

# **Структурная организация ферментов**

## **Часть II. Коферменты и простетические группы**

# **Витамины - кофакторы**

## Водорастворимые витамины

Являются коферментами

Не влияют на мембраны

Не имеют антиоксидных свойств (кроме вит. С)

Не влияют на генетический аппарат

Не вызывают гипервитаминозов

Не имеют провитаминов

## Жирорастворимые витамины

Не образуют коферментов

Являются модуляторами биомембран

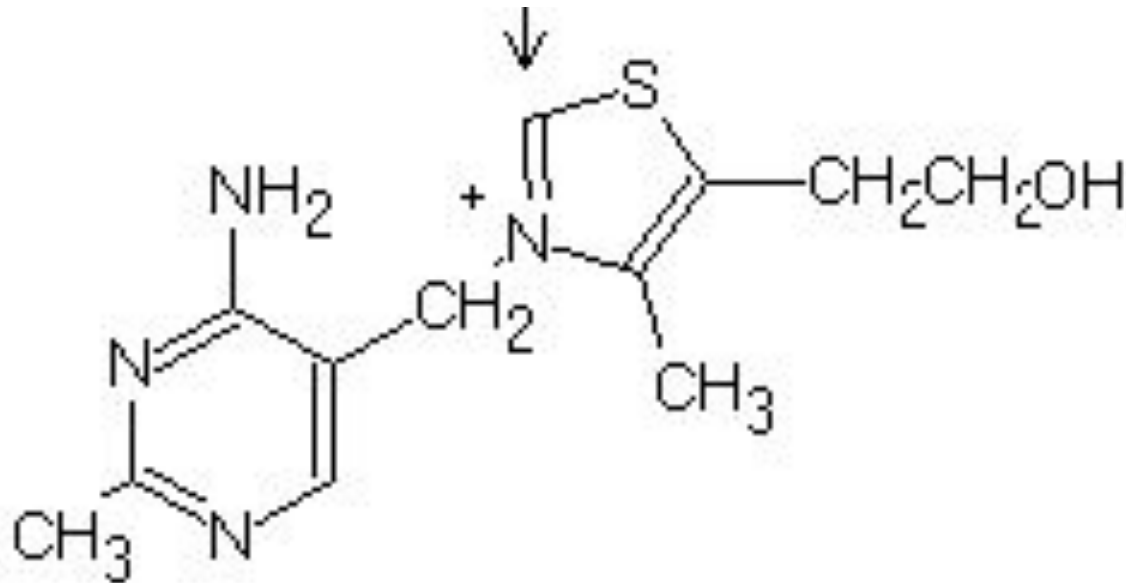
Большинство являются антиоксидантами

Вызывают экспрессию генов

Вызывают гипервитаминозы

Имеют провитамины

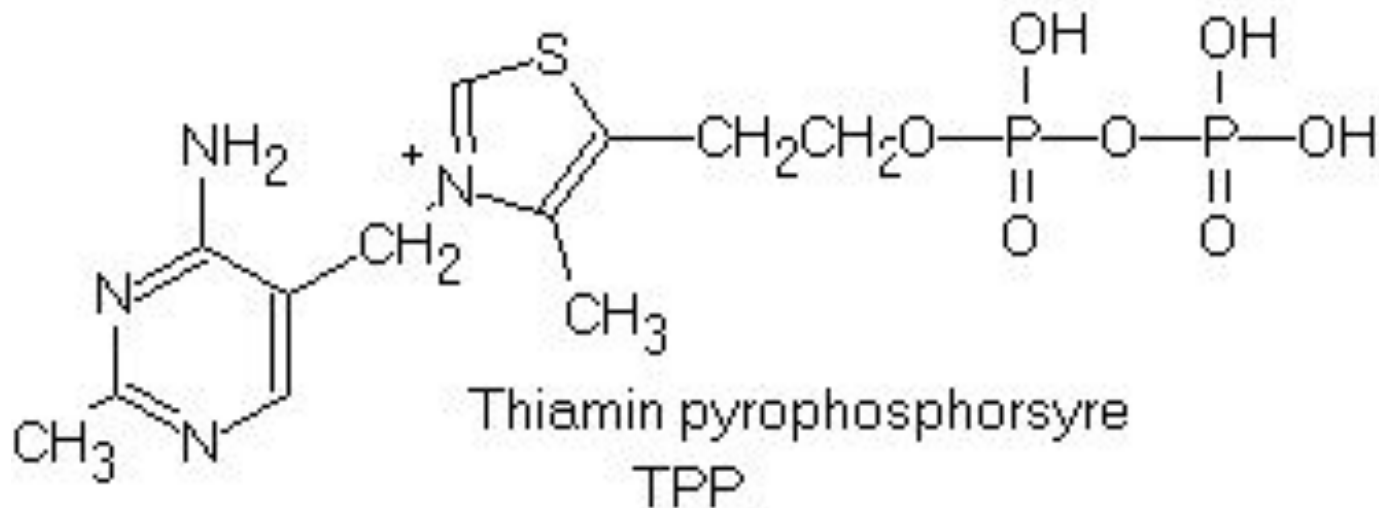
# Витамин В<sub>1</sub> (тиамин, антиневритный)



Thiamin

Состоит из двух колец – пиримидинового и  
тиазолового

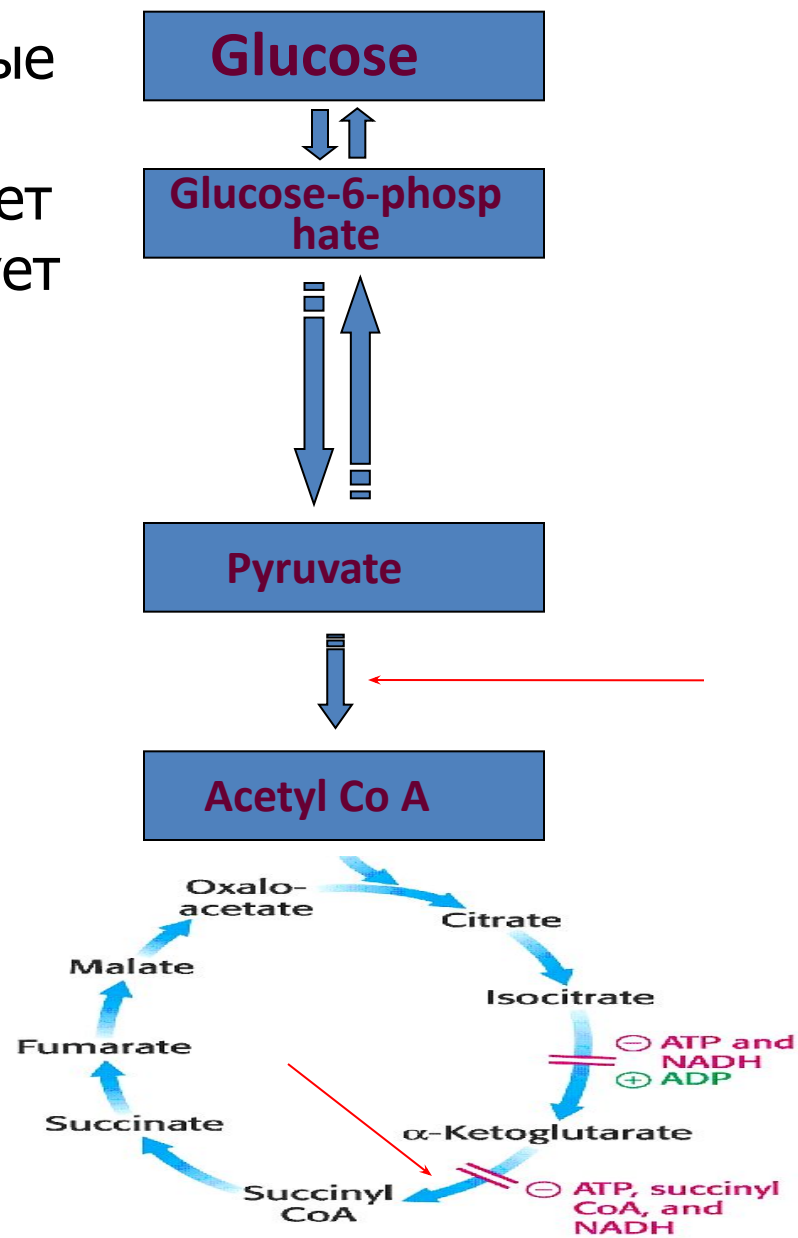
В печени фосфорилируется до ТМФ, ТДФ и ТТФ



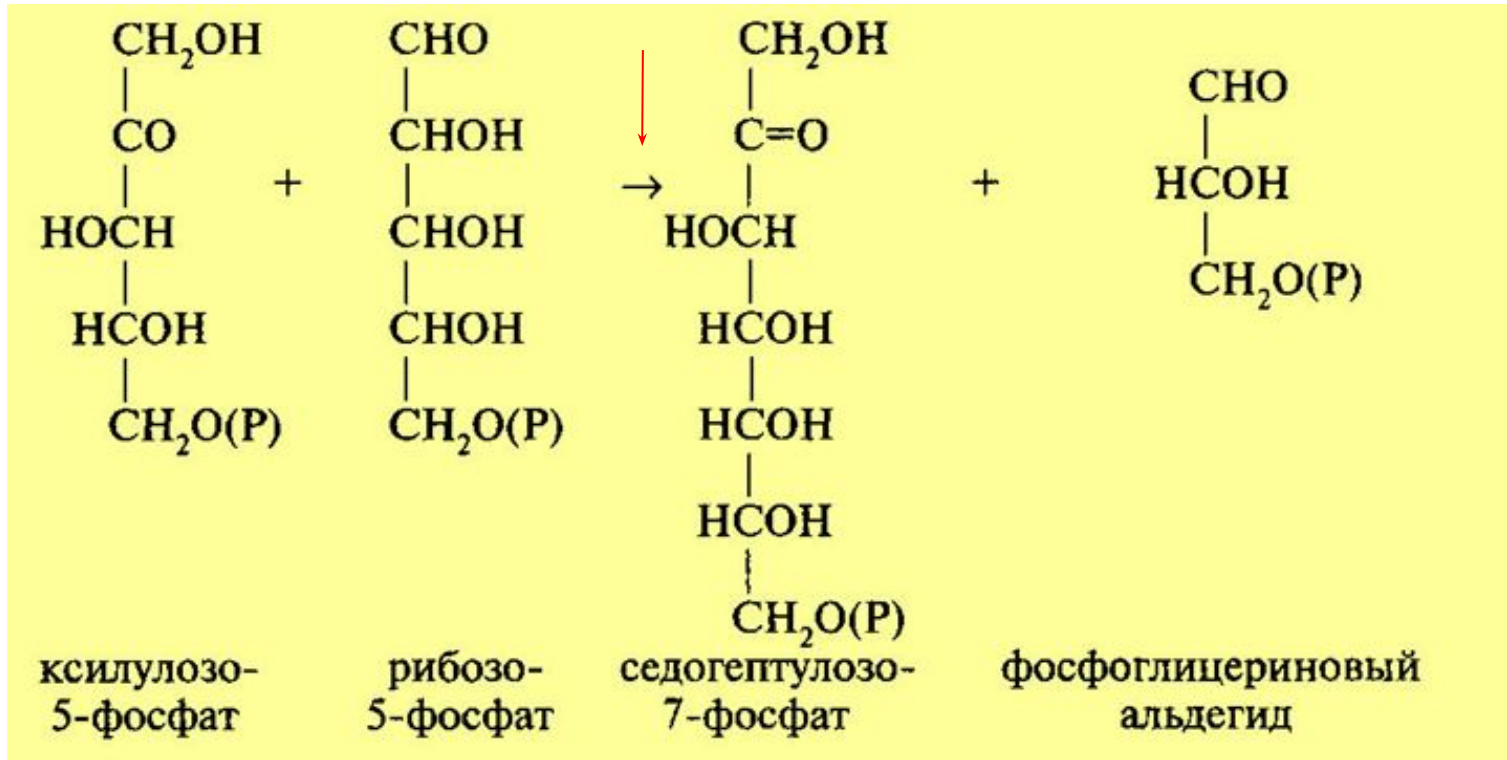
ТДФ кофермент:

- пируват- и альфа-кетоглутаратдегидрогеназ
- транскетолазы

При недостаточности тими́на нагромождаются кетокислоты, которые токсически действуют на ЦНС. Углеводы не утилизируются, возникает дефицит энергии. Организм использует липиды и белки, дистрофия. Развивается задержка роста и развития. Преобладает катаболизм.



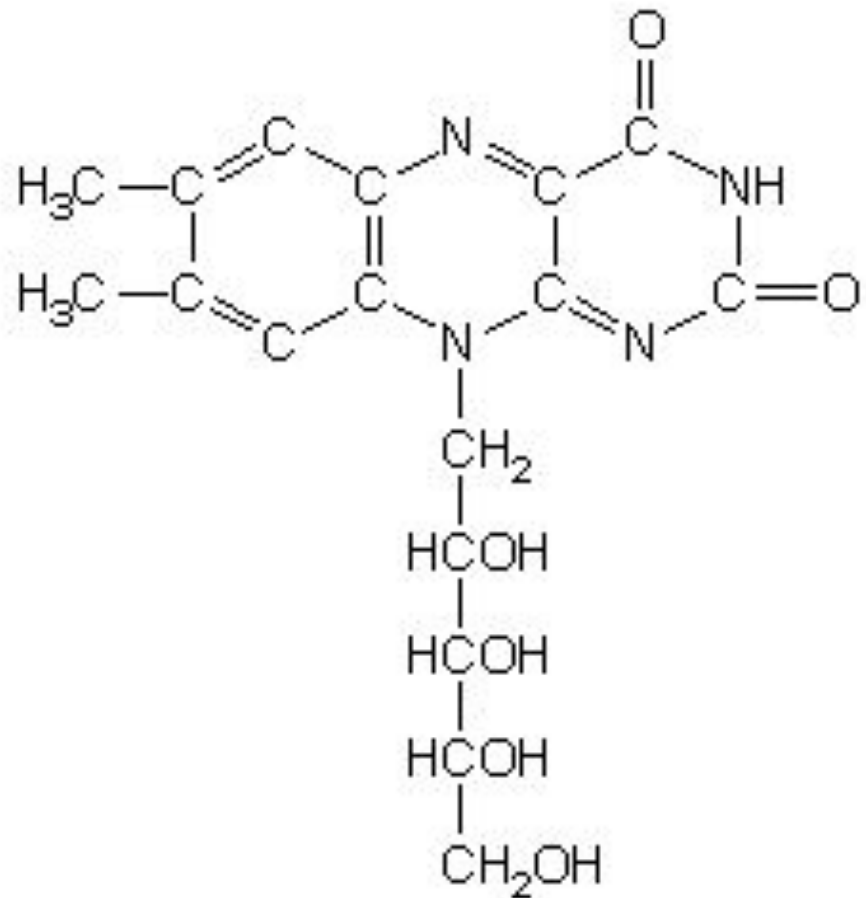
При угнетении транскетолазы тормозится пентозо-фосфатный цикл, возникает дефицит НАДФН и рибоз, нарушается синтез жирных кислот, стероидных гормонов, холестерина, нуклеиновых кислот.



# Витамин В<sub>2</sub> (рибофлавин, витамин роста)

Состоит из  
изоаллоксазина и  
спирта рибитола

Флавус - жёлтый





Образует коферменты **ФМН** и **ФАД**

Обеспечивают деятельность приблизительно  
**30 ферментов-оксидоредуктаз**

**(окислительно-восстановительные реакции)**

-дезаминирование АК (оксидазы АК)

-пируватдегидрогеназный и альфа-

кетоглутаратдегидрогеназный комплексы

-сукцинатдегидрогеназа (цикл Кребса)

-окисление жирных кислот (ацил CoA

дегидрогеназа)

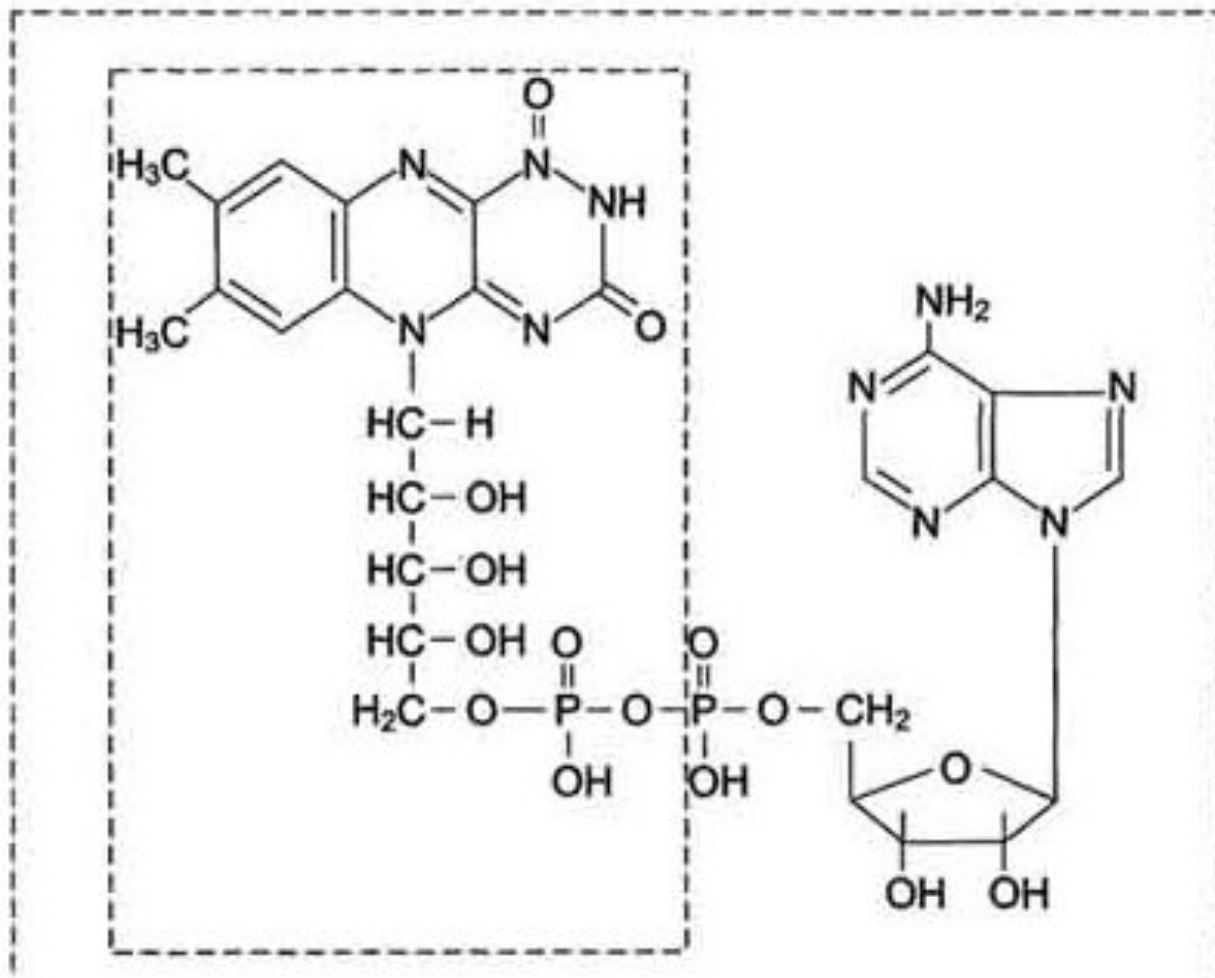
-образование мочевой кислоты

(ксантинооксидаза)

-транспорт электронов в дыхательной цепи

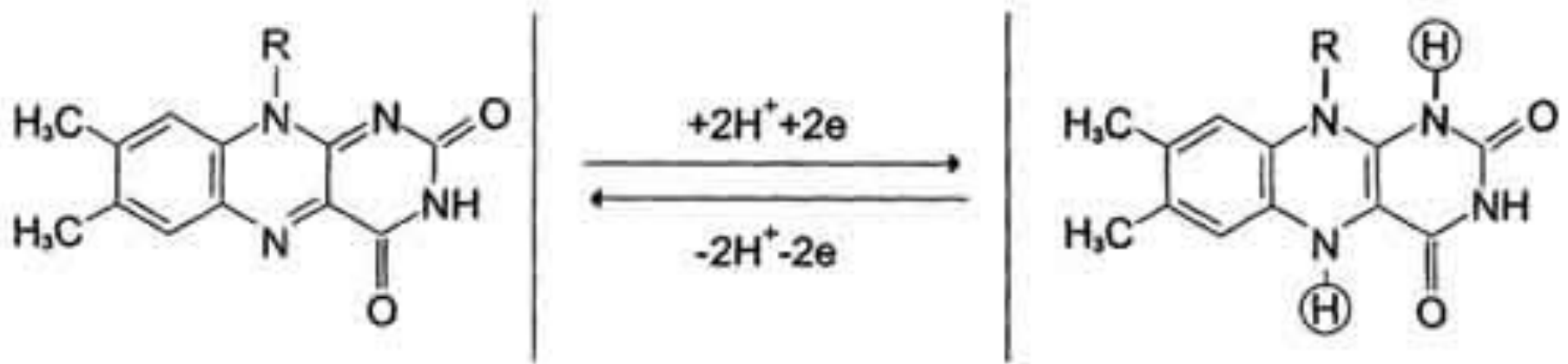
**Флавиновые дегидрогеназы** содержат в качестве коферментов FAD или FMN.

Эти коферменты образуются в организме человека из витамина B<sub>2</sub>.

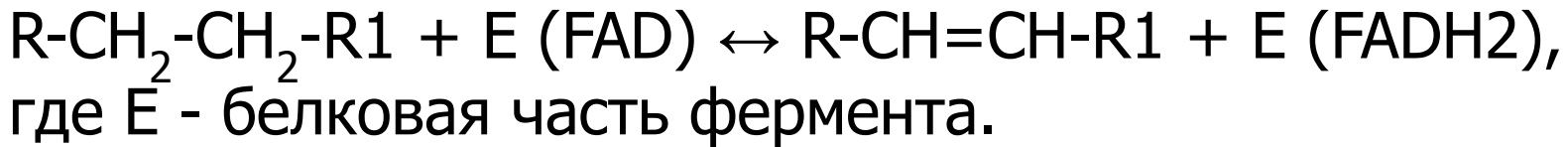


Флавиновые коферменты прочно связаны с апоферментами.

Рабочей частью FAD и FMN служит изоаллоксазиновая сопряжённая циклическая система:



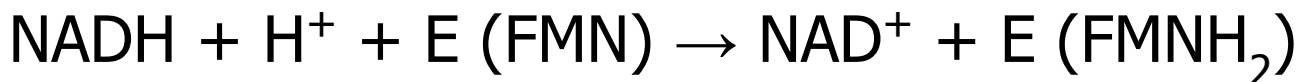
FAD служит акцептором электронов от многих субстратов в реакциях типа:



Большинство FAD-зависимых дегидрогеназ - растворимые белки, локализованные в матриксе митохондрий. Исключение составляет сукцинат-дегидрогеназа, находящаяся во внутренней мембране митохондрий.

К FMN-содержащим ферментам принадлежит **NADH-дегидрогеназа**, которая также локализована во внутренней мембране митохондрий; она окисляет NADH, образующийся в митохондриальном матриксе.

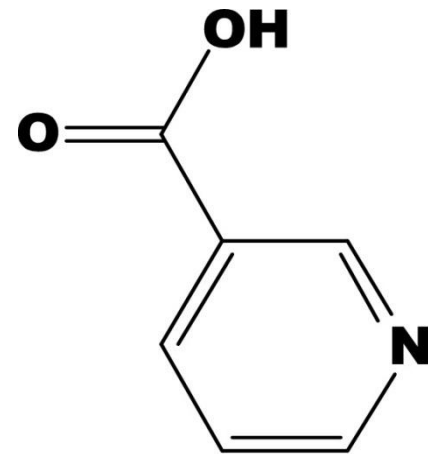
Реакция протекает по уравнению:



**Витамин В<sub>3</sub> (РР, никотиновая  
кислота, никотинамид  
(ниацин),  
противопеллагрический)**

За структурой -  
производное  
пиридина

Образуют  
коферменты  
НАД и НАДФ



Niacin

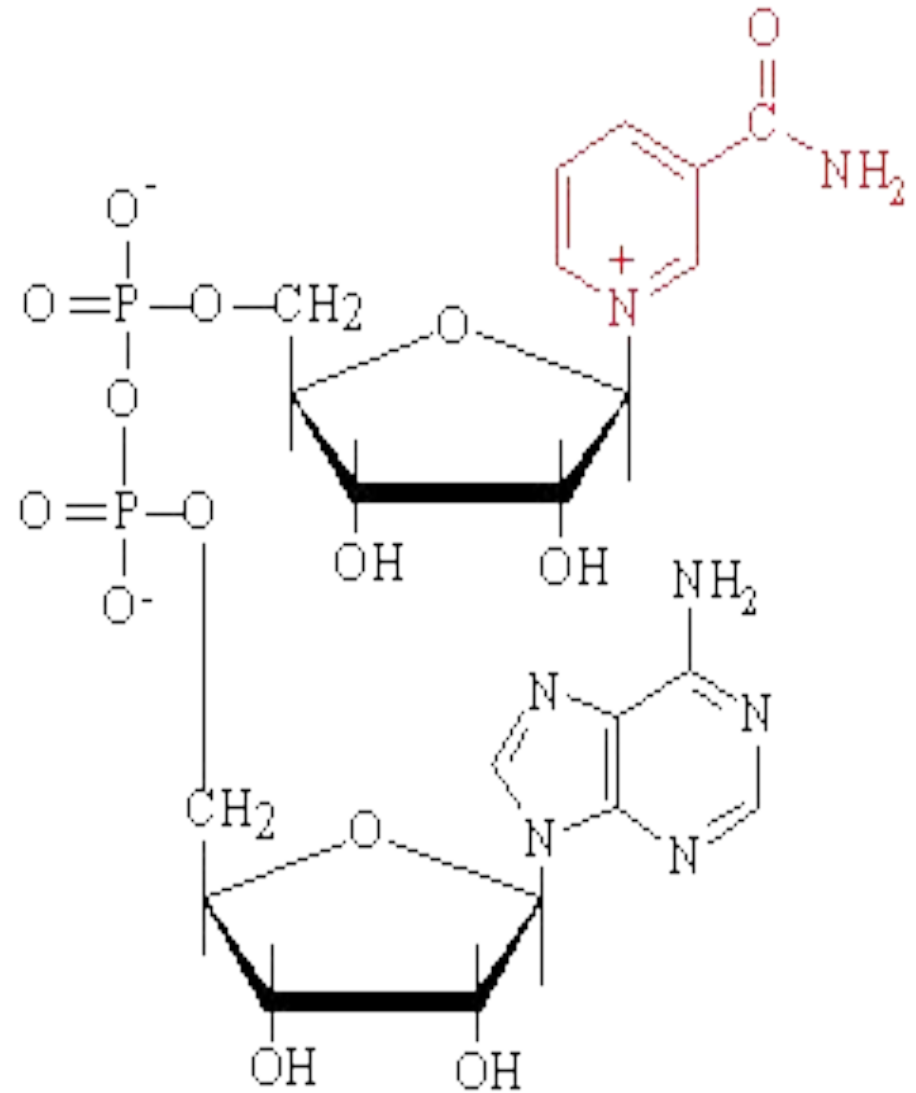
# НАД и НАДФ - коферменты многих оксидо-редуктаз

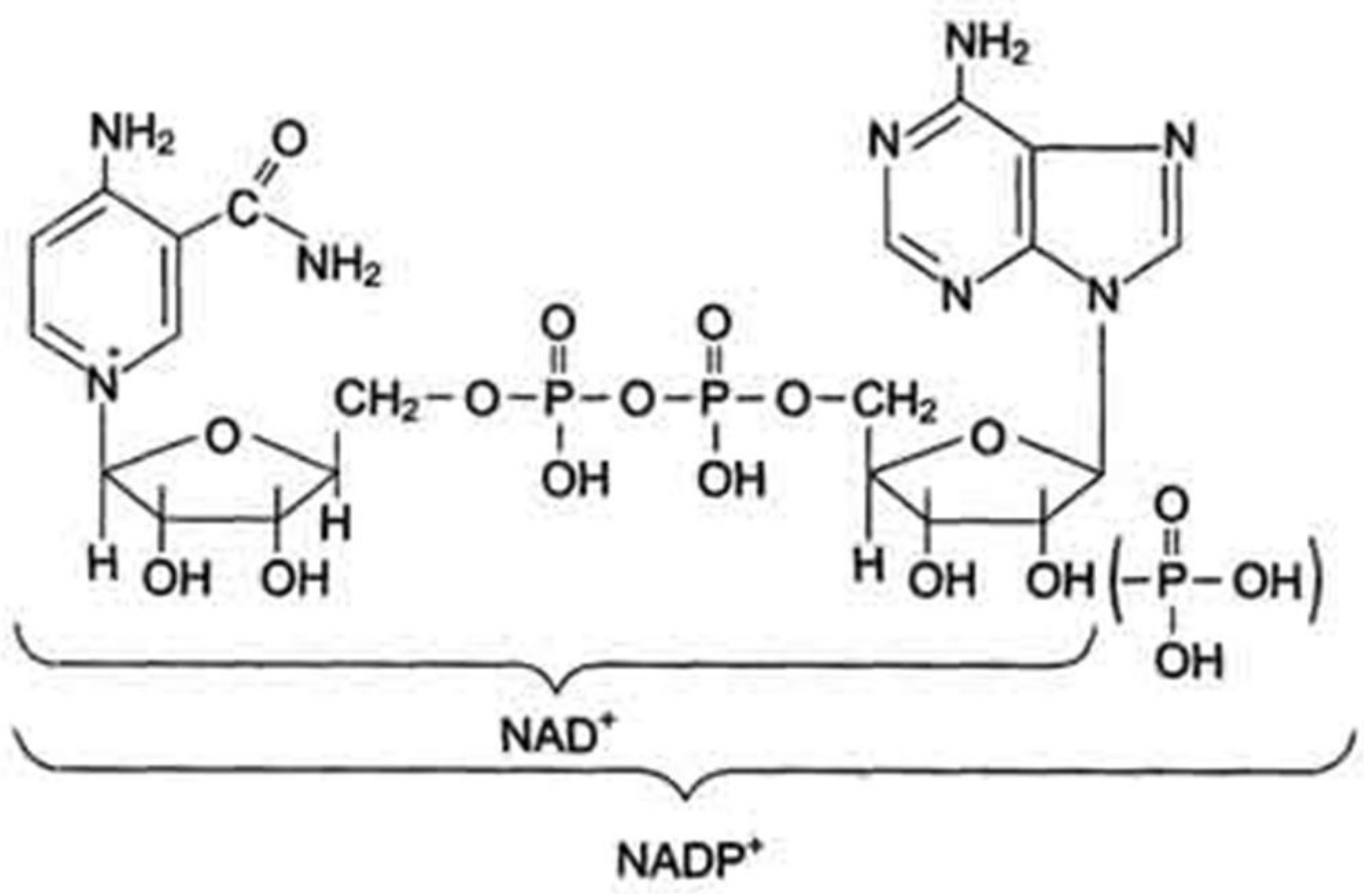
Принимают участие в:

- гликолизе
- глюконеогенезе
- ПФЦ
- окислении и синтезе ЖК
- дезаминировании АК
- цикле Кребса (3 фермента)
- дыхательной цепи
- регуляции образования нуклеиновых кислот

НАДФ принимает участие

- в: - синтезе ЖК
- синтезе холестерина

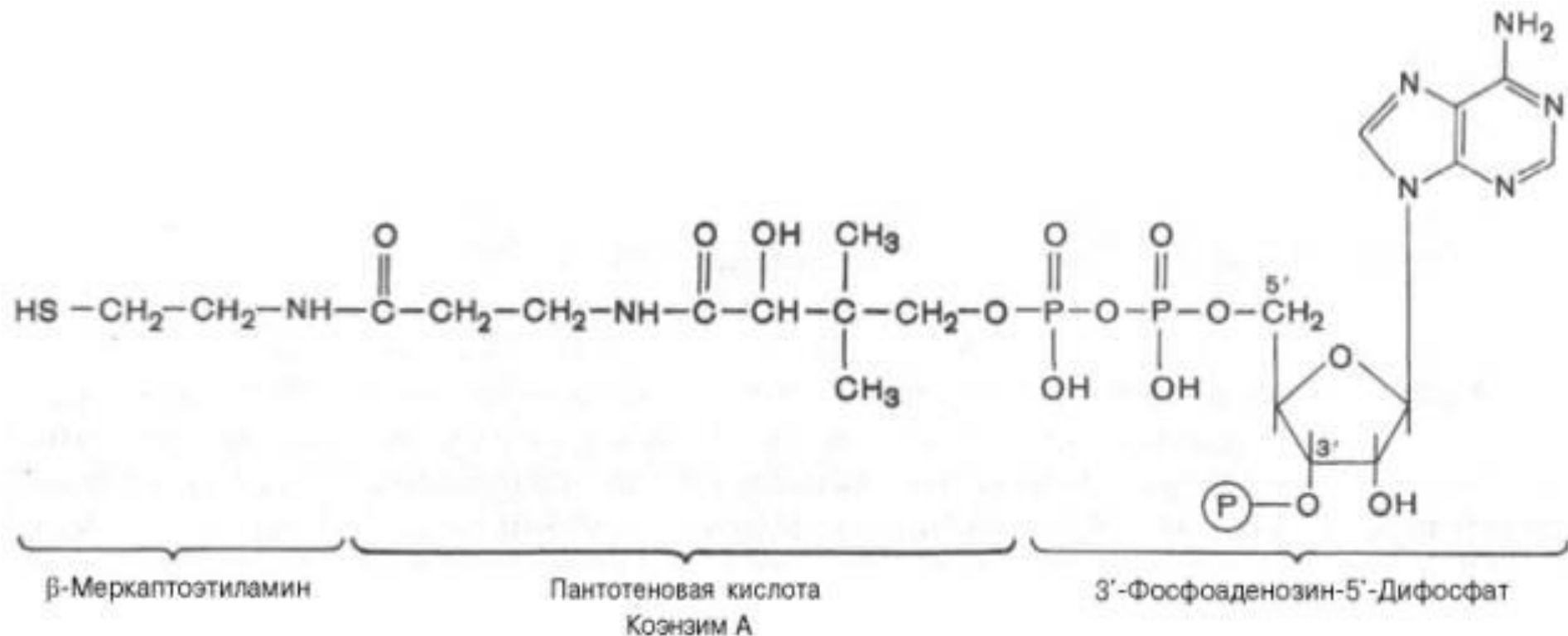




# Витамин В<sub>5</sub> (пантотеновая кислота, антидерматитный)

Коферменты:

- коэнзим А (Co-A)
- фосфопантотенат





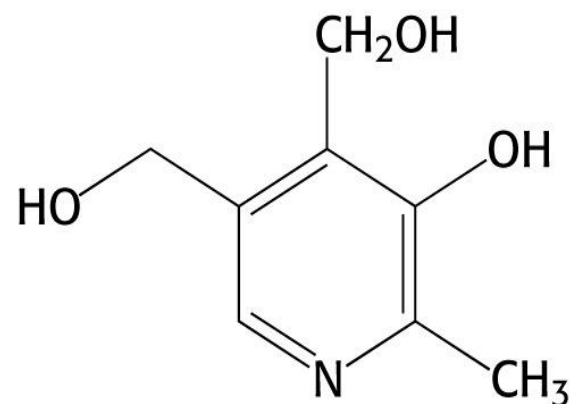
## Ферментативные процессы при участии витамина B5

- окислительное декарбоксилирование пирувата и альфа-кетоглутарата
- транспорт остатков жирных кислот
- синтез пуриновых нуклеотидов
- активация жирных кислот
- фосфопантотенат – составная часть мультиферментного комплекса – синтазы жирных кислот
- синтез холестерина, кетоновых тел

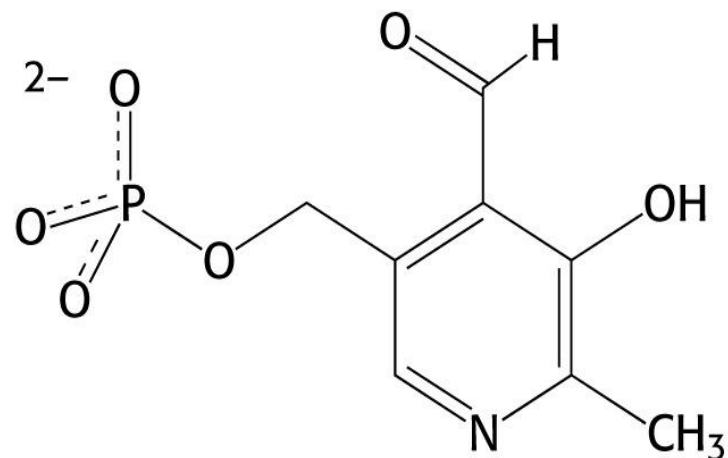
# Витамин В<sub>6</sub> (пиридоксин, антидерматитный)

В основе строения -  
пиридиновое ядро

Образуют коферменты  
пиридоксальфосфат  
(ПАЛФ) и  
пиридоксаминфосфат  
(ПАМФ)



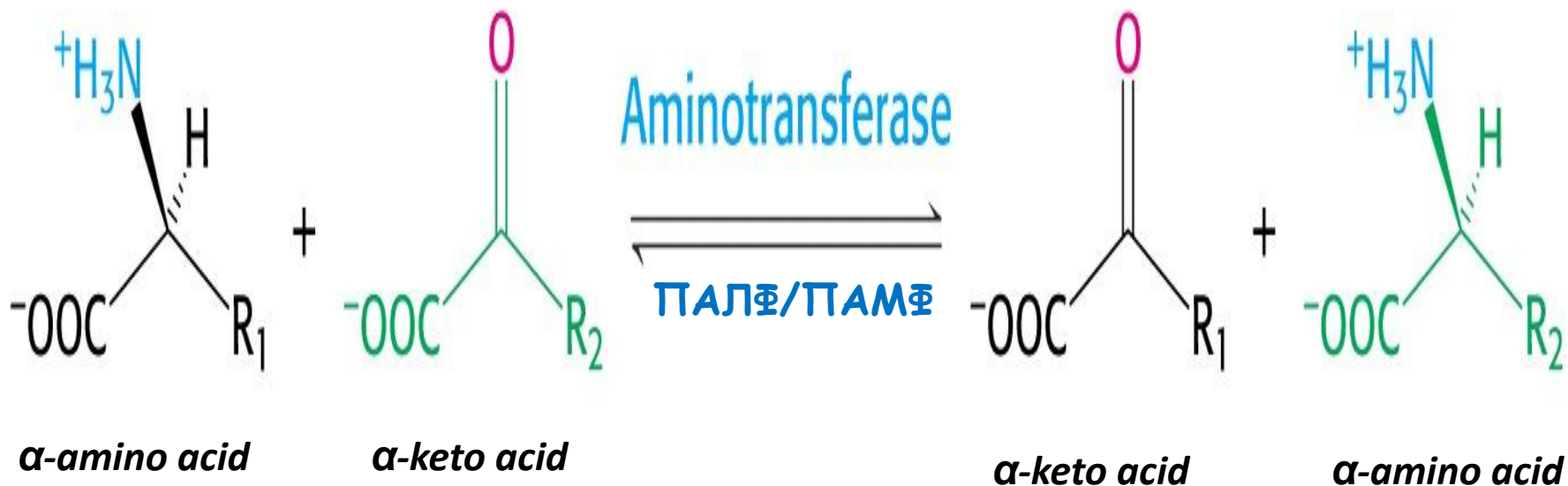
**Pyridoxine  
(Vitamin B<sub>6</sub>)**



**Pyridoxal phosphate  
(PLP)**

## ПАЛФ и ПАМФ – коферменты ферментов обмена АК:

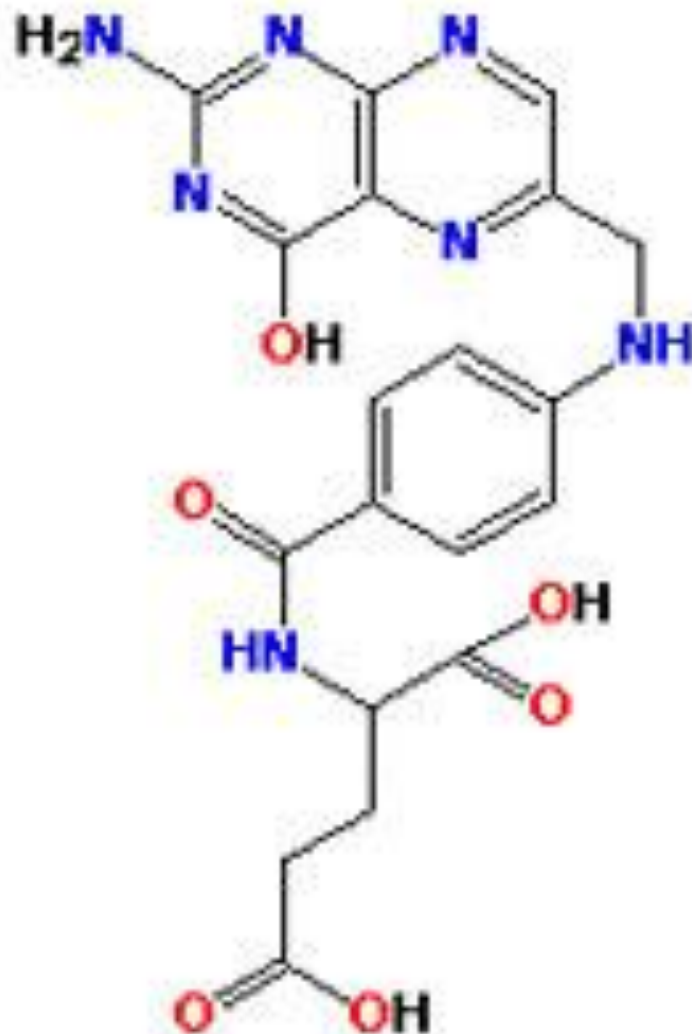
- аминотрансфераз
- декарбоксилаз
- принимают участие в окислении аминов
- синтез ГАМК

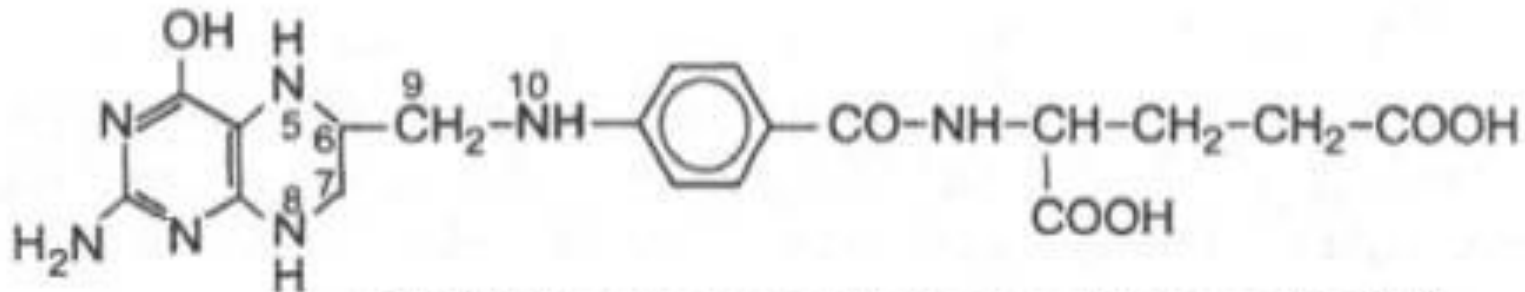
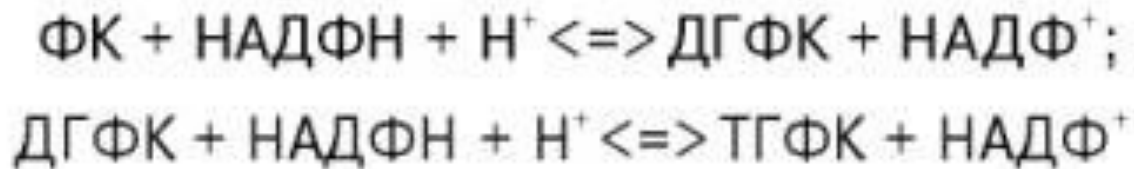


# Витамин В<sub>9</sub> (фолиева кислота, антианемичный)

В основе строения -  
остаток птерина,  
парааминобензойной  
кислоты, глутаминовой  
кислоты

Кофермент -  
Тетрагидрофолиевая  
кислота (ТГФК)





5,6,7,8-Тетрагидрофолиевая кислота (ТГФК)

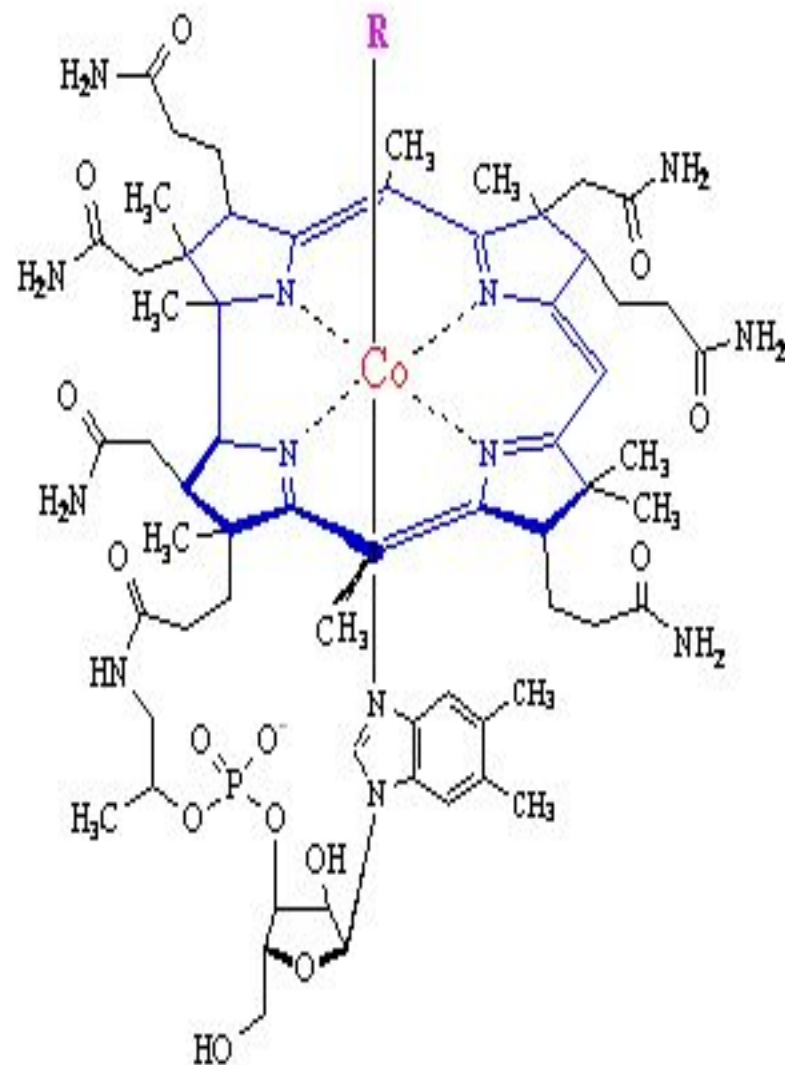
## Биологическая роль ТГФК:

-переносит метильные группы в синтезе АК, пиримидиновых нуклеотидов, креатина, метионина. При недостаточности нарушается синтез НК и белков, угнетается рост, деление клеток

# Витамин В<sub>12</sub> (цианокобаламин, антианемический)

Строение -  
тетрапирольное  
соединение, ион Co,  
нуклеотидная часть

Коферменты -  
-5-дезоксадено-  
зилкобаламин  
-метилкобаламин



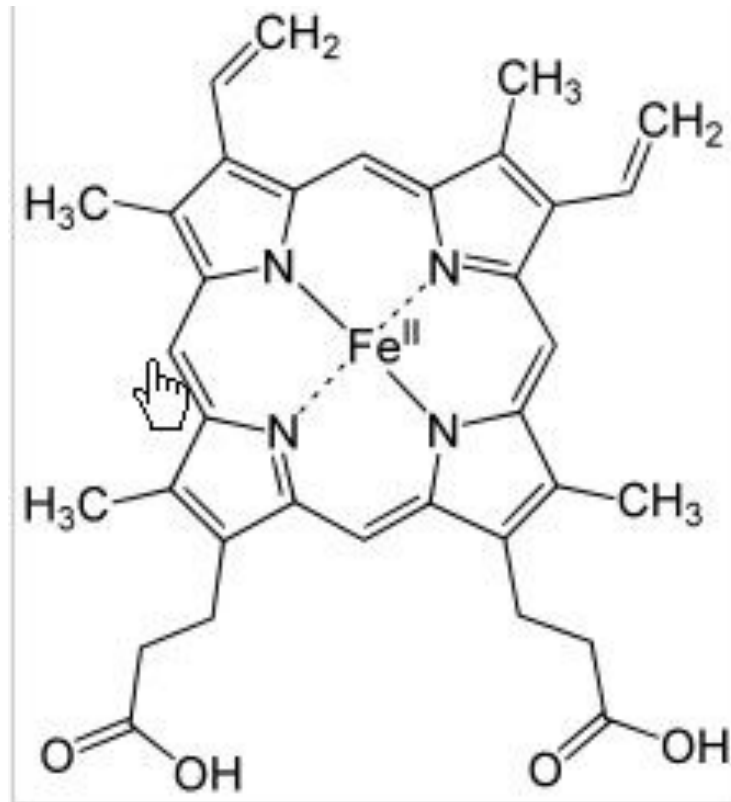
## Биологическая роль:

- действие связано с фолиевой кислотой
- синтез метионина из гомоцистеина
- синтез креатина, холина
- синтез фосфолипидов
- синтез пуриновых и пиримидиновых оснований, НК

# **Кофакторы невитаминной природы**

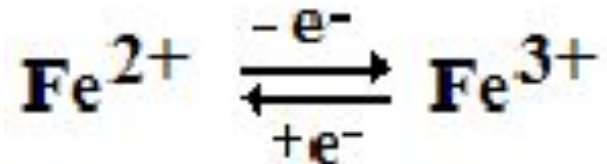


Гем — это железосодержащая простетическая группа. Его молекула имеет форму плоского кольца (порфириновое кольцо, такое же, как у хлорофилла), в центре которого находится атом железа.



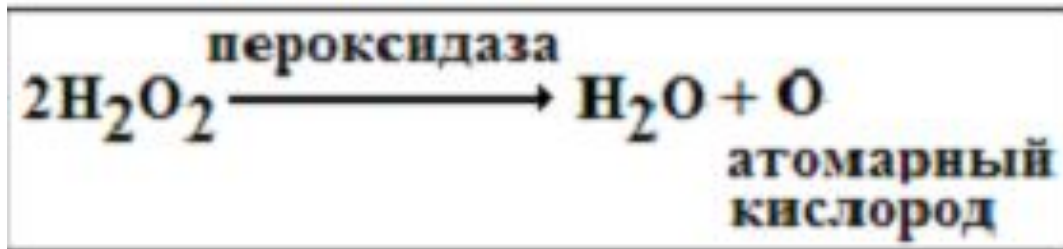
Гем выполняет в организме ряд биологически важных функций.

**Перенос электронов.** В качестве простетической группы цитохромов - ферментов тканевого дыхания и митохондриального окисления - гем выступает как переносчик электронов. Присоединяя электроны, железо восстанавливается до Fe(II), а отдавая их, окисляется до Fe(III). Гем, следовательно, принимает участие в окислительно-восстановительных реакциях за счет обратимых изменений валентности железа.

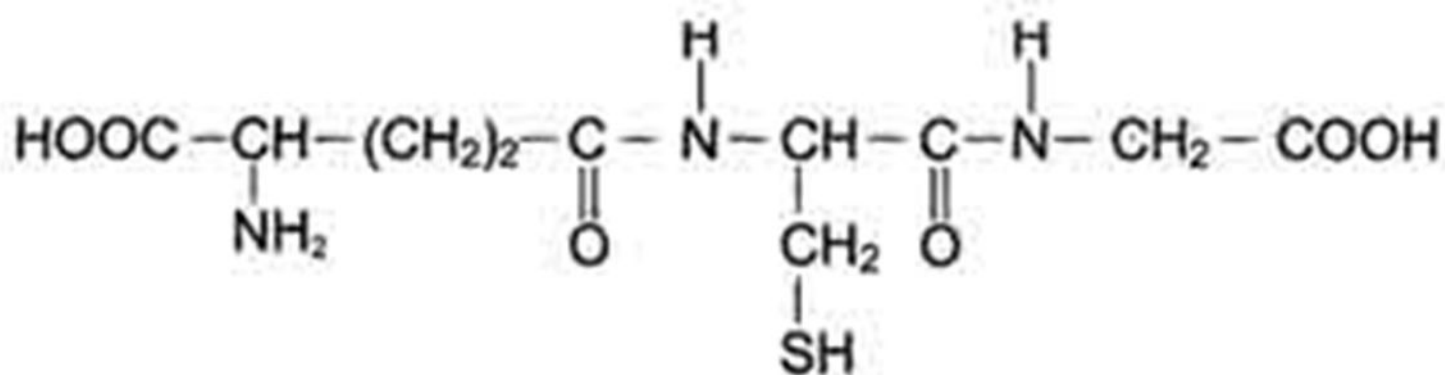


**Перенос кислорода.** Гемоглобин и миоглобин — два гемсодержащих белка, осуществляющих перенос кислорода. Железо находится в них в восстановленной, Fe(II), форме.

**Каталитическая функция.** Гем входит в состав каталаз и пероксидаз, катализирующих расщепление пероксида водорода до кислорода и воды. Содержится он также и в некоторых других ферментах.



Глутатион - трипептид, состоит из остатков глутамата, цистеина и глицина ( $\gamma$ -L-глутамил-L-цистеинил-L-глицин), который принимает активное участие во многих окислительно-восстановительных реакциях и обеспечивает функционирование ряда SH-зависимых ферментов.



Наиболее важной функциональной группой восстановленной формы глутатиона является **сульфгидрильная (SH-) группа**, которая легко подвергается ферментативному или неферментативному окислению с образованием дисульфидной (окисленной) формы глутатиона, состоящей из двух молекул восстановленного глутатиона ( $\Gamma-S-S-\Gamma$ ).

Таким образом глутатион функционирует как переносчик водорода.

Глутатион принимает прямое участие в некоторых реакциях цис-транс-изомеризации, является коферментом системы глиоксилазы, формальдегиддегидрогеназы, глутатионпероксидазы.