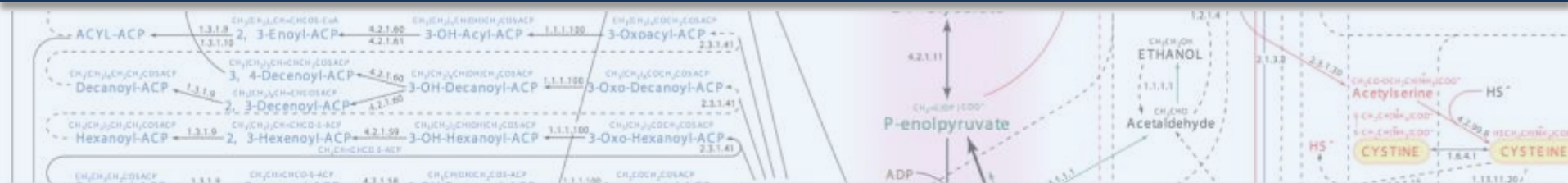


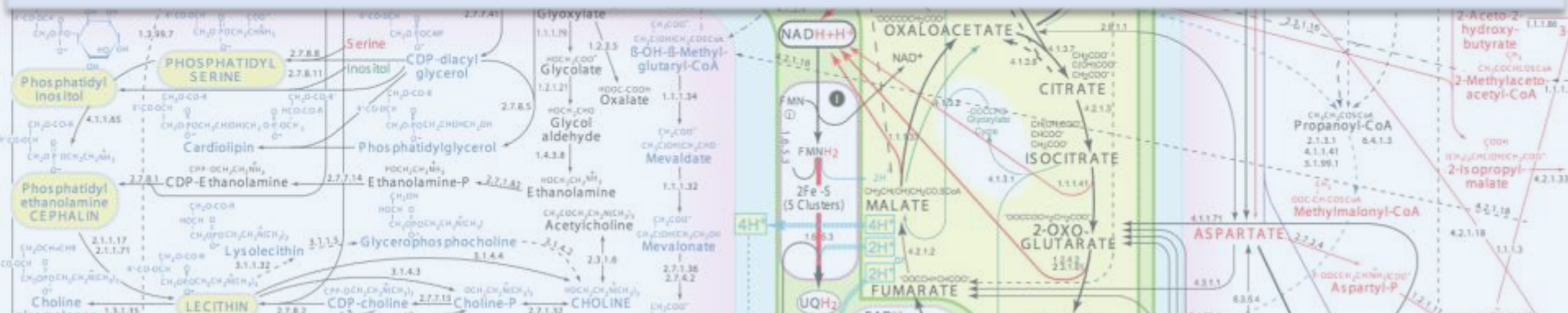
# «ЭНЗИМОЛОГИЯ»

Курс лекций кафедры фундаментальной медицины и биологии ВолгГМУ  
для студентов медико-биологического факультета



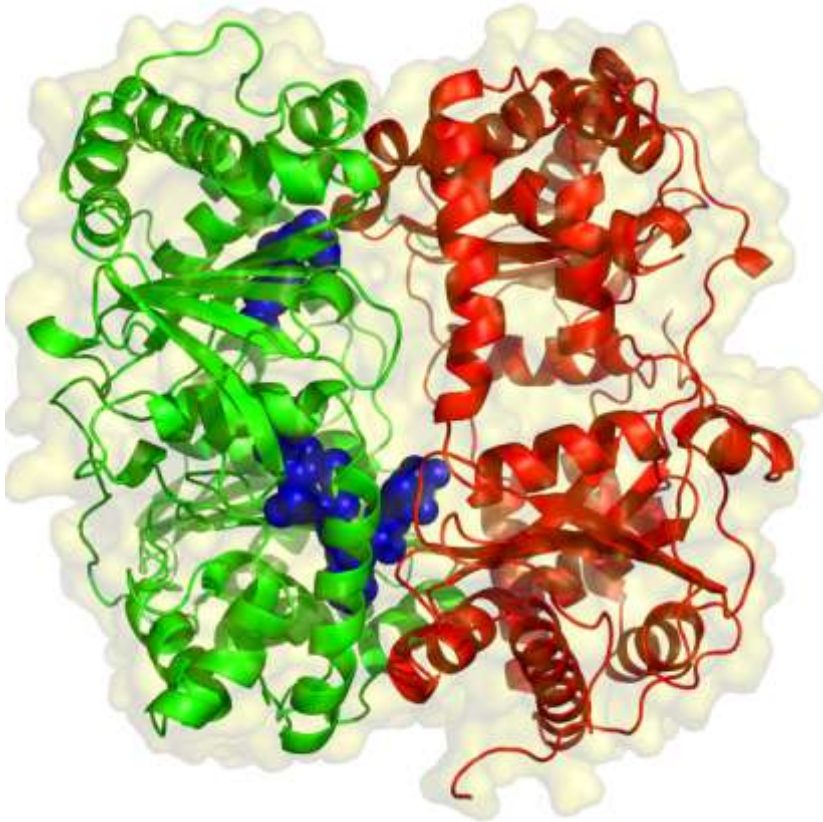
Тема лекции:

**«Ферменты. Определение, номенклатура, классификация».**



# Ферменты

Ферменты – вещества белковой природы, действующие как специфические высокоэффективные катализаторы химических реакций, протекающих в живых организмах.



Энзимы –  
высокоэффективные  
катализаторы,  
способные увеличивать  
скорость реакций  
в  $10^8$ - $10^{20}$  раз.

# Классификация ферментов

## По типу структурной организации

1. Ферменты, образованные одной полипептидной цепью (например, лизоцим).
2. Ферменты, образованные несколькими полипептидными цепями и соединенные дисульфидными мостиками (например, химотрипсин).
3. Олигомерные ферменты, образованные несколькими идентичными (например, фосфорилаза) или различными субъединицами (например, аспартат-карбамоилтрансфераза), связанные нековалентными связями.

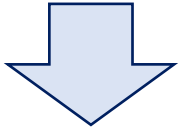
# Классификация ферментов

## По типу структурной организации

4. Полифункциональные ферментные ансамбли, где одна полипептидная цепь образует активные центры нескольких функционально связанных ферментов (например, первые три фермента пути биосинтеза пиримидинов – карбамоилфосфатсинтетаза, аспартаткарбамоилтрансфераза и дигидрооротаза образованы одной полипептидной цепью с мол. м. 2150 кДа).
5. Полиферментные комплексы, состоящие из нескольких индивидуальных ферментов, которые, как правило, взаимосвязаны и катализируют серию последовательных реакций (например, пируватдегидрогеназный комплекс включает три фермента: пируватдегидрогеназный компонент, дигидролипоилтрансацилазу и дигидролипоилдегидрогеназу).

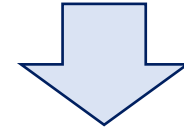
# Классификация ферментов

## По типу структурной организации



### Простые

Простые ферменты представлены полипептидными цепями и при гидролизе распадаются на аминокислоты (пепсин, трипсин, лизоцим).



### Сложные

Сложные ферменты для своей каталитической активности нуждаются в каком-либо небелковом компоненте – кофакторе.

# Сложные ферменты

## Кофакторы

- Кофакторы могут иметь различную химическую природу и различаются по прочности связи с полипептидной цепью. В качестве кофакторов могут выступать ионы металлов или сложные органические молекулы, последние называются **коферментами**.
- Некоторые ферменты содержат как кофермент, так и ионы металлов.
- Если кофермент прочно связан с белком, то такой кофермент называют **простетической группой**.
- В других случаях кофермент образует с белком диссоциирующий комплекс, такой активный комплекс называется **холоферментом**, а белковая часть – **апоферментом**.
- Примерами таких комплексов являются пиродоксальфосфат, участвующий в различных превращениях аминокислот, никотинамидадениндинуклеотид – переносчик водорода.

# Сложные ферменты

## Коферменты

Коферменты, участвующие в переносе групп, кроме атомов водорода:

- сахарофосфаты,
- CoA·SH,
- тиаминпирофосфат,
- пиридоксальфосфат,
- фолианые коферменты,
- биотин,
- кобамидные коферменты (B<sub>12</sub>-коферменты),
- липоевая кислота.

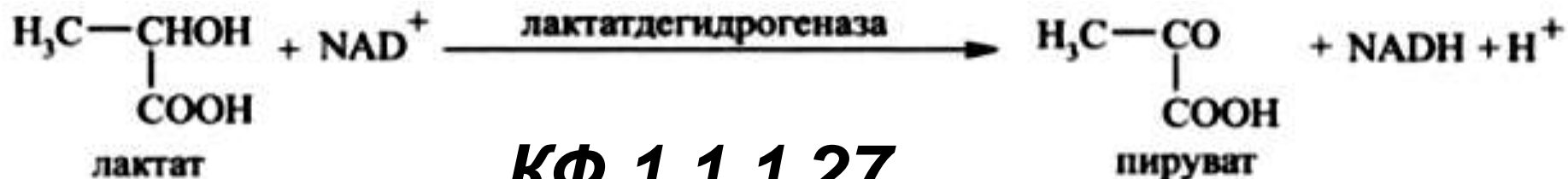
Коферменты, участвующие в переносе атомов водорода или электронов:

- NAD<sup>+</sup>, NADP<sup>+</sup>,
- FMN, FAD,
- липоевая кислота,
- кофермент Q.

К числу реакций, требующих присутствия коферментов, относятся окислительно-восстановительные реакции, реакции переноса групп и изомеризации, а также реакции конденсации (это классы 1, 2, 5, 6 по системе IUB)



# Номенклатура ферментов



**КФ 1.1.1.27**

Класс

Подподкласс

Подкласс

Номер фермента в  
данном подподклассе

International Union of Biochemistry, IUB

класс 1 - оксидоредуктазы; подкласс 1.1 - донор электрона (группа -CH-OH); подподкласс 1.1.1 (акцептор - NAD\*).



# Номенклатура ферментов



## Тривиальное

название субстрата, тип катализируемой реакции и окончание *-аза*.

Лактат + дегидрогенизация (процесс отщепления H<sup>+</sup>) + *-аза*  
 = *лактатдегидрогеназа*.

## Систематическое

название субстратов химической реакции, на которые действует фермент, названия типа катализируемого химического превращения и окончания *-аза*

*L-лактат: NAD<sup>+</sup> - оксидоредуктаза*

# Классификация ферментов

## 1. Оксидоредуктазы

- Ферменты, катализирующие окислительно-восстановительные реакции.
- Субстрат, подвергающийся окислению оксидоредуктазами, рассматривается как донор водорода. Поэтому ферменты этого класса называют дегидрогеназами или, реже, редуктазами.
- Систематическое название складывается из названия восстановителя (донора электронов), окислителя (акцептора электронов) и названия класса.

# Классификация ферментов

## 1. Оксидоредуктазы

**КФ 1.1** ферменты, взаимодействующие с СН—ОН группой доноров;

**КФ 1.2** ферменты, взаимодействующие с альдегидной или оксо-группой доноров;

**КФ 1.3** ферменты, взаимодействующие с СН—СН группой доноров;

**КФ 1.4** ферменты, взаимодействующие с СН—NH<sub>2</sub> группой доноров;

**КФ 1.5** ферменты, взаимодействующие с СН—NH группой доноров;

**КФ 1.6** ферменты, взаимодействующие с НАД · Н или НАДФ · Н;

**КФ 1.7** ферменты, взаимодействующие с другими азотосодержащими соединениями в качестве доноров;

**КФ 1.8** ферменты, взаимодействующие с серосодержащей группой доноров;

**КФ 1.9** ферменты, взаимодействующие с гемовой группой доноров;

**КФ 1.10** ферменты, взаимодействующие с дифенолами и родственными соединениями в качестве доноров;

**КФ 1.11** ферменты, взаимодействующие с пероксидом в качестве акцептора (пероксидазы);

# Классификация ферментов

## 1. Оксидоредуктазы

- КФ 1.12** ферменты, взаимодействующие с водородом в качестве донора;
- КФ 1.13** ферменты, взаимодействующие с одиночными донорами со встраиванием молекулярного кислорода (оксигеназы);
- КФ 1.14** ферменты, взаимодействующие с парными донорами со встраиванием молекулярного кислорода;
- КФ 1.15** ферменты, взаимодействующие с супероксид-радикалами в качестве акцепторов;
- КФ 1.16** ферменты, окисляющие ионы металлов;
- КФ 1.17** ферменты, взаимодействующие с СН или СН<sub>2</sub> группами;
- КФ 1.18** ферменты, взаимодействующие с железосерными белками в качестве доноров;
- КФ 1.19** ферменты, взаимодействующие с восстановленным флавооксином в качестве донора;
- КФ 1.20** ферменты, взаимодействующие с фосфором или мышьяком в качестве донора;
- КФ 1.21** ферменты, взаимодействующие с молекулами вида Х—Н и Y—Н с образованием связи Х—Y;

# Классификация ферментов

## 2. Трансферазы

катализируют реакции переноса различных групп от одного субстрата (донор) к другому (акцептор), не являющиеся гидролизом.

**КФ 2.1** — ферменты, переносящие одноуглеродные группы;

**КФ 2.2** — переносящие альдегидные и кетонные группы;

**КФ 2.3** — переносящие ацильные остатки (ацилтрансферазы);

**КФ 2.4** — переносящие остатки сахаров (гликозилтрансферазы);

**КФ 2.5** — переносящие алкильные и арильные группы за исключением метильного остатка;

**КФ 2.6** — переносящие группы атомов, содержащие азот;

**КФ 2.7** — переносящие фосфор-содержащие остатки;

**КФ 2.8** — переносящие группы, содержащие серу;

**КФ 2.9** — переносящие группы, содержащие селен.

# Классификация ферментов

## 3. Гидролазы

### Класс ферментов, катализирующих гидролиз ковалентной связи

Подкласс	Гидролизуемая связь
КФ 3.1	сложноэфирная связь
КФ 3.2	сахара
КФ 3.3	простая эфирная связь
КФ 3.4	пептидная связь
КФ 3.5	непептидная углерод-азотная связь
КФ 3.6	кислотный ангидрид
КФ 3.7	углерод-углеродная связь (C-C)
КФ 3.8	галогенная связь
КФ 3.9	азотно-фосфорная связь (P-N)
КФ 3.10	азотно-серная связь (S-N)
КФ 3.11	углеродно-фосфорная связь (C-P)
КФ 3.12	дисульфидная связь (S-S)
КФ 3.13	серо-углеродная связь (C-S)

# Классификация ферментов

## 4. Лиазы

класс ферментов, катализирующих реакции негидролитического и неокислительного разрыва различных химических связей (C—C, C—O, C—N, C—S и других) субстрата, обратимые реакции образования и разрыва двойных связей, сопровождающиеся отщеплением или присоединением групп атомов по её месту, а также образованием циклических структур.

**КФ 4.1** — ферменты, расщепляющие углерод-углеродные связи, например, декарбоксилазы (карбокси-лиазы);

**КФ 4.2** — ферменты, расщепляющие углерод-кислородные связи, например, дегидратазы;

**КФ 4.3** — ферменты, расщепляющие углерод-азотные связи (амидин-лиазы);

**КФ 4.4** — ферменты, расщепляющие углерод-серные связи;

**КФ 4.5** — включает ферменты, расщепляющие связи углерод — галоген, например, ДДТ-дегидрохлориназа;

**КФ 4.6** — ферменты, расщепляющие фосфор-кислородные связи, например, аденилатциклаза



# Классификация ферментов

## 5. Изомеразы

ферменты, катализирующие структурные превращения катализирующие структурные (рацемизация или эпимеризация).

**КФ 5.1** включает ферменты, катализирующие рацемизацию (рацемазы) и эпимеризацию (эпимеразы)

**КФ 5.2** включает ферменты, катализирующие геометрическую изомеризацию (цис-транс изомеразы)

**КФ 5.3** включает внутримолекулярные оксидоредуктазы

**КФ 5.4** включает трансферазы (мутазаы)

**КФ 5.5** включает внутримолекулярные лиазы

# Классификация ферментов

## 6. Лигазы

**фермент, катализирующий соединение двух молекул с образованием новой химической связи —лигирование. При этом обычно происходит отщепление (гидролиз) небольшой химической группы от одной из молекул.**

**КФ 6.1** лигазы, образующие связи между кислородом и углеродом

**КФ 6.2** лигазы, образующие связи между серой и углеродом

**КФ 6.3** лигазы, образующие связи между азотом и углеродом

**КФ 6.4** лигазы, образующие связи между углеродом и углеродом

**КФ 6.5** лигазы, образующие фосфодиэфирные связи

**КФ 6.6** лигазы, образующие связи между азотом и металлами