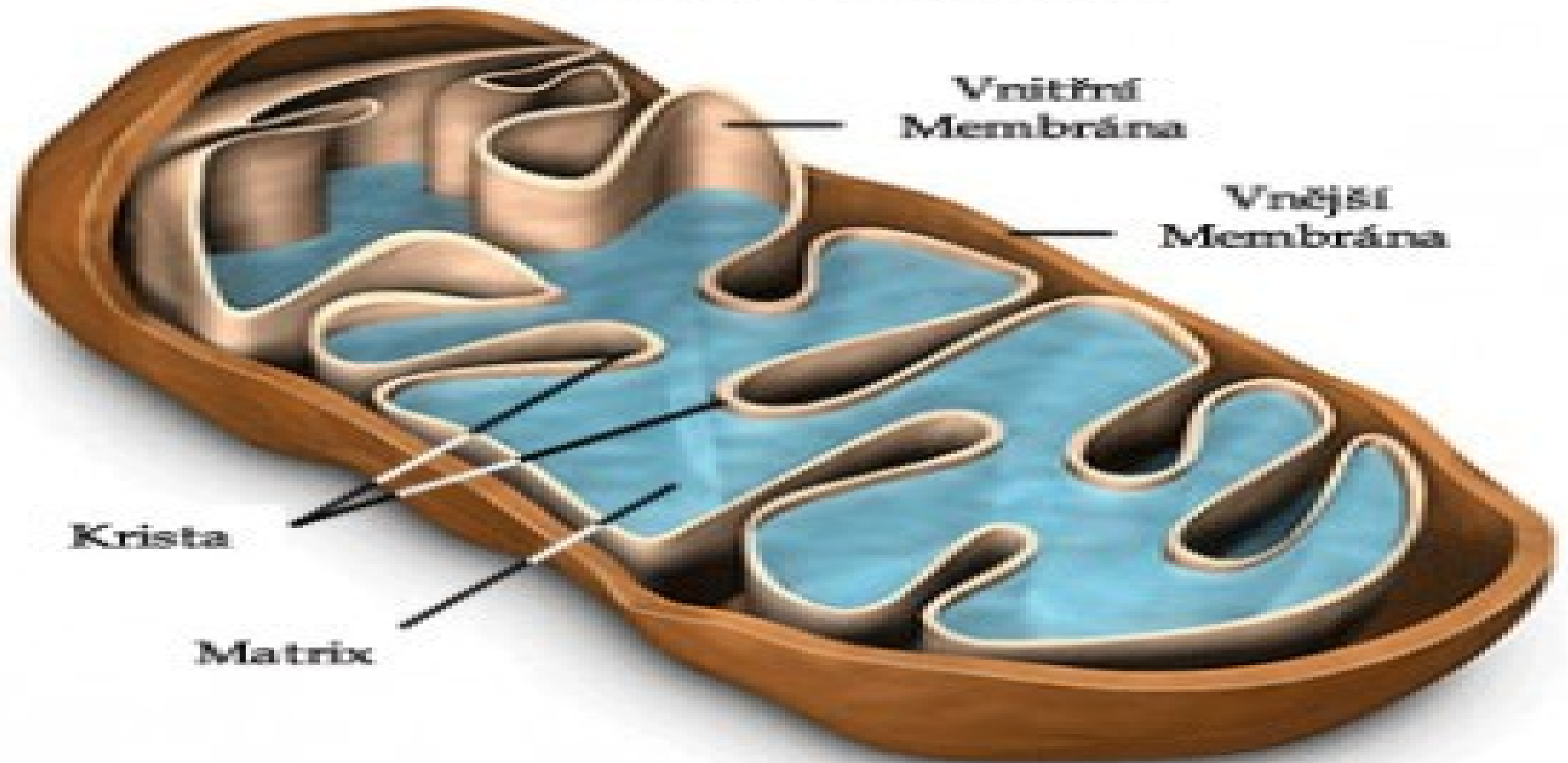


Citrátový cyklus a dýchací řetězec

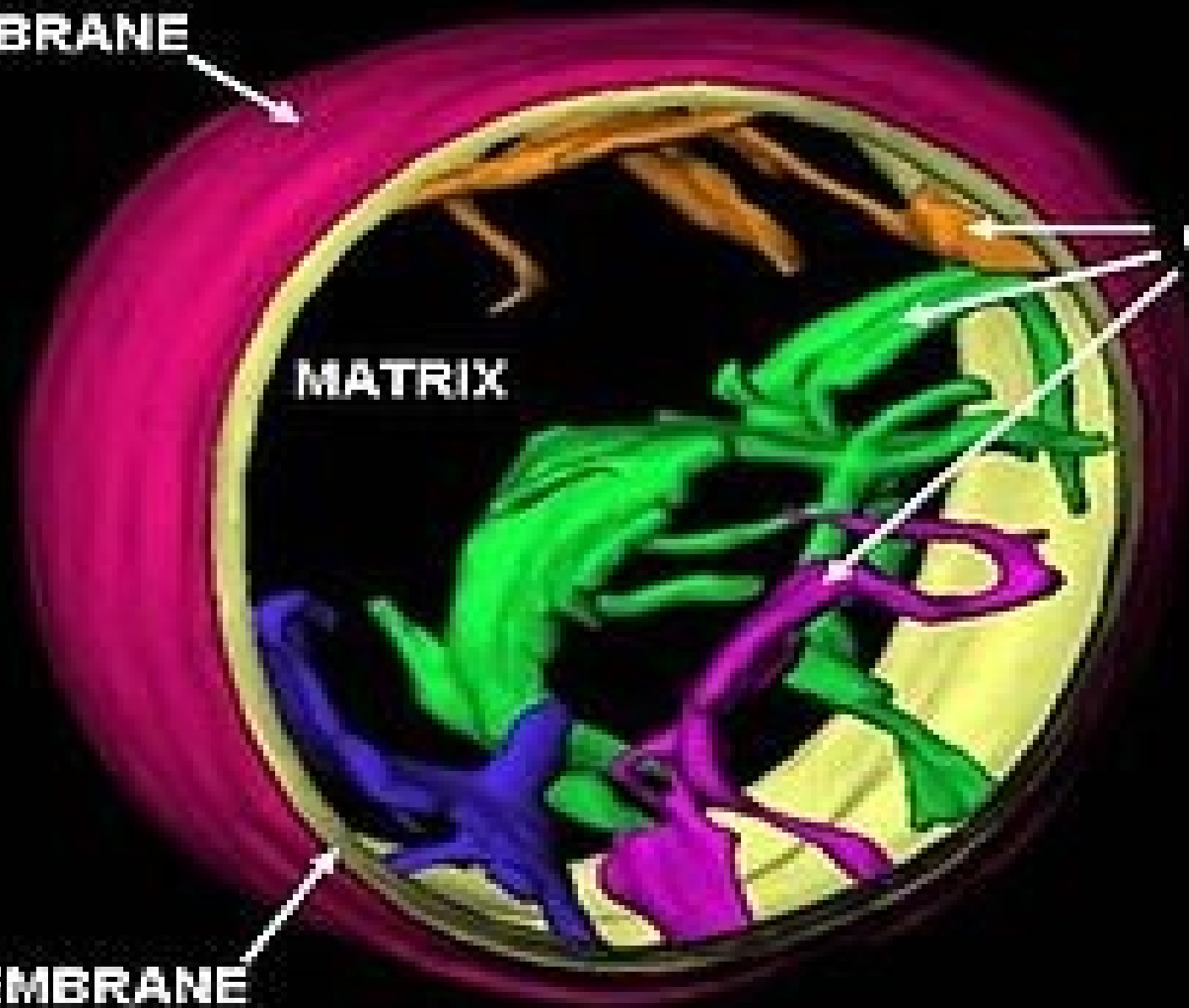
Citrátový cyklus (Krebsův cyklus)

- ❖ Probíhá **v matrix mitochondrií** za **aerobních podmínek**.
- ❖ Probíhá ve všech buňkách kromě erytrocytů.
- ❖ Je to **amfibolický děj**.
- ❖ Je centrem energetického metabolismu buňky.
- ❖ Jsou na něj napojeny všechny dráhy energetického metabolismu:
 - **Dýchací řetězec**
 - **Glukoneogeneze**
 - **Transaminace, deaminace aminokyselin**
 - **Lipogeneze**

Mitochondrie - uspořádání



OUTER MEMBRANE



CRISTAE

MATRIX

INNER MEMBRANE

Funkce Krebsova cyklu

❖ Oxidace acetyl-CoA:

- Zisk vysoceenergetických vodíkových atomů vázaných v **NADH + H⁺** a **FADH₂**.
- Zisk **GTP**.

❖ Tvorba meziproduktů anabolických drah:

- Syntéza hemu
- Glukoneogeneze

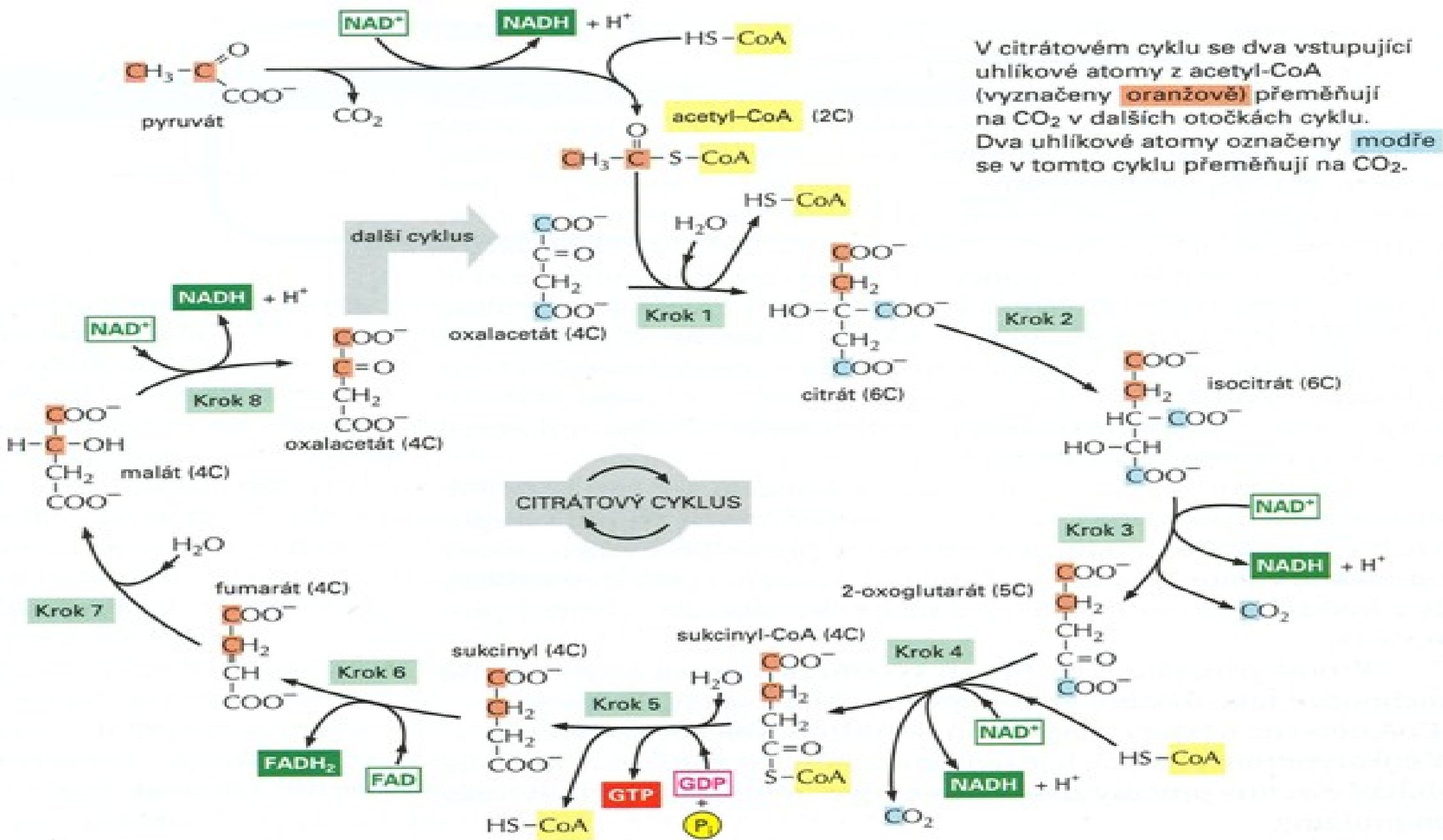
❖ Souhrnná rovnice Krebsova cyklu:



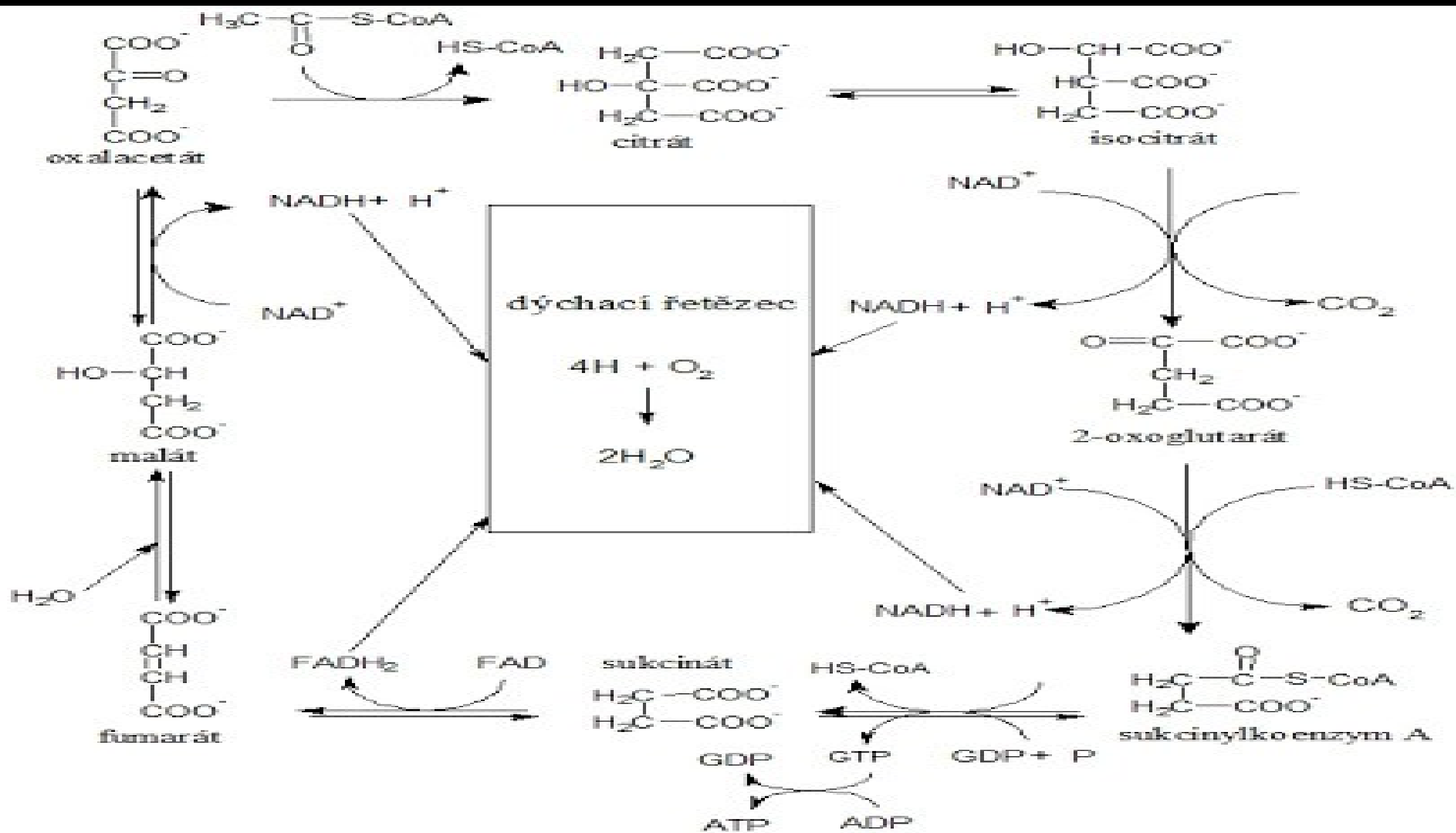
❖ Výchozí látka: **CH₃-CO~SCoA**

❖ Produkty:

- **NADH + H⁺**
- **FADH₂**
- **GTP**
- **CO₂**



V citrátovém cyklu se dva vstupující uhlíkové atomy z acetyl-CoA (vyznačeny oranžově) přeměňují na CO_2 v dalších otočkách cyklu. Dva uhlíkové atomy označeny modře se v tomto cyklu přeměňují na CO_2 .



Dýchací řetězec

- ❖ Probíhá **na vnitřní membráně mitochondrií**.
- ❖ Je to finální fáze buněčného dýchání.
- ❖ Využívají jej živočichové, rostlinné buňky ve tmě, houby a bakterie.
- ❖ Je realizován prostřednictvím **4 kotvených enzymatických komplexů a 2 mobilních přenašečů**.
- ❖ **Je to elektronový transportní řetězec.**

Funkce dýchacího řetězce

❖ Syntéza energetických konzerv ATP v buňce.

❖ Uvolňování tepla.

❖ Výchozí látky DŘ:

➤ **NADH + H⁺**

➤ **FADH₂**

➤ **½ O₂**

❖ Produkty DŘ:

➤ **ATP**

➤ **H₂O**

<https://www.youtube.com/watch?v=3y1dO4nNaKY>

<https://www.youtube.com/watch?v=PjdPTY1wHdQ>

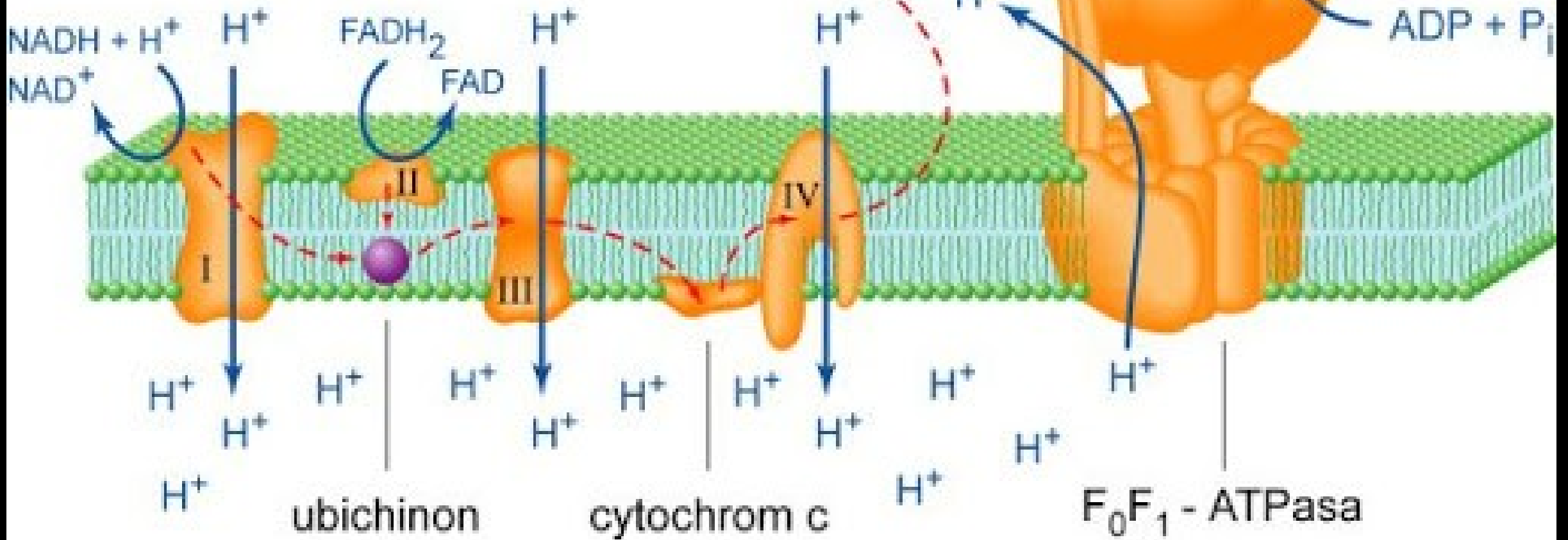
Mechanismus dýchacího řetězce

- ❖ Do dýchacího řetězce vstupují 2 vodíkové atomy **H \cdot** , ale dýchacím řetězcem putují tyto atomy v disociované formě **(zvláště 2H $^+$ a 2e $^-$)**
- ❖ Elektrony z flavinových a pyridinových koenzymů jsou přenášeny přes soustavu přenašečů, čímž zajišťují energii k tvorbě **elektrochemického protonového gradientu**.
- ❖ Ten se vytváří za pomoci **komplexů**, které pumpují vodíkové kationty z matrix mitochondrie do intermembránového prostoru.
- ❖ **ATP-syntasa** tvoří jedinou možnou cestu za normálních podmínek, kudy se protony mohou vracet zpátky do matrix.
- ❖ Díky vysokému gradientu se **energie propuštěných protonů využívá k syntéze ATP z ADP+P $_i$** .

1. Komplex I – NADH-ubichinonreduktáza (NADH-dehydrogenáza – vstup NADH+H⁺)

- ❖ Vytváří **vstup pyridinového koenzymu NADH+H⁺ do systému**, přičemž od koenzymu přebírá **dva elektrony a dva protony**. Tyto elektrony jsou předány **koenzymu Q**.
- ❖ Energie přenosu elektronů postačí k vypumpování 4H⁺ do intermembránového prostoru (2 protony z NADH+H⁺ koenzymů + dva běžně přítomné protony).

MATRIX



MEZIMEMBRÁNOVÝ
PROSTOR

2. Komplex II – sukcinát-ubichinonreduktáza (vstup FADH_2).

- ❖ Vytváří vstup flavinového koenzymu FADH_2 do systému.
- ❖ Předáním jeho elektronů na komplex III se obchází pumpování protonů z komplexu I.
- ❖ koenzym Q odevzdává 2 elektrony komplexu III (cyt c-reduktáza) – další dva protony jsou odčerpány do intermembránového prostoru

3. Komplex III - ubichinol-cytochrom c-reduktáza

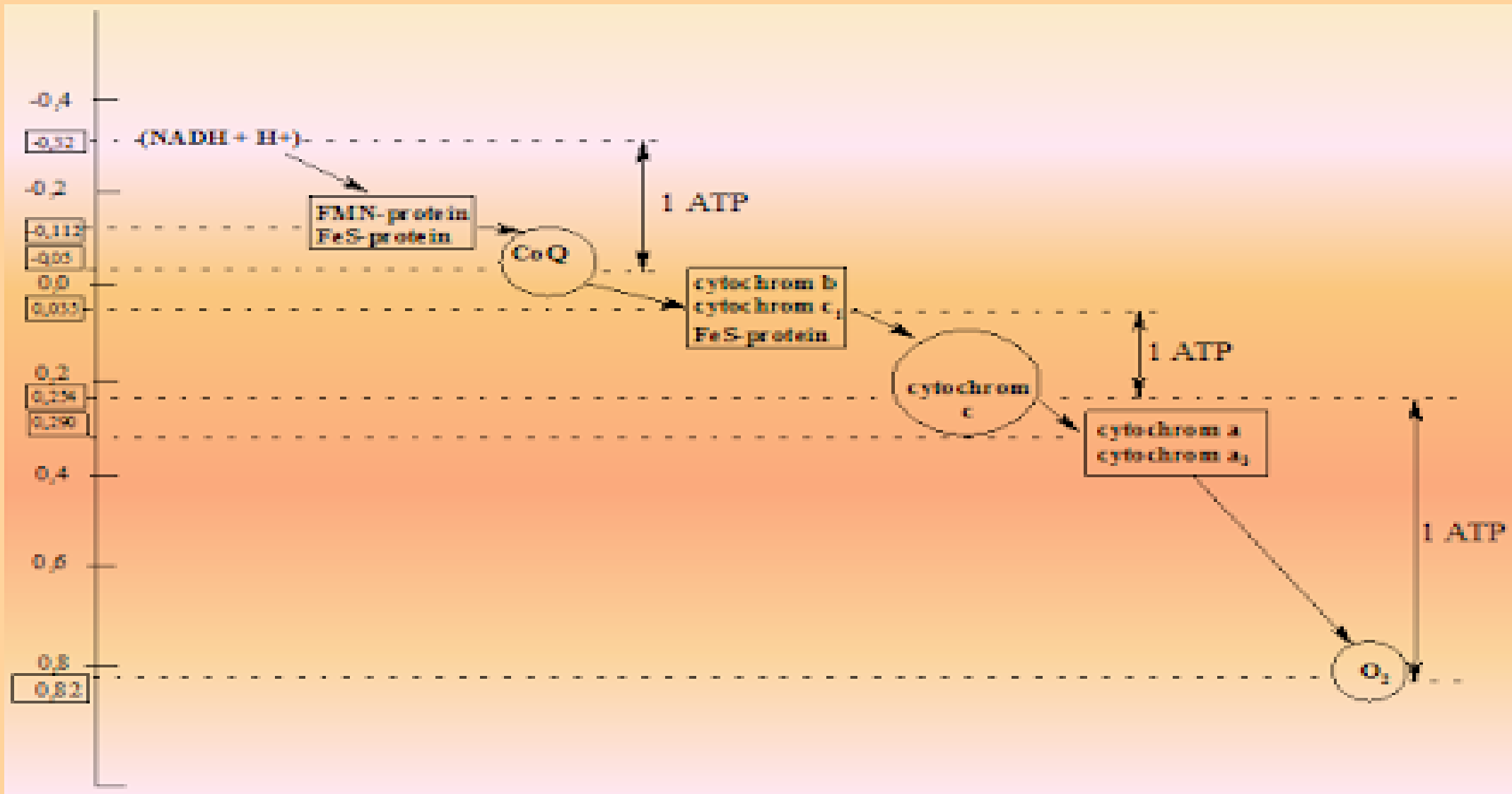
- ❖ Předává elektrony druhému mobilnímu přenašeči elektronů (cytochrom c).

4. Komplex IV - cytochrom c-oxidáza

- ❖ Poslední komplex cytochromů, je schopný přenést elektrony na kyslík a tím v reakci s vodíkovými ionty vytvořit vodu.
- ❖ Přitom je uvolněna energie k přenosu $4H^+$ do mezimembránového prostoru.

5. Komplex V - někdy se tak označuje F_0F_1 -ATP-syntasa

- ❖ provádí reakci $ADP + P_i \rightarrow ATP$.



- ❖ **Koenzym Q (ubichinon)** – volně pohyblivý (hydrofobní) derivát hydrochinonu, jeho funkcí je vázání elektronů a protonů a tím redukce na **ubichinol**.
- ❖ **FeS-protein** – protein s elektron transportujícím centrem.
- ❖ **Cytochromy** – železitá barviva schopná přenášet elektrony.
- ❖ **Cytochromoxidáza** – poslední komplex cytochromů, je schopný přenést elektrony na kyslík.

- ❖ ***Uncoupling proteins*** – proteiny ve vnitřní mitochondriální membráně, které dovolují procházet protonům z intermembránového prostoru zpět do matrix bez tvorby ATP, pouze s tvorbou tepla.
- ❖ Nejčastěji jsou obsaženy krátce po narození v hnědé tukové tkáni. Zástupcem je například termogenin.

Energetická bilance Krebsova cyklu a dýchacího řetězce

- ❖ Oxidací **1 acetyl-CoA** v krebsově cyklu se získají **3 NADH+H⁺** a **1 GTP** (GTP = energetický ekvivalent ATP).
- ❖ Ze 2 aktivovaných atomů **H[•]** (pocházejících z **NADH+H⁺**) se průchodem dýchacím řetězcem získají **3 ATP**.
- ❖ Ze 2 aktivovaných atomů **H[•]** (pocházejících z **FADH₂**) se průchodem dýchacím řetězcem získají **2 ATP**.

- ❖ **To je celkem 12 ATP**

- ❖ Oxidací **1 pyruvátu** se získá celkem **15 ATP**.