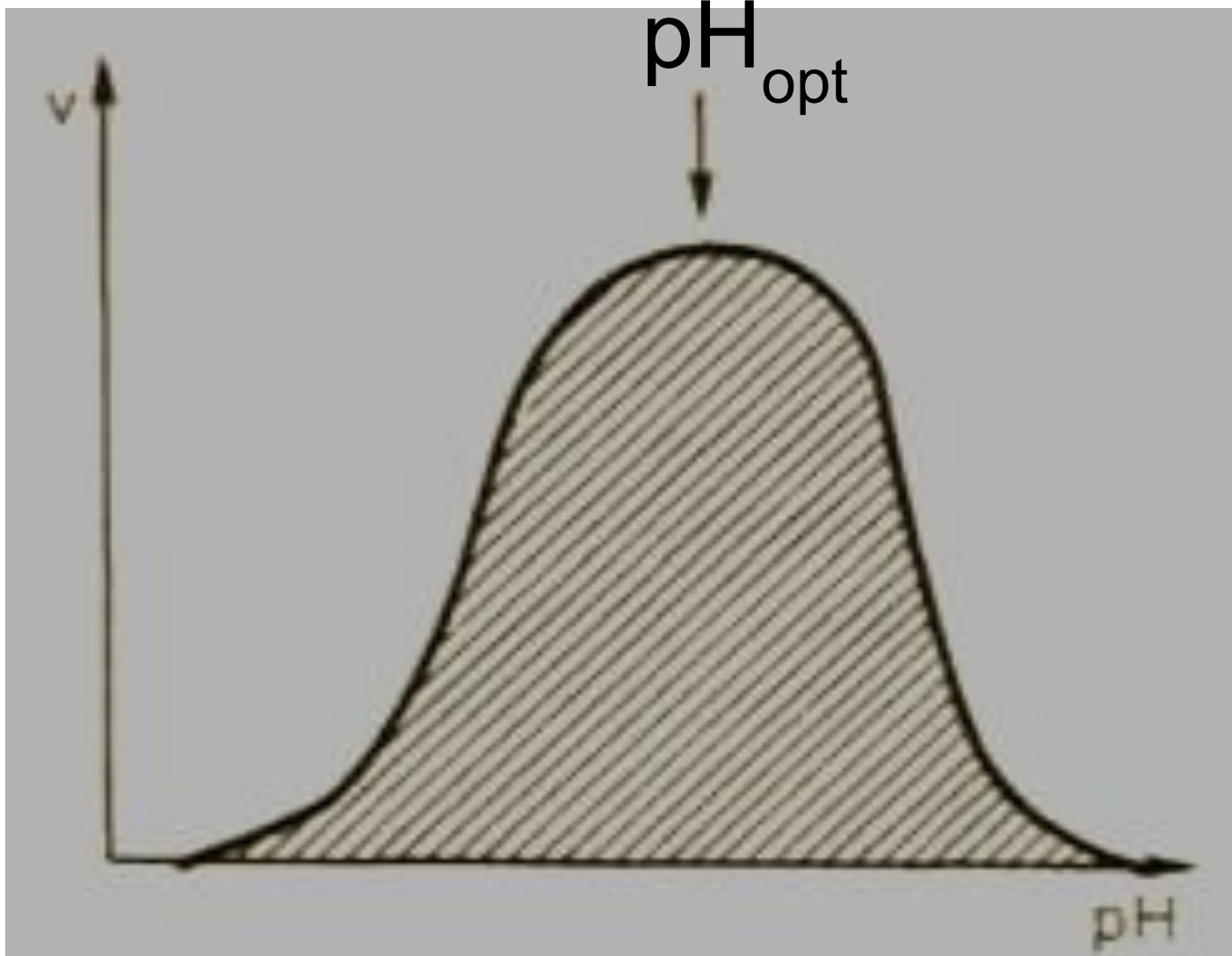
# Сигмоидная кривая



# Ферменты чувствительны к изменению температуры



# Ферменты чувствительны к изменению pH

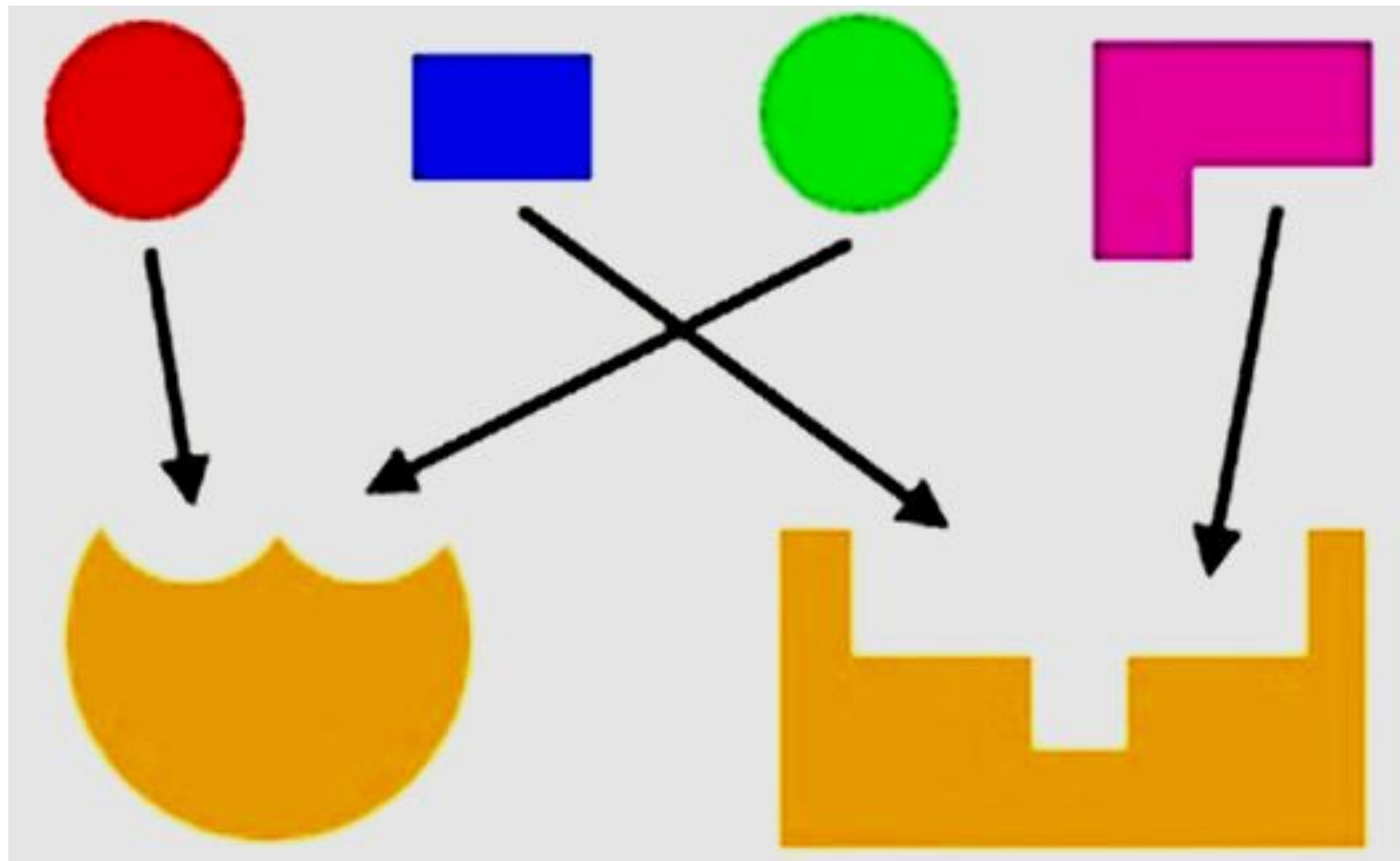


# Зависимость активности фермента от pH

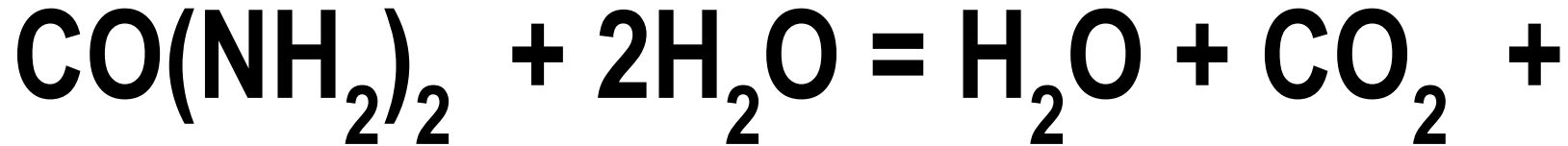
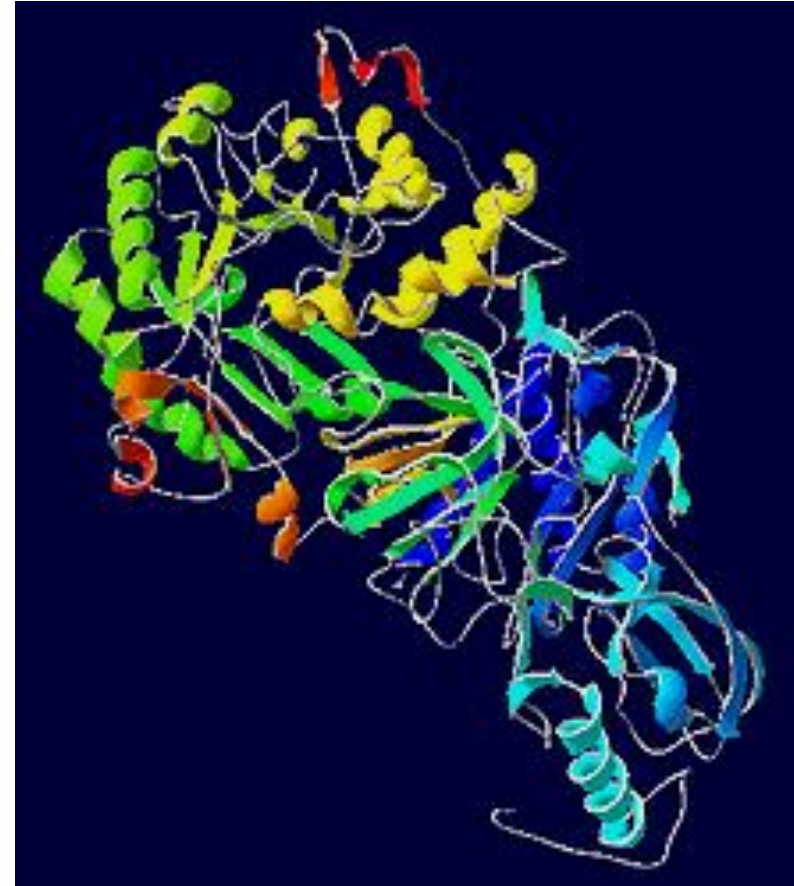
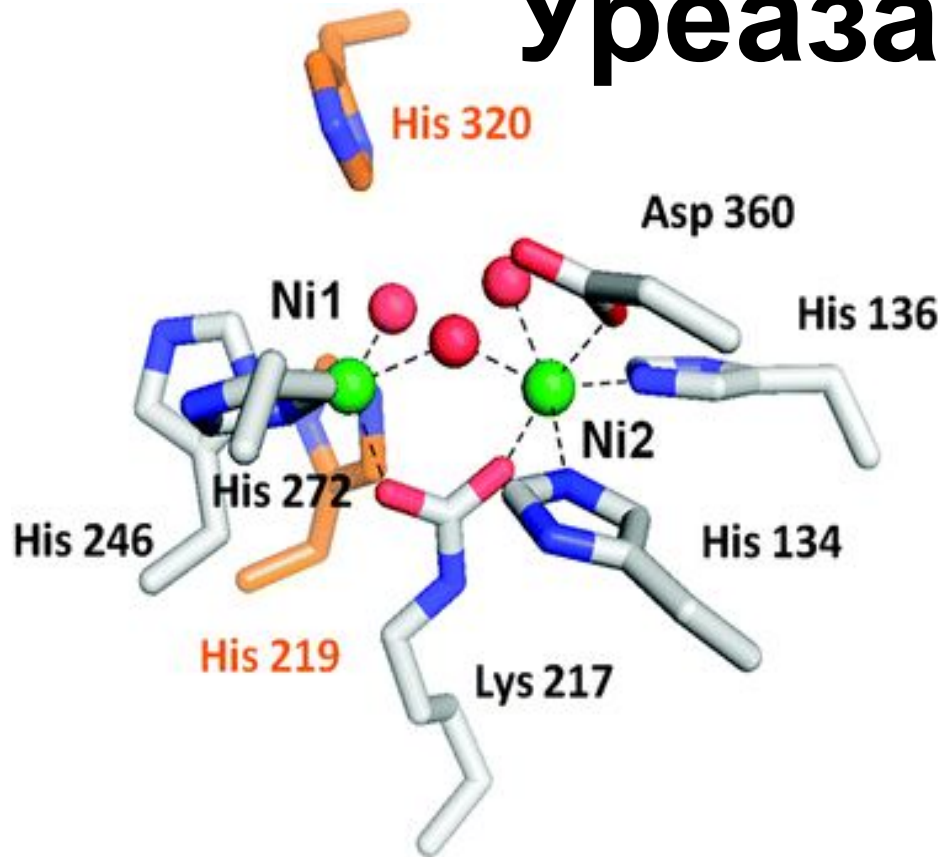
| Фермент           | Оптимум pH |
|-------------------|------------|
| Пепсин            | 1,5        |
| Каталаза          | 7,6        |
| Трипсин           | 7,7        |
| Рибонуклеаза<br>а | 7,8        |
| Аргиназа          | 9,7        |

# Ферменты специфичны

(действуют только на определенный субстрат)



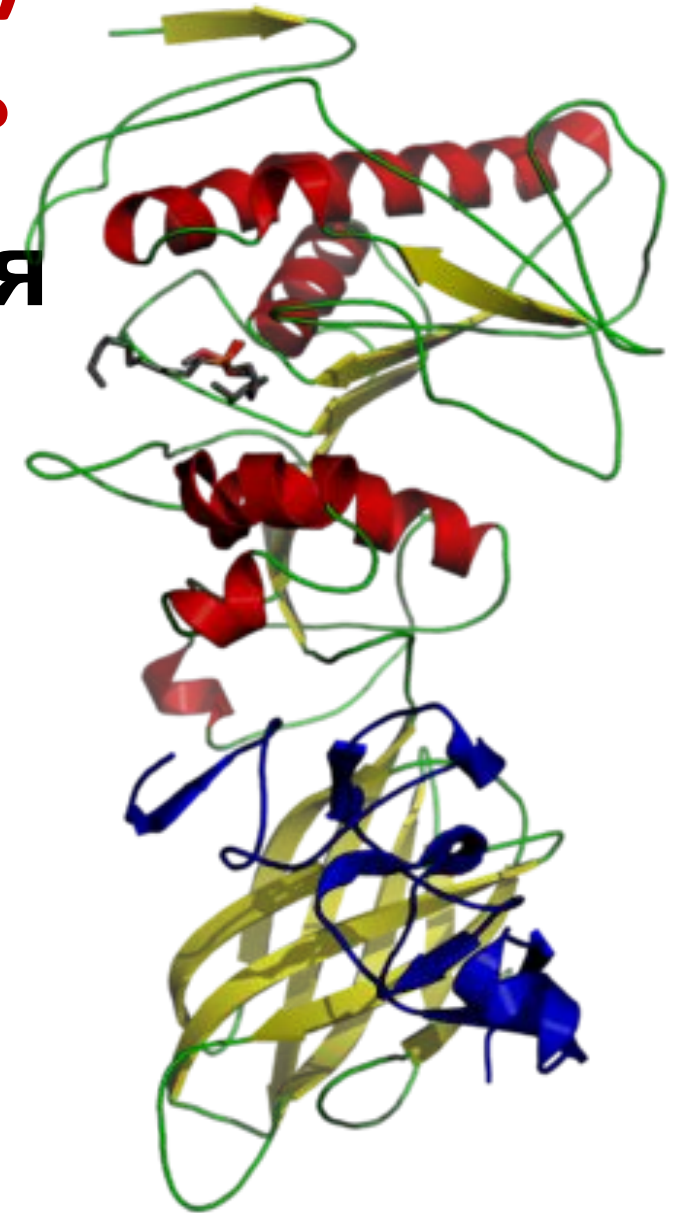
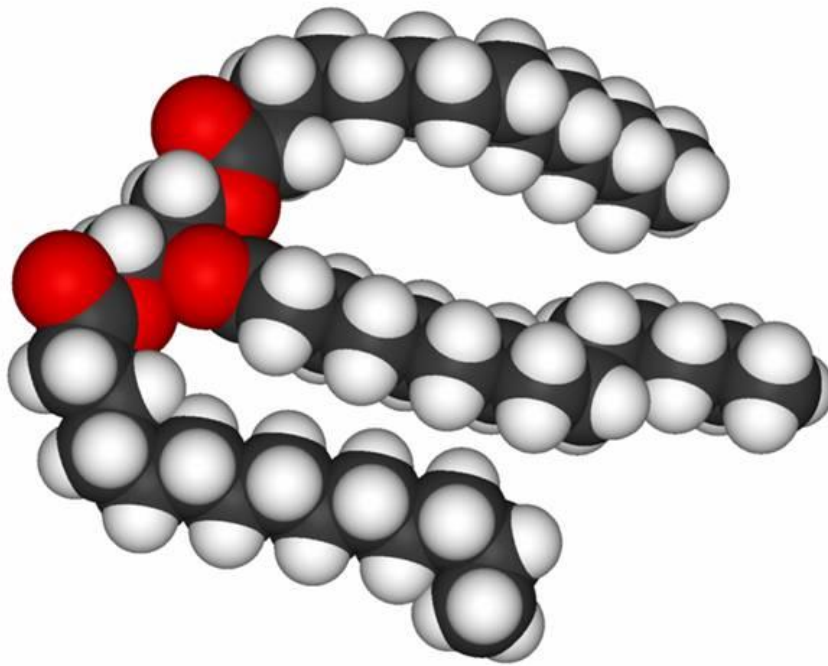
# Абсолютная специфичность Уреаза



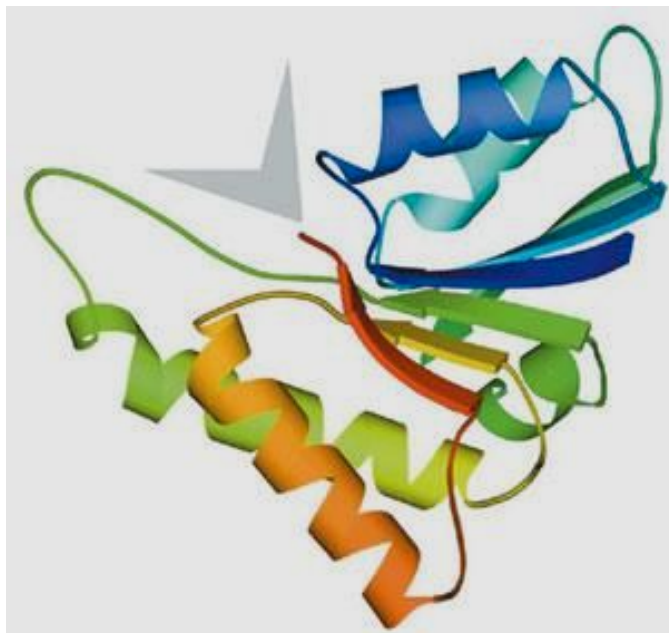


**Групповая  
(относительная)  
специфичность**

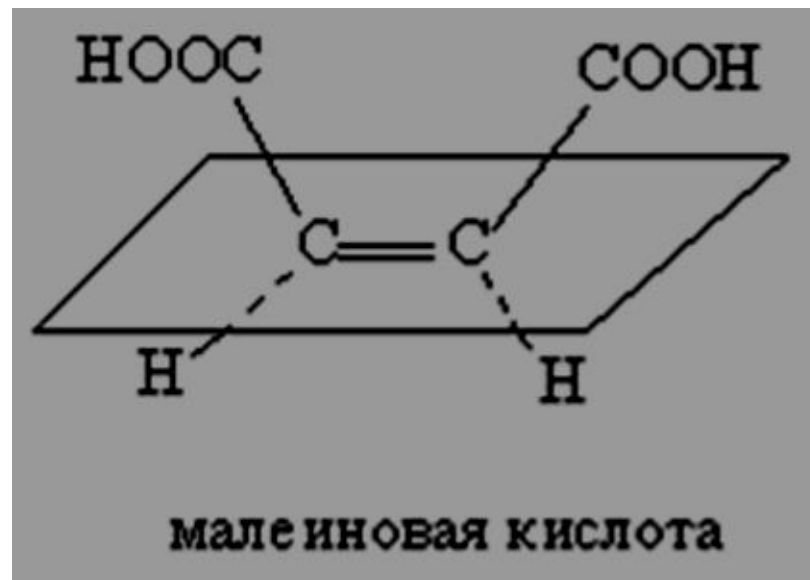
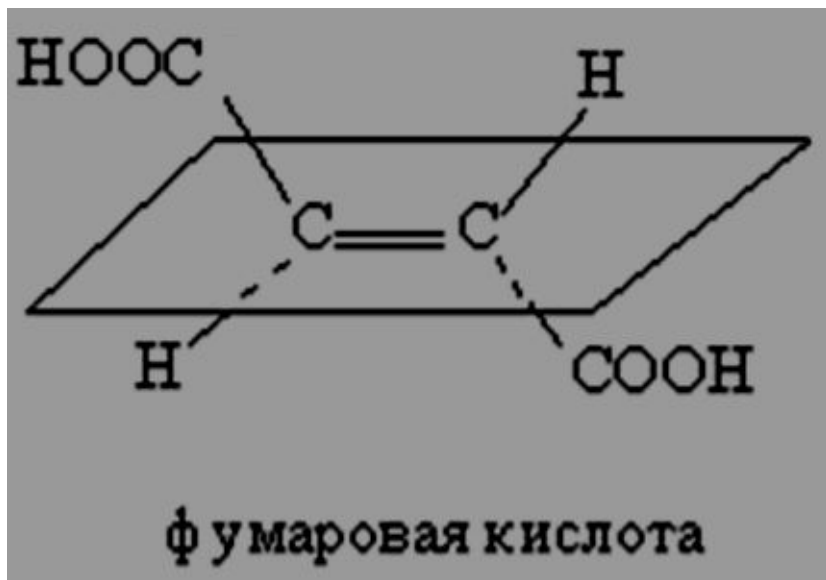
**Панкреатическая  
липаза**



# Стереоспецифичность



**Фумараза  
(малатдегидрогеназа)**



# Регуляция метаболизма

Активность E

Количество E

Скорость химических реакций

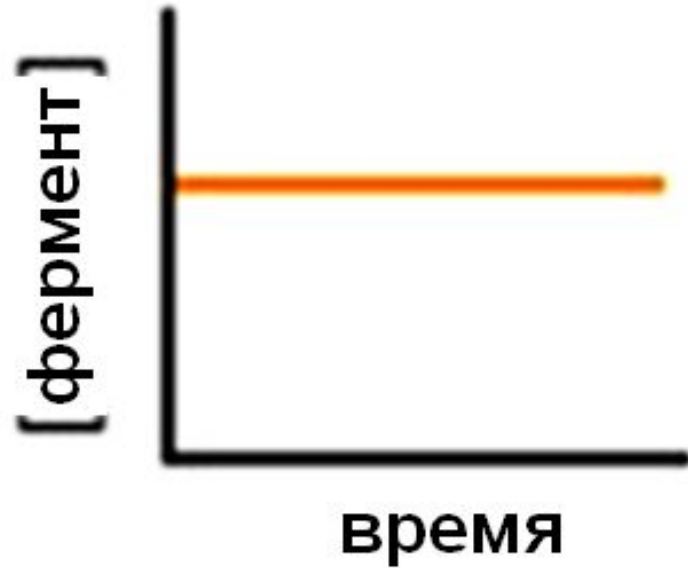
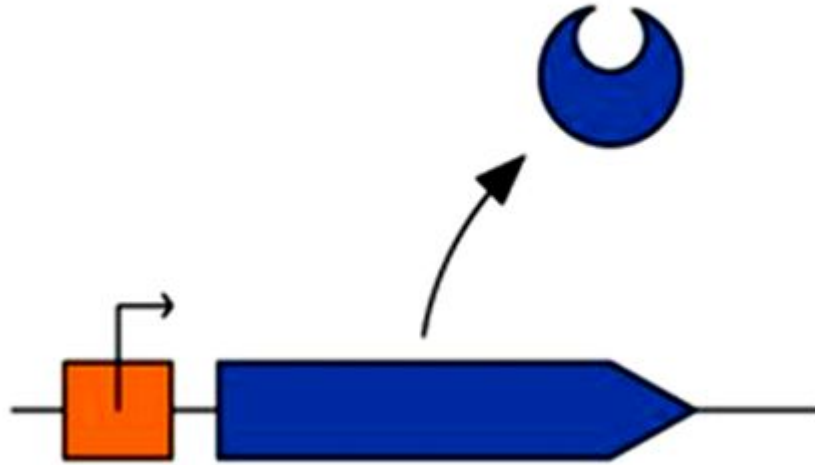
Концентрации метаболитов

Гомеостаз;  
функционирование организма

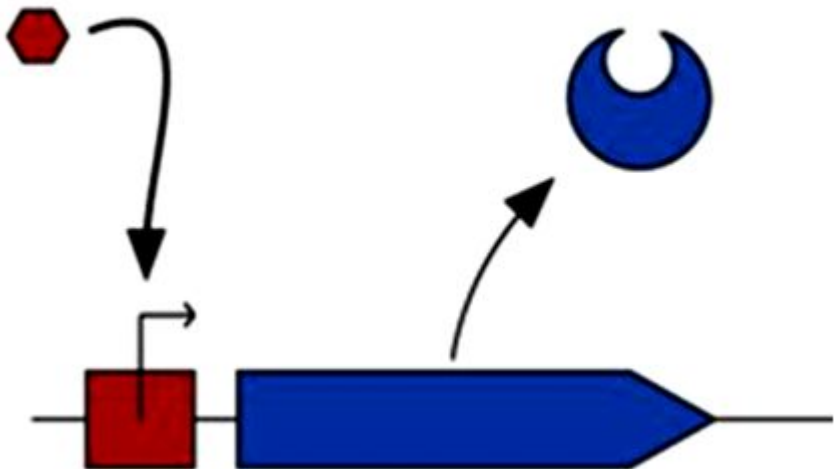
# Регуляция синтеза

## ферментов

Конститутивные



Индукцируемые



# **Регуляция активности ферментов**

# Единицы ферментативной

**активности**  
**E (U) = 1 мкмоль/мин**

**1 кат = 1 моль/с**

**1 E = 16.67 нкат**

# Активаторы ферментов

| Фермент       | Активатор        |
|---------------|------------------|
| Цитохромы     | $\text{Fe}^{2+}$ |
| Холинэстераза | $\text{Mn}^{2+}$ |
| Амилаза       | $\text{Cl}^-$    |
| Липаза        | Желчные          |

# Типы ингибирования

- неспецифическое
- специфическое
- необратимое
- обратимое
- конкурентное
- неконкурентное
- бесконкурентное