

# Ферментный катализ



U SV. URBANA

**Víno**  
až do  
vašich dveří

Masarykova 180/169  
400 01 Ústí nad Labem  
tel. 728 301 203  
[info@www.vino-usti.cz](mailto:info@www.vino-usti.cz)



**Ферменты – это белки,  
способные быть  
катализаторами  
биохимических реакций**

# **Биологические особенности ферментного катализа**

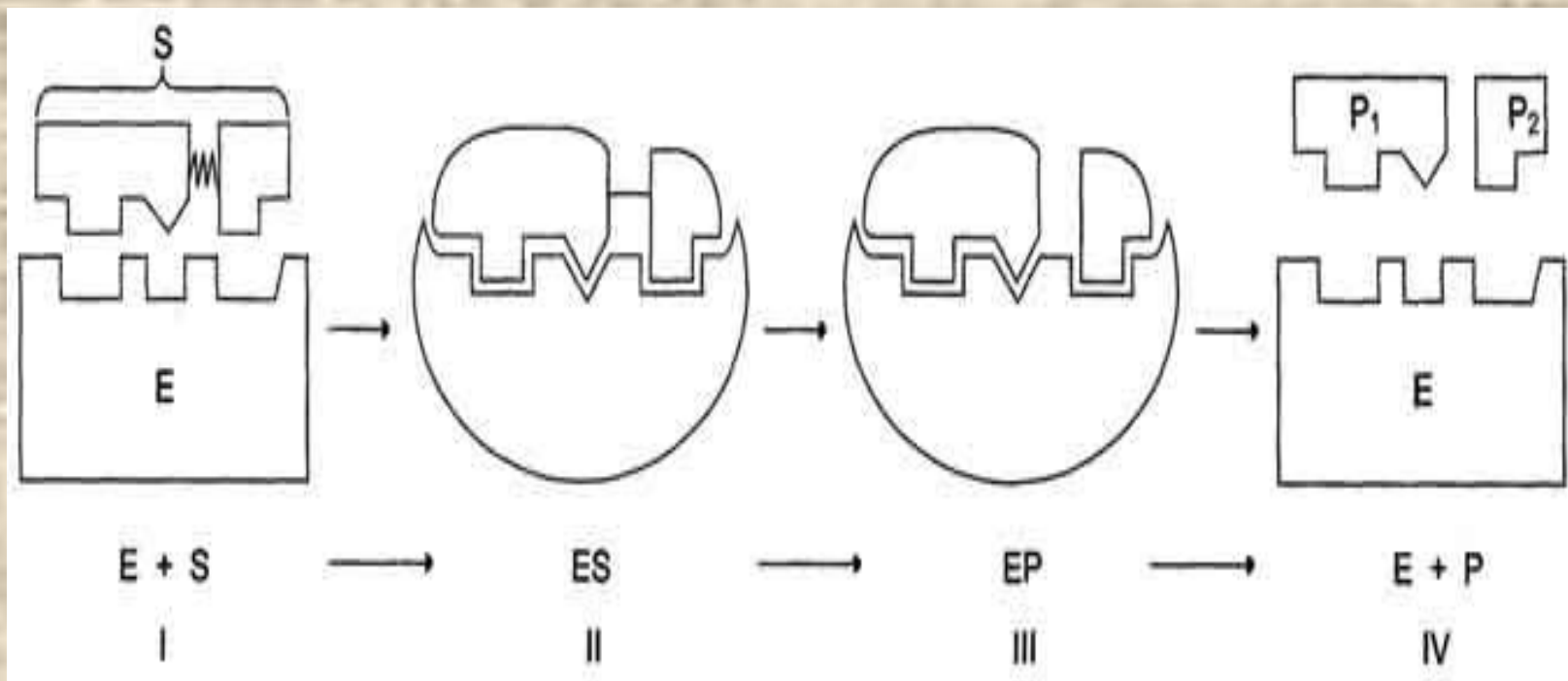
- **Нейтральный рН**
- **Водная среда**
- **Температура 40°C**
- **Нормальное атмосферное давление**
- **Высокая скорость реакций**

# Изменение свободной энергии в ходе ферментативной и неферментативной реакции



**Энергия активации** – это такое количество энергии в калориях, которое необходимо для того, чтобы все молекулы 1 моля вещества при определенной температуре достигли **переходного состояния**, соответствующего вершине энергетического барьера.

# Этапы ферментативной реакции



# Преимущества реакции с участием фермента

- Сближение и ориентация субстрата в активном центре фермента
- Исключение воды из места проведения реакции
- Стабилизация переходного состояния
- Перенос групп

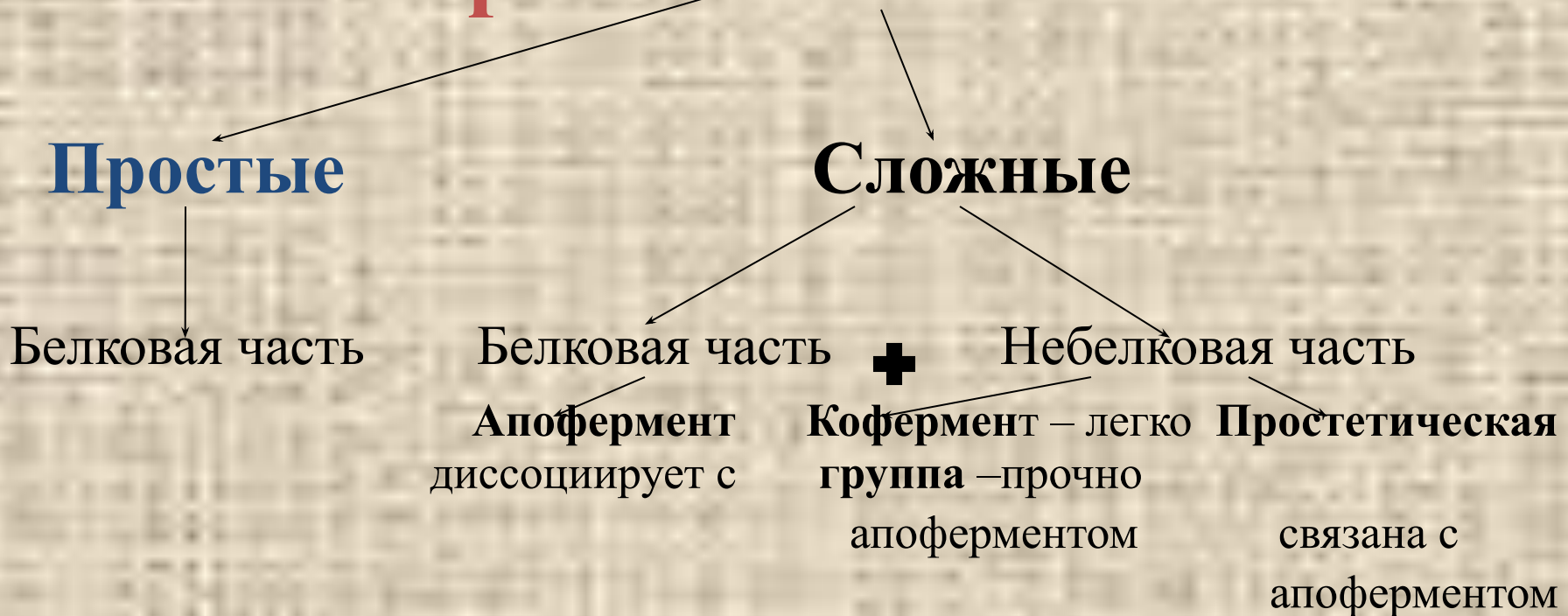


# Изменение свободной энергии в ходе ферментативной и неферментативной реакции



# Строение ферментов

## Ферменты



# Активный центр фермента

```
graph TD; A[Активный центр фермента] --> B[Участок связывания (контактная площадка)]; A --> C[Каталитический участок]; B --> D[Обеспечивает субстратную специфичность (выбор субстрата)]; C --> E[Обеспечивает выбор пути химического превращения данного субстрата (тип реакции)];
```

Участок связывания  
(контактная площадка)

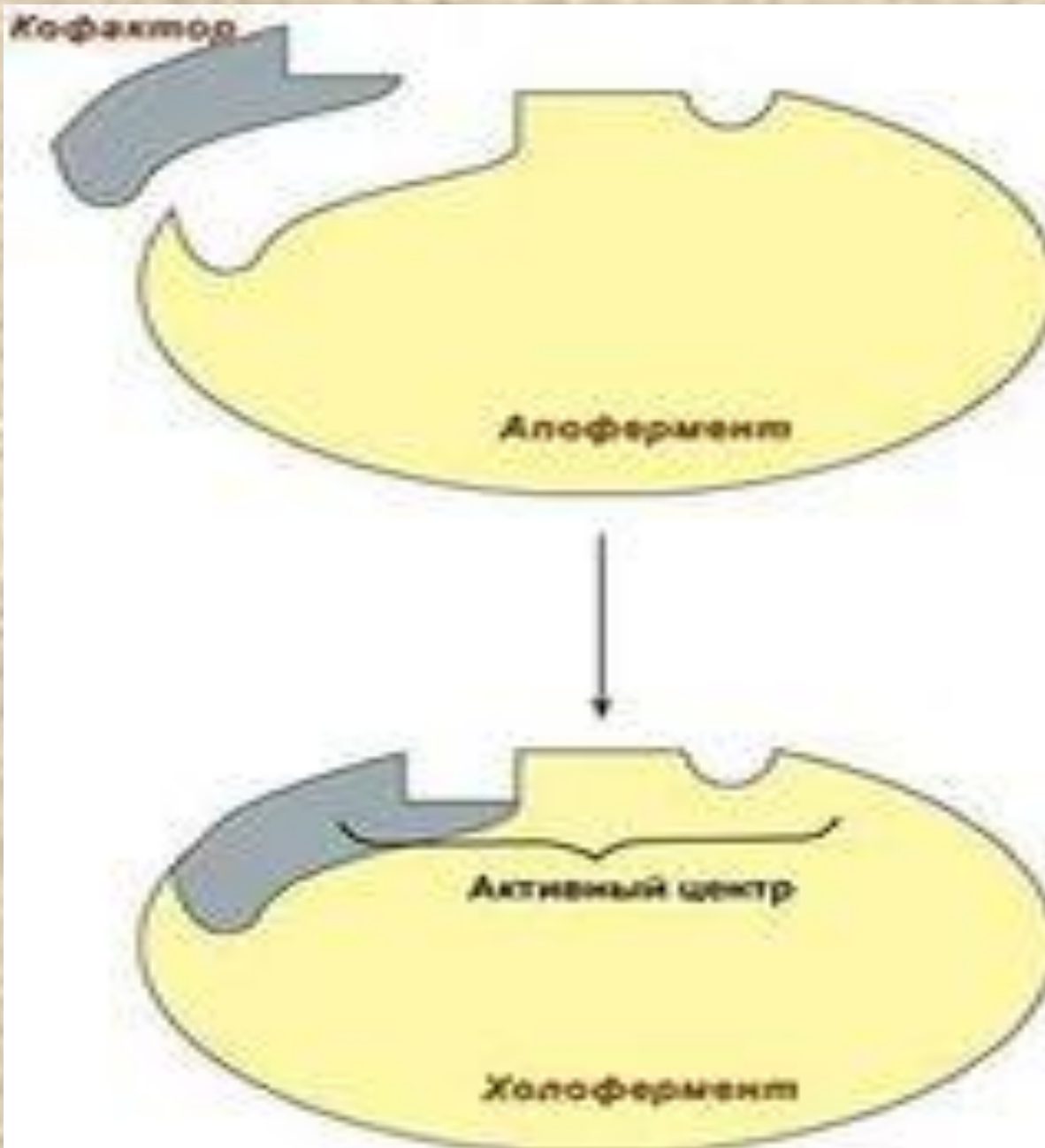
Каталитический участок

Обеспечивает субстратную  
специфичность  
(выбор субстрата)

Обеспечивает выбор пути  
химического превращения  
данного субстрата (тип реакции)

# Строение фермента

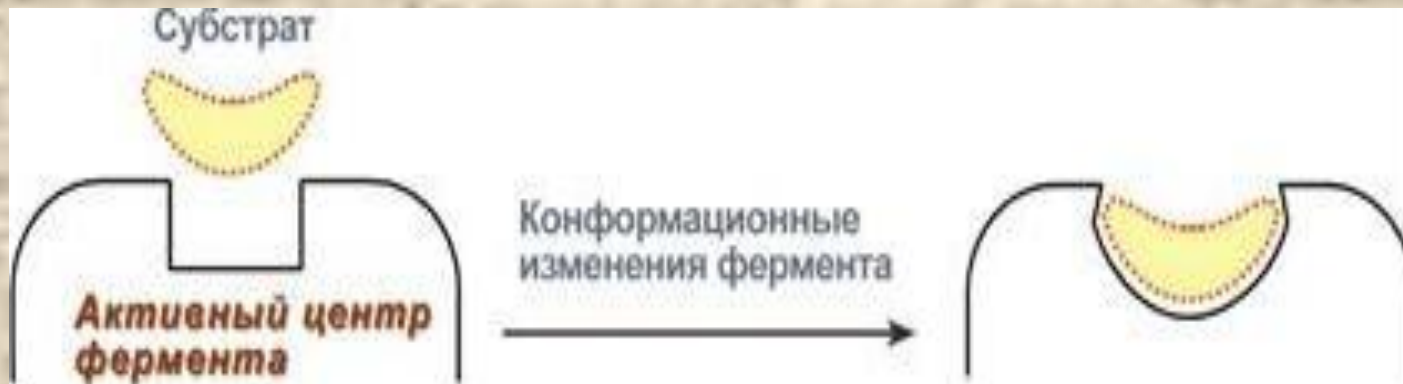
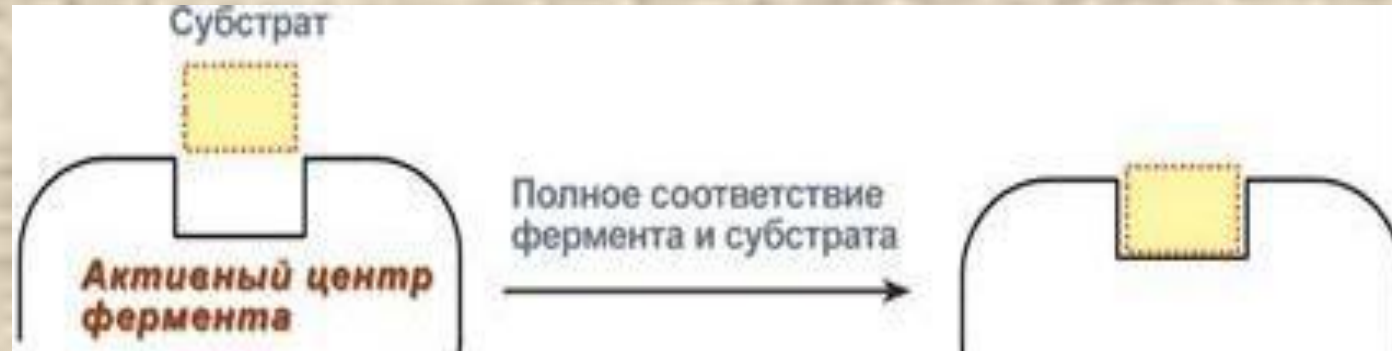




# Строение сложного фермента

**Специфичность – это высокая избирательность действия ферментов, основанная на комплементарности структуры субстрата и активного центра фермента.**

# Теория Фишера (модель жесткой матрицы «ключ-замок»)



# Теория Кошланда (модель индуцированного взаимодействия «рука-перчатка»)

# Виды специфичности ферментов

- Абсолютная
- Стереохимическая
- Относительная (групповая)



**Активность фермента – это изменение субстрата под влиянием фермента в единицу времени.**

# Единицы активности ферментов

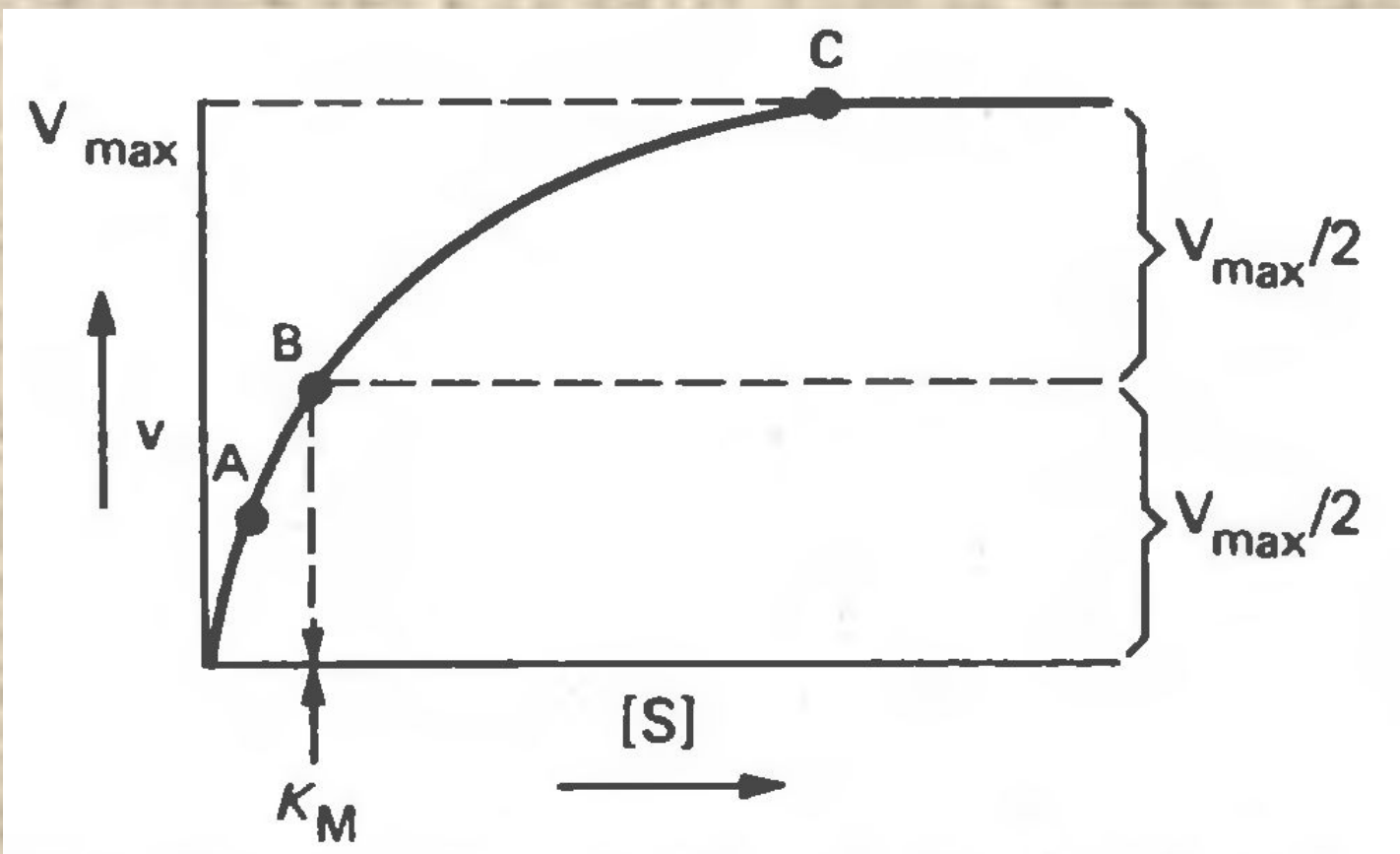


- 1 катал = 1 моль/с =  $6 \cdot 10^7$  МЕ
- 1 МЕ = 1 мкмоль/мин = 16,67 нкат

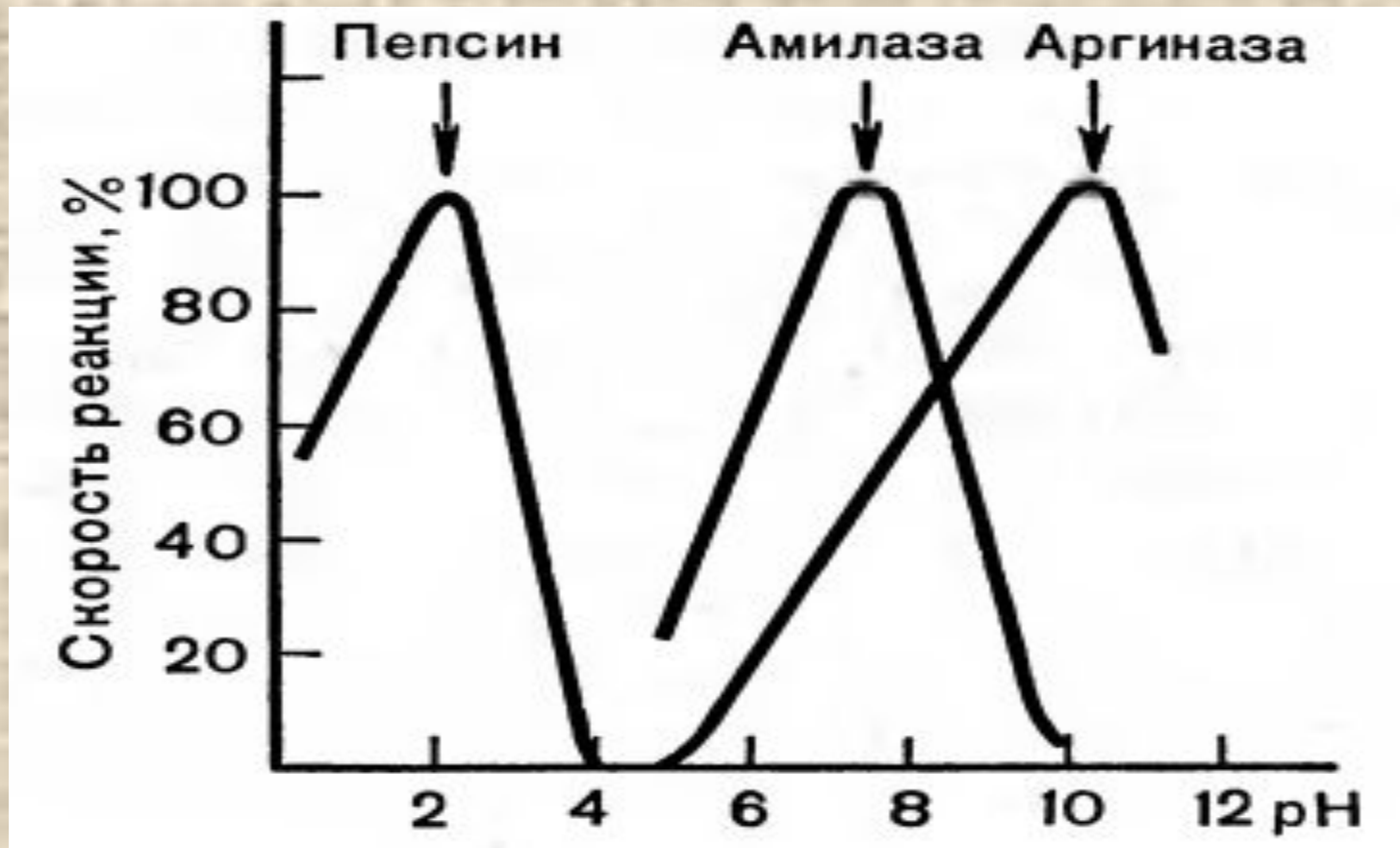
# Способы регулирования активности ферментов путем изменения:

- Концентрации субстрата
- рН среды
- Температуры
- Химического состава реакционной среды

# Влияние концентрации субстрата на активность фермента



# Влияние pH на активность фермента



# Влияние температуры на активность фермента



# **Влияние химического состава реакционной среды на активность ферментов**

- **Активация**

- **Ингибирование**

# Конкурентное и неконкурентное





# Типы ингибирования

Обратимое

Необратимое

Конкурентное

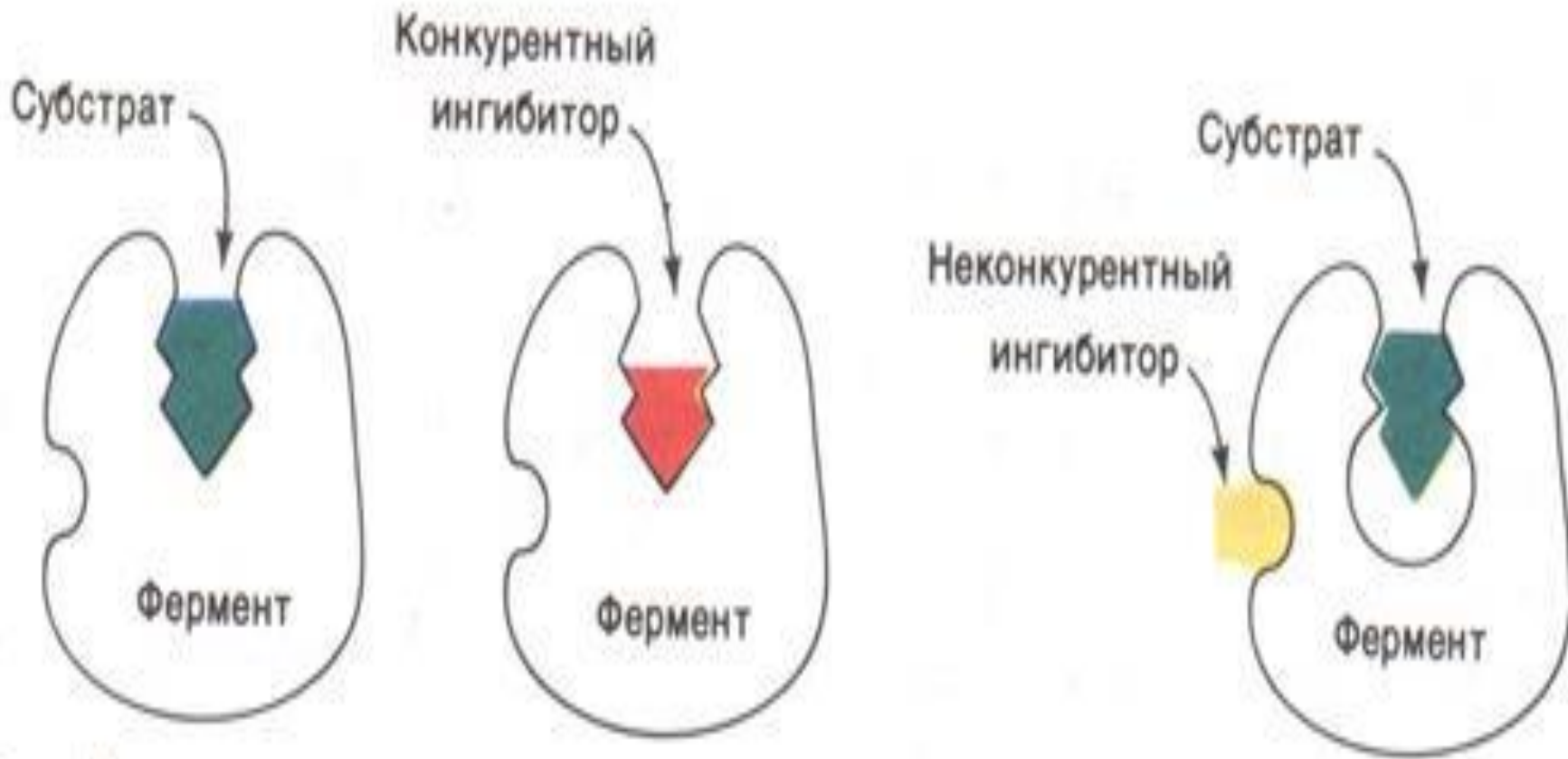
Неконкурентное

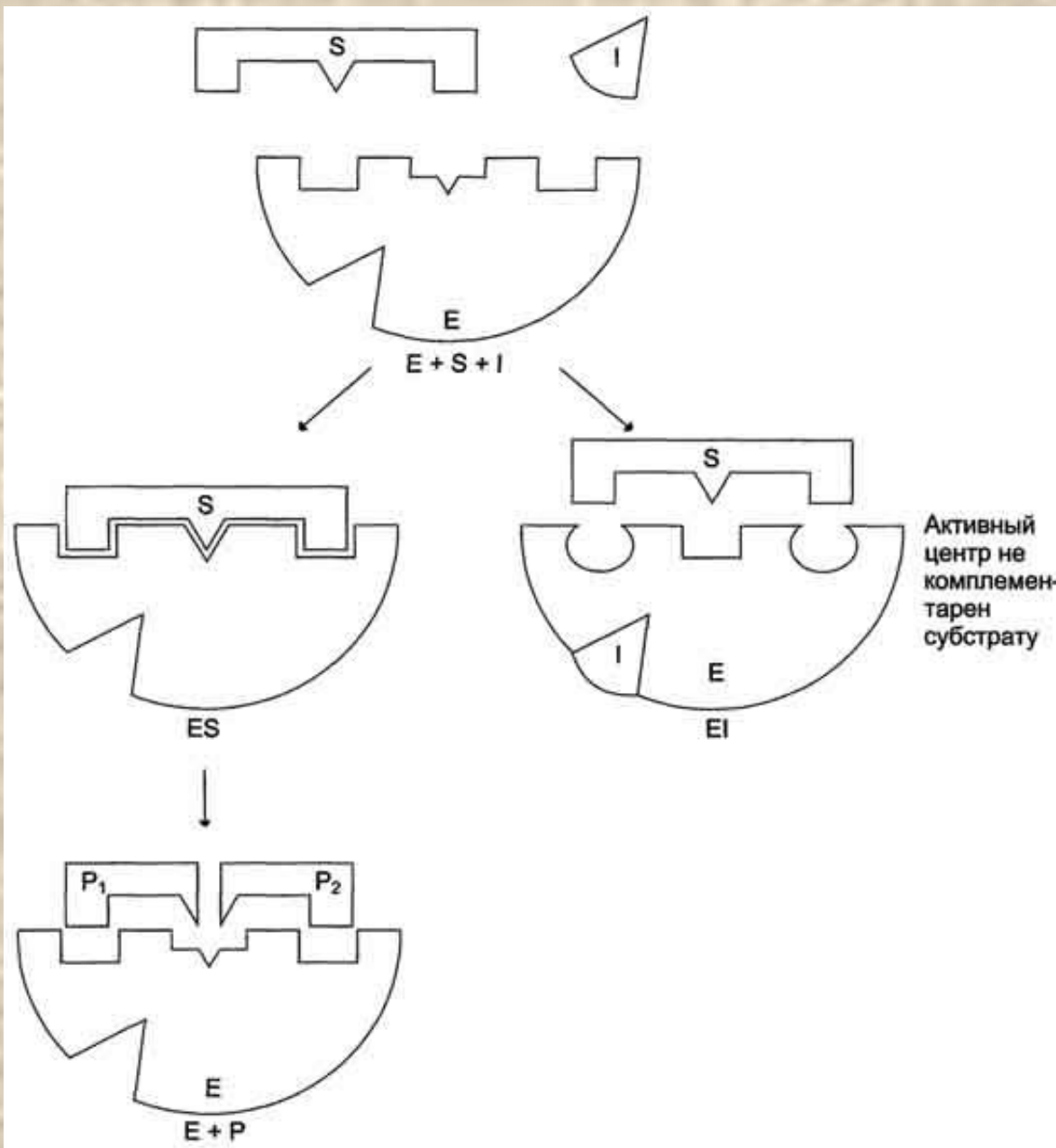
Вызвано веществами имеющими структуру похожую на структуру субстрата

Вызвано веществами не имеющими структурного сходства с субстратом и связывающимися с ферментом не в активном центре, а в другом месте молекулы фермента

Ингибитор необратимо связывается с ферментом, изменяя его структуру

# Конкурентное и неконкурентное ингибирование





# Аллостерическое ингибирование фермента

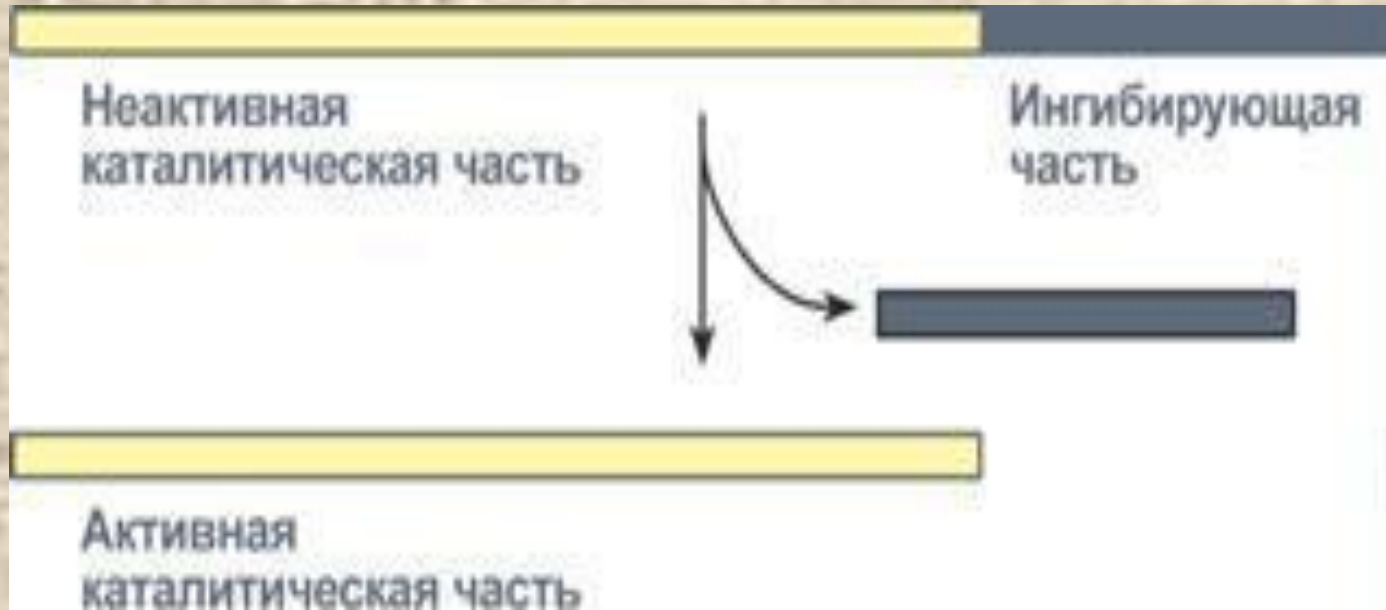
# Особенности аллостерических ферментов

- это олигомерные белки
- имеют аллостерический центр
- проявляют различную специфичность к аллостерическим модуляторам
- регуляция аллостерических ферментов обратима
- катализируют ключевые реакции различных метаболических путей

# **Виды ковалентной модификации каталитической активности ферментов**

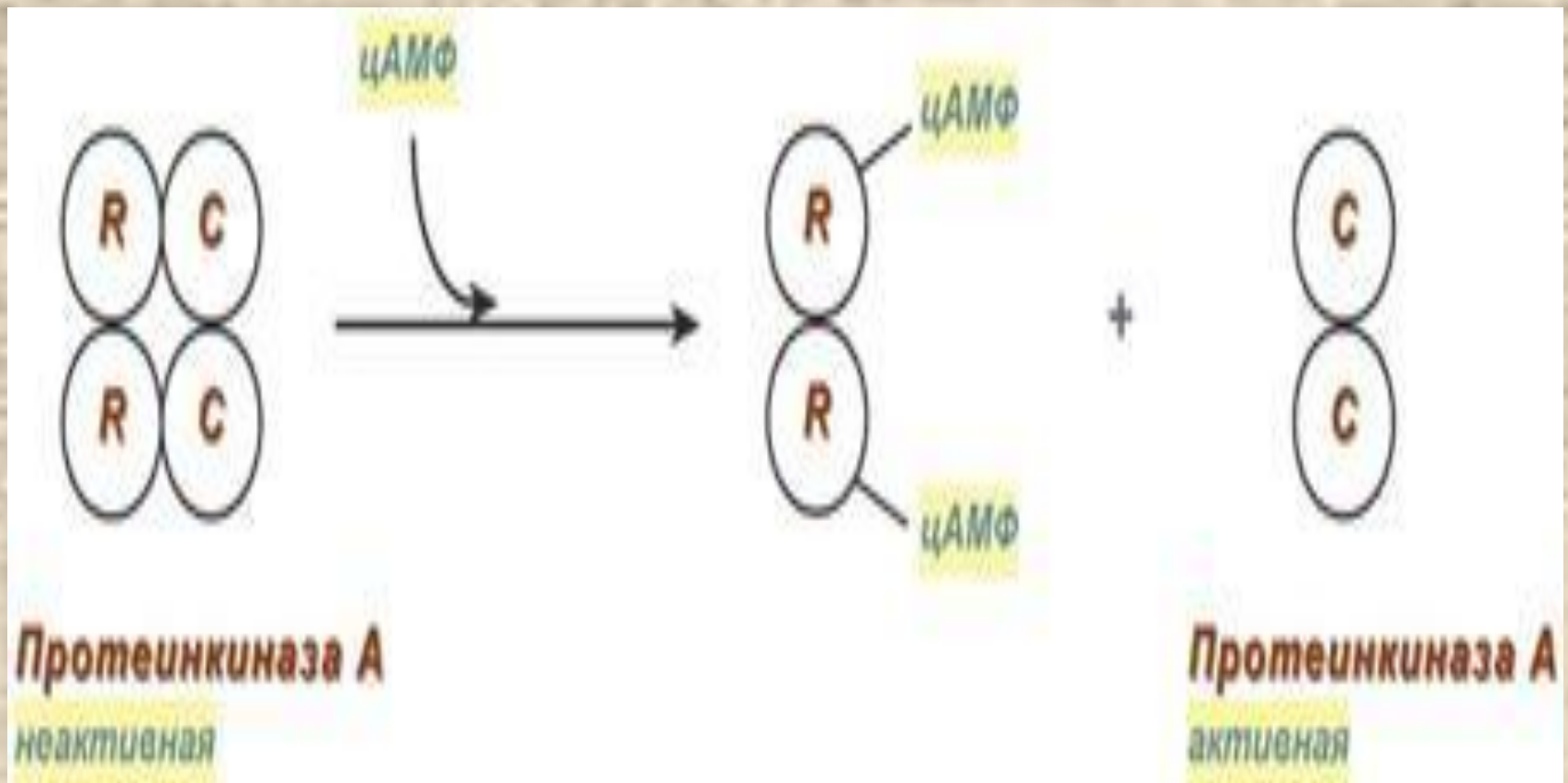
- **Частичный протеолиз**
- **Ассоциация – диссоциация**
- **Фосфорилирование -  
дефосфорилирование**

# Регуляция активности фермента путем частичного протеолиза

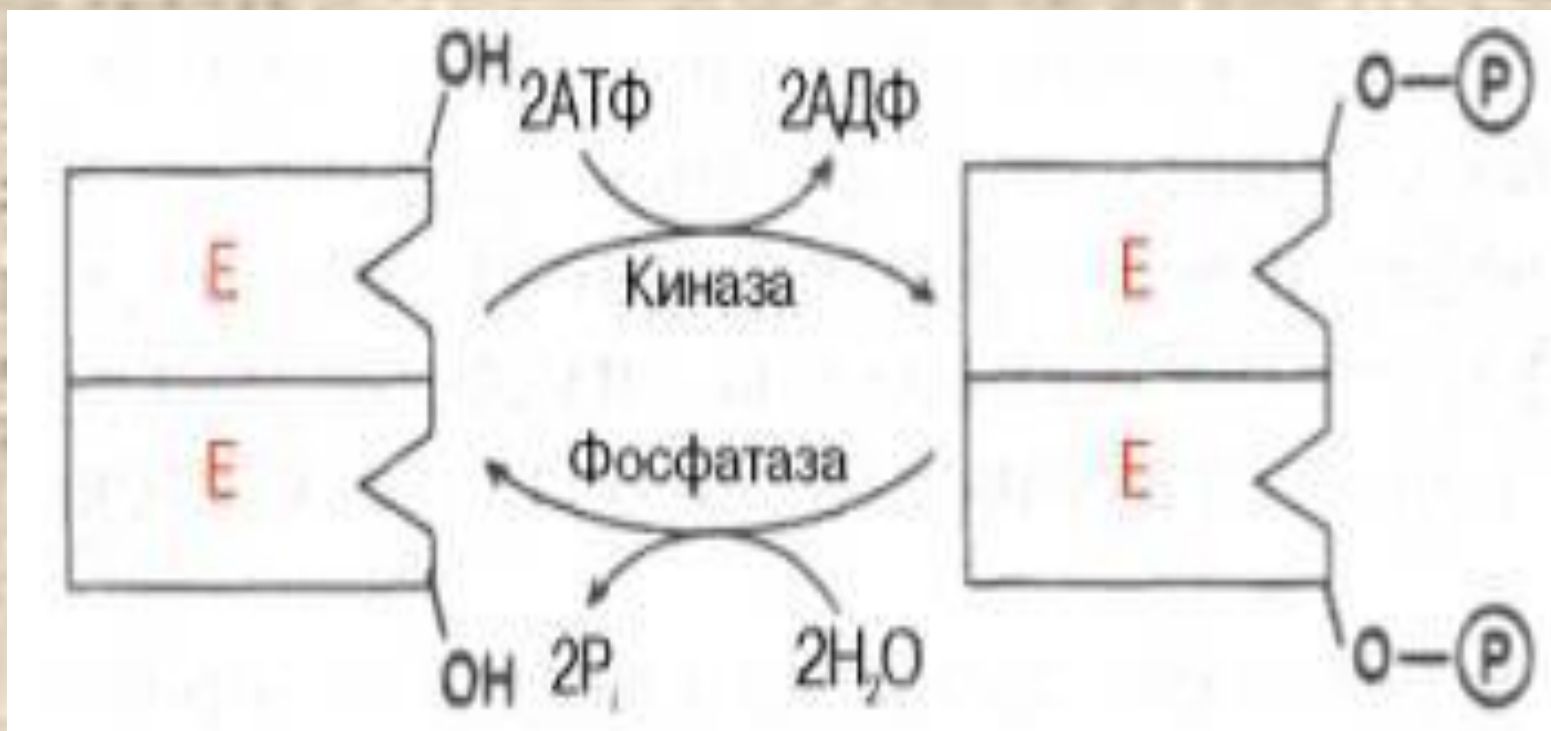


**Профермент → активная форма фермента + пептид**

# Регуляция активности фермента путем ассоциации - диссоциация



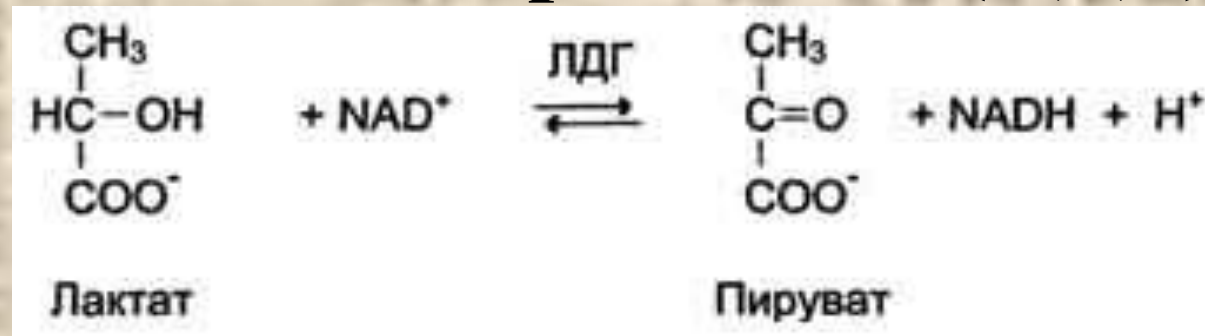
# Регуляция активности фермента путем фосфорилирования- дефосфорилирования





**Изоферменты – это ферменты, катализирующие одинаковые реакции, но отличающиеся физико-химическими и биохимическими параметрами.**

# Изоферментные формы лактатдегидрогеназы (ЛДГ)

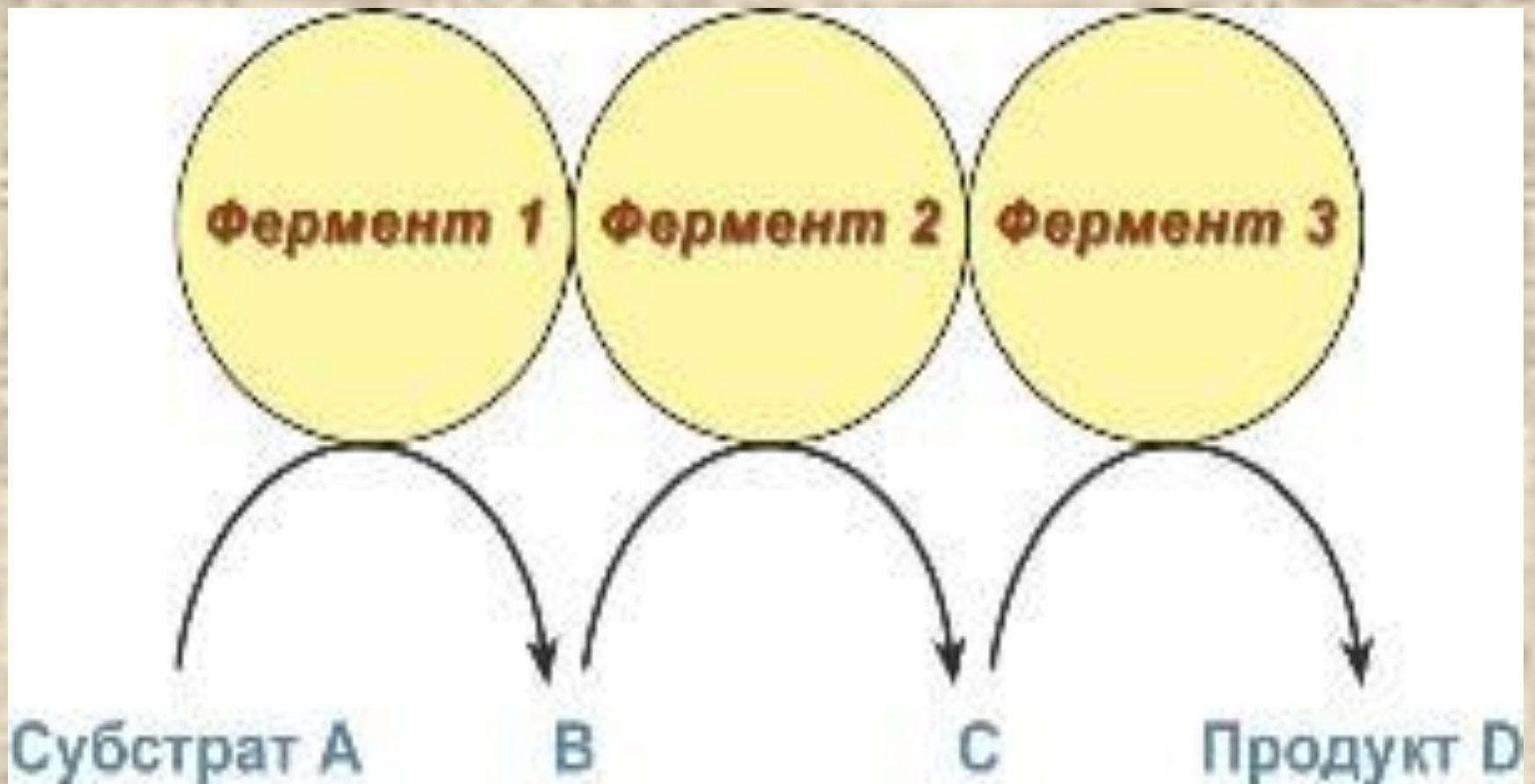


- АААА ЛДГ 1 сердце
- АААВ ЛДГ 2
- ААВВ ЛДГ 3
- АВВВ ЛДГ 4
- ВВВВ ЛДГ 5 мышцы

# Факторы, определяющие распространение изоферментов

- Особенности метаболизма в различных органах и тканях
- Особенности метаболизма в различных органеллах клетки
- Особенности метаболизма взрослого организма и эмбриона
- Различная чувствительность изоферментов к аллостерическим модуляторам

# Последовательный мультиферментный процесс





# Классификация ферментов

**Оксидоредуктазы**

Окислительно – восстановительные  
реакции всех типов

**Трансферазы**

Перенос отдельных атомов и групп атомов

**Гидролазы**

Гидролитическое расщепление  
химических связей

**Лиазы**

Негидролитическое расщепление двойных  
связей или их образование

**Изомеразы**

Взаимопревращения различных изомеров

**Лигазаы**

Образование связей при взаимодействии  
двух или более соединений (с помощью  
энергии АТФ)