

## **Temat: Proces oddychania tlenowego (25.05.2020) 2h**

Oddychanie komórkowe to proces stopniowego utleniania (inaczej spalania) glukozy. Zwyczajowo zapisuje się go w postaci równania chemicznego:



Taki zapis nie odzwierciedla przebiegu procesu, wskazuje jedynie jego substraty i produkty. Od zwykłego spalania proces oddychania różni się tym, że:

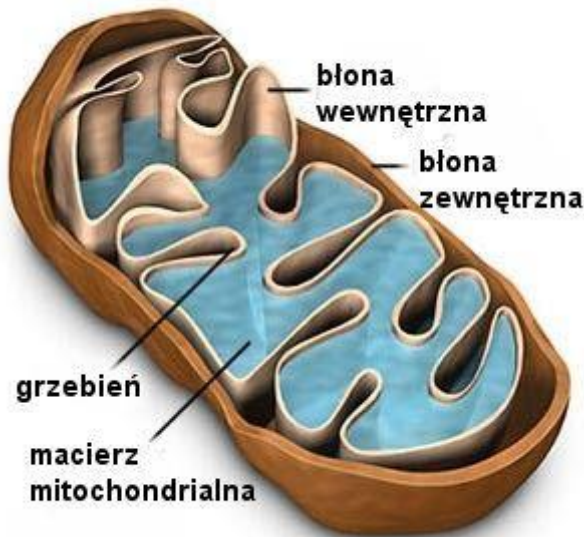
- proces spalania zachodzi szybko, natomiast oddychanie komórkowe zachodzi etapami.
- podczas spalania cała uwolniona energia jest zamieniana w ciepło, natomiast w czasie oddychania znaczna część uwolnionej energii zamieniana jest na energię biologicznie użyteczną, czyli **ATP**. I to właśnie jest głównym celem całego procesu.

**Oddychanie komórkowe** polega na zamianie energii chemicznej zawartej w glukozie (lub innej substancji odżywczej) na energię biologicznie użyteczną zawartą w **ATP**.

W pierwszych dwóch etapach utleniania glukozy wydzielają się niewielkie ilości energii oraz wodór, który wychwytywany jest przez odpowiednie nośniki. Jest on potrzebny jako źródło energii w ostatnim, najbardziej „energogodajnym” etapie oddychania.

Oddychanie zachodzi początkowo w cytoplazmie, później w mitochondriach i dzielone jest na 4 etapy:

- etap 1, zwany **glikolizą**, zachodzi w cytoplazmie
- etap 2, **reakcja pomostowa**, zachodzi w *matrix (macierz)* mitochondrium
- etap 3, zwany **cyklem Krebsa**, zachodzi w *matrix (macierz)* mitochondrium
- etap 4, zwany **łańcuchem oddechowym**, zachodzi na wewnętrznych błonach mitochondrium.



Rys. Budowa mitochondrium

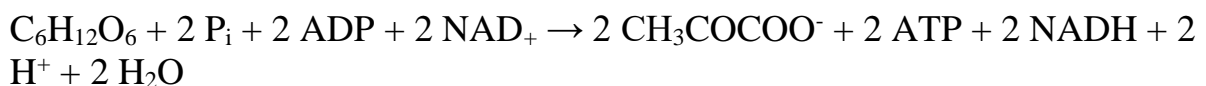
## Etapy oddychania-przebieg:

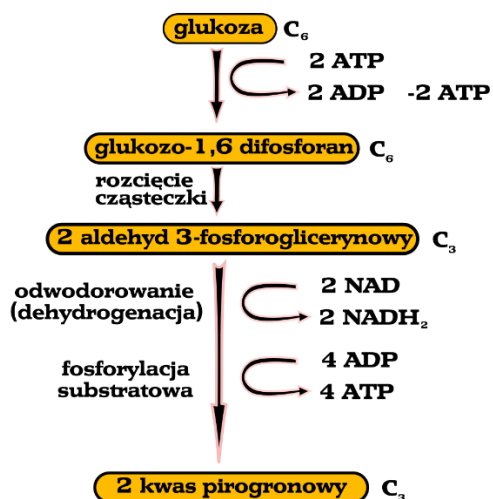
### 1. Glikoliza

Jest pierwszym etapem oddychania komórkowego, w czasie którego **jedna cząsteczka glukozy** jest przekształcana w **dwie kwasu pirogronowego**. Glikoliza zachodzi w **cytoplazmie, bez udziału tlenu**.

Jest to ciąg skomplikowanych procesów biochemicznych. Podczas obu fosforylacji substratowych powstają cztery cząsteczki ATP. Zysk energetyczny glikolizy wynosi **dwie cząsteczki ATP**, ponieważ dwie zostały zużyte podczas glikolizy. Produkty glikolizy to dwie cząsteczki **pirogronianu i NADH**.

### Sumaryczna reakcja glikolizy jest następująca:



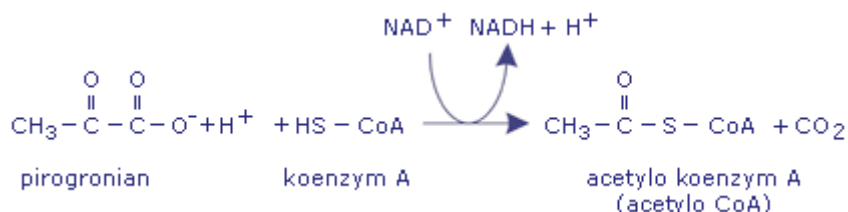


Rys. glikoliza

Przebieg glikolizy został opisany w podręczniku str.38, natomiast schemat przebiegu str.40. Bardzo proszę o przeanalizowanie tego etapu.

## 2. Reakcja pomostowa

Zachodzi w matrix mitochondrium i polega **utlenieniu pirogronianu i jego dekarboksylacji**. W czasie tej reakcji powstaje **dwutlenek węgla**, grupa dwuwęglowa **acetylowa** oraz NADH. Następuje przyłączenie koenzymu CoA do tej grupy acetylowej. Powstaje acetylo-CoA.



**Sumaryczny zapis reakcji pomostowej to:**

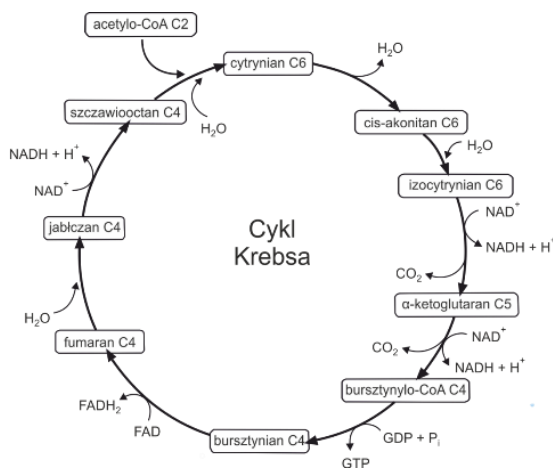


Przebieg reakcji pomostowej został opisany w podręczniku str.38 Bardzo proszę o przeanalizowanie tego etapu.

## 3. Cykl Krebsa (cykl kwasu cytrynowego)

W tym cyklu zachodzą liczne reakcje utleniania i redukcji, w których wyniku powstają cząsteczki zredukowanych nukleotydów NADH i FADH<sub>2</sub> oraz H<sup>+</sup>. Są one wykorzystywane w łańcuchu oddechowym jako siła napędowa do syntezy ATP. Zachodzi on w matrix mitochondrium.

W pierwszej reakcji cyklu Krebsa dochodzi do przyłączenia się grupy acetylowej do czterowęglowego szczawiooctanu. W wyniku tej reakcji powstaje sześciowęglowy cytrynian. Następnie zachodzą kolejne przemiany, którym podlegają poszczególne ogniwa cyklu cytrynowego, złożone z kwasów trikarboksylowych o sześciu, pięciu i czterech atomach węgla. Prowadzi to do odtworzenia się szczawiooctanu. W trakcie tych przemian dochodzi do dwukrotnej dekarboksylacji (powstają 2 cząsteczki CO<sub>2</sub>) i czterokrotnej dehydrogenacji z wydzieleniem 3 cząsteczek NADH i 1 cząsteczki FADH<sub>2</sub>. Ponadto w jednym z etapów cyklu zachodzi fosforylacja substratowa, w trakcie której powstaje 1 cząsteczki ATP.



Rys. cykl Krebsa

### Reakcja ogólna cyklu Krebsa dla jednej reszty acetylowej:



Przebieg cyklu Krebsa wraz ze schematem został opisany w podręczniku str.38  
Bardzo proszę o przeanalizowanie tego etapu.

## 4. Łańcuch oddechowy

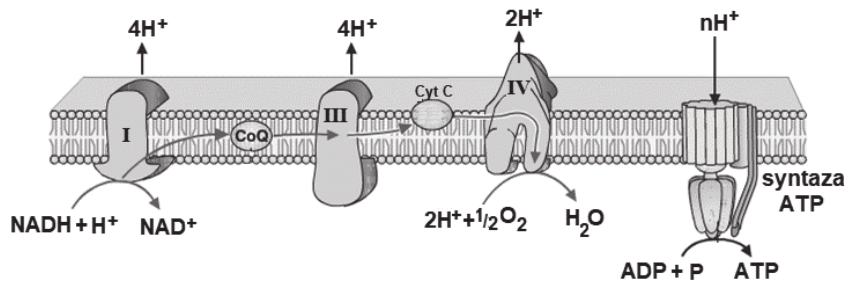
Końcowy etap oddychania komórkowego, zwany **utlenianiem końcowym** zachodzi na  **błonach grzebienie mitochondrialnych**.

Elektrony pochodzące z NADH i FADH<sub>2</sub> są przekazywane na przenośniki łańcucha oddechowego. Uwalniania energia umożliwia **aktywne przepompowanie jonów H<sup>+</sup>** z matrix mitochondrialnej do przestrzeni międzybłonowej. W ten sposób po obu stronach błony wewnętrznej tworzy się **gradient protonowy**, który napędza **syntezą ATP**.

Jony H<sup>+</sup> przemieszczają się w poprzek błony przez specjalne białkowe struktury – **syntazy ATP**. Fosforylacja zachodząca na łańcuchu oddechowym to

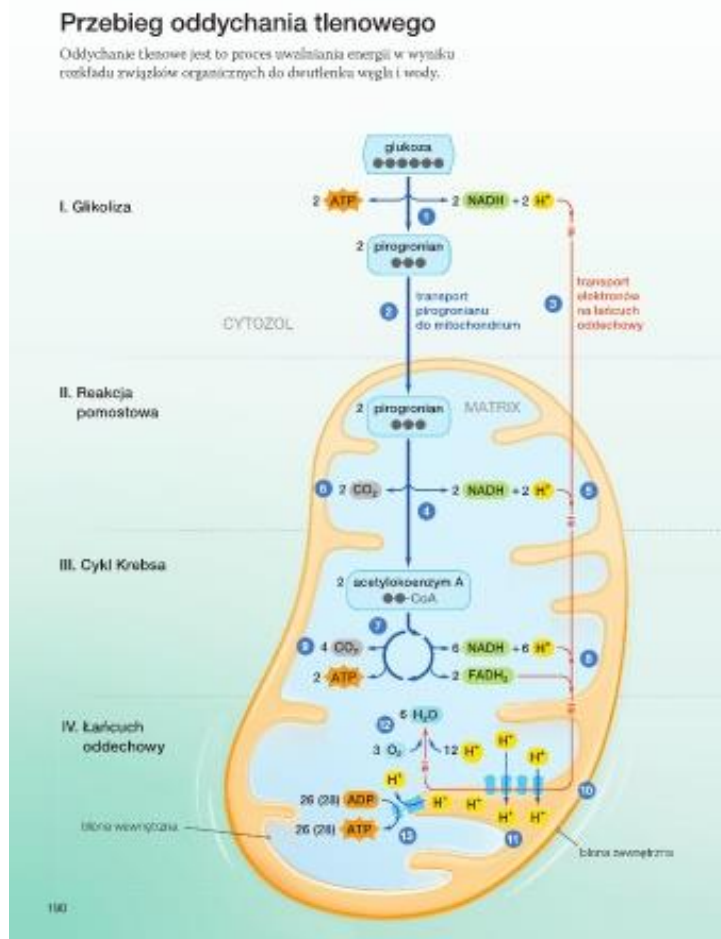
fosforylacja oksydacyjna, ponieważ energii do syntezy ATP są elektrony redukujące tlen.

**Sumaryczne zapis równania tlenowego rozkładu glukozy przedstawia się następująco:**



Rys. Łańcuch oddechowy

Przebieg łańcucha oddechowego oraz schematu został opisany w podręczniku str.38-40 . Bardzo proszę o przeanalizowanie tego etapu.



## Bilans energetyczny oddychania

Bilans energetyczny utlenienia jednej cząsteczki glukozy w procesie oddychania tlenowego

Etap	Wytworzone cząsteczki ATP	Zużyte cząsteczki ATP	Zysk energetyczny (cząsteczki ATP)
Glikoliza	4	2	2
Reakcja pomostowa	0	0	0
Cykl Krebsa	2	0	2
Łańcuch oddechowy	26–28	0	26–28
Ogółem	32–34	2	30–32

Link do prezentacji dotyczącej oddychania komórkowego:

<https://www.youtube.com/watch?v=VI3zITAddQE>