

ВВЕДЕНИЕ В ОБ. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН

1

План

1. Понятие о метаболизме, его функциях и метаболических путях.
2. Общие и специфические пути катаболизма. Катаболическая воронка.
3. АТФ как универсальный аккумулятор и источник энергии.
4. Пути получения энергии в клетке.
5. Способы синтеза АТФ.
6. Классификация макроэргических соединений.
7. Окислительное декарбоксилирование пирувата.
8. Цикл трикарбоновых кислот.
9. Развитие учения о биологическом окислении. Современные теории биологического окисления.
0. Субстраты тканевого дыхания. Ферменты, коферменты (НАД⁺, НАДФ⁺, ФАД, убихинон, цитохромоксидаза). Химическое строение коферментов. Локализация дыхательных ферментов в клетке.
1. Биологическое окисление. Субстратное фосфорилирование. Понятие о субстратном фосфорилировании, его механизм, роль в биоэнергетике аэробных и анаэробных тканей.
2. Механизм образования АТФ. Окислительное фосфорилирование. Отличие от субстратного фосфорилирования.

ПИЩЕВЫЕ ВЕЩЕСТВА
(углеводы, жиры, белки)

ПИЩЕВАРЕНИЕ

Глюкоза
Глисерол
Аминокислоты
Жирные кислоты

КАТАБОЛИЗМ

CO_2 , H_2O
Мочевина

$\text{АДФ} + \text{H}_3\text{PO}_4$

АТФ

АНАБОЛИЗМ

Гликоген
Жиры
Белки
ДНК, РНК

Функции метаболизма:

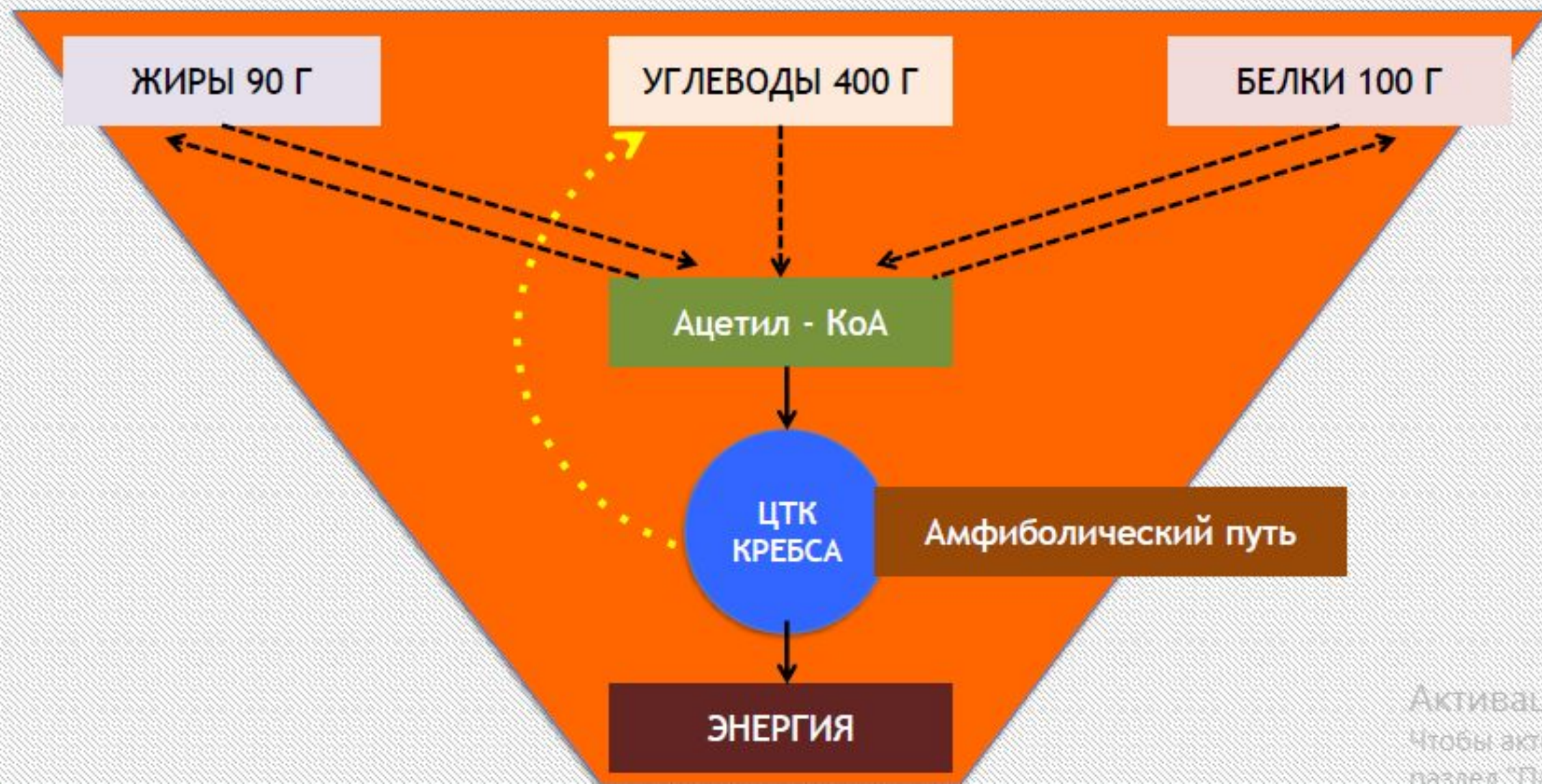
Энергетическая — снабжение клетки химической энергией,

Пластическая — синтез макромолекул как строительных блоков,

Специфическая — синтез и распад биомолекул, необходимых для выполнения специфических клеточных функций.

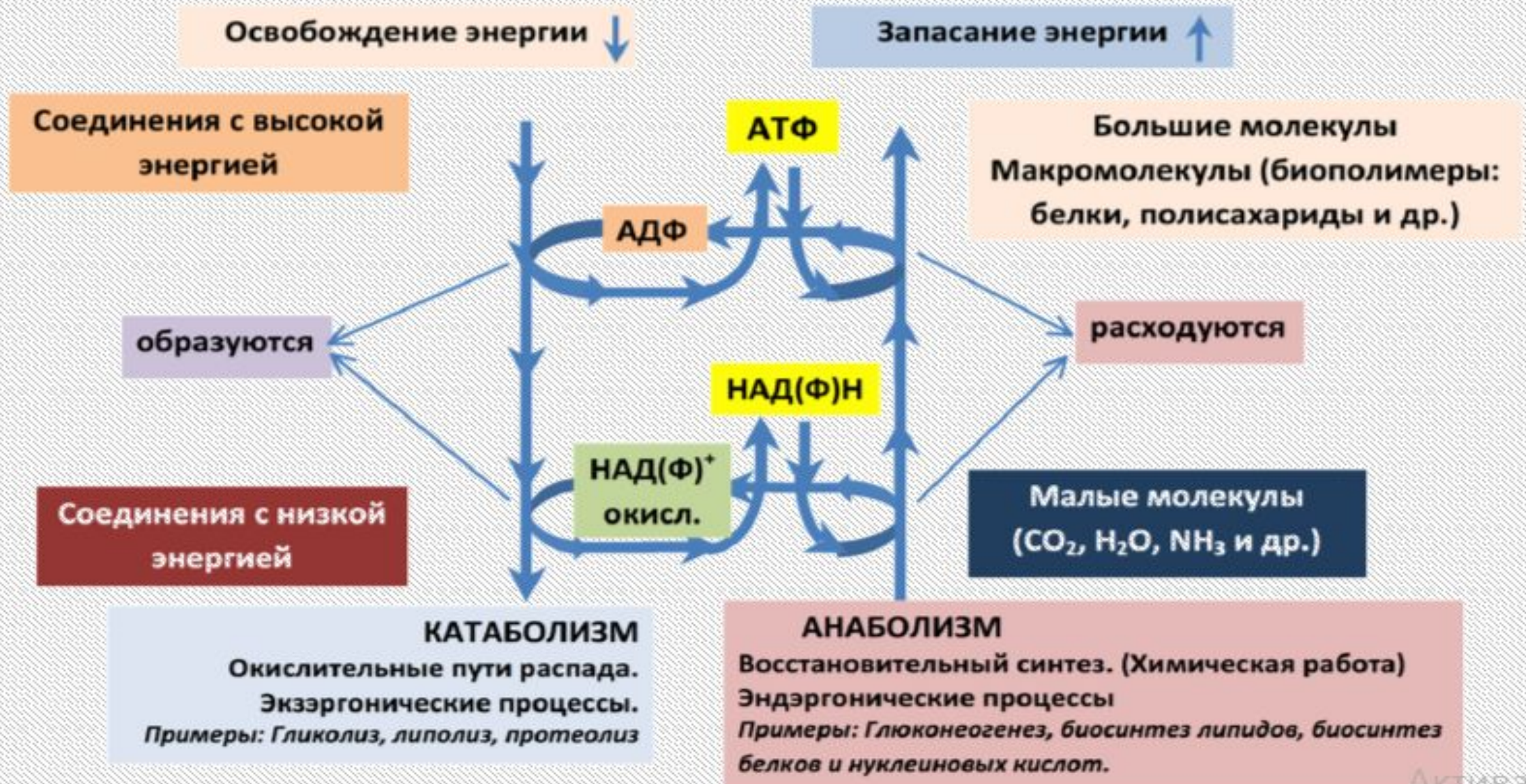
2.

Метаболизм состоит из катаболизма ↓ и анаболизма ↑. Важной особенностью катаболизма является «метаболическая воронка».



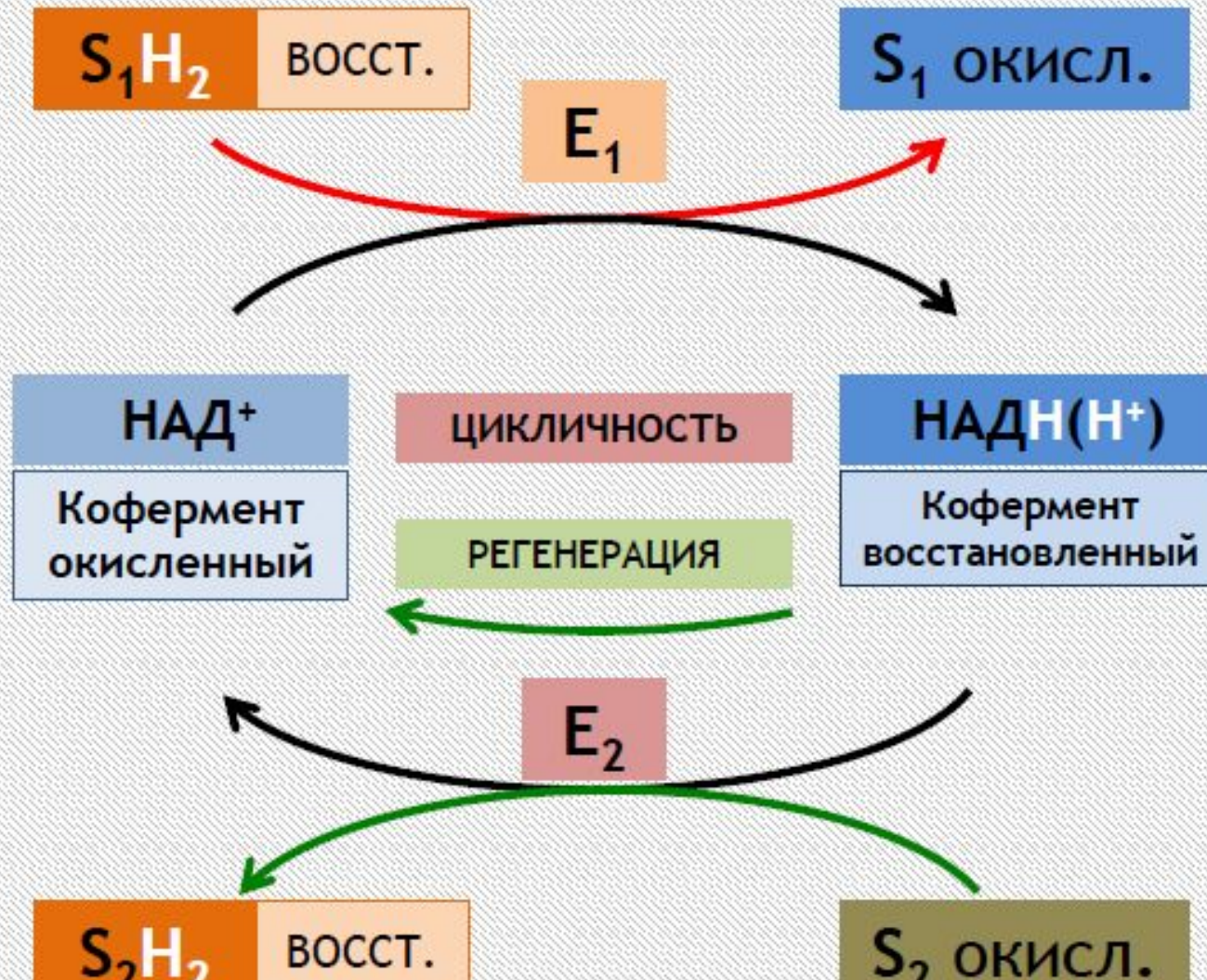
Активаци
Чтобы актив
раздел "Пар

СХЕМА ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ (МЕТАБОЛИЗМ)



КОФЕРМЕНТЫ (ЦИКЛИЧНОСТЬ ПРОЦЕССОВ)

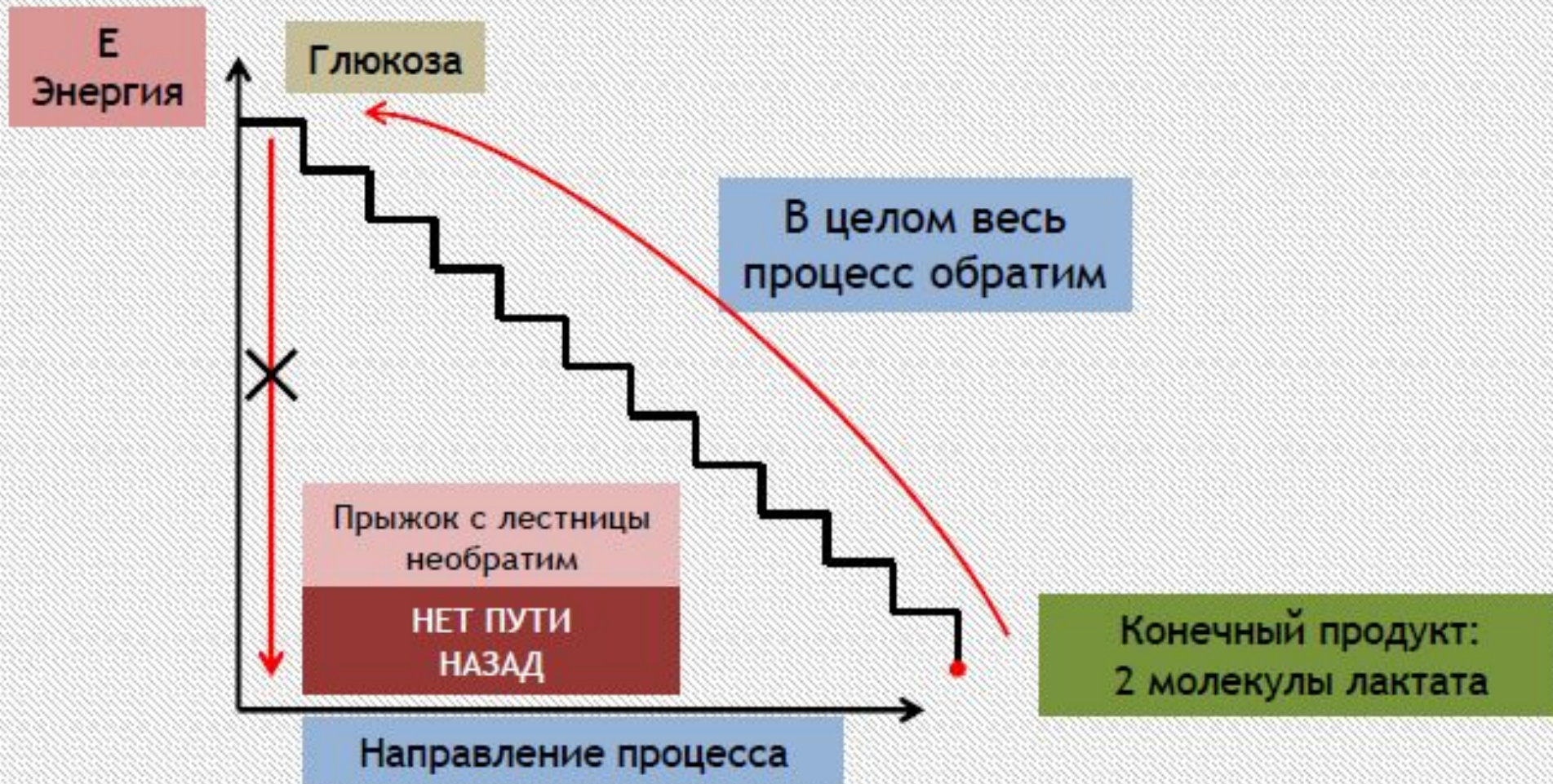
Кофермент часто обеспечивает цикличность процессов и нужен в очень малых количествах.



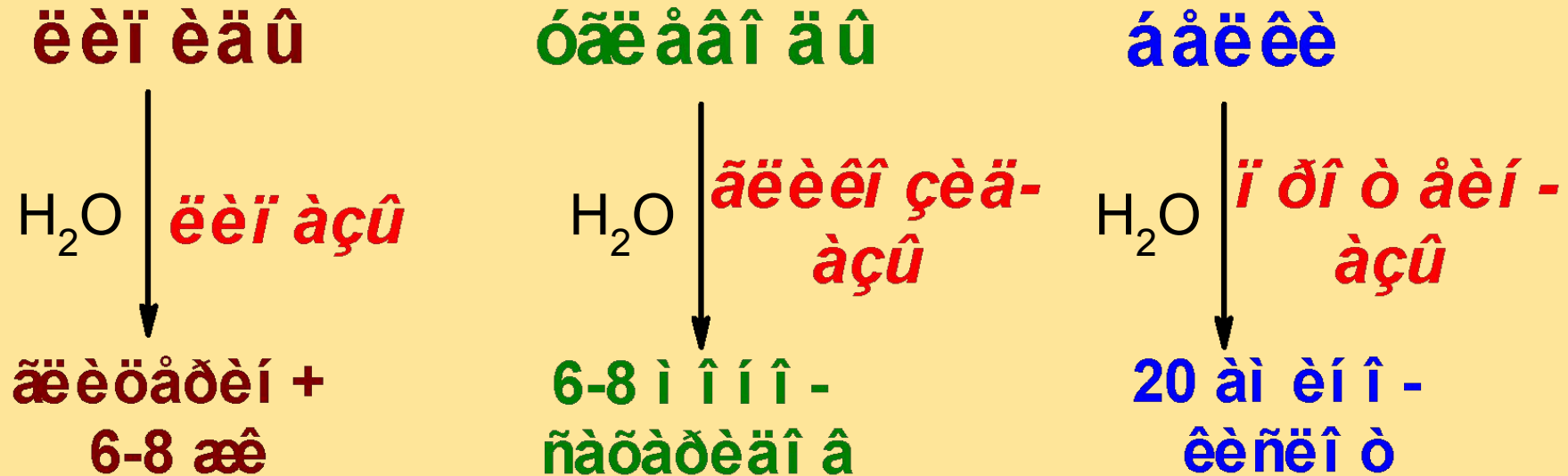
E_1 и E_2 - разные ферменты, а кофермент общий: он регенерируется и практически одной его молекулы хватит, чтобы превратить много молекул S_1 и S_2 .

3.

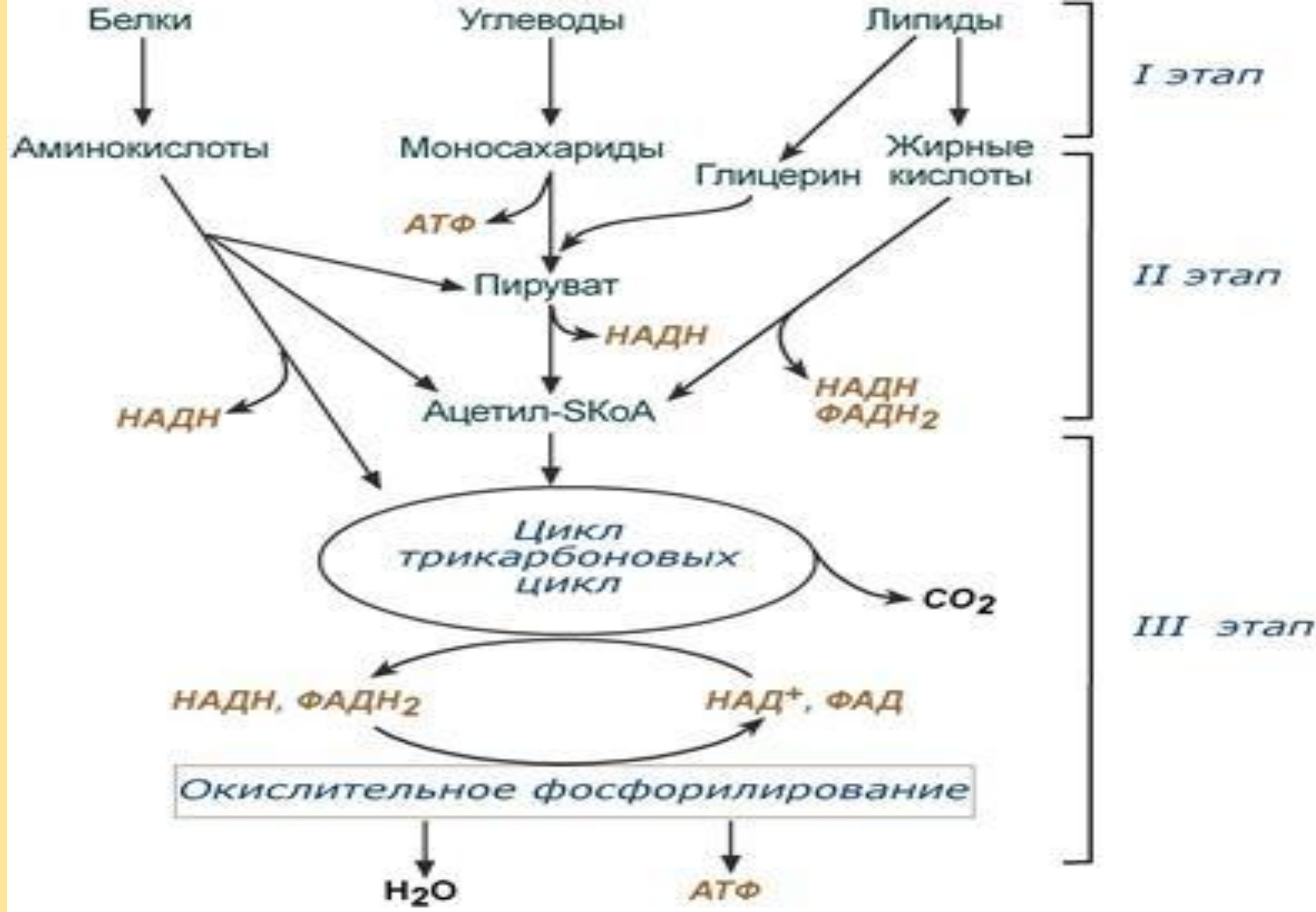
Обмен протекает постепенно, образуя метаболические пути (точнее, сети), т. о. достигается обратимость процессов («метаболическая лестница» на примере гликолиза): 11 стадий (3 из них - необратимы).



Первый этап обмена веществ (переваривание)



1. Теряется видовая и тканевая специфичность
2. Пищевые вещества подготавливаются к всасыванию
3. Сохраняется энергия



За сутки в организме человека синтезируется 50 - 70 кг АТФ (!). Но запасов нет: энергия постоянно расходуется:



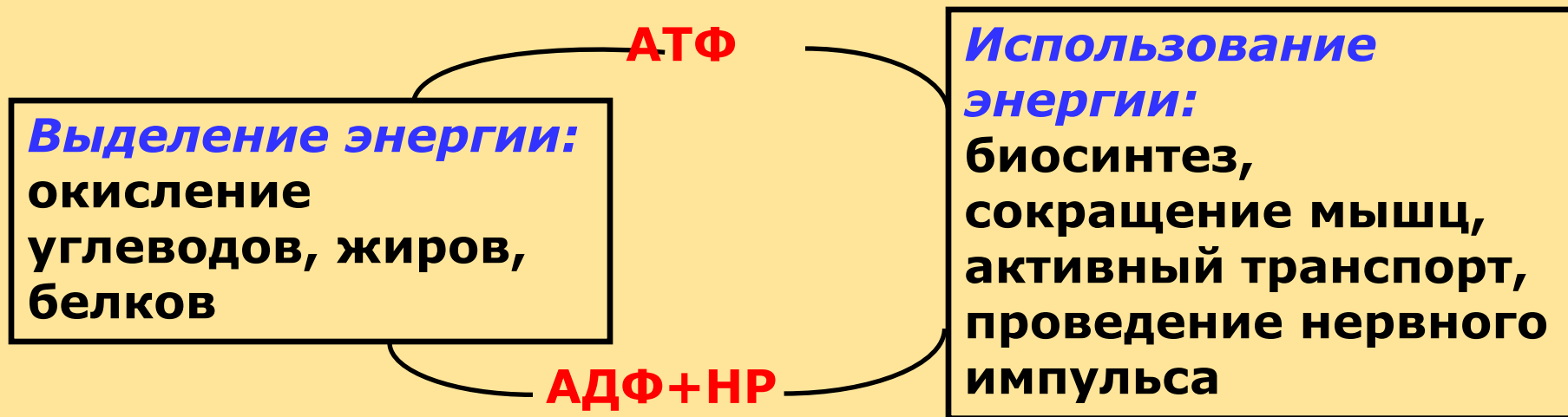
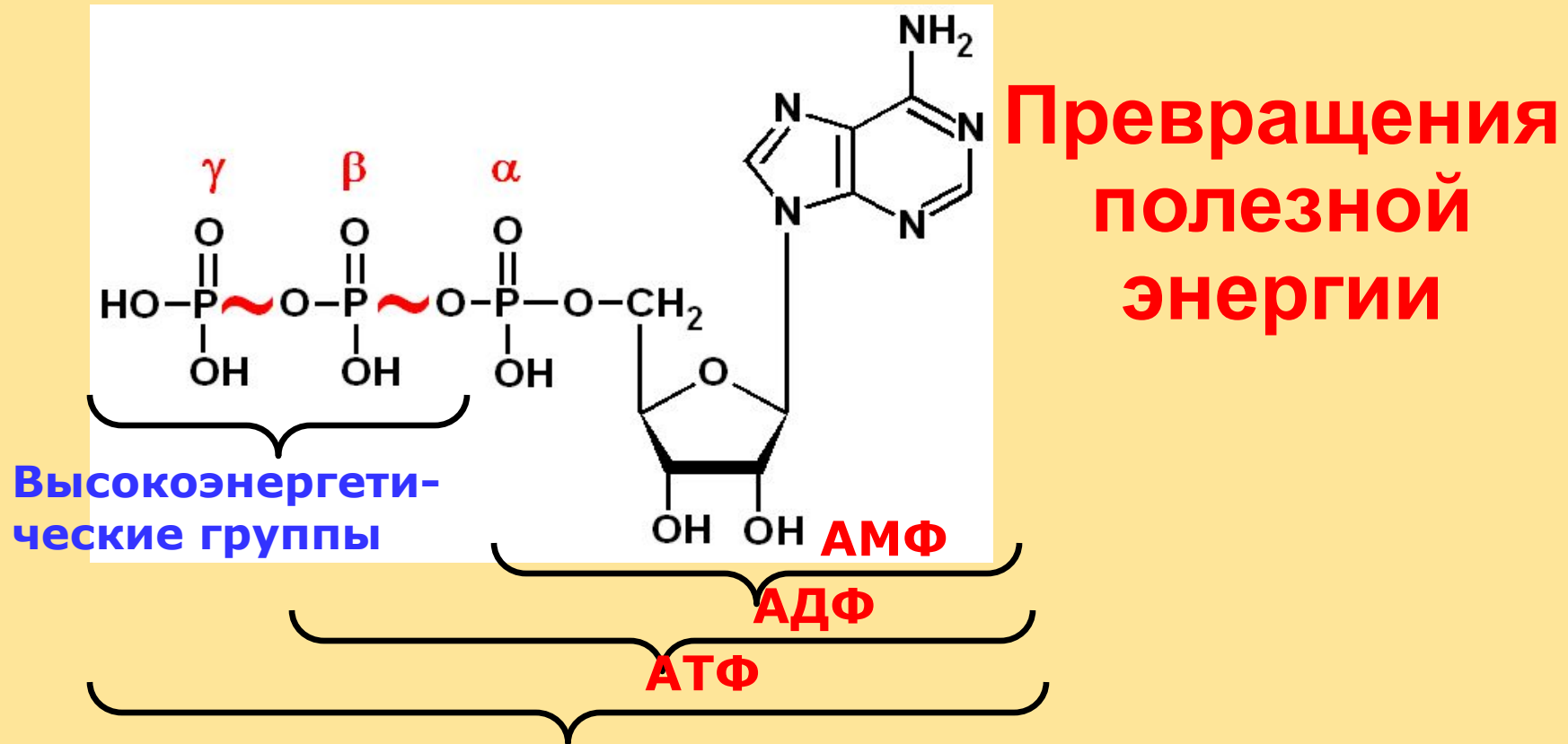
Пути получения энергии в клетке

1. **Гликолиз** (2 этап) – окисление молекулы глюкозы до 2 молекул ПВК, при этом образуется по 2 молекулы АТФ и НАДН. Далее ПВК в аэробных условиях превращается в ацетил-SКоА, в анаэробных условиях – в молочную кислоту.

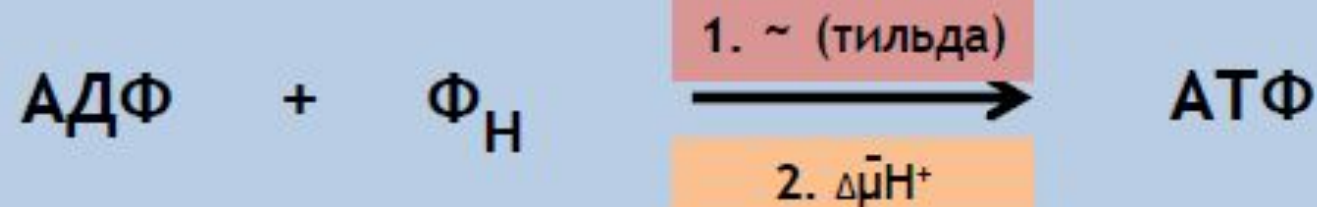
2. **β -Окисление жирных кислот** (2 этап) – окисление жирных кислот до ацетил-SКоА, здесь образуются НАДН и ФАДН₂. Молекулы АТФ "в чистом виде" не появляются.

3. **Цикл трикарбоновых кислот** (ЦТК, 3 этап) – окисление ацетильной группы (в составе ацетил-SКоА) до углекислого газа. Реакции полного цикла сопровождаются образованием 1 молекулы ГТФ (гуанозинтрифосфат, что эквивалентно одной АТФ), 3 молекул НАДН и 1 молекулы ФАДН₂.

4. **Окислительное фосфорилирование** (3 этап) – окисляются НАДН и ФАДН₂, полученные в реакциях катаболизма глюкозы, АК и ЖК. При этом ферменты дыхательной цепи на внутренней мембране митохондрий обеспечивают образование большей части клеточного АТФ.



ЕСТЬ 2 СПОСОБА СИНТЕЗА АТФ:



Фосфорилирование

1.

$-\text{O}_2$

Наиболее древний

Субстратное фосфорилирование за счет гидролиза макроэргических связей ($\sim$ тильда) богатых энергией субстратов.

2.

$+\text{O}_2$

Более эффективный способ

Окислительное фосфорилирование за счет разности электрохимических потенциалов $\Delta\mu\text{H}^+$ («дельта мю аш»).

Активаци

Макроэнергетическая связь

- Богатая энергией связь (> 5 ккал или 21 кДж/моль);
- Энергия макроэнергетической связи превращается в работу, минуя стадию тепла.

1. СУБСТРАТНОЕ ФОСФОРИЛИРОВАНИЕ

АТФ - РАЗМЕННАЯ ВАЛЮТА, ОБЕСПЕЧЕННАЯ «ЗОЛОТЫМ ЗАПАСОМ»
МАКРОЭРГИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ (помимо ГТФ, ТТФ, ЦТФ, УТФ):

1.

Фосфоенолпироват (ФЕП) ~

2.

1,3 - бисфосфоглицерат ~

3.

Ацетил ~ КоА (эгоист, использует ~ для себя)

4.

Сукцинил ~ КоА (обр. ГТФ → АТФ)

5.

Креатинфосфат ~ (в мышцах, особенно в сердце)

6.

Пирофосфат ($\tilde{\text{P}}_{\text{H}}$)
(у некоторых микроорганизмов - единственный источник энергии)

Строение МИТОХОНДРИИ

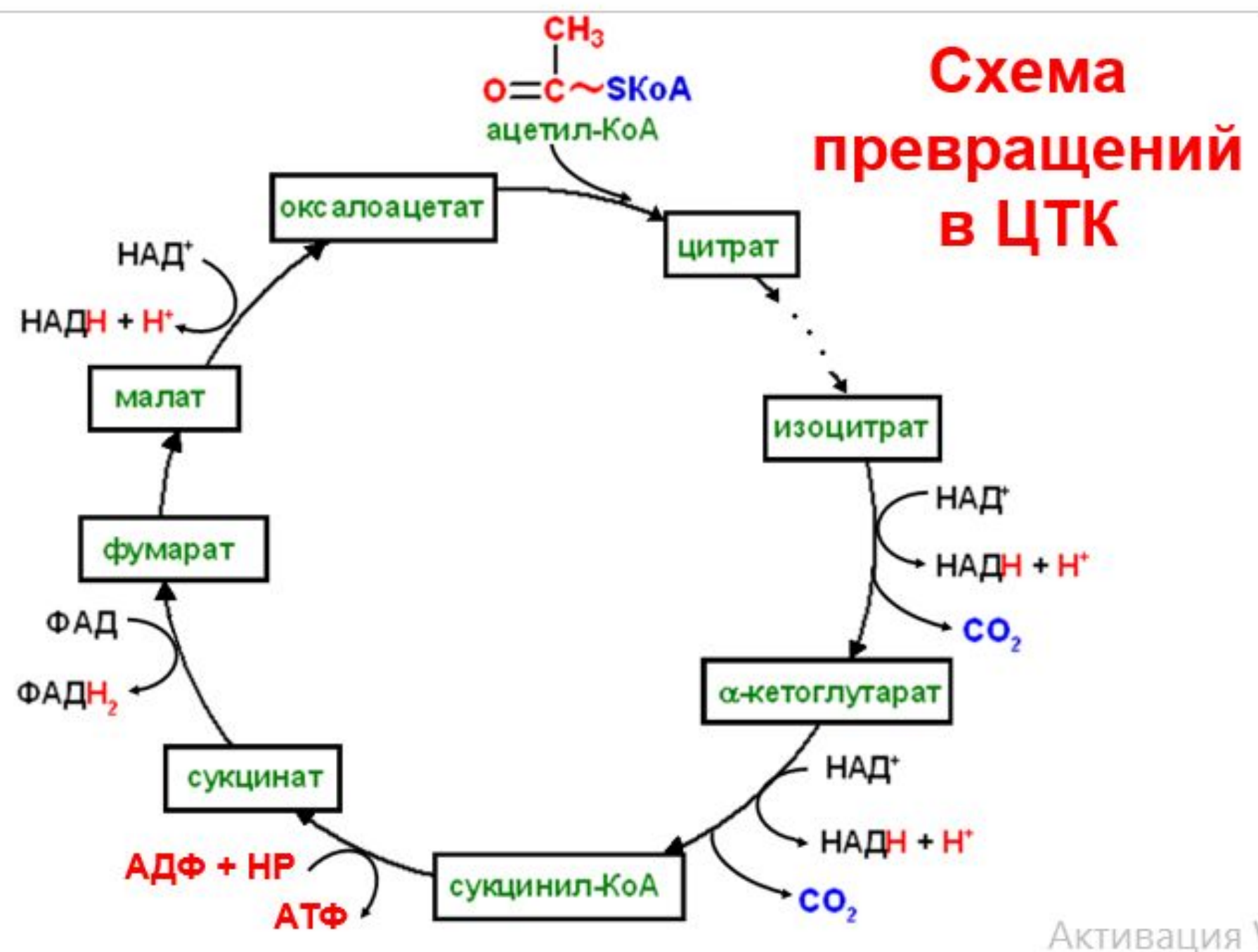


Окислительное декарбоксилирование пирувата



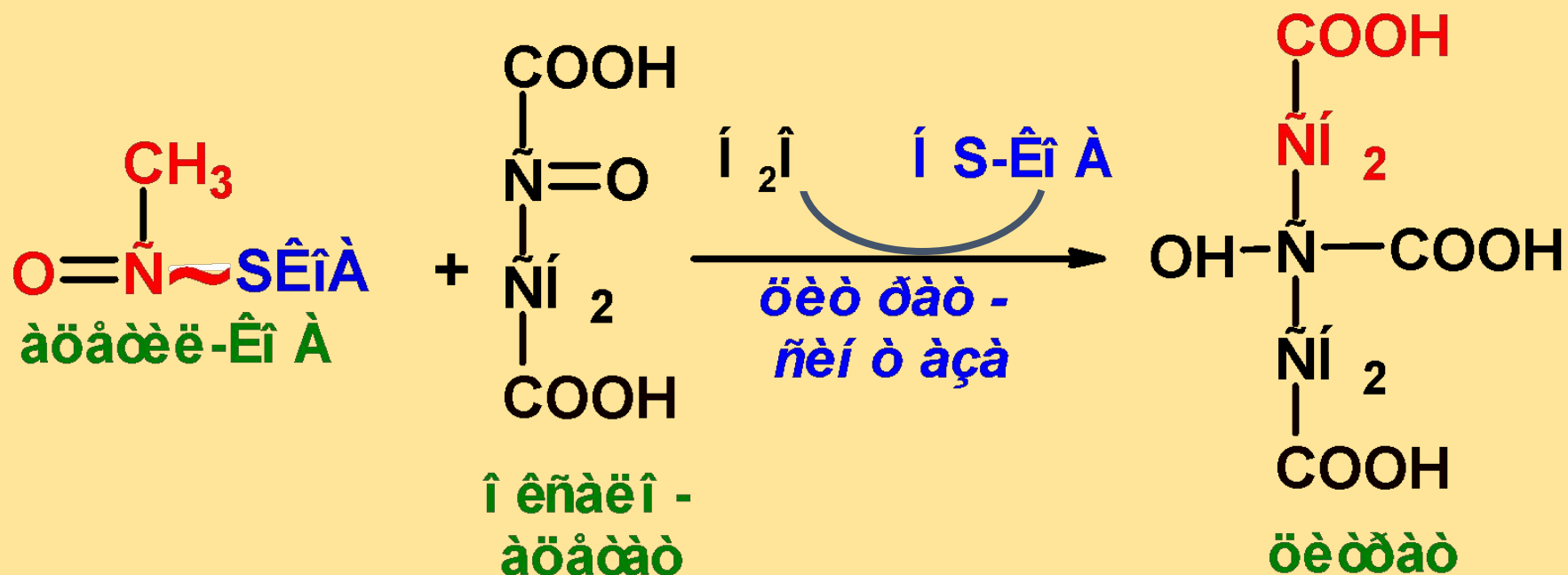
Превращение состоит из **5** последовательных реакций, осуществляется **мультиферментным комплексом**, прикрепленным к внутренней митохондриальной мембране со стороны матрикса. Комплекс насчитывает 3 фермента и 5 коферментов.

Схема превращений в ЦТК

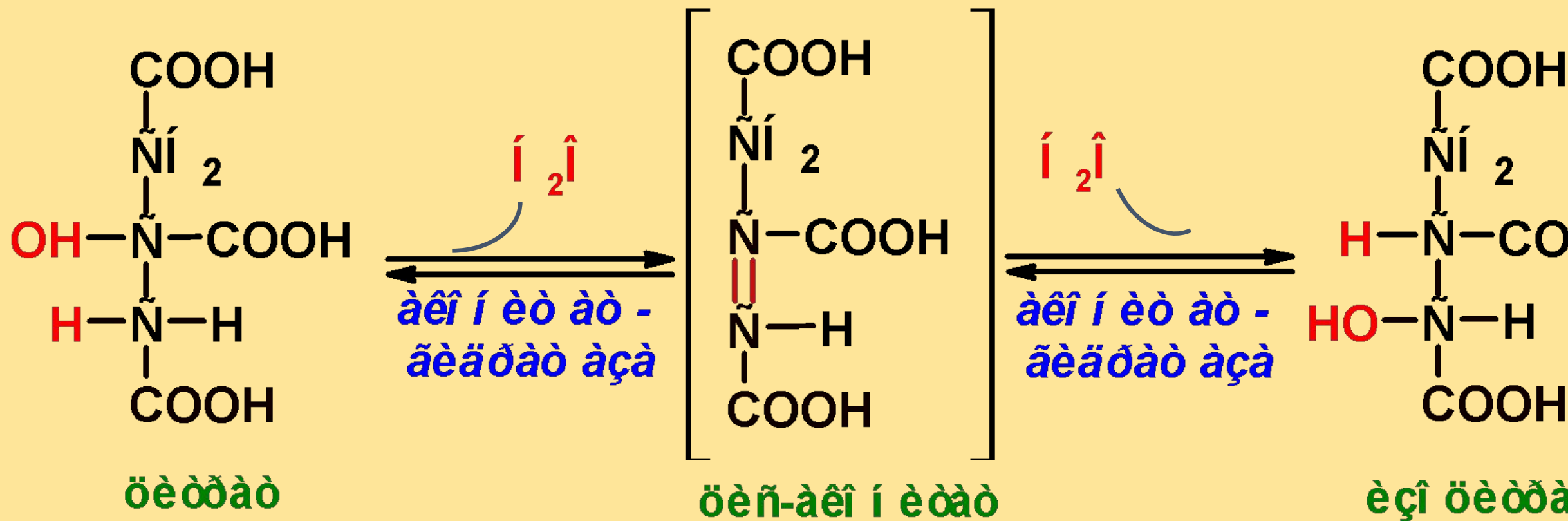


Цикл трикарбоновых кислот протекает в **матриксе митохондрий** и представляет собой **окисление** молекулы **ацетил-SКоА** в 8 последовательных реакциях.

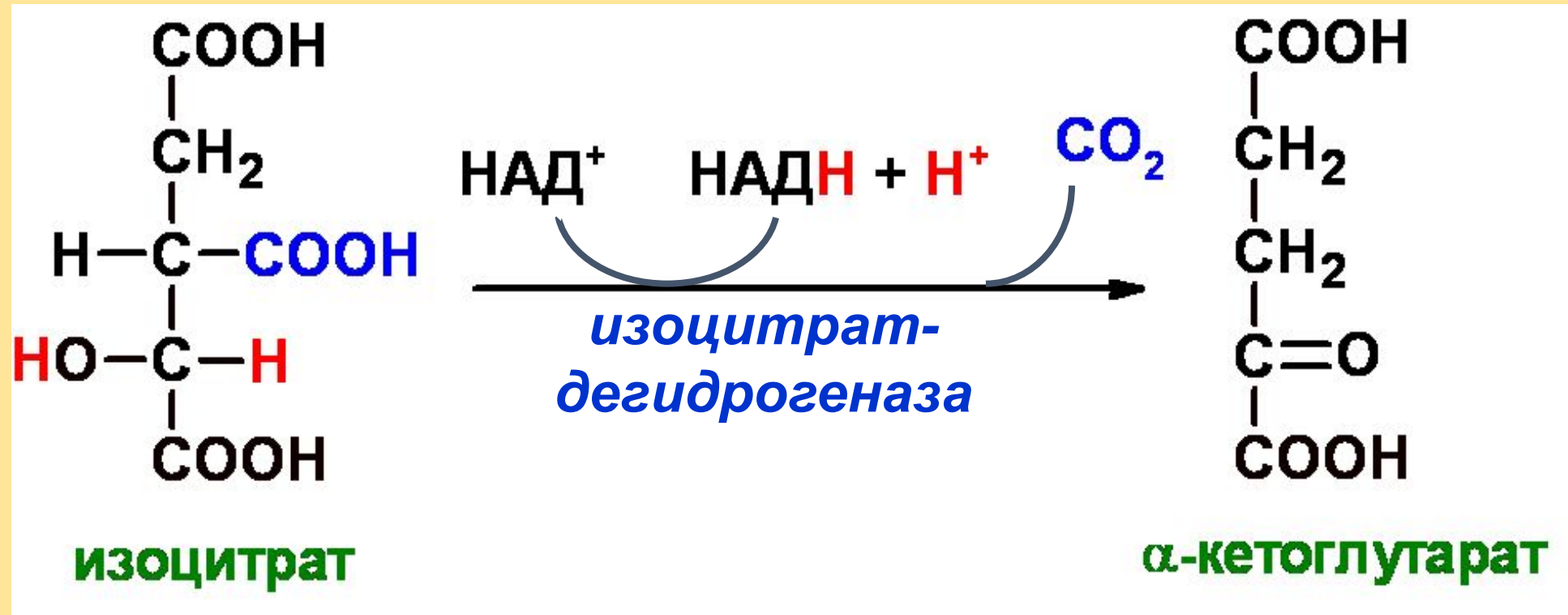
1 реакция



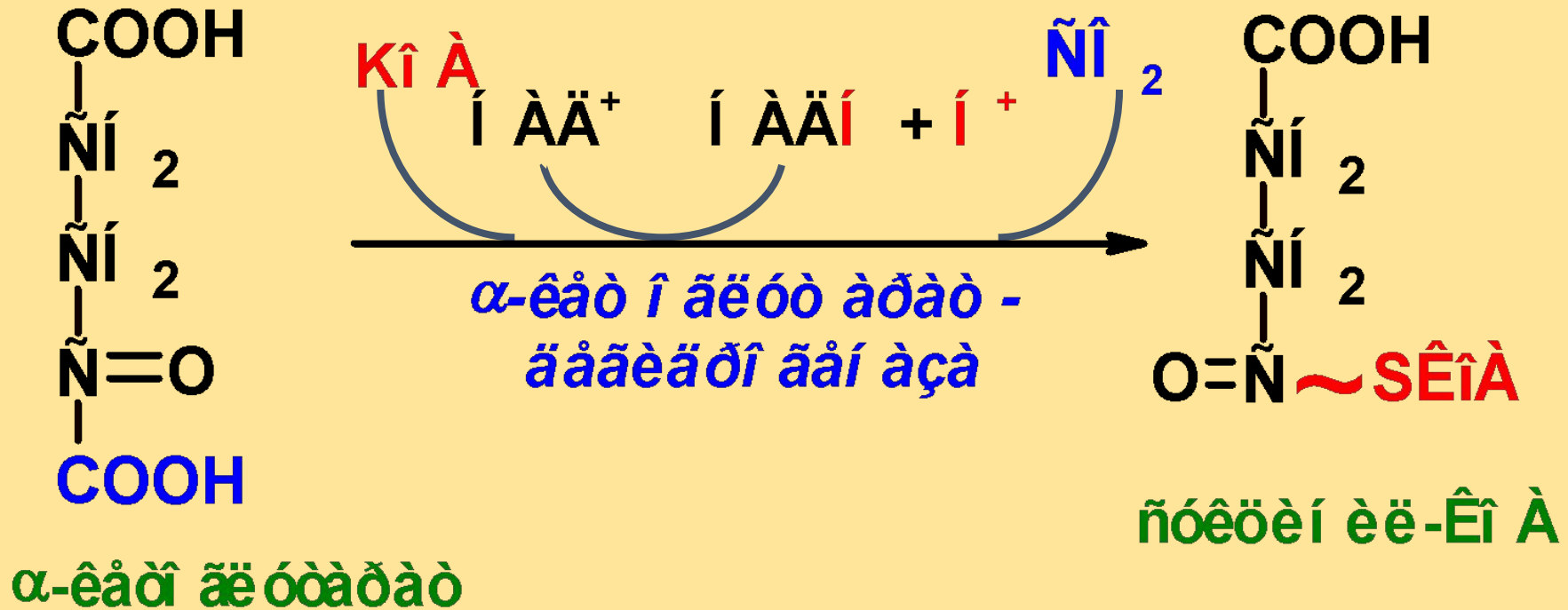
2 реакция



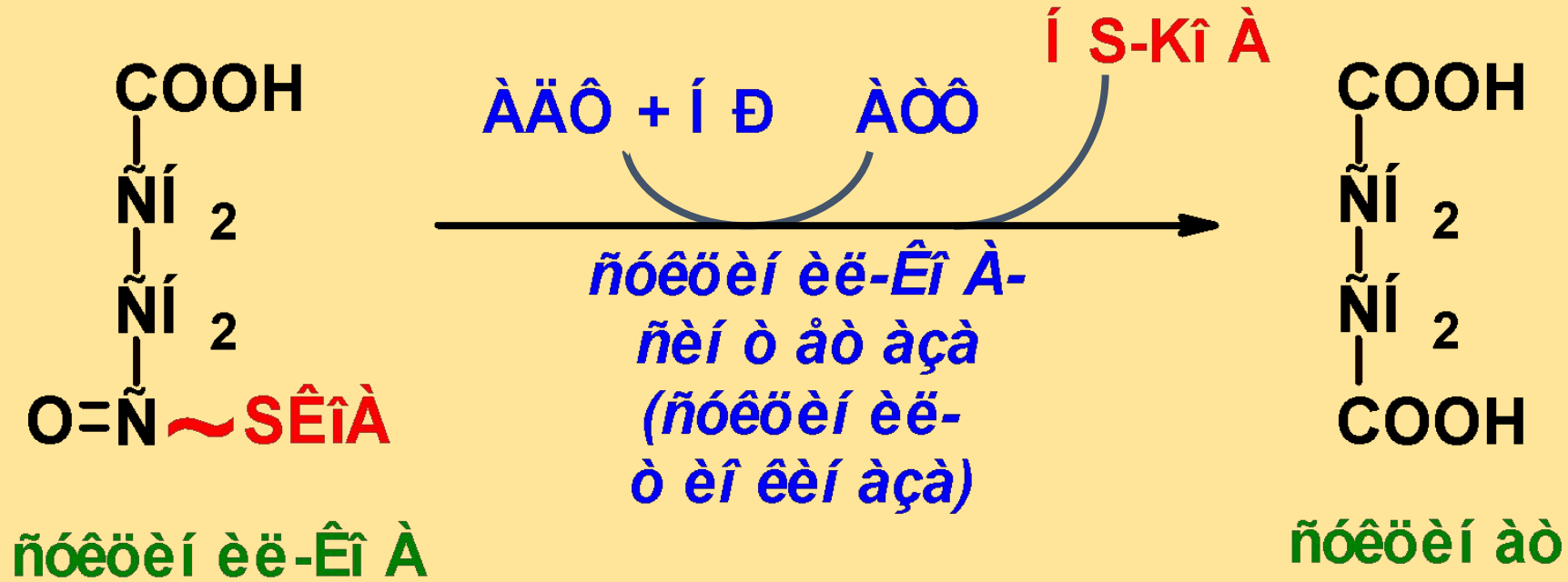
3 реакция



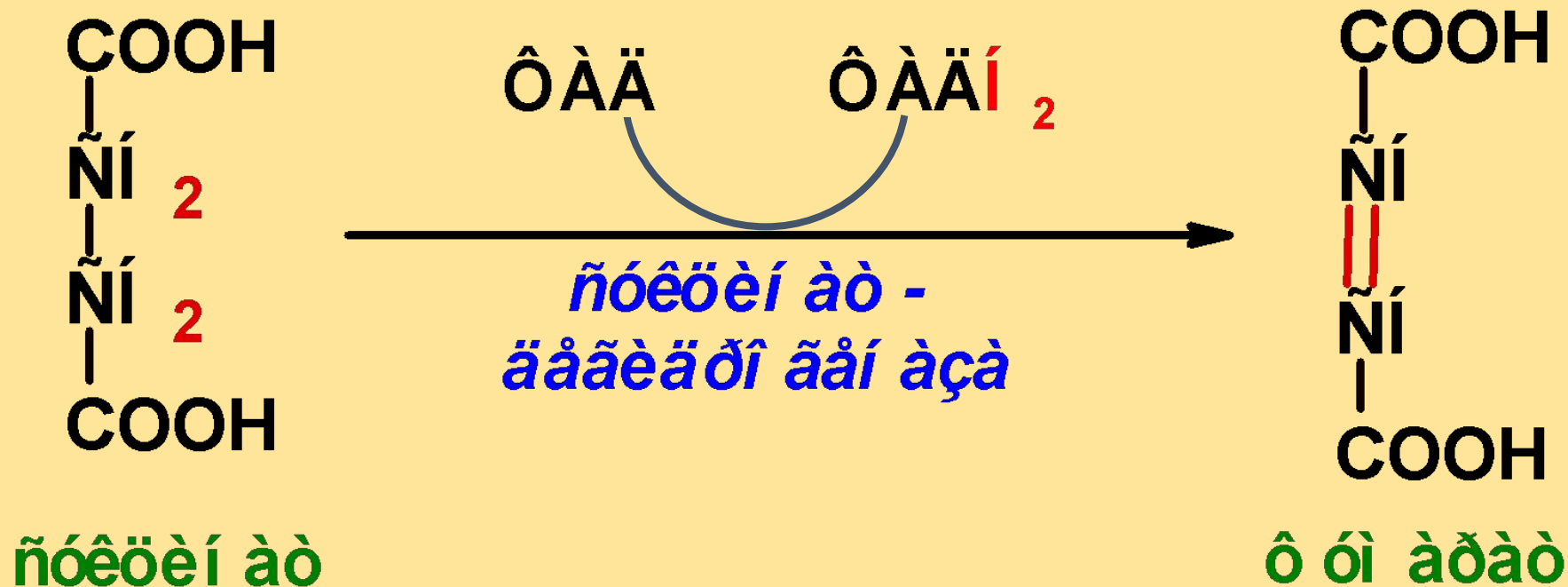
4 реакция



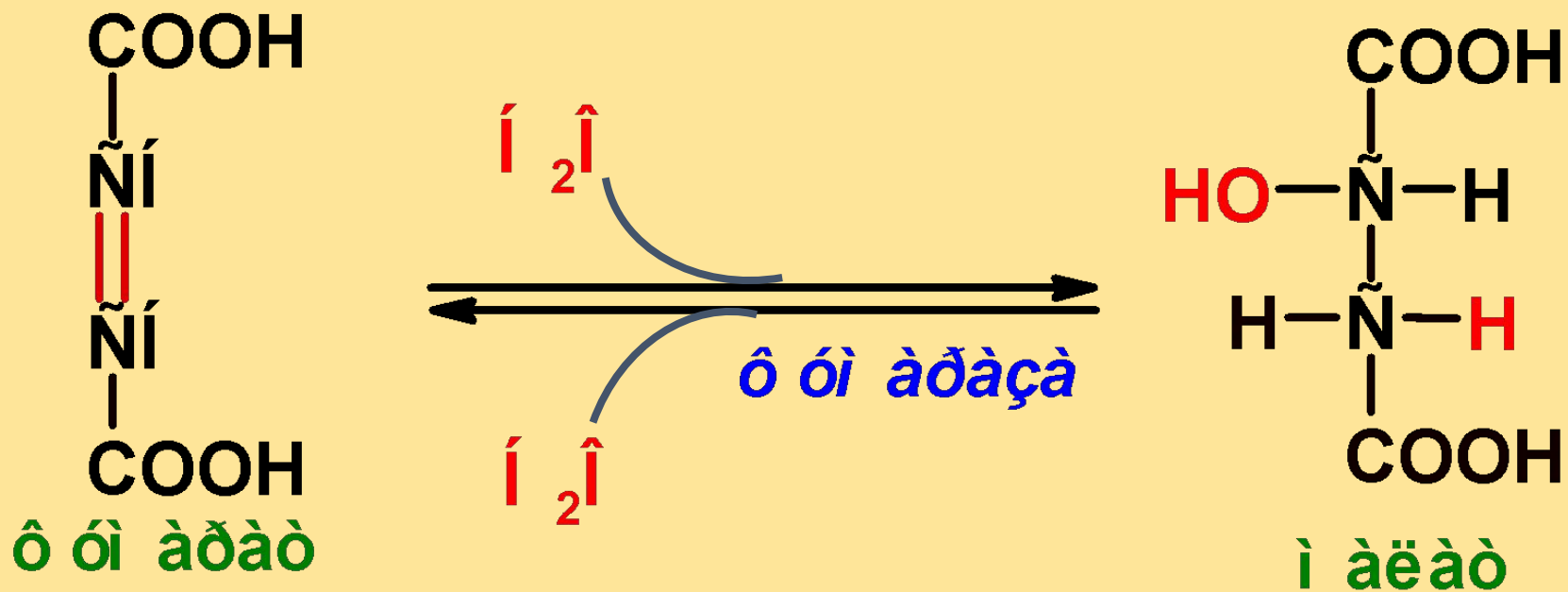
5 реакция



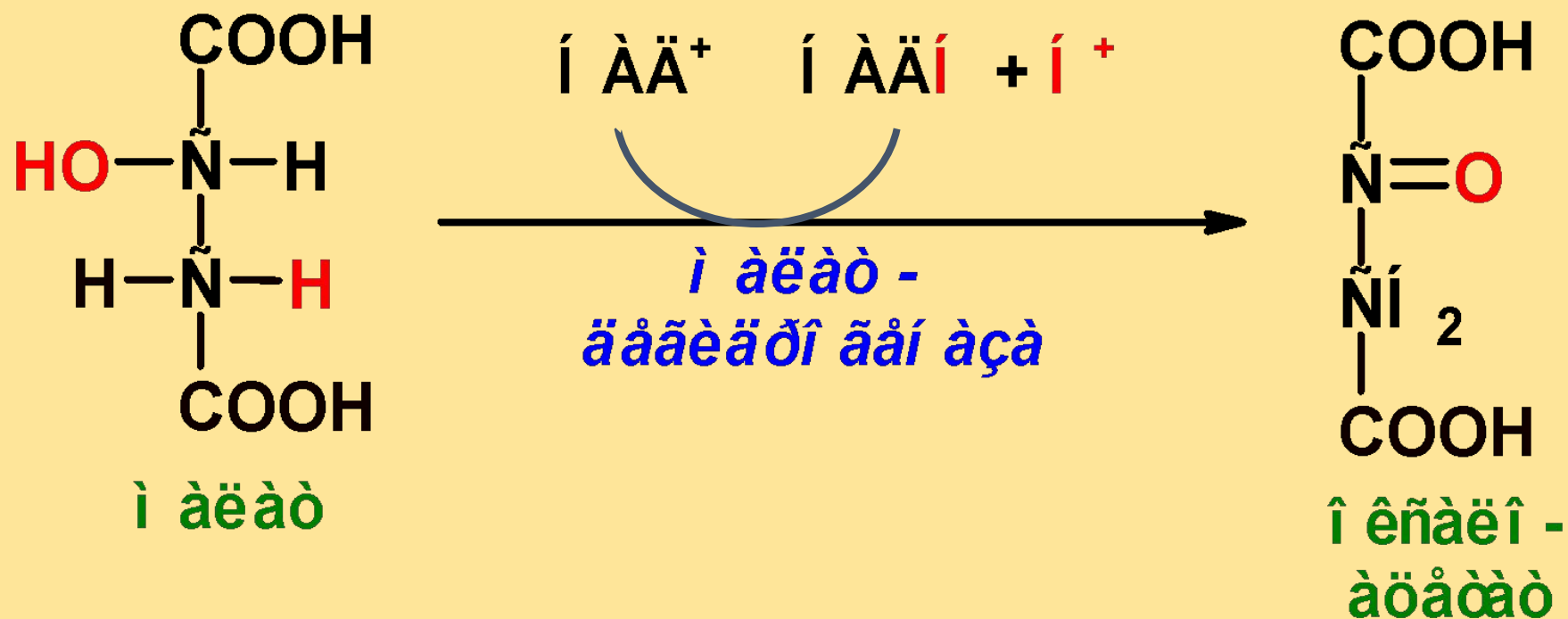
6 реакция

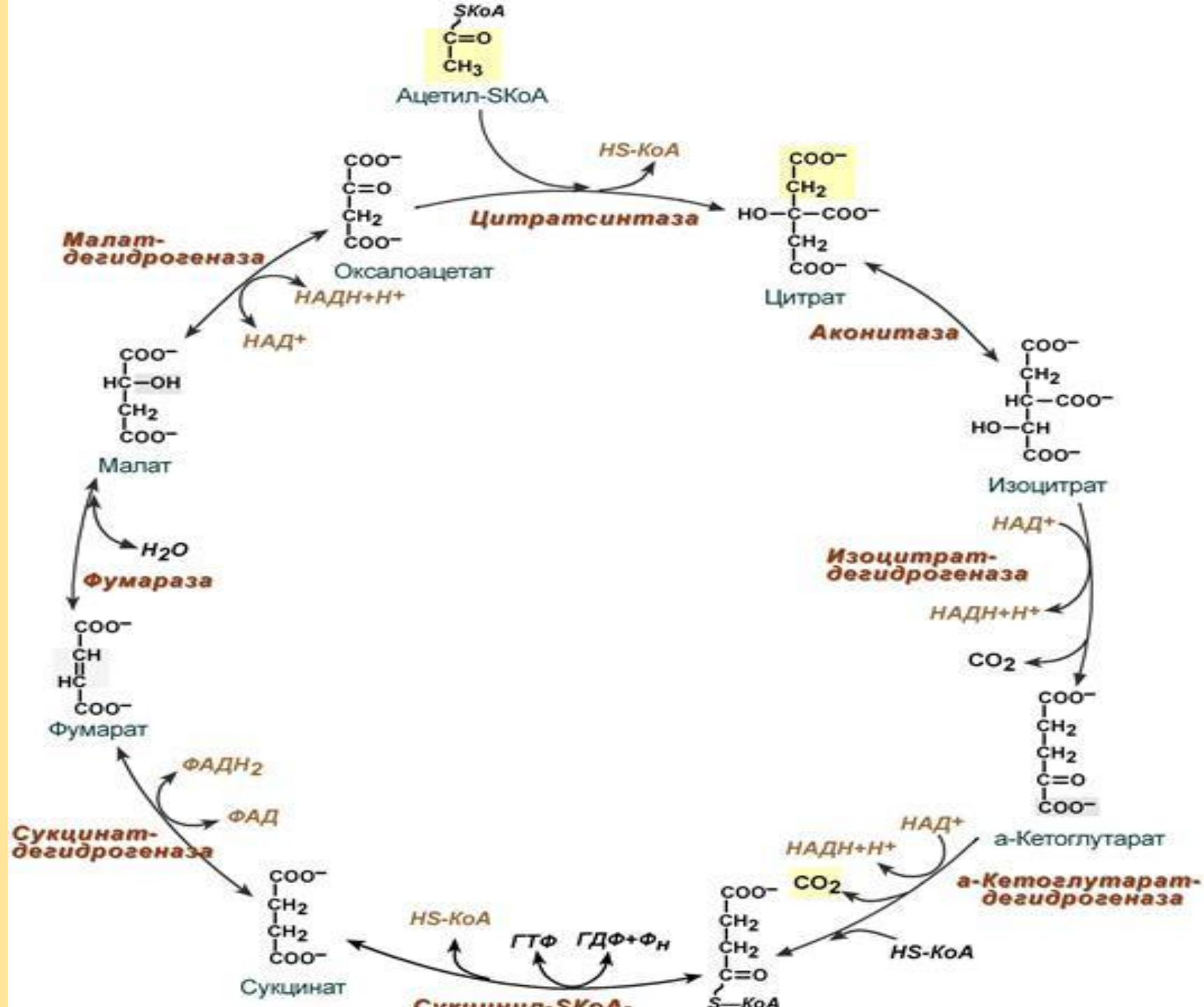


7 реакция



8 реакция





Функции ЦТК

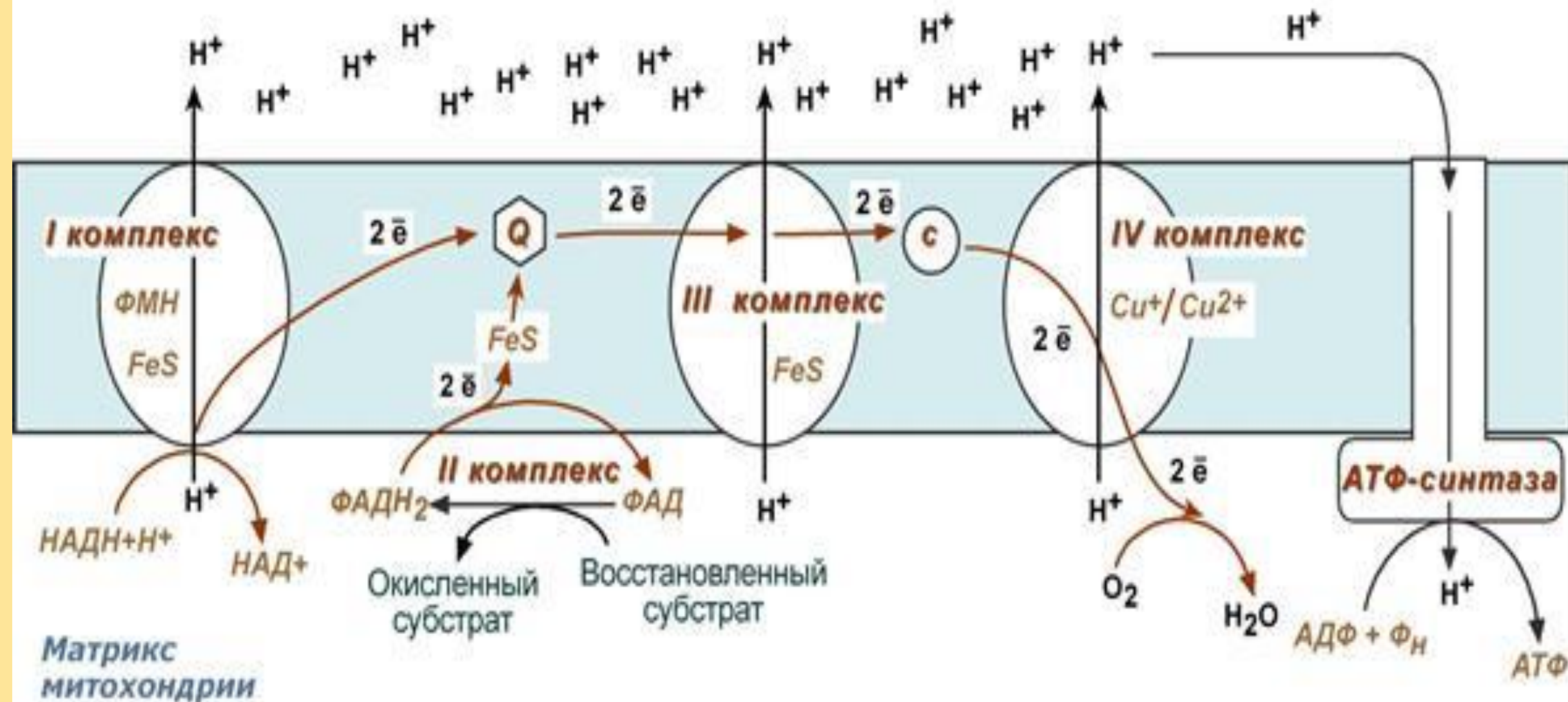
1. Энергетическая

- ✓ генерация H^+ для работы дыхательной цепи, а именно 3 НАДН и 1 ФАДН₂,
- ✓ синтез одной молекулы **ГТФ** (эквивалентна АТФ).

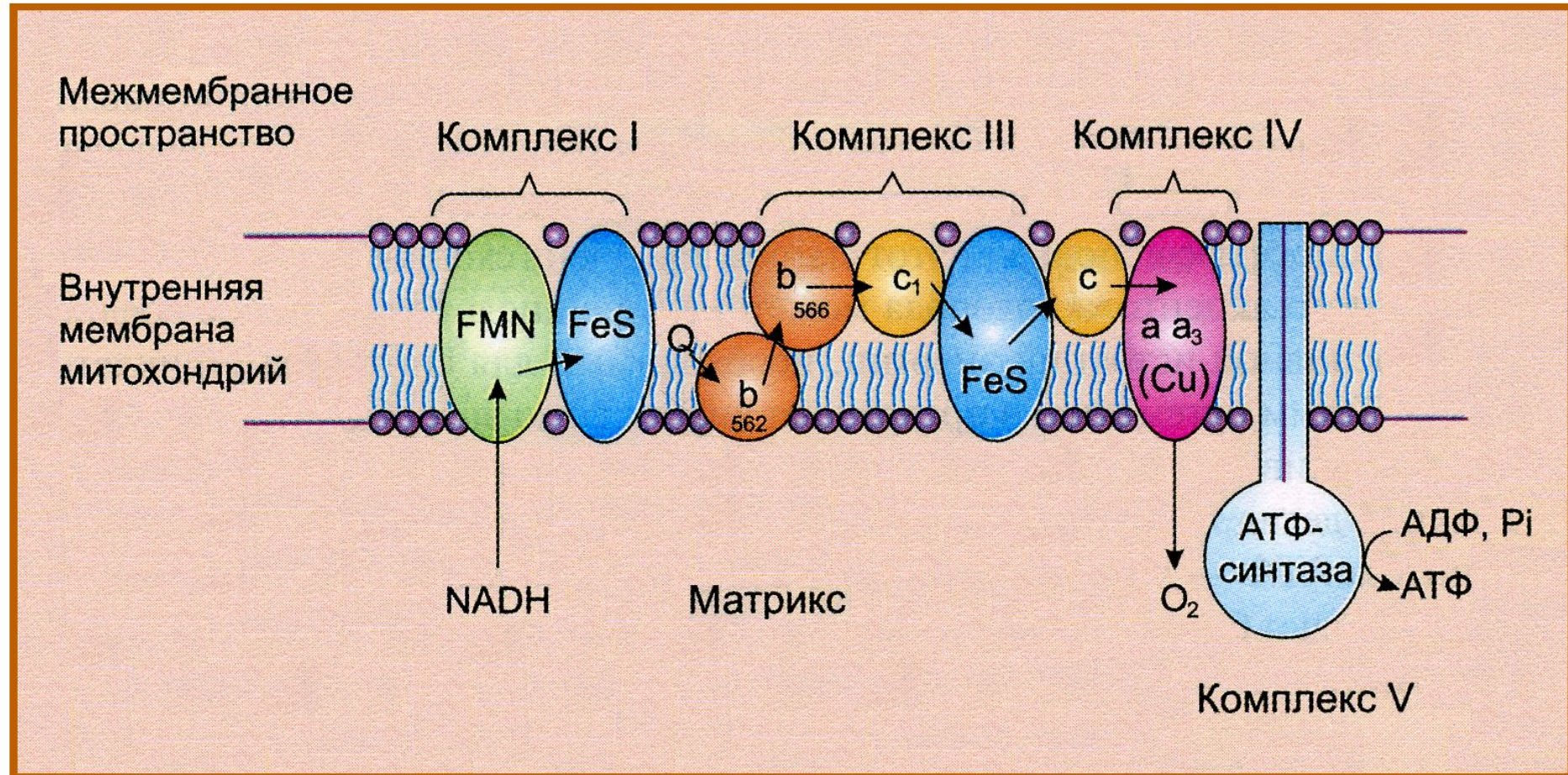
2. Анаболическая. В ЦТК образуются

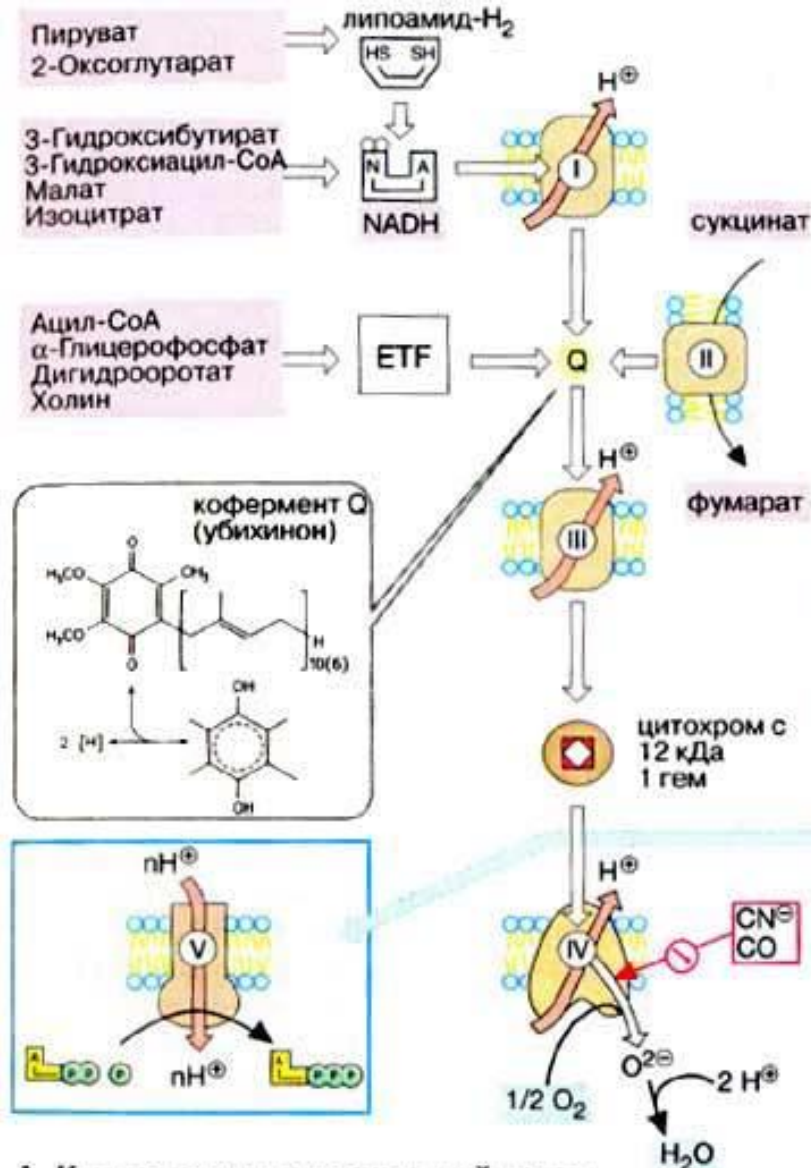
- предшественник гема – **сукцинил-SКоА**,
- кетокислоты, способные превращаться в АК – **α -кетоглутарат** для глутаминовой к-ты, **оксалоацетат** для аспарагиновой,
- **лимонная кислота**, используемая для синтеза жирных кислот,
- **оксалоацетат**, используемый для синтеза глюкозы.

Межмембранное пространство



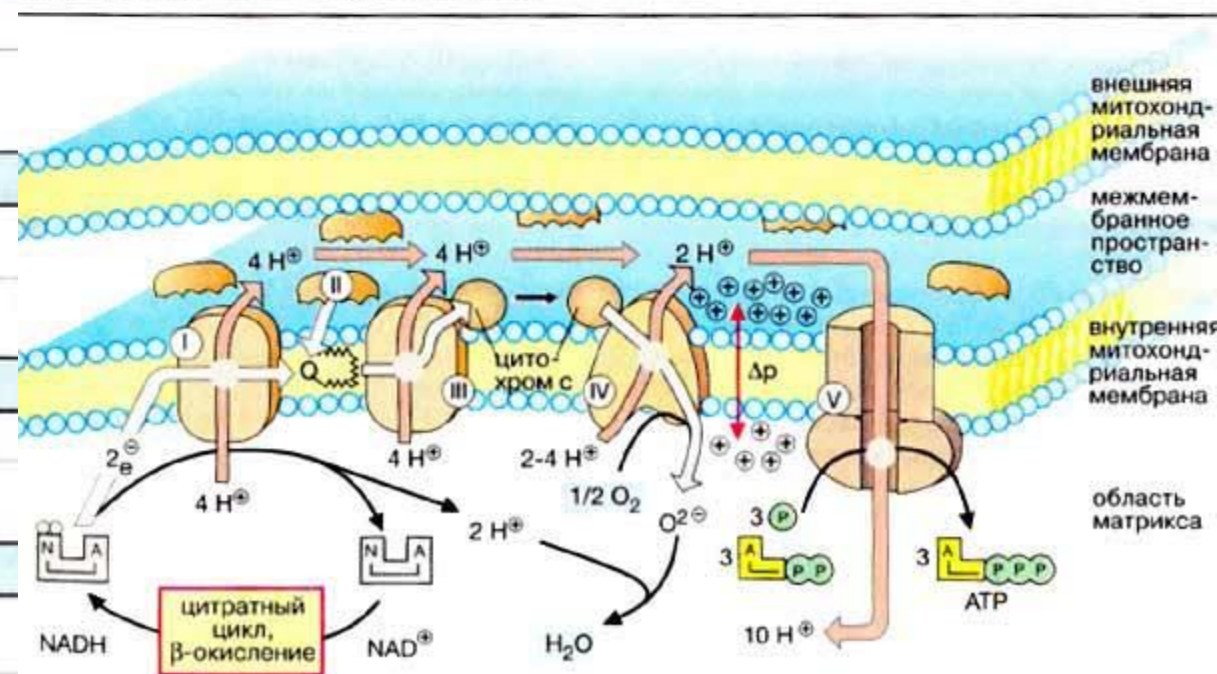
Строение дыхательной цепи





E°, V	Комплекс I
-0,3	NADH- дегидрогеназа (убихинон) 1.6.5.3 700-800 кДа, 25-30 субъединиц, 1 FMN, 2 Fe_2S_2 , 4 - 5 Fe_4S_4
+0,1	Комплекс II
	сукцинатдегидрогеназа 1.3.5.1 125 кДа, 4-6 субъединиц, 1 FAD, 1 Fe_2S_2 , 1 Fe_4S_4 , 1 Fe_3S_4 2 убихинона, 1 гем b
	Комплекс III
	убихинол-цитохром с- редуктаза 1.10.2.2 ~400 кДа, 11 субъединиц 2 Fe_2S_2 , 2 гемa b, 1 гем c ₁
+0,3	Комплекс IV
	цитохром с-оксидаза 1.9.3.1 ~200 кДа, 8-13 субъединиц, 2 Cu, 1 Zn, 1 гем a, 1 гем a ₃
+0,8	Комплекс V
	H^+ -транспортирующая АТФ-синтаза 3.6.1.34 > 400 кДа, 8-14 субъединиц

поток электронов
 поток протонов



А. Компоненты дыхательной цепи

Б. Организация дыхательной цепи