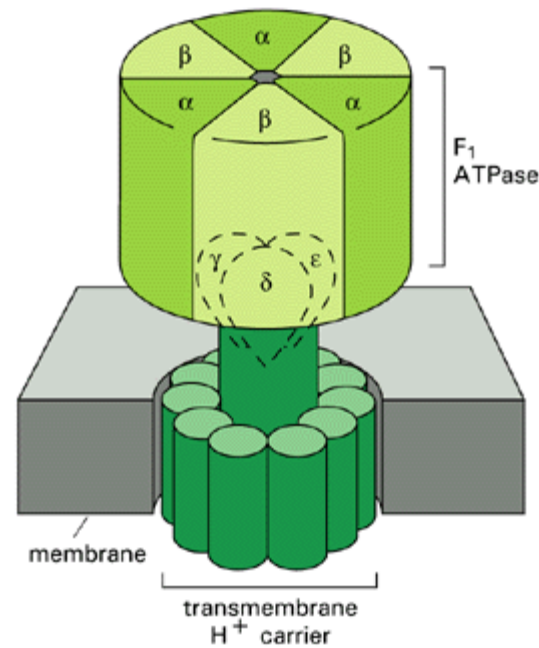


# Енергетичний обмін. Клітинне дихання

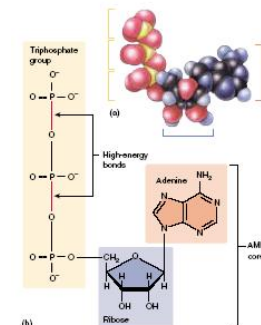


# План лекції

1. Процеси дихання. Енергія та життя
2. Структура АТФ
3. Загальна характеристика дихання
4. Етапи дихання
  - а) гліколіз
  - б) цикл Г. Кребса
  - в) окислювальне фосфорилування
5. Бескисневе дихання
  - а) молочнокисле бродіння
  - б) спиртове бродіння



## Обмін речовин



Надходження речовин з оточуючого середовища, розщеплення речовин, **синтез речовин з використанням енергії (АТФ)**. Окислення речовин, результатом якого є синтез АТФ

Енергія Сонця – синтез органічних речовин – трансформація енергії хімічних зв'язків органічних речовин у енергію макроергічних зв'язків **(АТФ)**.

# Анаболітичні та катаболітичні процеси. Ендергонічні та екзергонічні процеси.



# Дихання

**Дихання** – одна з основних життєвих функцій, сукупність процесів, що забезпечують надходження до організму кисню, його використання в окисно-відновних процесах, а також видалення з організму вуглекислого газу та деяких інших сполук, які є кінцевими продуктами обміну речовин.

Таке визначення є зрозумілим будь-якій людині, навіть далекій від біології...

# Дихання та енергетичний обмін

**Дихання – будь-який процес, при якому окислення органічних сполук приводить до виділення хімічної енергії**

**Отже дихання може бути як аеробним, так і анаеробним...**

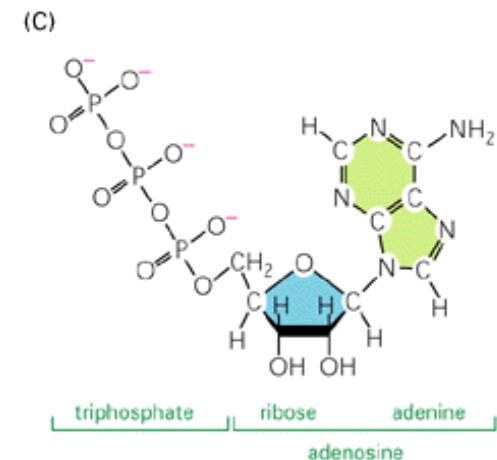
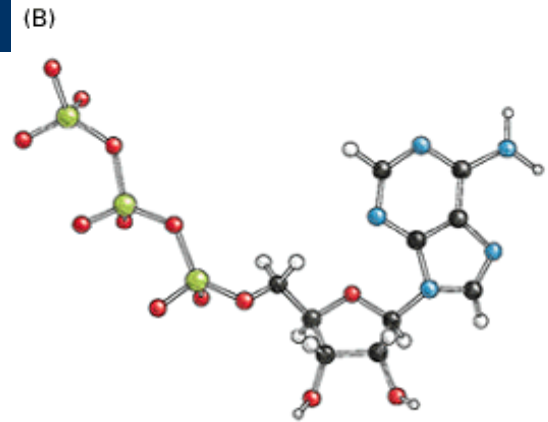
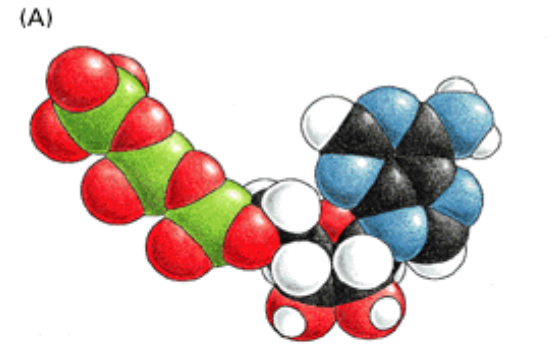
# Функції клітинного дихання

1. **Акумулявання енергії у формі АТФ.**
2. **Розсіювання енергії у вигляді тепла.**
3. **Утворення речовин, корисних для клітини**
4. **Детоксикація речовин, шкідливих для клітини**

# АТФ

## Шляхи рефосфорилювання АДФ:

1. Процеси дихання
2. Фотосинтез
3. За допомогою макроергічних молекул (напр., креатинфосфат)



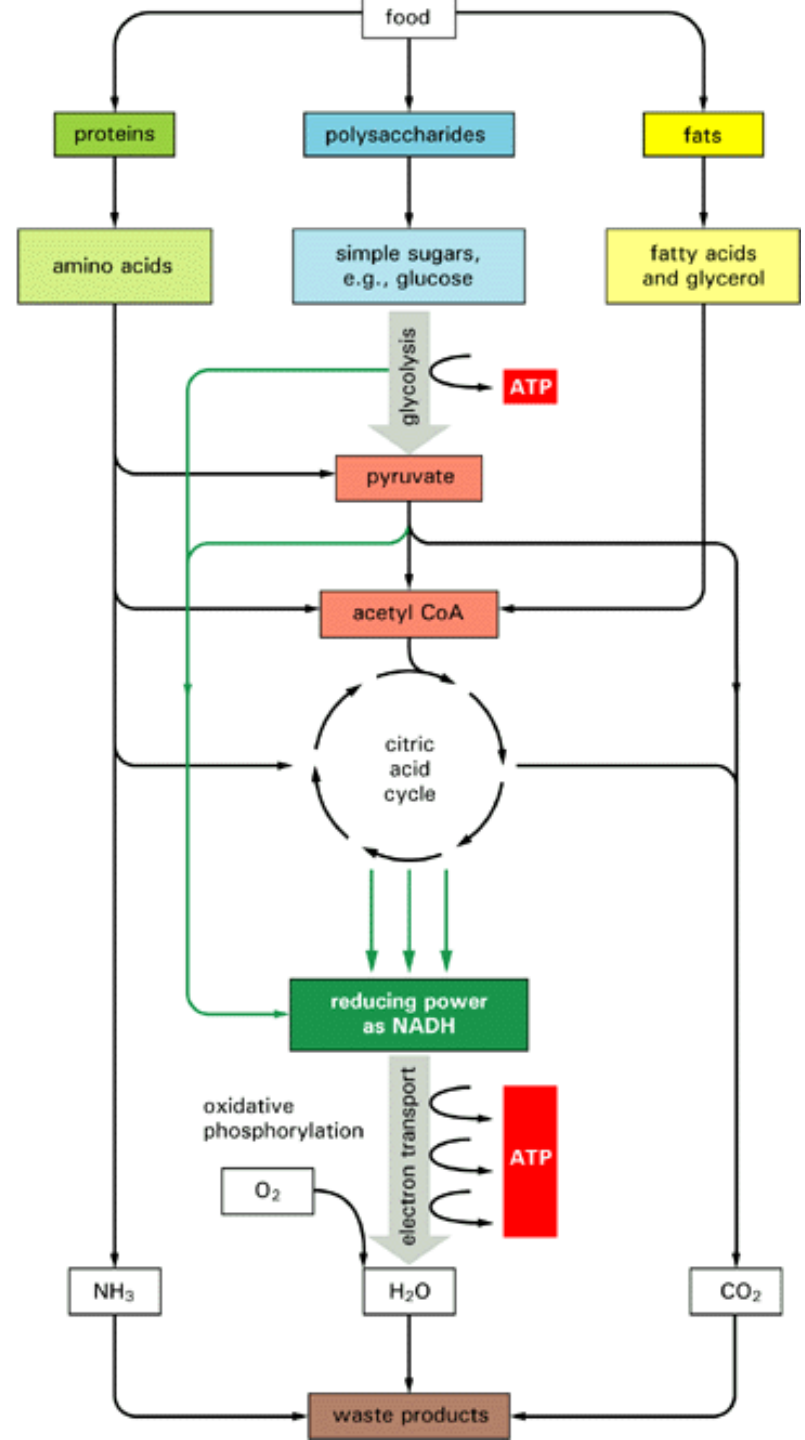


# Схема трьох стадій катаболізму

STAGE 1:  
breakdown of large macromolecules to simple subunits

STAGE 2:  
breakdown of simple subunits to acetyl CoA accompanied by production of limited amounts of ATP and NADH

STAGE 3:  
complete oxidation of acetyl CoA to H<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> accompanied by production of large amounts of NADH and ATP



## Коферменти, які використовуються при диханні

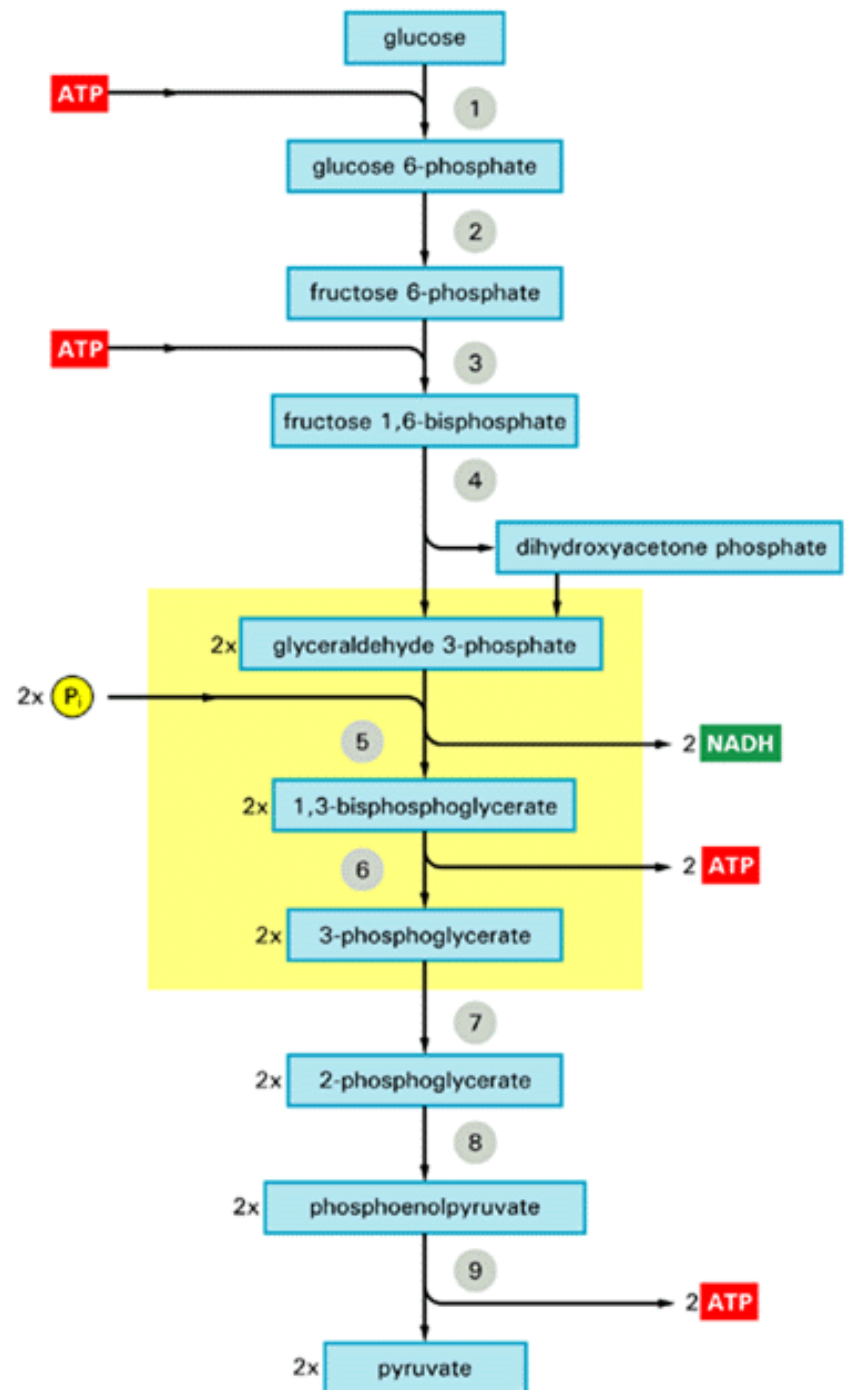
Кофермент	Функція	Вітамін, з якого синтезується даний кофермент
Нікотинамідаденіндинуклеотид (НАД <sup>+</sup> )	Передає атоми водню до ланцюга переносу електронів	ніацин (вітамін РР)
Флавінаденіндинуклеотид (ФАД)	Передає атоми водню до ланцюга переносу електронів	Рибофлавін (В <sub>2</sub> )
Кофермент А (КоА)	Передає ацетильну групу до циклу Г. Кребса	Пантотенова кислота (В <sub>5</sub> )

# Гліколіз

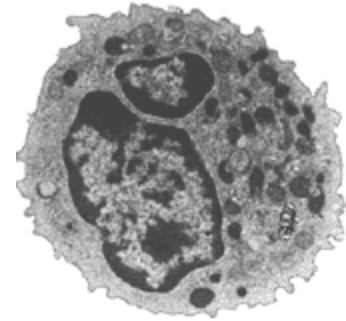
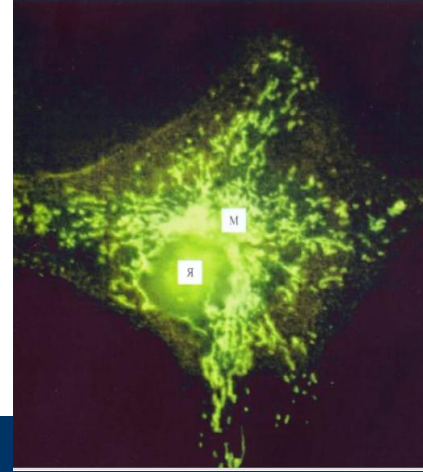
Процес окислення глюкози, який включає 9 послідовних реакцій, кожна з яких каталізується специфічним ферментом і відбувається в цитозолі

## Кінцеві продукти гліколізу:

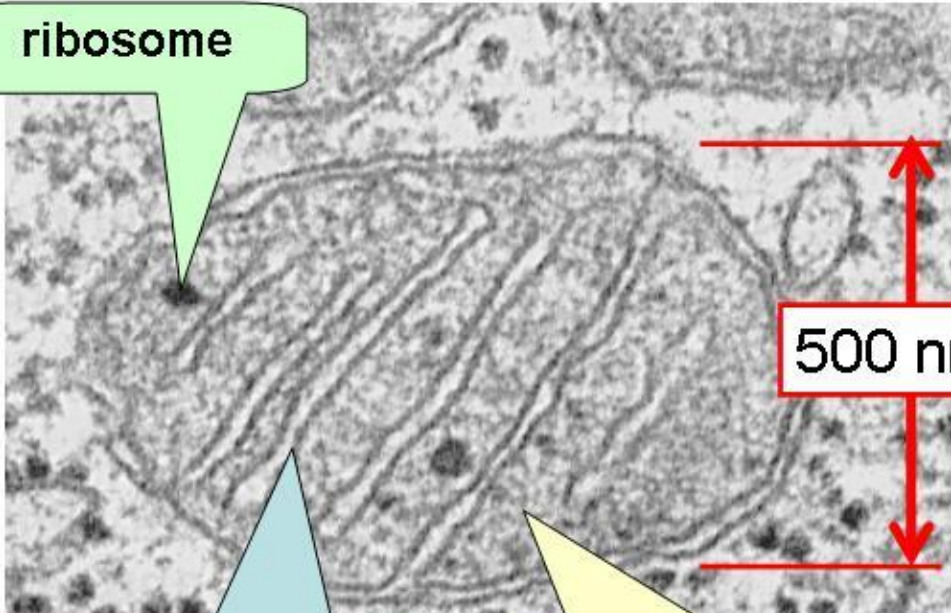
1. 2 молекули пірувату
2. 2 молекули  $\text{НАДН}_2$
3. 2 молекули АТФ



# Мітохондрії



ribosome



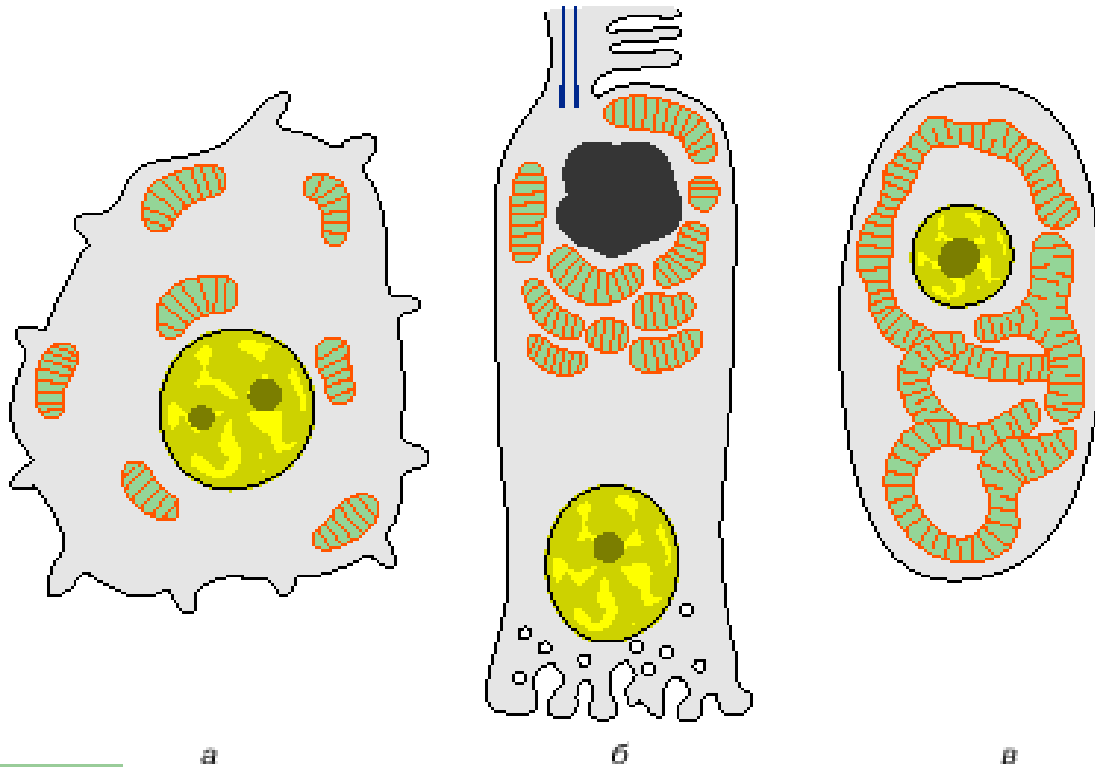
500 nm

Folding inner membrane with large surface area

Matrix where the Kreb's cycle of ATP creation occurs



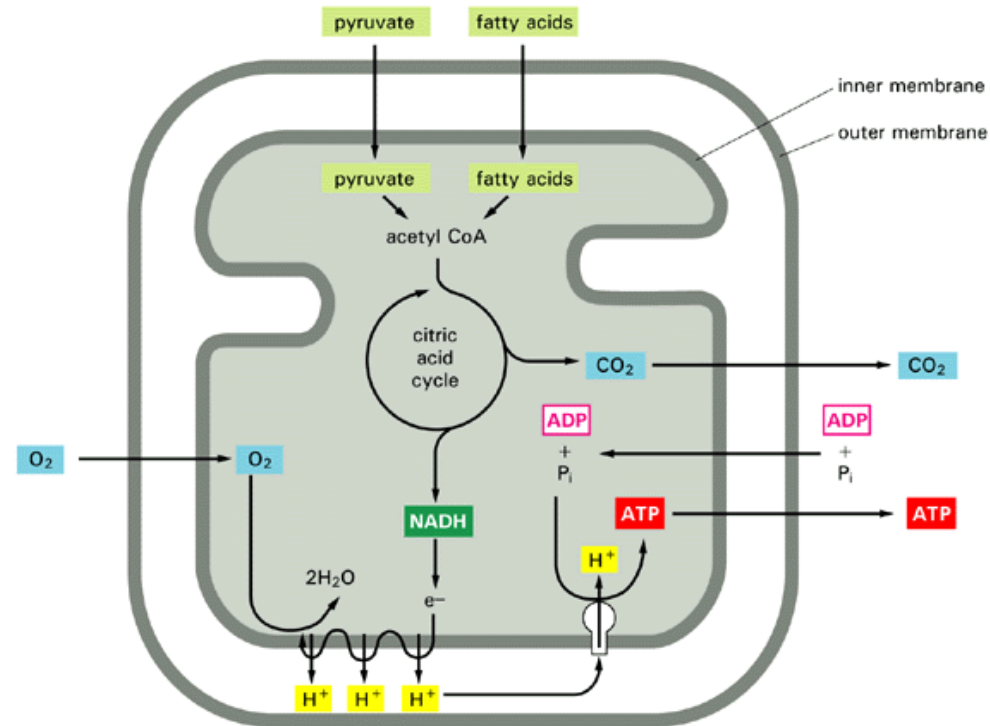
# Хондріом клітини

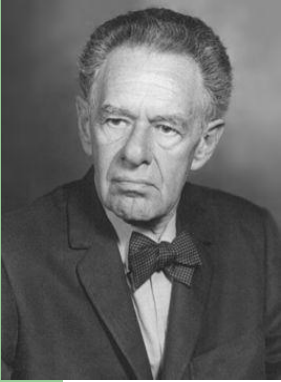


- 1. Окремі мітохондрії
- 2. Групи мітохондрій
- 3. Мітохондріальний ретикулум

# Кисневий етап дихання

**Кисневий етап дихання, який включає цикл Кребса та окислювальне фосфорилування, відбувається в мітохондрії**

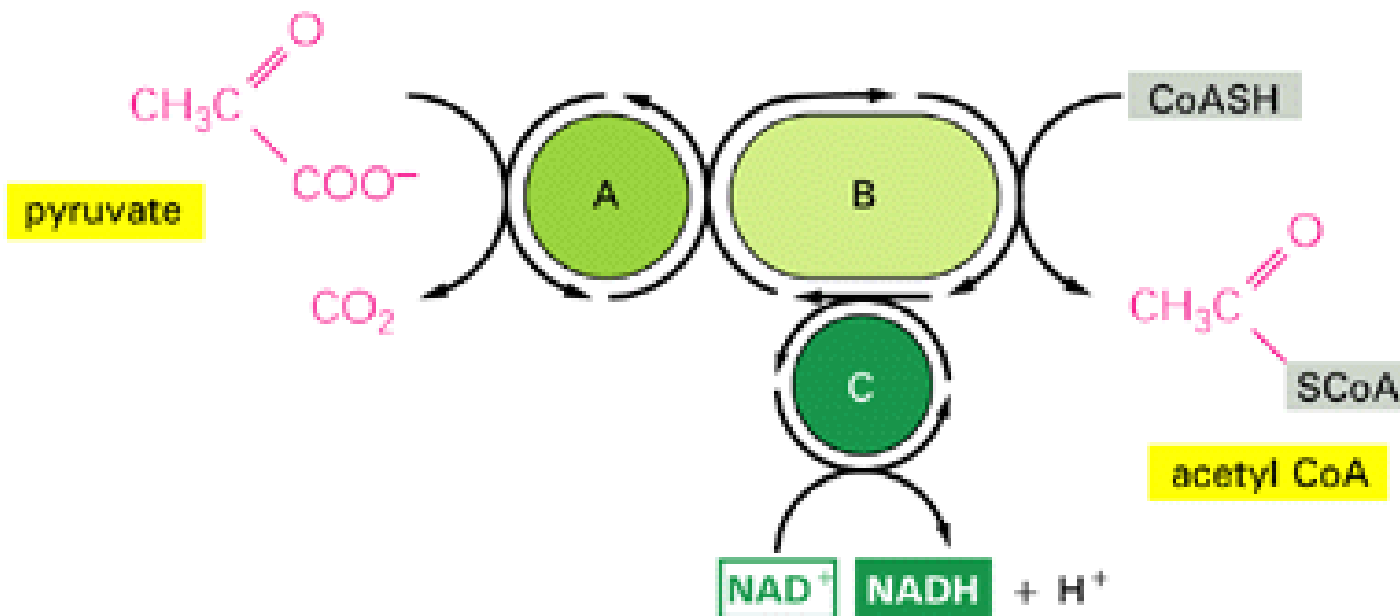




- **КРЕБС (Krebs), Ханс**
- **Нобелівська премія з фізіології і медицини, 1953 г.**  
**Разом з Фрицем Ліпманом**

# Цикл Г. Кребса: підготовчий етап

Під час цього етапу молекули пірувату, які надійшли до матриксу мітохондрії, піддаються реакціям дегідрогенування та декарбоксилування з утворенням **ацетильних груп і НАДН<sub>2</sub>**

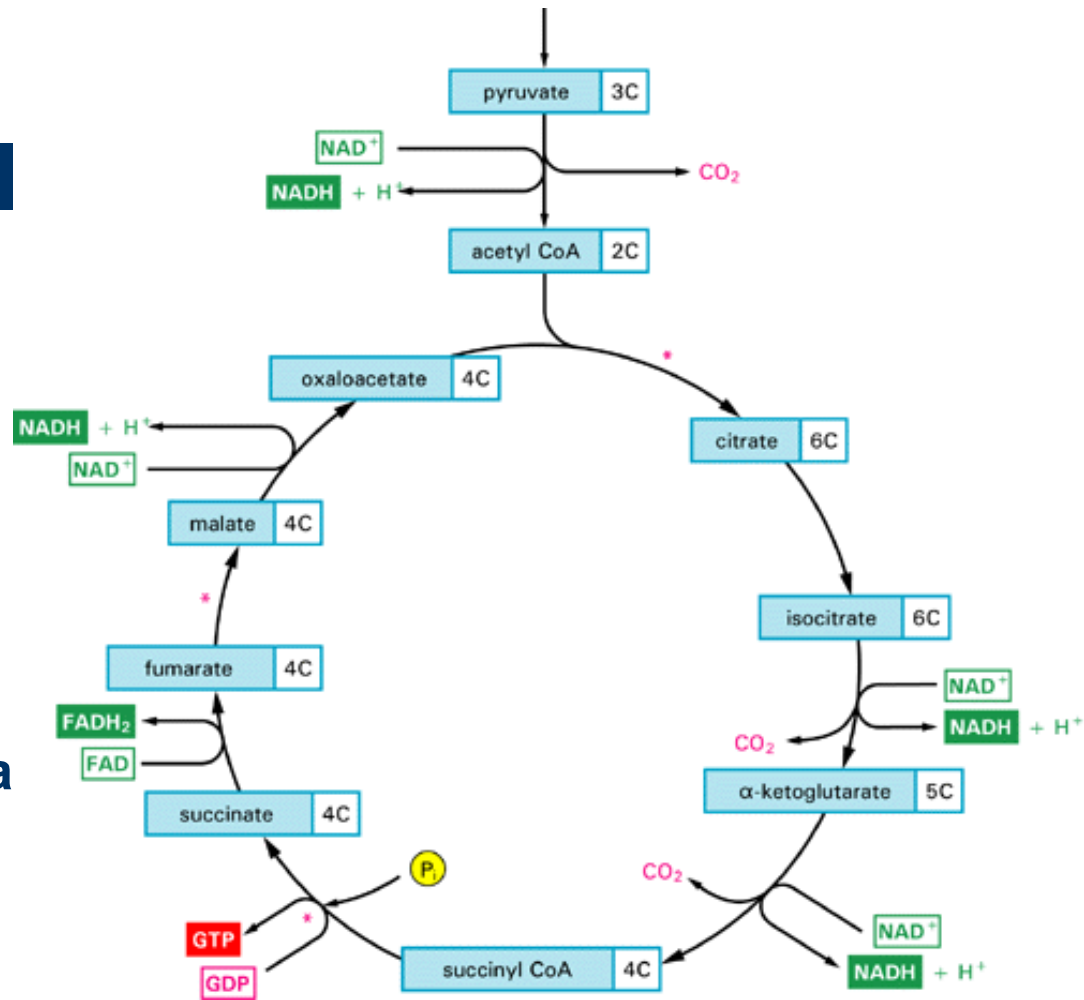




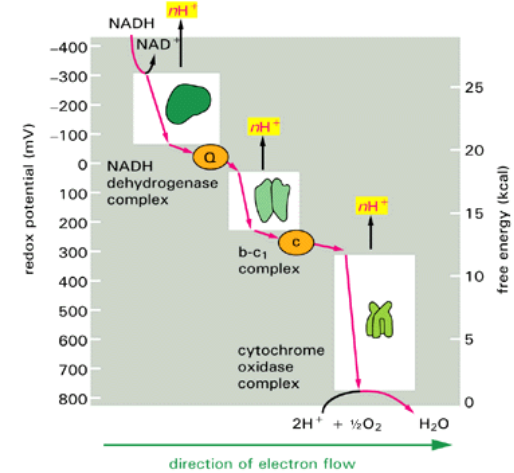
# Цикл Г. Кребса

В результаті циклу Кребса ацетильна група повністю окислюється з утворенням  $\text{CO}_2$ , атоми водню приєднуються до молекул-переносників НАД і ФАД

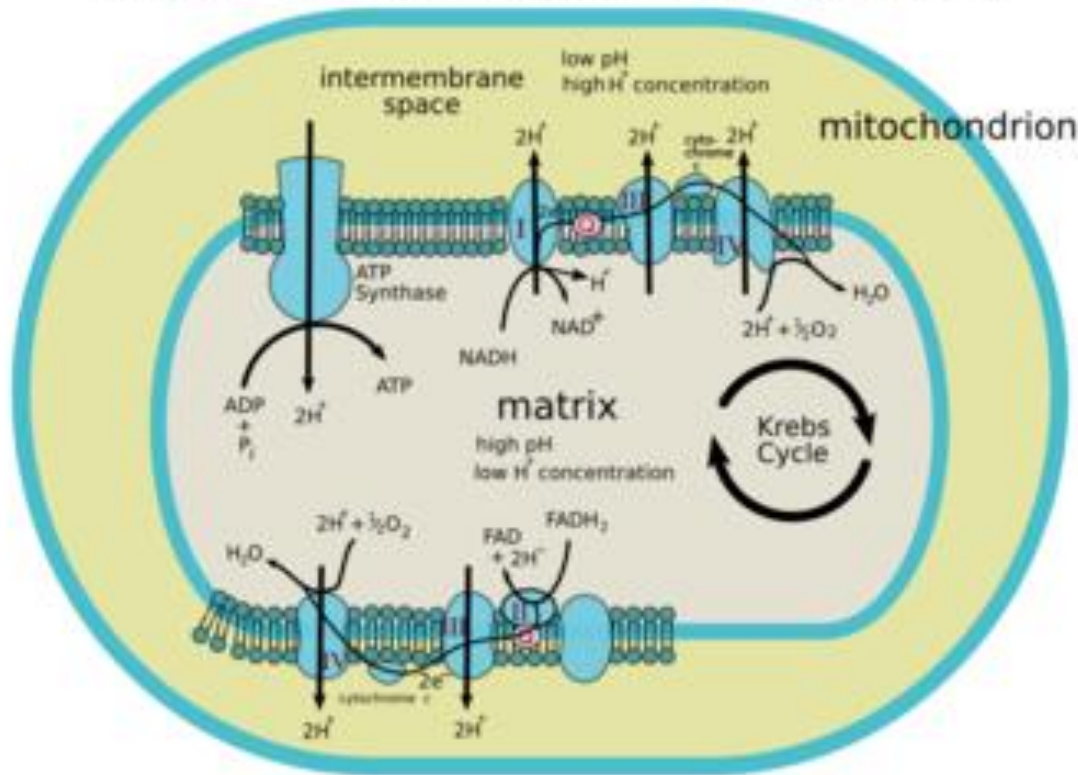
Кінцеві продукти циклу Кребса (у перерахунку на одну ацетильну групу): 2  $\text{CO}_2$ , 1 АТФ, 3  $\text{НАДН}_2$  і 1  $\text{ФАДН}_2$



# Дихальний ланцюг



## Mitochondrial Electron Transport Chain



# Ферментні комплекси дихального ланцюга

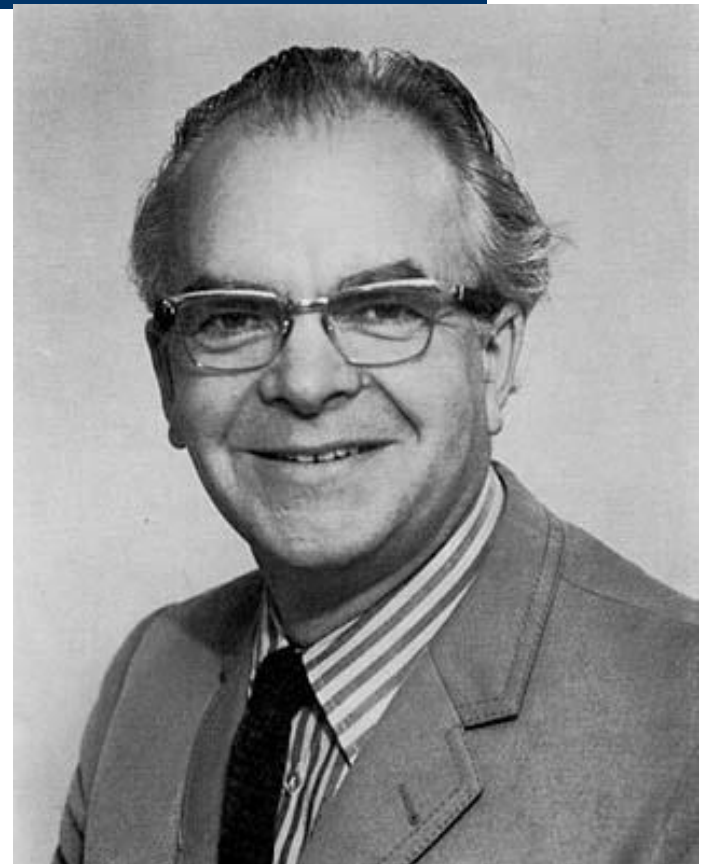
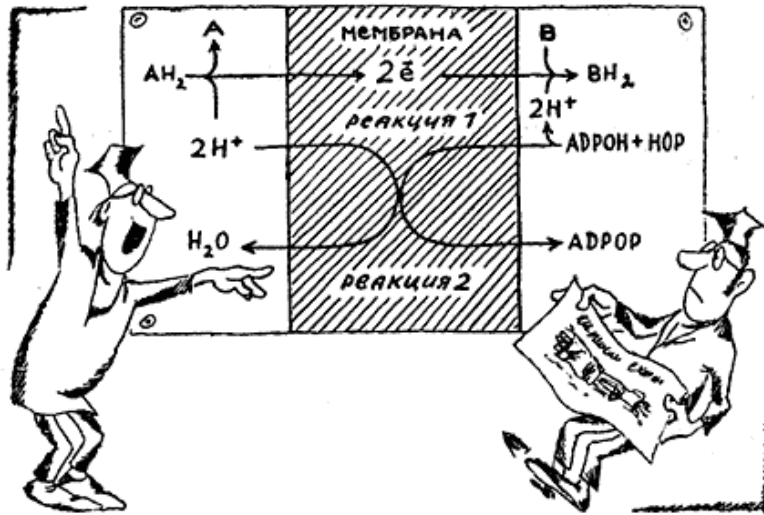
НАДН- дегідрогеназний комплекс має мол. масу понад 800000, складається з 22 поліпептидних ланцюгів, містить 5 залізо-сірчаних центрів;

Комплекс II (Сукцинат дегідрогеназа) забезпечує надходження додаткових електронів за рахунок окиснення сукцинату. Флавопротеїд, що містить 8 атомів негемінового заліза та лабільні атоми сірки. До активного центру входять сульфгідрільні групи.

Комплекс b-c<sub>1</sub> має мол. масу 500000, являє собою димер. Кожний мономер містить 3 гема, що поєднані з цитохромами та залізо-сірчаний білок

Цитохромоксидазний комплекс (aa<sub>3</sub>). Складається з 3 поліпептидних ланцюгів, є димером з мол. масою 300000.

# Хеміосмотична гіпотеза П. Мітчела, лауреата Нобелівської премії з хімії в 1978 р.



# Гіпотеза П. Мітчела

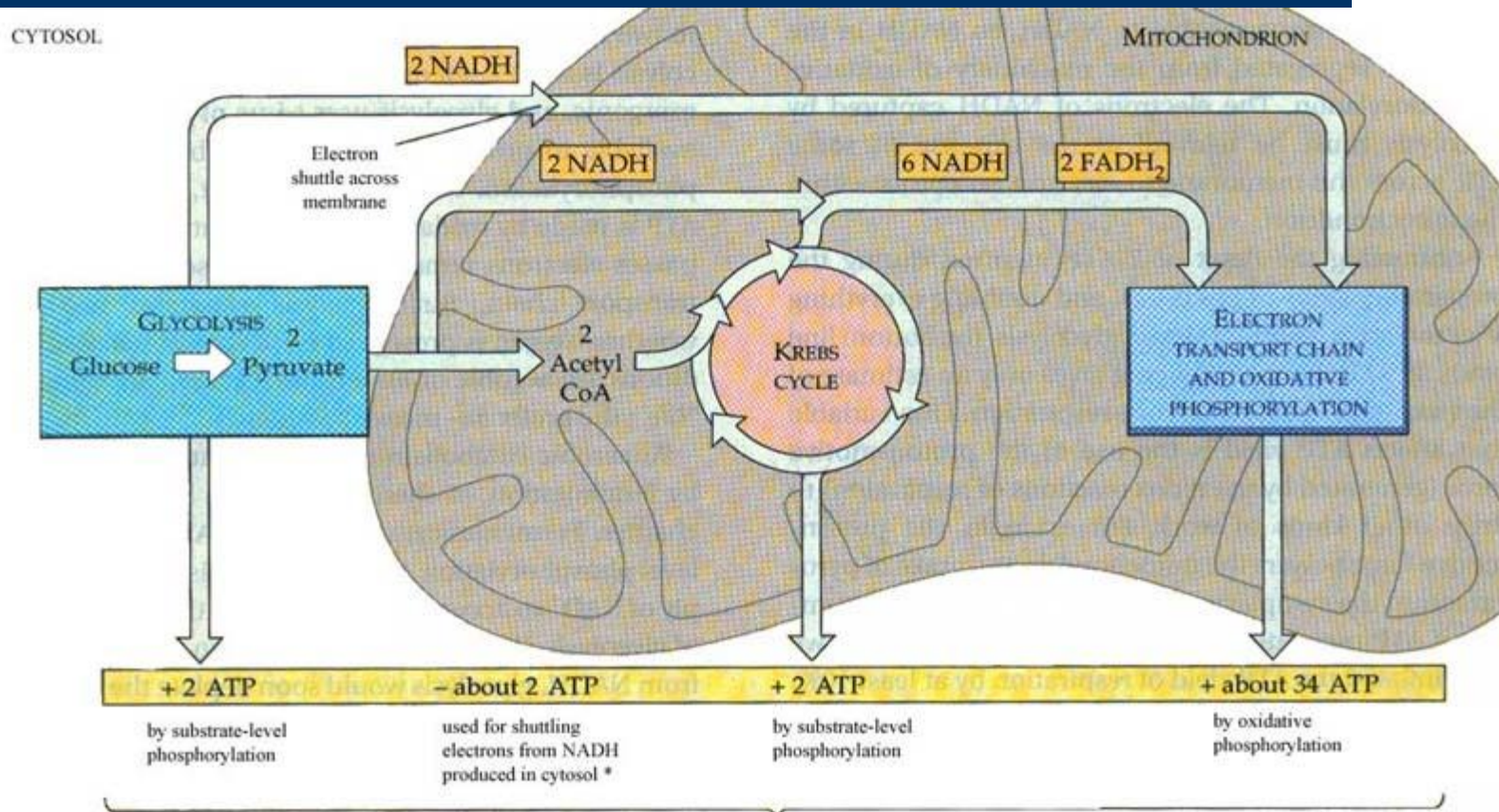
Основні положення хеміосмотичної гіпотези:

1. Мітохондріальний дихальний ланцюг здатний переміщувати протони; при проходженні електронів по дихальному ланцюгу протони рухаються з матриксу до міжмембранного простору.
2. АТФ-синтетазний комплекс також переміщує протони крізь внутрішню мембрану мітохондрії. Оскільки цей процес зворотний, фермент може не лише використовувати енергію гідролізу АТФ для перенесення протонів крізь мембрану, але за умовою значного градієнту протони починають переміщуватись крізь фермент у зворотному напрямку, що супроводжується синтезом АТФ.
3. Внутрішня мембрана мітохондрій практично непроникна для  $H^+$  та  $OH^-$  та взагалі всіх катіонів та аніонів.
4. Внутрішня мітохондріальна мембрана містить ряд білків-переносників, які здійснюють транспорт метаболітів та неорганічних іонів.

# Енергетичний вихід при окисленні однієї молекули глюкози

<b>Цитозоль</b> <b>Гліколіз</b>	$2\text{НАДН}_2 \rightarrow$	<b>2 АТФ</b> <b>6 АТФ</b>
<b>Мітохондрія</b> <b>Цикл Кребса</b> а) підготовчий етап б) цикл Г. Кребса	$2\text{НАДН}_2$	<b>6 АТФ</b> <b>2 АТФ</b>
<b>Електронтранспортний ланцюг</b>	$6\text{НАДН}_2$ $2\text{ФАДН}_2$	<b>18 АТФ</b> <b>4 АТФ</b>
		<b>Всього: 38 АТФ</b>

# Енергетичний вихід при окисленні однієї молекули глюкози

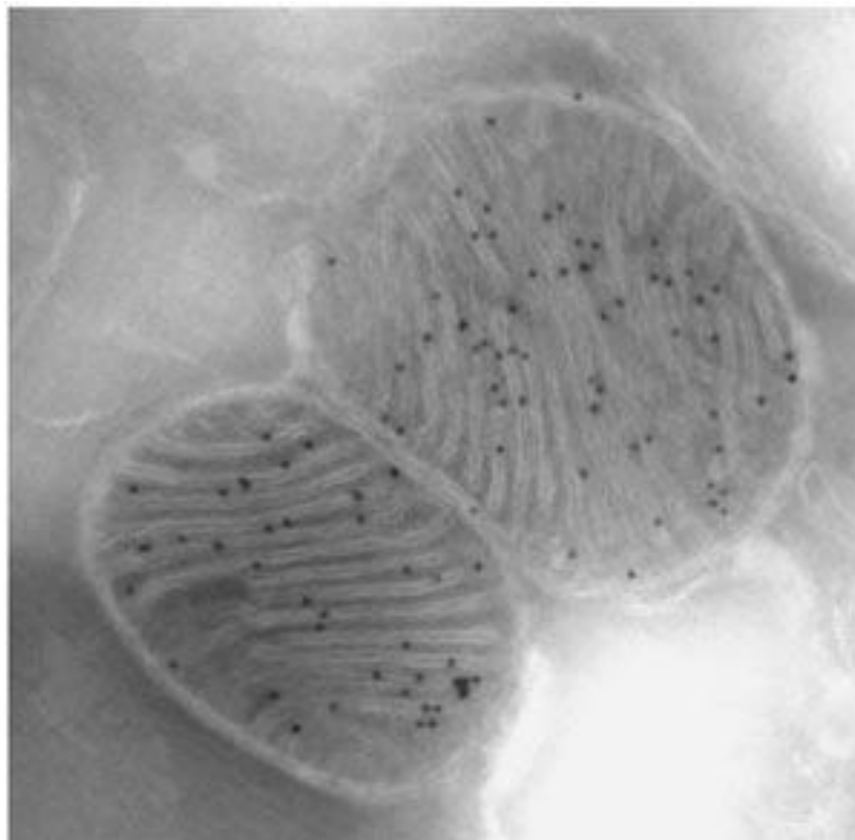


\* NADH can't cross membrane, leaves electrons to cross membrane.

Maximum per glucose:

**About 36 ATP**

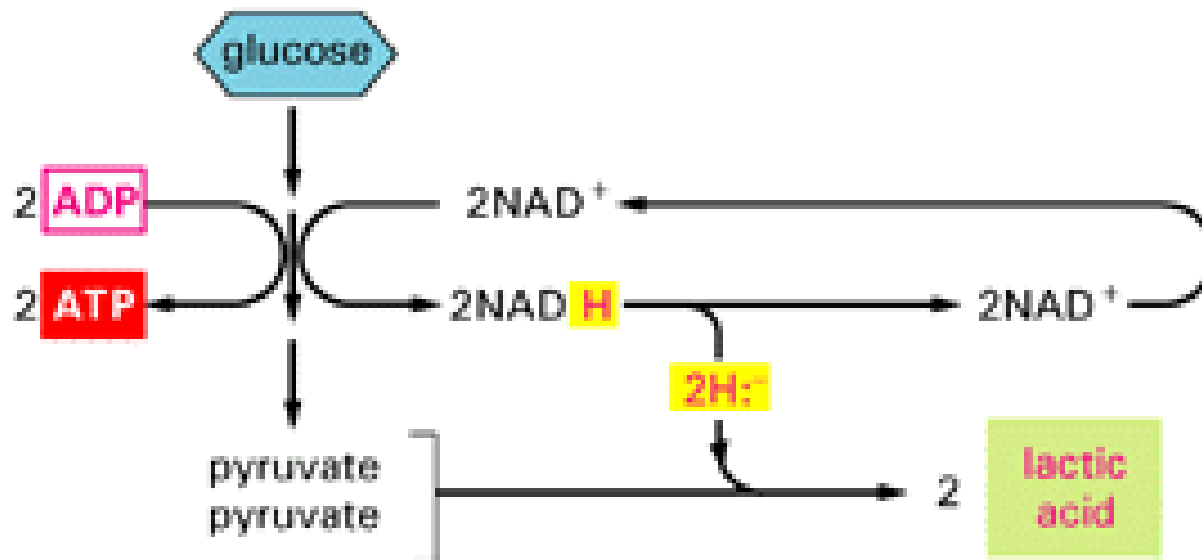
# Поділ мітохондрій





# Молочнокисле бродіння

## FERMENTATION LEADING TO EXCRETION OF LACTIC ACID



# Спиртове бродіння

