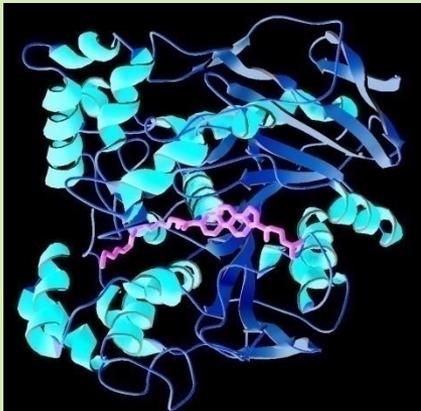


**Ферменты.**  
**Классификация ферментов.**  
**Особенности строения и**  
**свойств ферментов.**





**«Ферменты, есть так сказать, первый акт  
жизненной деятельности. Все химические  
процессы направляются в теле именно  
этими веществами, они есть возбудители всех  
химических превращений. Они обуславливают  
те процессы, благодаря которым проявляется  
жизнь, они и есть в полном смысле возбудители  
жизни»**

**/И.П. Павлов/**



# ***ФЕРМЕНТЫ***

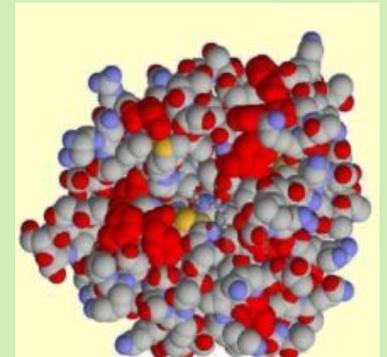
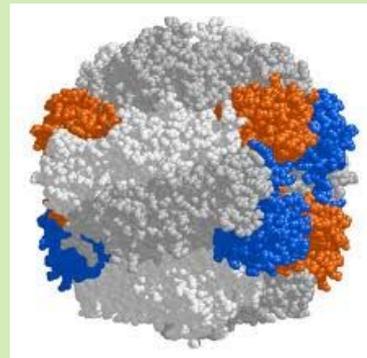
*(от лат. fermentum — брожение, закваска) – это ЭНЗИМЫ, специфические белки, увеличивающие скорость протекания химических реакций в клетках всех живых организмов.*

*Наука о ферментах называется энзимологией.*

# История изучения



Термин «фермент» был предложен в XVII веке химиком ван Гельмонтом при обсуждении механизмов пищеварения.



# История изучения



В XIX в. Луи Пастер, изучая превращение углеводов в этиловый спирт под действием дрожжей, пришёл к выводу, что этот процесс (брожение) катализируется некой жизненной силой (ферментом), находящейся в дрожжевых клетках, причём он считал, что эти «силы» неотделимы от структуры живой клетки дрожжей.

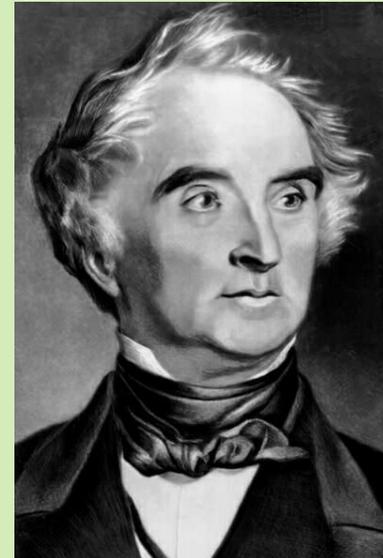
# История изучения

В середине 19 в. разгорелась дискуссия о природе брожения.

° Луи Пастер считал, что брожение вызывается лишь **живыми микроорганизмами** и что процесс брожения неразрывно связан с их жизнедеятельностью.



Юстас Либих и его сторонники, отстаивая **химическую природу брожения**, считали, что оно является следствием образования в клетках микроорганизмов растворимых ферментов.



# История изучения

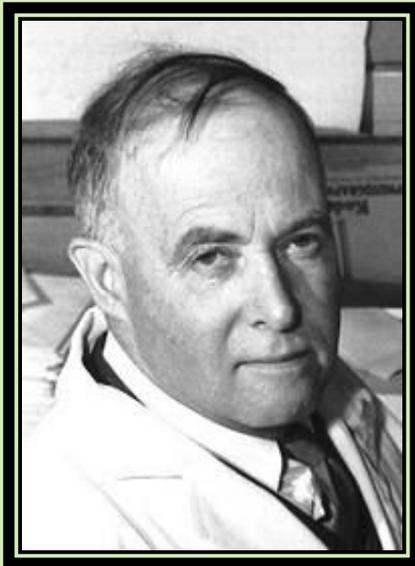


Дискуссия Либиха и Пастера о природе брожения была разрешена в **1897** **Эдуардом Бухнером**, который, растирая дрожжи с инфузорной землёй, выделил из них бесклеточный растворимый ферментный препарат (зимазу), вызывавший спиртовое брожение. В 1907 г. Бухнеру была присуждена Нобелевская премия по химии «за проведенную им научно-исследовательскую работу по биологической химии и открытие внеклеточной ферментации».

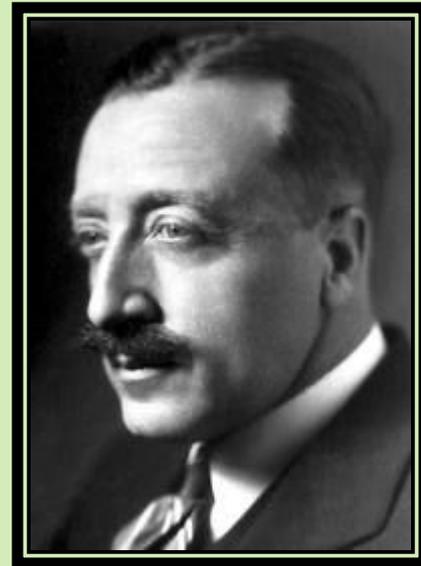
В течение последующих 10 лет было выделено ещё несколько ферментов, и белковая природа ферментов была окончательно доказана.

# История изучения

- Впервые ферменты выделили в кристаллической форме в 1926 году Джеймс Бетчеллер Самнер и Джон Говард Нортроп.  
В 1946 году им была присуждена Нобелевская премия.



Джеймс Бетчеллер Самнер



Джон Говард Нортроп.

## Классификация ферментов

- 1. В 1961 году предложена** комиссией международного биохимического союза **систематическая номенклатура ферментов**. Ферменты подразделили на 6 групп в соответствии с типом реакции, которую они катализируют.
- 2. Рабочее название складывалось из названия субстрата, типа каталитической реакции и окончания –аза.**
- 3. Пример:**  
**лактан+дегидрогенизация+аза=лактатдегидрогеназа**
- 4. Известным ферментам оставлены прежние названия пепсин ,трипсин.**

# Классификация ферментов

Классы ферментов	Катализируемая реакция	Примеры ферментов или их групп
Оксидоредуктазы	Перенос атомов водорода или электронов от одного вещества к другому.	Дегидрогеназа, оксидаза
Трансферазы	Перенос определенной группы атомов - метильной, ацильной, фосфатной или аминогруппы-одного вещества к другому	Трансаминаза, киназа
Гидролазы	Реакции гидролиза	Липаза, амилаза, пептидаза
Лиазы	Негидролитическое присоединение к субстрату или отщепление от него группы атомов. При этом могут разрываться связи C-C, C-N, C-O или C-S	Декарбоксилаза, фумараза, альдолаза
Изомеразы	Внутримолекулярная перестройка	Изомераза, мутаза
Лигаза	Соединение двух молекул в результате образования новых связей, сопряженное с распадом АТФ	Синтетаза

# Получение ферментов.

Обычно ферменты выделяют из тканей животных, растений, клеток и культуральных жидкостей микроорганизмов, биологических жидкостей (кровь, лимфа и др.).

Для получения некоторых труднодоступных ферментов используются **методы генетической инженерии.**

# Строение ферментов

Ферменты

Простые -  
протеины

Белковая часть носит  
название  
– апофермент

Сложные -  
протеиды

Белковая часть носит  
название  
– апофермент

небелковая часть или  
простетическая группа  
– кофермент

# Строение ферментов

**Коферменты** можно рассматривать как составную часть молекулы фермента. Это органические вещества, среди которых различают: нуклеотиды (АТФ, УМФ, и пр), витамины или их производные (ТДФ – из тиамина (В1), ФМН – из рибофлавина (В2), коэнзим А – из пантотеновой кислоты (В3), НАД и пр) и тетрапиррольные коферменты – геммы.

**Функции протетической группы следующие:** участие в акте катализа, осуществление контакта между ферментом и субстратом, стабилизация молекулы фермента в пространстве.

# Строение ферментов

Ферменты имеют 2 центра:  
Активный центр и Аллостерический центр.

**Активный центр (АЦФ)** – это относительно небольшой участок, расположенный на поверхности молекулы фермента, который непосредственно участвует в катализе. Состоит из уникального сочетания аминокислотных остатков, обеспечивает связь с субстратом и его дальнейшее превращение.

**В АЦФ различают:**

**Субстратсвязывающий центр** – участок, который отвечает за комплиментарное связывание субстрата и образование фермент – субстратного комплекса.

**Каталитический центр** – непосредственно участвуют в химические реакции с субстратом.

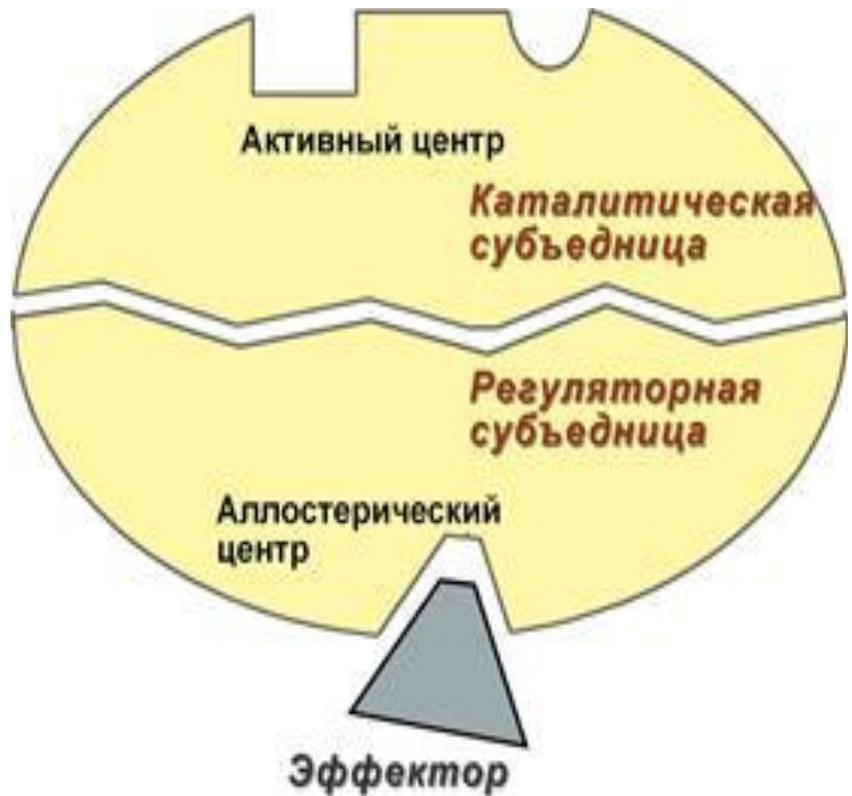
# Строение ферментов

**Аллостерический центр** - комбинация аминокислотных остатков на поверхности фермента, с которым связываются низкомолекулярные соединения (эффекторы), молекулы которых отличаются от субстратов.

Присоединение эффектора изменяет третичную структуру и соответственно и конфигурацию АЦФ, вызывая тем самым снижение (ингибиторы) или повышение (активаторы) активности.

Ферменты, которые подвергались воздействию эффекторов называются аллостерическими.

# Строение ферментов

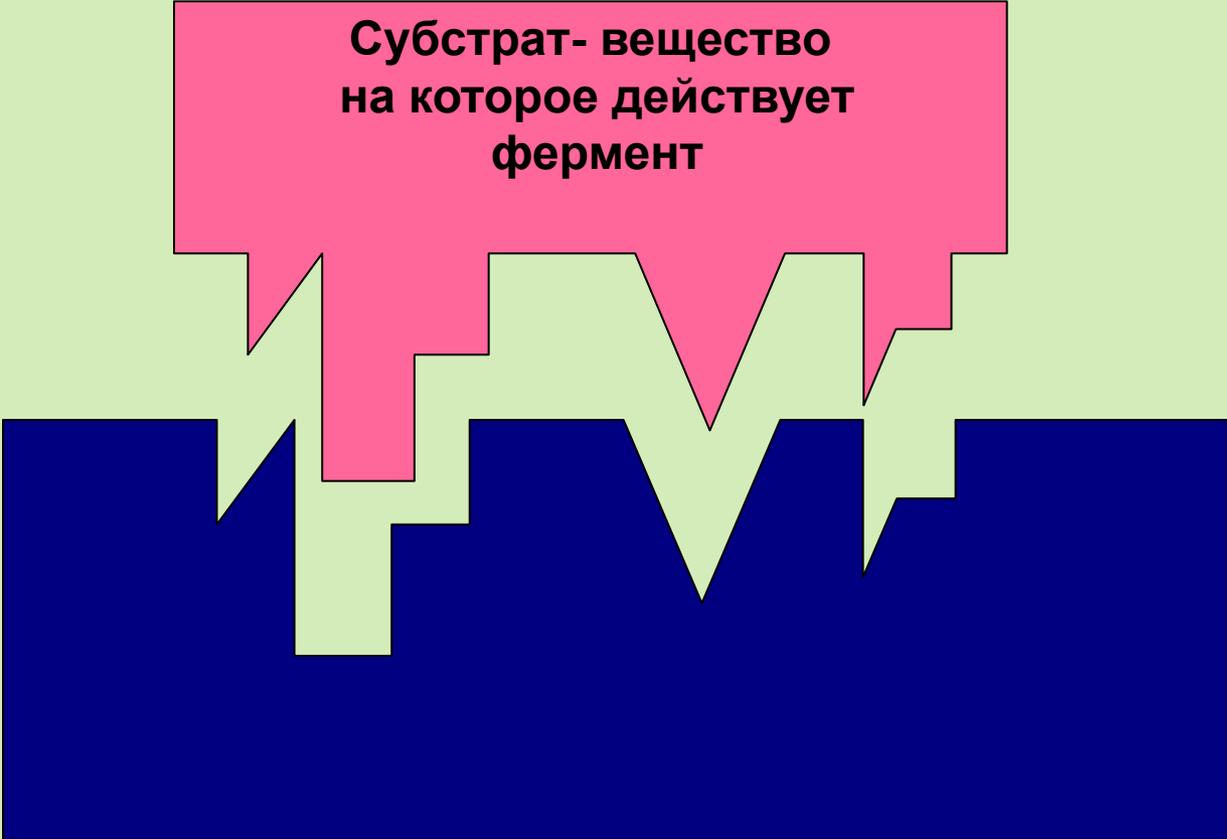


Вещество, химическое превращение которого катализируется ферментом носит название субстрат

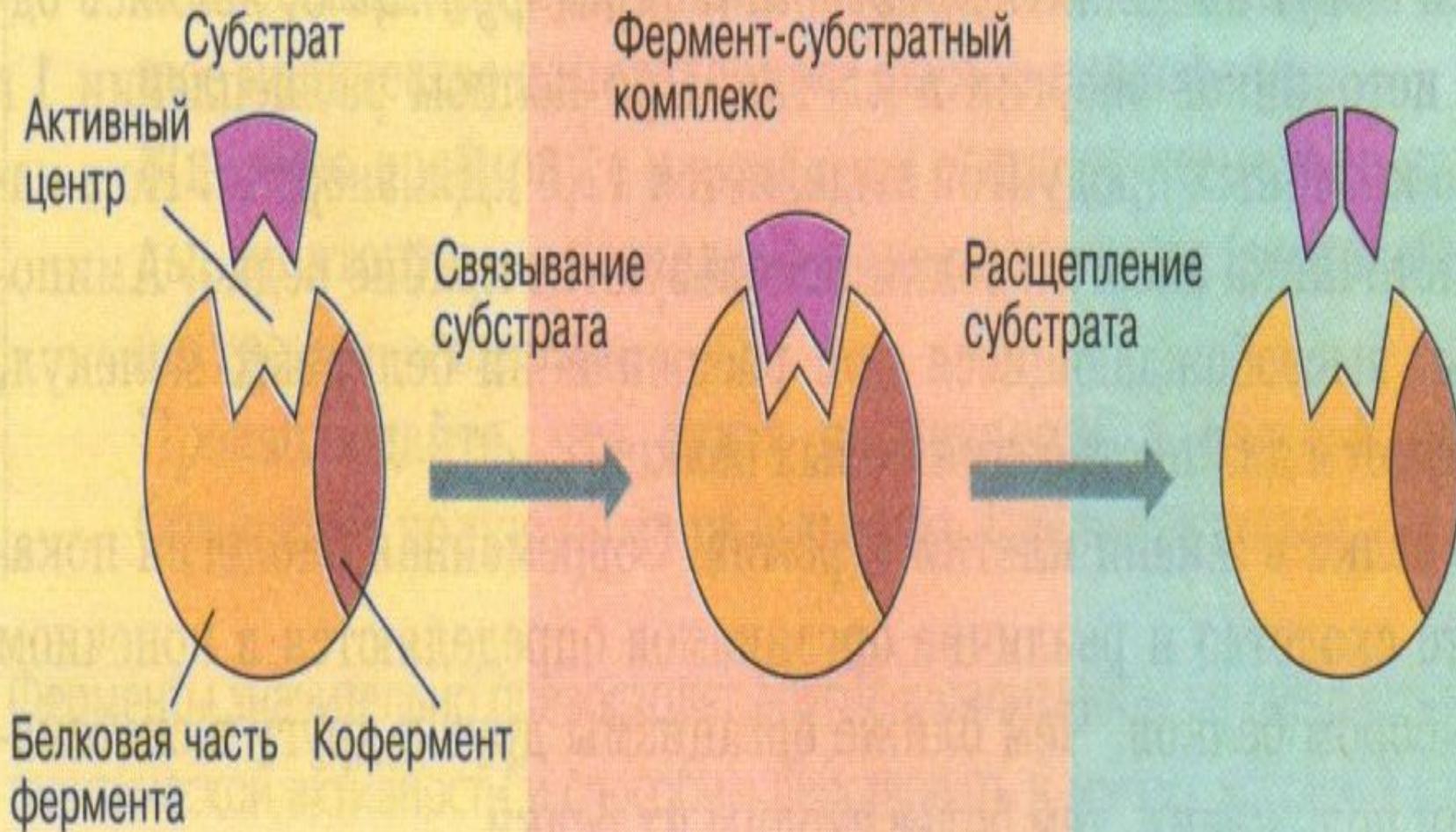
# Принцип действия ферментов

Фермент и субстрат должны подходить друг к другу «как ключ к замку»

Субстрат- вещество  
на которое действует  
фермент



# Образование комплекса фермент - субстрат

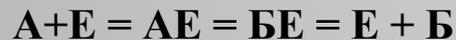


# Механизм действия ферментов

**Акт катализа складывается из трех последовательных этапов.**

- 1. Образование фермент-субстратного комплекса** при взаимодействии через активный центр.
- 2. Связывание субстрата** происходит в нескольких точках активного центра, что приводит к изменению структуры субстрата, его деформации за счет изменения энергии связей в молекуле. **Это вторая стадия и называется она активацией субстрата.** При этом происходит определенная химическая модификация субстрата и превращение его в новый продукт или продукты.
- 3. В результате** такого превращения новое вещество (продукт) утрачивает способность удерживаться в активном центре фермента и фермент-субстратный, вернее уже фермент-продуктный комплекс диссоциирует (распадается).

**Виды каталитических реакций:**



где **E** - энзим, **A** и **B** - субстраты, либо продукты реакции.

# Механизм действия ферментов

1. Внедрение молекулы субстрата S по активному центру фермента

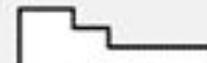


2. Образование фермент-субстратного комплекса (здесь происходит перестройка молекул, приводящая к образованию новых продуктов)



3. Выделение продуктов A и B реакции и освобождение активного центра фермента

продукт А



продукт В



# **Ферменты или энзимы обозначают буквой E**

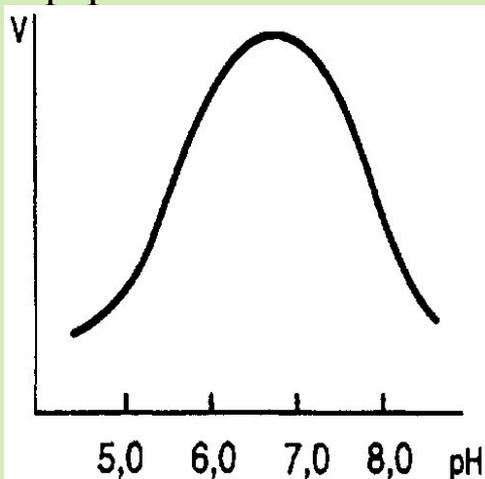
**Ферменты обладают свойствами белков, но имеют и особенности:**

- 1. Зависимость от pH**
- 2. Зависимость от температуры**
- 3. Высокая специфичность действия**
- 4. Способностью к регуляции – т.е. могут подвергаться влиянию активаторов или ингибиторов**

# Свойства ферментов

## 1. Зависимость от pH

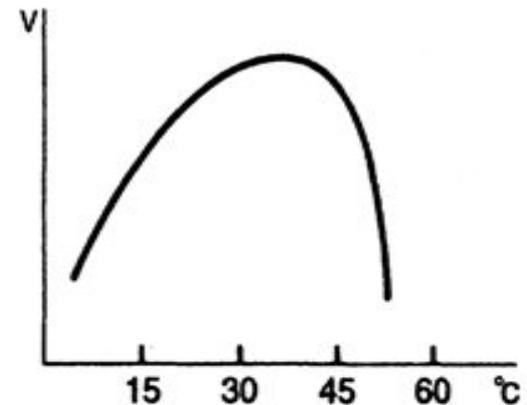
1. Оптимум pH для большинства энзимов 6,0-8,0. Это значение pH при котором фермент проявляет максимальную активность.
2. Ионы водорода могут изменять степень ионизации субстрата, продукта и фермента.



Зависимость скорости ферментативной реакции от pH.

## 2. Зависимость от температуры

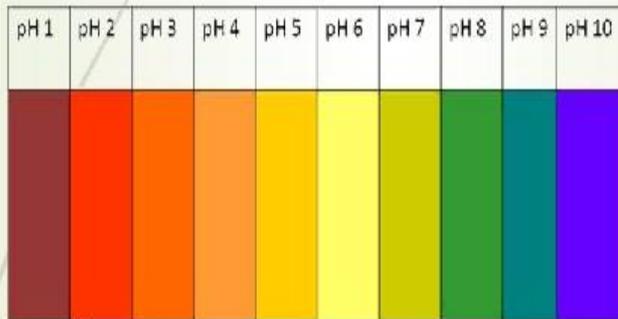
1. Оптимум температуры для большинства энзимов 38-40С, при 41-42С происходит тепловая денатурация.
2. При повышении  $t$  на 10С, скорость ферментативной реакции увеличивается в 2 раза.



Зависимость скорости ферментативной реакции от температуры

# Водородный показатель pH

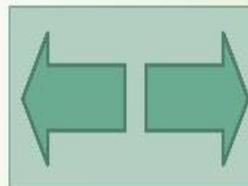
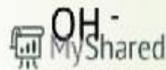
## Индикатор универсальный



кислота

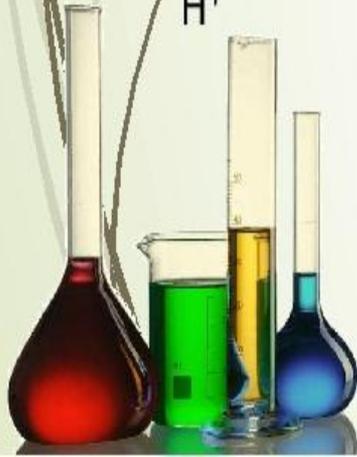


щелочь



Велика роль водородного показателя в самых различных явлениях и процессах – в природе, в технике. Многие процессы протекают только при определённой реакции среды. Например: от реакции почвы зависит нормальное развитие различных культур в сельском хозяйстве. Во внутренней среде живых организмов важно постоянство pH:

Биологический раствор	pH	Среда
Желудочный сок	1,7	сильнокислотная
Кровь	7,4	слабощелочная
Слёзы	6,9	близка к нейтральной
Желчь	8	слабощелочная



## Свойства ферментов

### 3. Высокая специфичность действия

Специфичность действия определяется структурой активного центра фермента и заключается в том, что каждый фермент катализирует превращение одного субстрата или группы субстратов, сходных по своей структуре.

## Свойства ферментов

Различают несколько видов специфичности.

- **Стереохимическая субстратная**

- **специфичность** - фермент катализирует превращение только одного стереоизомера субстрата. Например, фумаратгидратаза катализирует присоединение молекулы воды к кратной связи фумаровой кислоты, но не к ее стереоизомеру - малеиновой кислоте.

- **Абсолютная субстратная специфичность** - фермент катализирует превращение только одного субстрата. Например, уреаза катализирует гидролиз только мочевины.

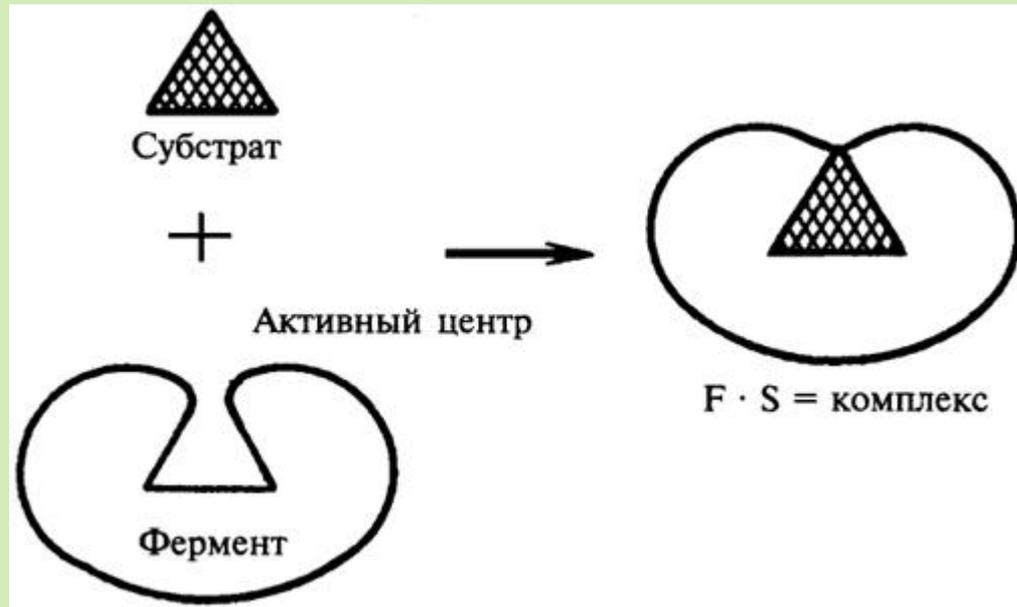
- **Групповая субстратная специфичность** - фермент катализирует превращение группы субстратов сходной химической структуры. Например, алкогольдегидрогеназа катализирует превращение этанола и других алифатических спиртов, но с разной скоростью.

## Свойства ферментов

### 4. Способностью к регуляции

**Влияние на активность ферментов активаторов и ингибиторов.** К числу факторов, повышающих активность ферментов, относятся катионы металлов и некоторые анионы. Чаще всего активаторами ферментов являются катионы  $Mg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $K^+$  и  $Co^{2+}$ , а из анионов -  $Cl^-$ . Катионы действуют на ферменты по-разному. В одних случаях они облегчают образование фермент-субстратного комплекса, в других - способствуют присоединению кофермента к апоферменту, либо присоединяются к аллостерическому центру фермента и изменяют его третичную структуру, в результате чего субстратный и каталитический центры приобретают наиболее выгодную для осуществления катализа конфигурацию.

Ингибиторы тормозят действие ферментов.  
Ингибиторами могут быть как эндогенные, так и экзогенные вещества. Механизмы ингибирующего действия различных химических соединений разнообразны.



# Распределение ферментов в организме

Ферменты, участвующие в синтезе белков, нуклеиновых кислот и ферменты энергетического обмена присутствуют во всех клетках организма. Но клетки, которые выполняют специальные функции содержат и специальные ферменты.

Так клетки островков Лангерганса в поджелудочной железе содержат ферменты, катализирующие синтез гормонов инсулина и глюкагона. Ферменты, свойственные только клеткам определенных органов называют органоспецифическими: аргиназа и урокиназа - печень, кислая фосфатаза - простата. По изменению концентрации таких ферментов в крови судят о наличии патологий в данных органах.

В клетке отдельные ферменты распределены по всей цитоплазме, другие встроены в мембраны митохондрий и эндоплазматического ретикулума, такие ферменты образуют **компартменты**, в которых происходят определенные, тесно связанные между собой этапы метаболизма.

Многие ферменты образуются в клетках и секретируются в анатомические полости в неактивном состоянии - это проферменты.

Существуют также **изоферменты** - ферменты, отличающиеся по молекулярной структуре, но выполняющие одинаковую функцию.

# Применение ферментов

Ферменты получили широкое применение в легкой, пищевой и химической промышленности, а также в медицинской практике.

1. В пищевой промышленности ферменты используют при приготовлении безалкогольных напитков, сыров, консервов, колбас, копченостей.
2. В животноводстве ферменты используют при приготовлении кормов.
3. Ферменты используют при изготовлении фотоматериалов.
4. Ферменты используют при обработке овса и конопли.
5. Ферменты используют для смягчения кожи в кожевенной промышленности.
6. Ферменты входят в состав стиральных порошков, зубных паст.
7. В медицине ферменты имеют диагностическое значение – определение отдельных ферментов в клетке помогает распознаванию природы заболевания (например вирусный гепатит – по активности фермента в плазме крови) их используют для замещения недостающего фермента в организме.

# Закрепление нового материала

## Тесты «Ферменты»

### 1. Ферменты являются:

- А) регуляторами;
- Б) катализаторами;
- В) активаторами субстратов;
- Г) переносчиками веществ через мембрану;
- Д) медиаторами нервного импульса.

### 2. Ферменты могут состоять только из:

- А) белка;
- Б) белка и небелковой части;
- В) нуклеотидов;
- Г) низкомолекулярных азотсодержащих органических веществ;
- Д) липидов и углеводов.

### 3. Кофермент – это:

- А) легкоотделяющаяся белковая часть сложного фермента;
- Б) неотделяющаяся небелковая часть сложного фермента;
- В) белковая часть сложного фермента;
- Г) небелковая часть простого фермента;
- Д) непрочносвязанная небелковая часть сложного фермента.

**4. Простетическая группа – это:**

- А) белковая часть сложного фермента;
- Б) стабилизатор структуры фермента;
- В) активатор сложного фермента;
- Г) прочносвязанная с ферментом небелковая часть;
- Д) часть фермента, образующая каталитический центр.

**5. Как называется небелковая часть сложного фермента, отвечающая за катализ?**

- А) Кофермент;
- Б) Апофермент.

**6. К какому классу относятся ферменты, катализирующие реакции переноса функциональных групп и молекулярных остатков с одной молекулы на другую?**

- А) Гидролазы;
- Б) Трансферазы;
- В) Оксидоредуктазы;
- Г) Изомеразы.



**7. Как называется центр фермента, в котором происходит присоединение субстрата?**

- А) Каталитический;
- Б) аллостерический;
- В) субстратный;
- Г) активный.

**8. Ферменты, катализирующие расщепление химических связей без присоединения воды, относятся к классу:**

- А) трансфераз;
- Б) лигаз;
- В) лиаз;
- Г) гидролаз;
- Д) изомераз.

9. Согласно классификации ферменты подразделяют на:

- А) 5 групп;
- Б) подгруппы;
- В) 6 групп;
- Г) подклассы.

**10. Как называется центр фермента, отвечающий за катализ?**

- А) Каталитический;
- Б) Аллостерический;
- В) Субстратный;
- Г) Активный.

# Домашнее задание

1. Презентация по теме «Области применения ферментов»