Обеспечение клеток энергией

вследствие окисления органических веществ

организмы

автотрофы

Клетки растений и фотосинтезирующих бактерий используют энергию солнца для образования АТФ.

Бактерии-хемосинтетики получают энергию вследствие окисления неорганических веществ.

гетеротрофы

Животные и грибы получают энергию в результате окисления органических соединений. Эти соединения поступают извне готовыми.

Катаболизм – это фаза, на которой происходит расщепление сложных органических молекул до более простых конечных продуктов.

Углеводы, жиры и белки распадаются в серии последовательных реакций до таких соединений, как вода, CO_2 и аммиак.

Катаболические процессы сопровождаются высвобождением свободной энергии.
Значительная часть свободной энергии запасается в форме высокоэнергетического соединения – ATP.
Часть - в водородных атомах кофермента NADH(NADPH).

Восстановление – взятие е

окислитель

$Cl^0 + e = Cl^{-1}$

Окислитель,

взял е,

восстановился.

Степень окисления ↓

Процесс восстановение

n e

энергия

акцептор

Окисление – отдача е

восстановитель

$Na^0 - e = Na^{+1}$

Восстановитель,

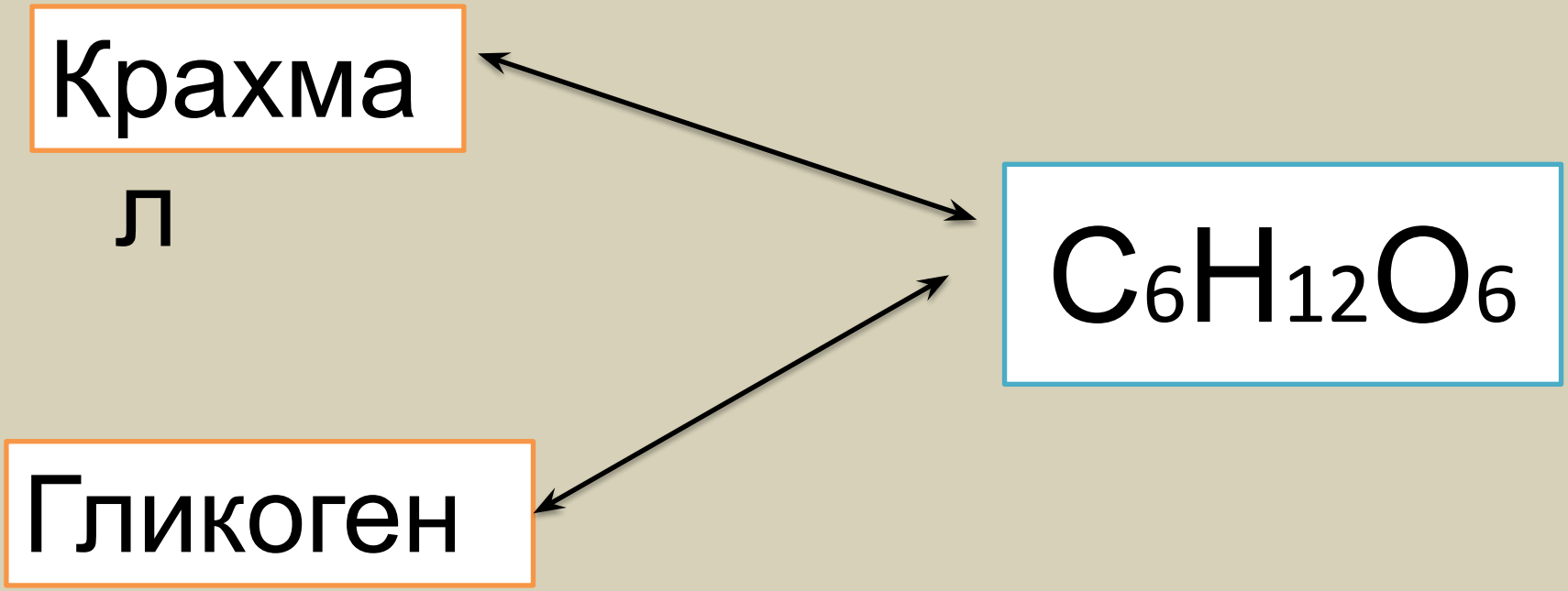
отдал е,

окислился.

Степень окисления ↑.

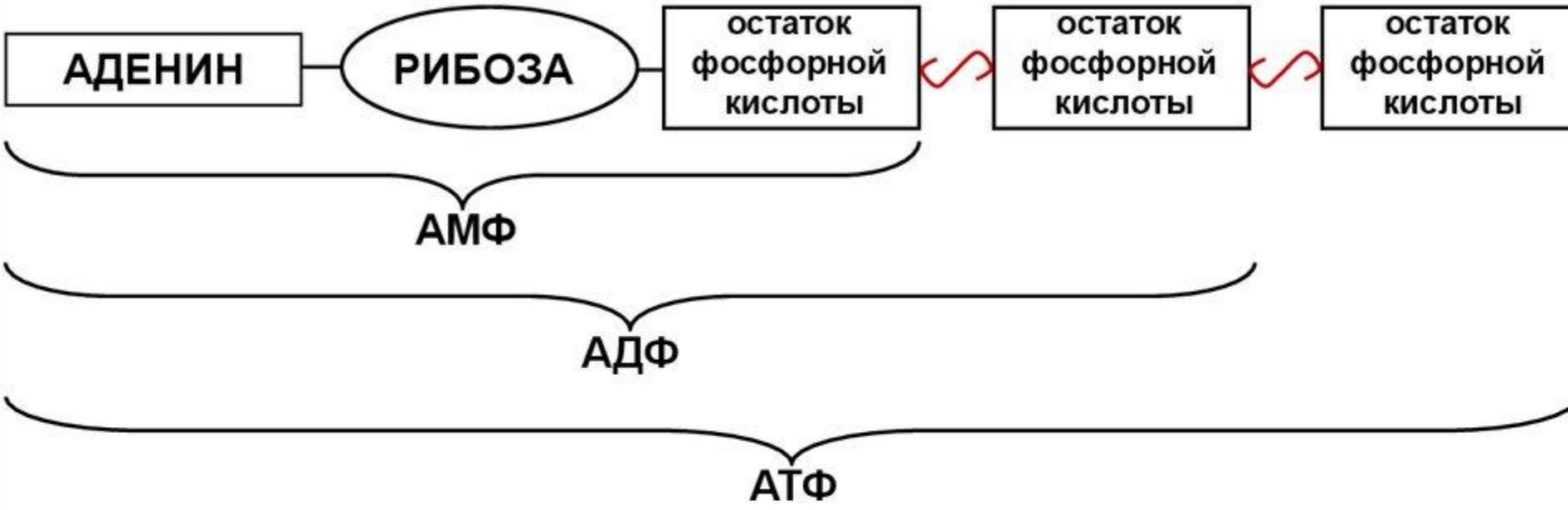
Процесс окисление

донор



Субстраты для дыхания

АТФ

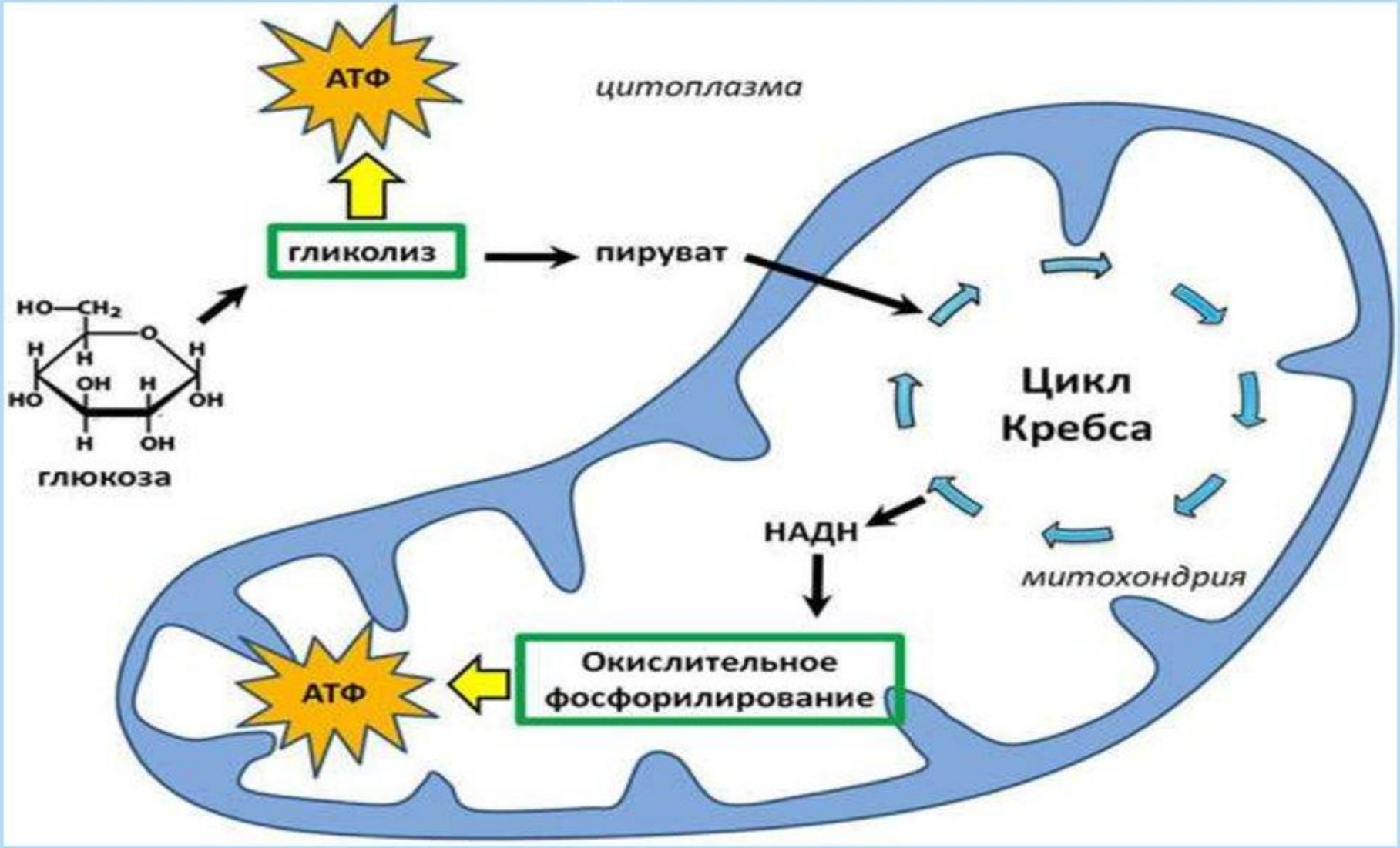


АТФ – универсальный донор свободной энергии для:

1) **физической работы**
2) **химической работы**
3) **электрической работы**
4) **осмотической работы**

При образовании АТФ энергия КУМУЛИРУЕТСЯ, а НЕ ДЕПОНИРУЕТСЯ!

Энергетический обмен общая схема



Первый этап — подготовительный

Подготовительный этап заключается в распаде крупных органических молекул до более простых:
У многоклеточных организмов он осуществляется в желудочно-кишечном тракте с помощью пищеварительных ферментов. У одноклеточных организмов — происходит под действием ферментов лизосом.
В ходе биохимических реакций, происходящих на этом этапе, энергии выделяется мало, она рассеивается в виде тепла, и АТФ не образуется.

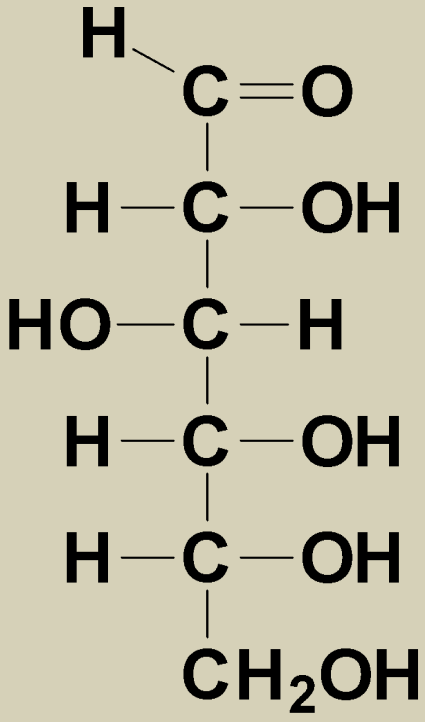
Гликолиз – бескислородный этап

Полисахариды

↓

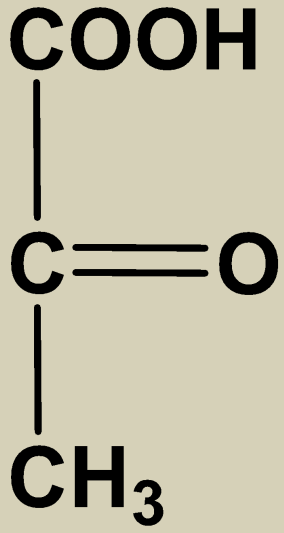
Глюкоза

Гликолиз



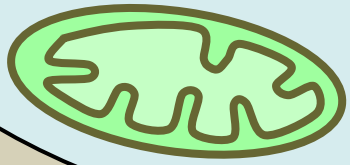
2 АТФ

2 НАД·Н



10 реакций

Глюкоза → **гликолиз** → **2 ПВК** (пируват)



к л е т к а

Анаэробное дыхание

Это путь получения энергии наиболее древний, поскольку на ранних этапах развития жизни на Земле кислород в атмосфере отсутствовал.

ГЛИКОЛИЗ – процесс ферментативного анаэробного расщепления глюкозы и других органических соединений.

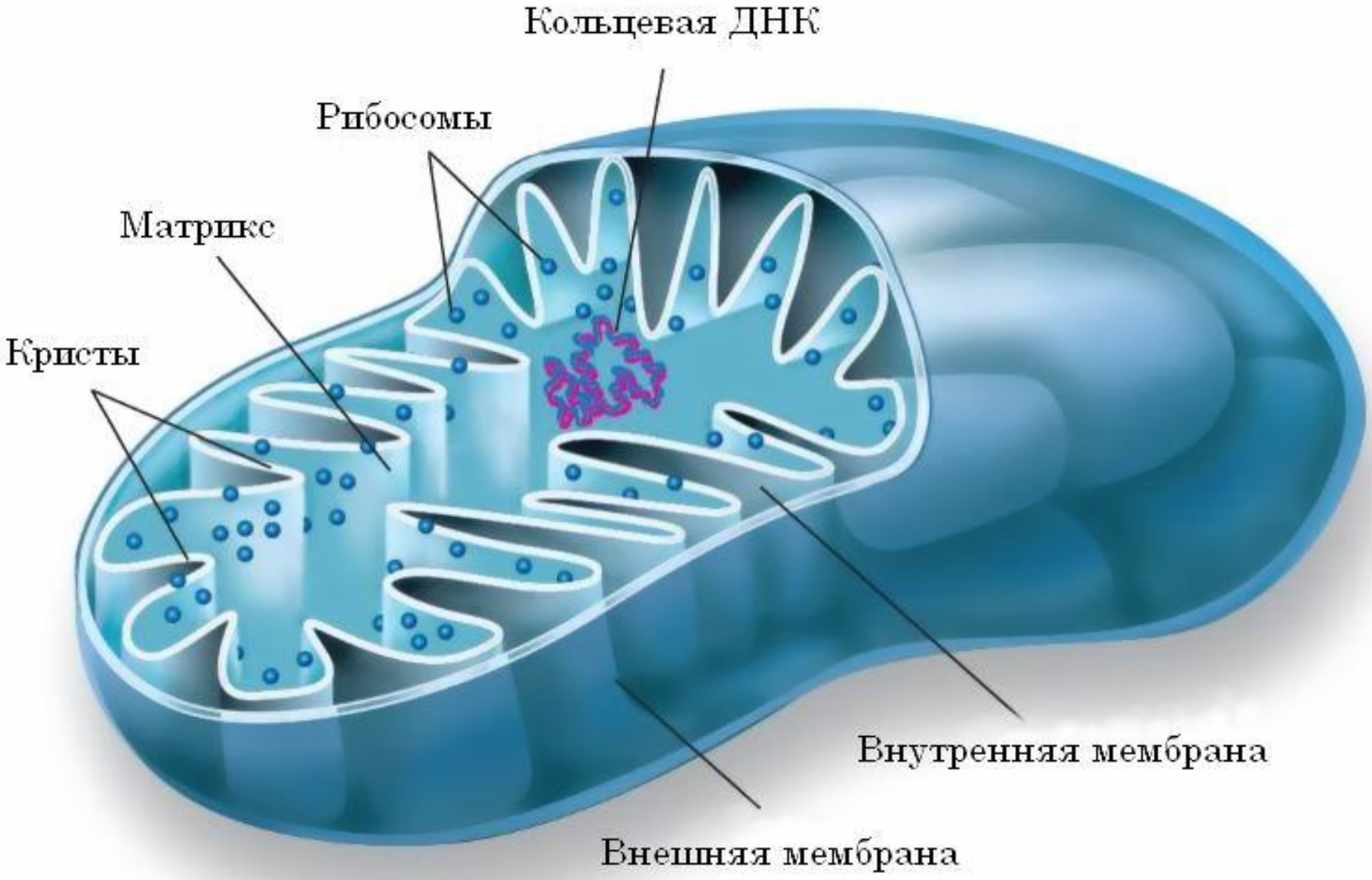
Этот процесс так же называется **брожением.** Термин «брожение» обычно применяют по отношению к процессам, протекающим в клетках микроорганизмов или растений.

Гликолиз идет в цитоплазме клеток и не связан с какими-либо мембранными системами.

$$C_6H_{12}O_6 + 2АДФ + 2H_3PO_4 + 2НАД^+ \rightarrow 2C_3H_4O_3 + 2НАД \cdot H_2 + 2АТФ + 2H_2O +$$

ТЕПЛО

- Большая часть энергии (60%) в реакции гликолиза рассеивается в виде тепла, и только 40% идет на синтез АТФ.


Кольцевая ДНК
Рибосомы
Матрикс
Кристы
Внутренняя мембрана
Внешняя мембрана

Клеточное дыхание

У прокариот клеточное дыхание происходит на впячиваниях
плазматической мембраны, а у эукариот – на мембранах специальных клеточных органоидов – **митохондрий.**

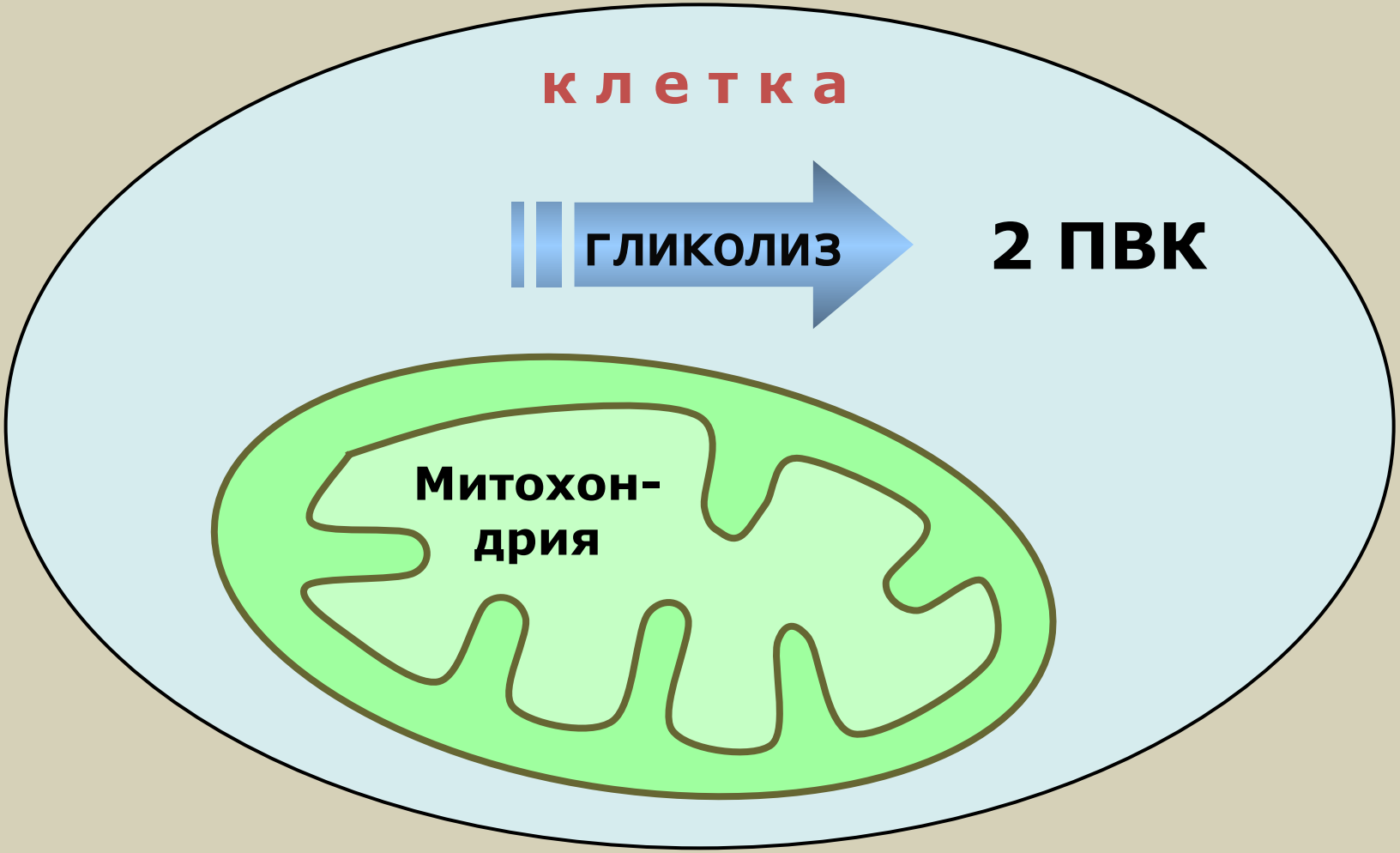
Митохондрии иногда называют «клеточными электростанциями». В клетке их количество сильно зависит от активности клетки.

Важнейшей функцией митохондрий является синтез АТФ, происходящий за счёт окисления органических веществ.

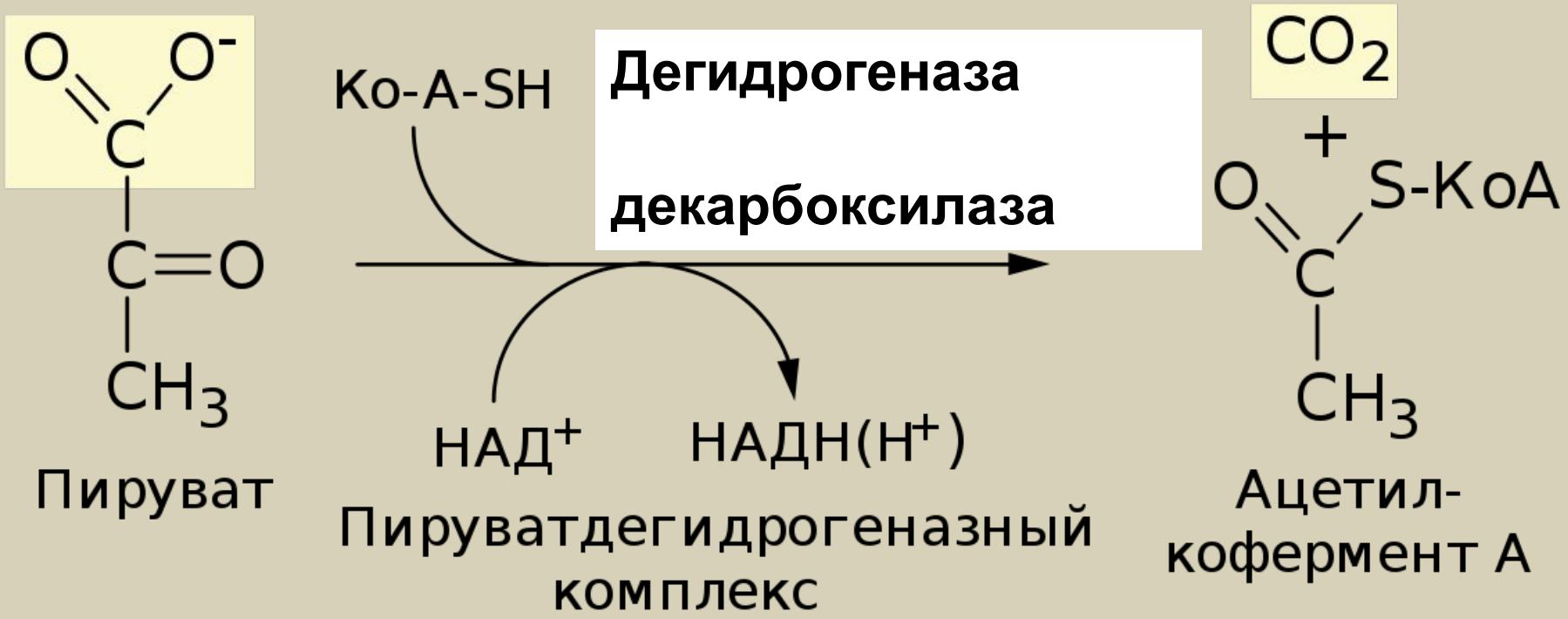
Аэробный этап

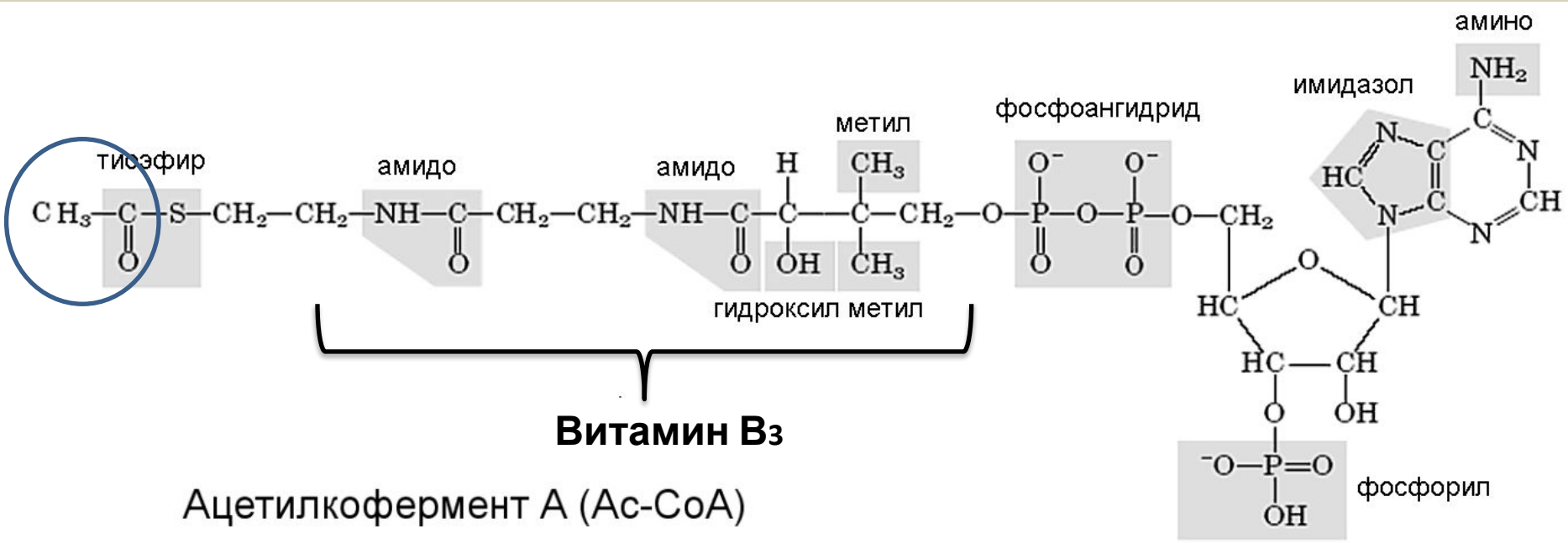
O_2

Глюкоза



Аэробное дыхание



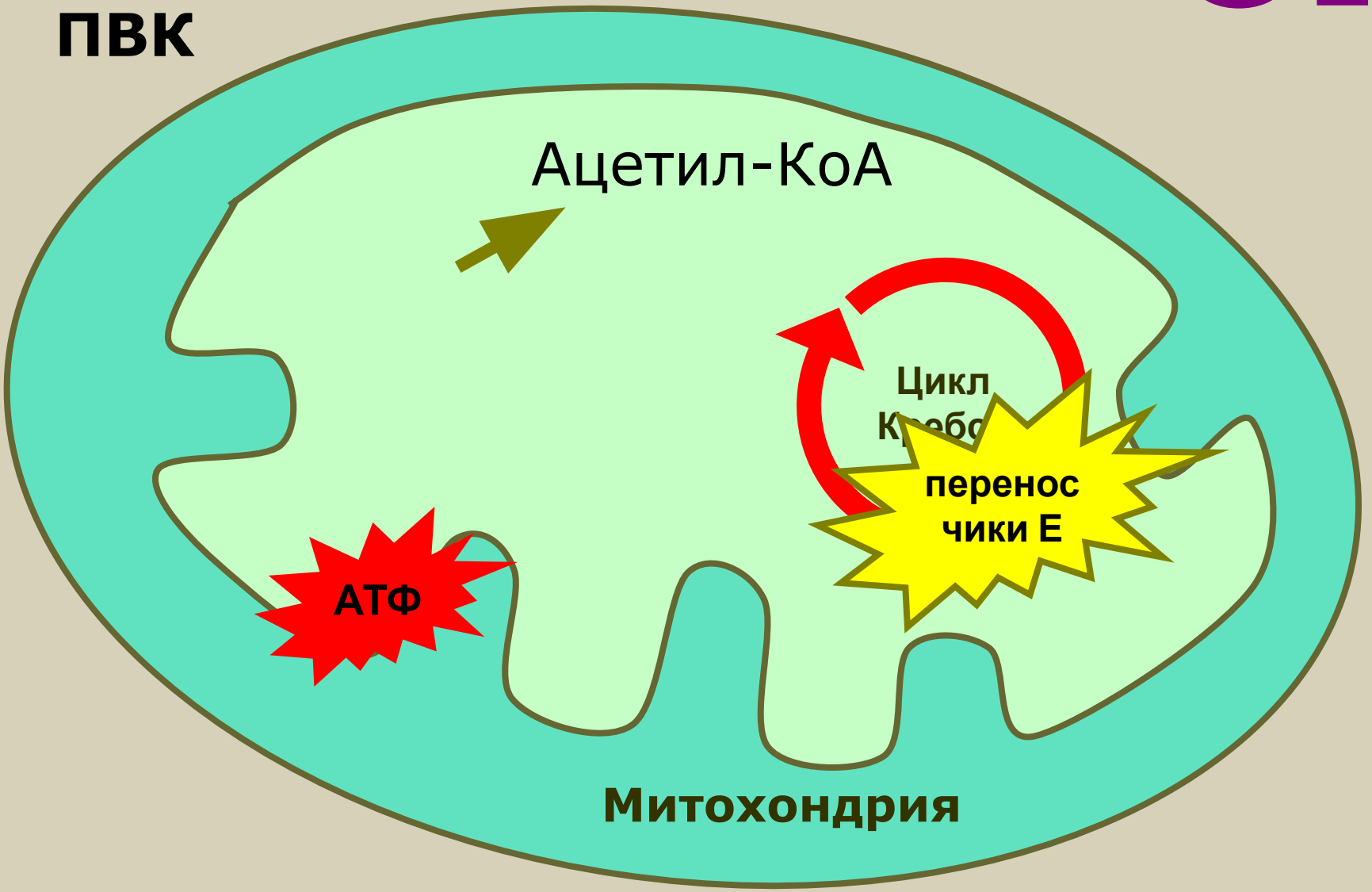


Витамин B3

Ацетилкофермент А (Ac-CoA)

Аэробный этап

O_2



Ганс Адольф Кребс

- В 1937 г, изучая промежуточные стадии обмена углеводов, Кребс сделал важнейшее открытие в биохимии.
- Он описал цикл лимонной кислоты, или цикл трикарбоновых кислот, который в настоящее время называется циклом Кребса.
- Нобелевская премия по физиологии и медицине – 1953 г.

В цикле Кребса ВСЕ АТОМЫ УГЛЕРОДА, оставшиеся от глюкозы, окисляются до CO_2

Но основная масса АТФ еще не образовалась!

И кислород еще в реакции не вступал!

Третий этап – биологическое окисление, или дыхание

Этот этап протекает только в присутствии кислорода и иначе называется кислородным.

1. Пировиноградная кислота (ПВК) из цитоплазмы поступает в митохондрии, где теряет молекулу углекислого газа и превращается в производное уксусной кислоты (ацетил-коэнзим А, ацетил-КоА), и НАД•H_2.
2. В матриксе митохондрий уксусная кислота вступает в сложный цикл биохимических превращений, который получил название Цикл Кребса.

В результате ряда последовательных реакций происходит отщепление углекислого газа и окисление – снятие водорода с образующихся веществ. Углекислый газ, выделяется из митохондрий, а далее из клетки и организма в процессе дыхания.

Весь водород, который снимается с промежуточных веществ, соединяется с переносчиком $НАД^+$, и образуется НАД•2Н.

Общее уравнение декарбоксилирования и окисления ПВК:

$$2C_3H_4O_3 + 6H_2O + 10НАД^+ \rightarrow 6CO_2 + 10НАД•2Н$$

Проследим теперь путь молекул НАД•2Н.

ацетил-КоА
НАД Н
НАД
ЩУК
лимонная кислота
яблоч-ная кислота
изо-лимонная кислота
Цикл Кребса
H_2O
фумаро-вая кислота
НАД+
НАД Н
CO_2
α–кето-глута-ровая кислота
КоА
ФАД H_2
ФАД
янтарная кислота
сукци-нил-КоА
НАД+
НАД Н
CO_2
ГТФ
ГДФ
АДФ
АТФ
10 реакций

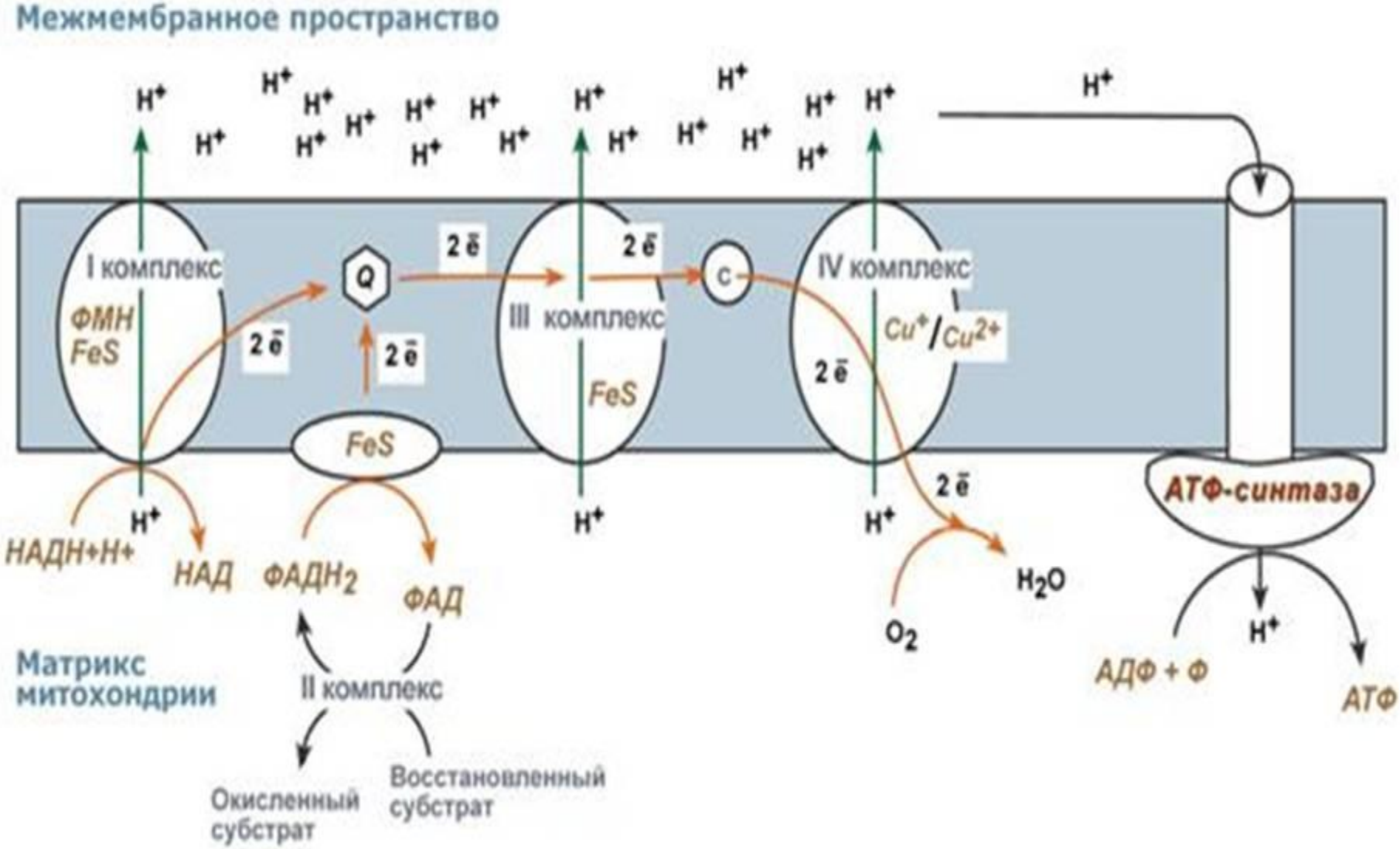
В результате работы цикла Кребса:

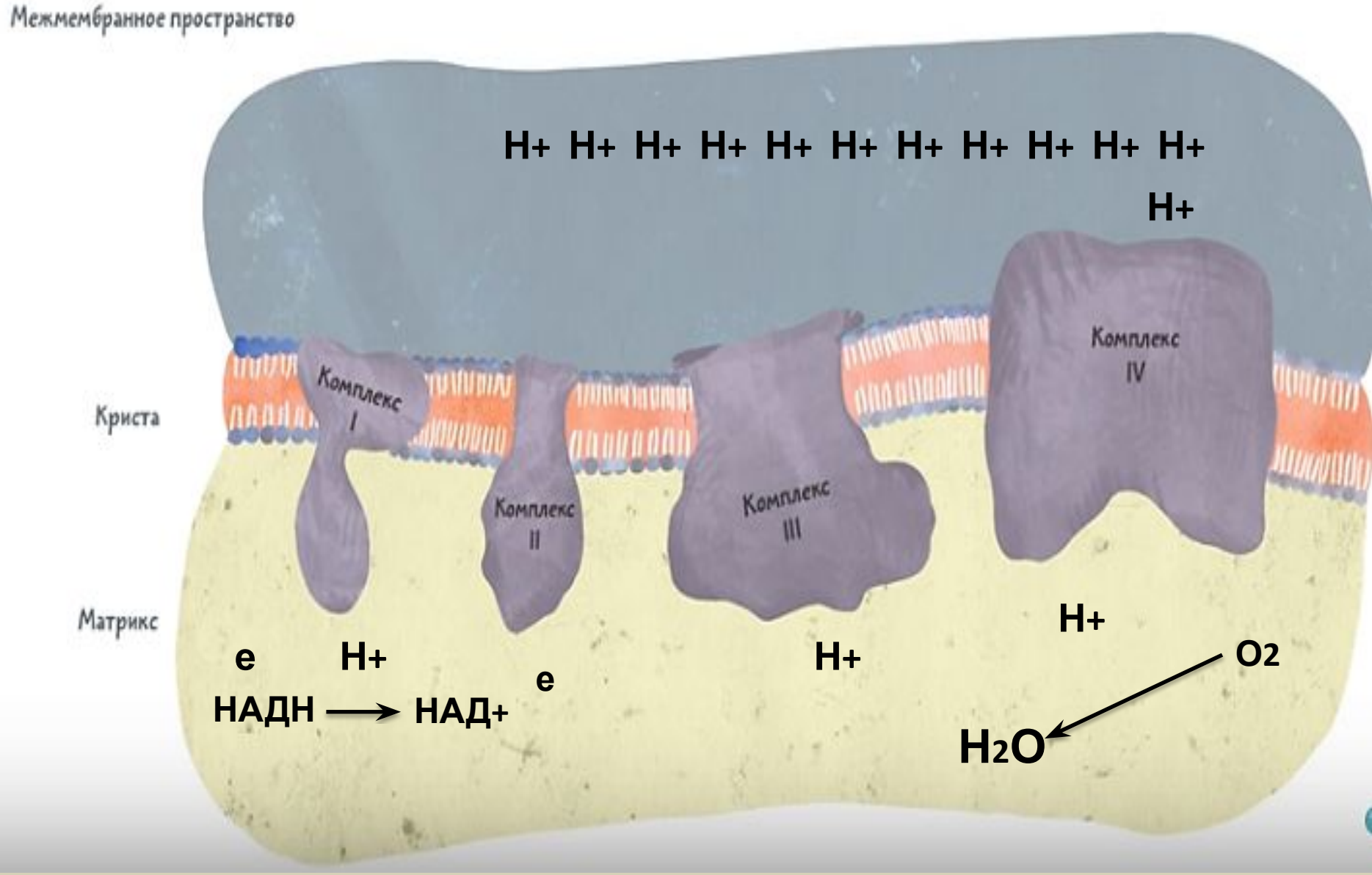
- Выделяется 2 CO_2
- 4 пары атомов H

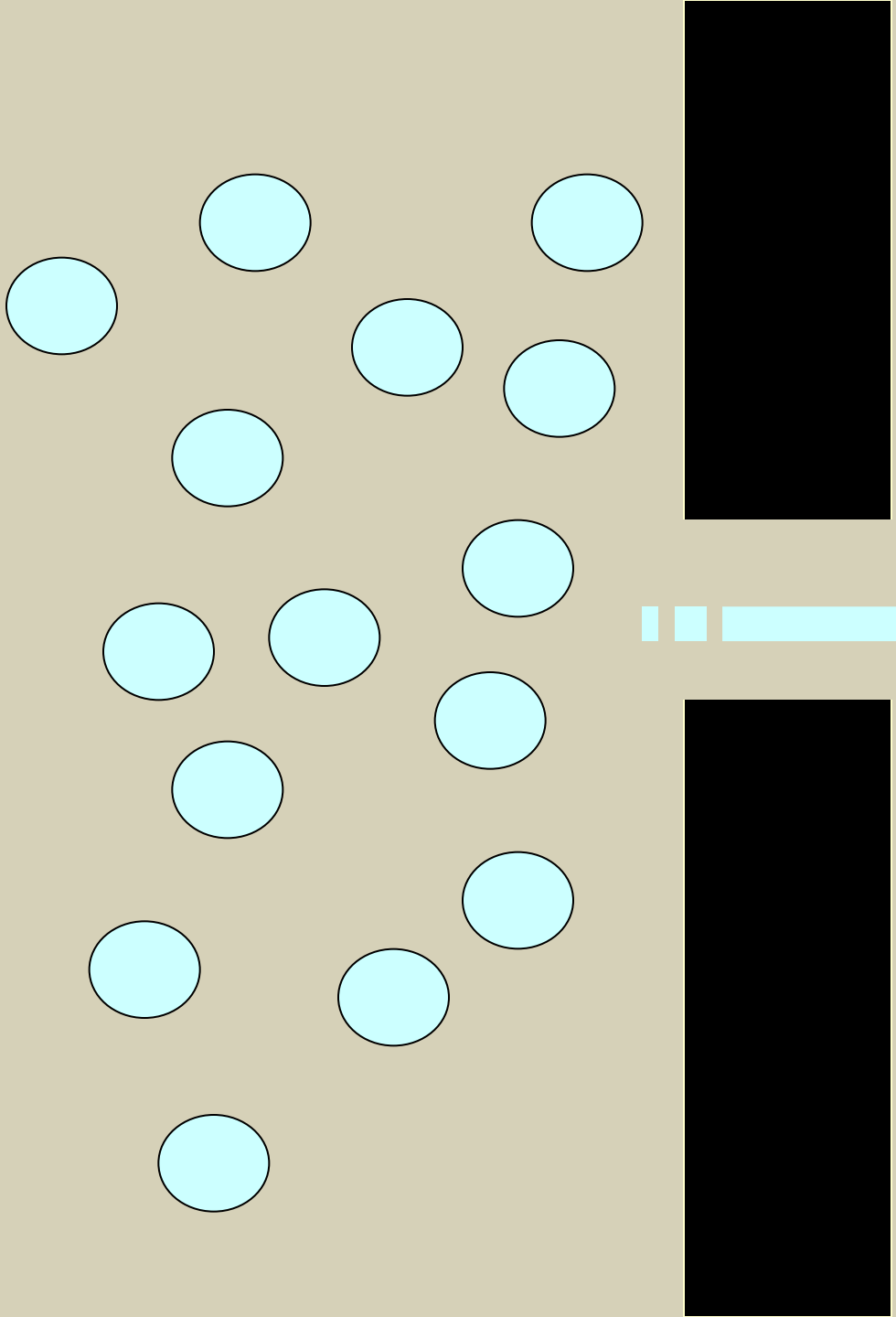
Биологическое значение цикла Кребса:

1. Синтез АТФ
2. Образование НАД*Н
3. Промежуточные продукты используются для биосинтеза

Дыхательная цепь митохондрий.



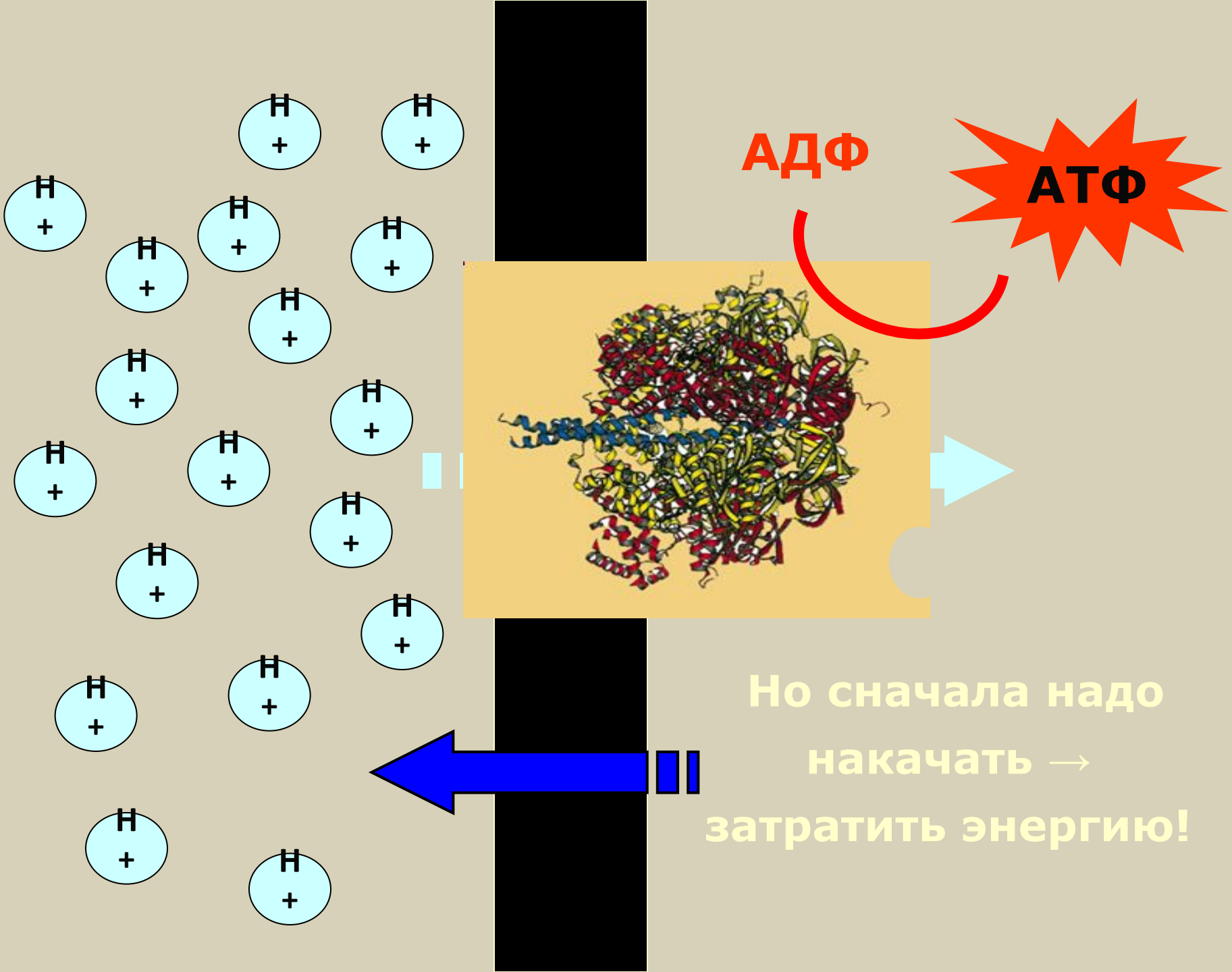

Межмембранное пространство
H+ H+ H+ H+ H+ H+ H+ H+ H+ H+ H+
H+
Криста
Комплекс I
Комплекс II
Комплекс III
Комплекс IV
Матрикс
e
H+
НАДН
НАД+
e
H+
H+
O2
H2O



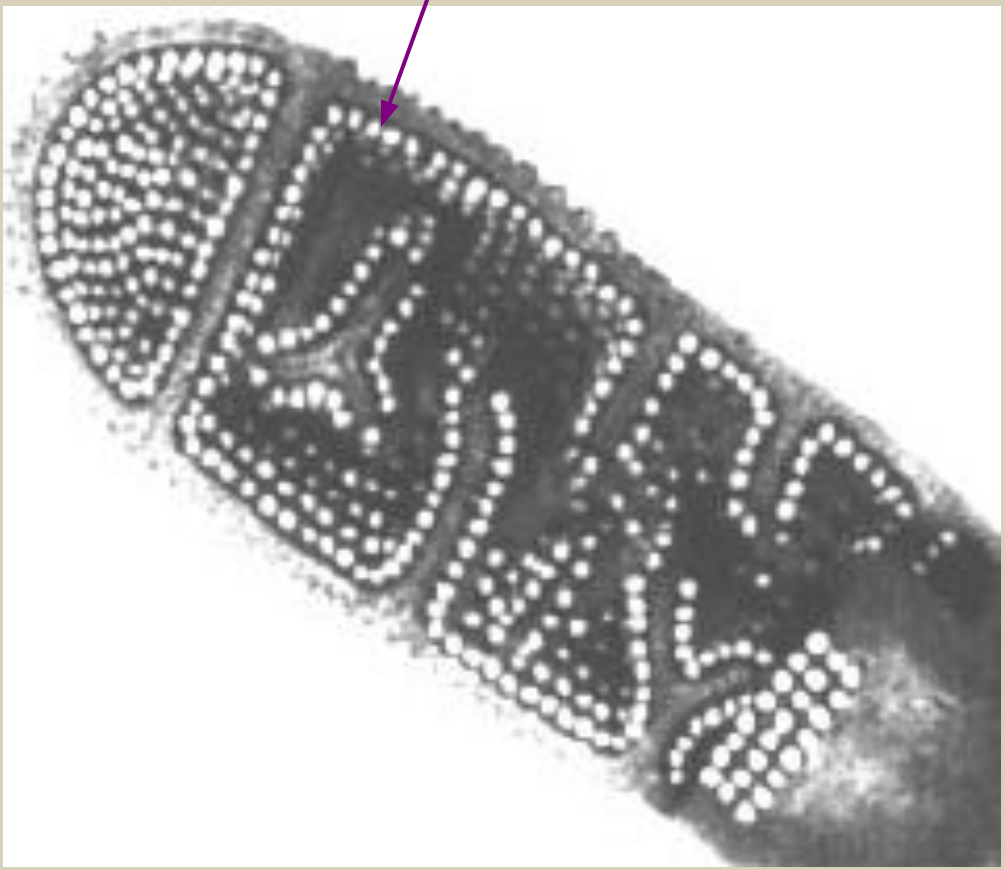
Можно запасти
в АТФ !

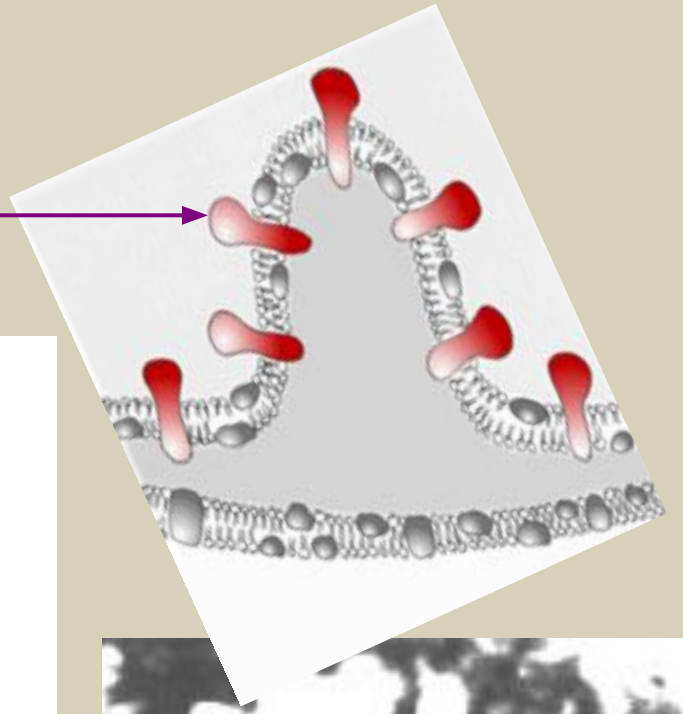
РАБОТА

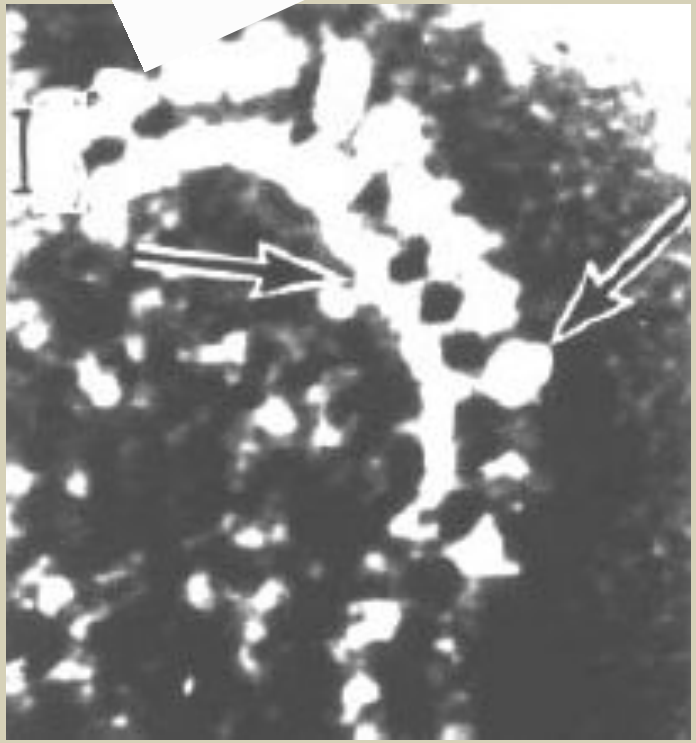
ЭНЕРГИЯ


АДФ
АТФ
Но сначала надо накачать → затратить энергию!

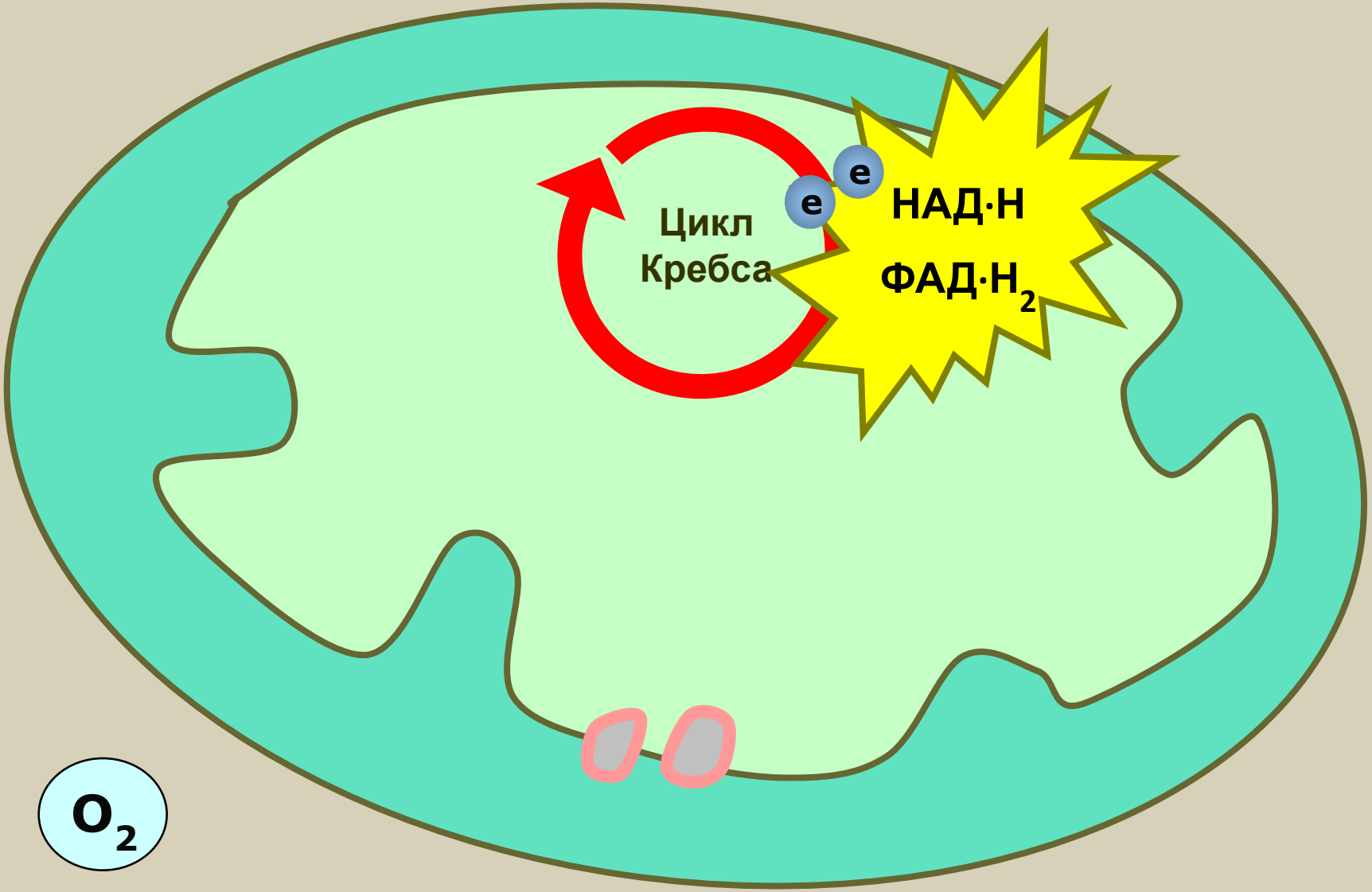
АТФ-синтаза







Последний шаг к АТФ – цепь переноса электронов на внутренней мембране МХ



1. Цепь переноса электронов
2. Окислительное фосфорилирование

Жиры

Углеводы

Белки

Глицерин

Сахара

Амино-кислоты

Жирные кислоты

Ацетил-Ко А

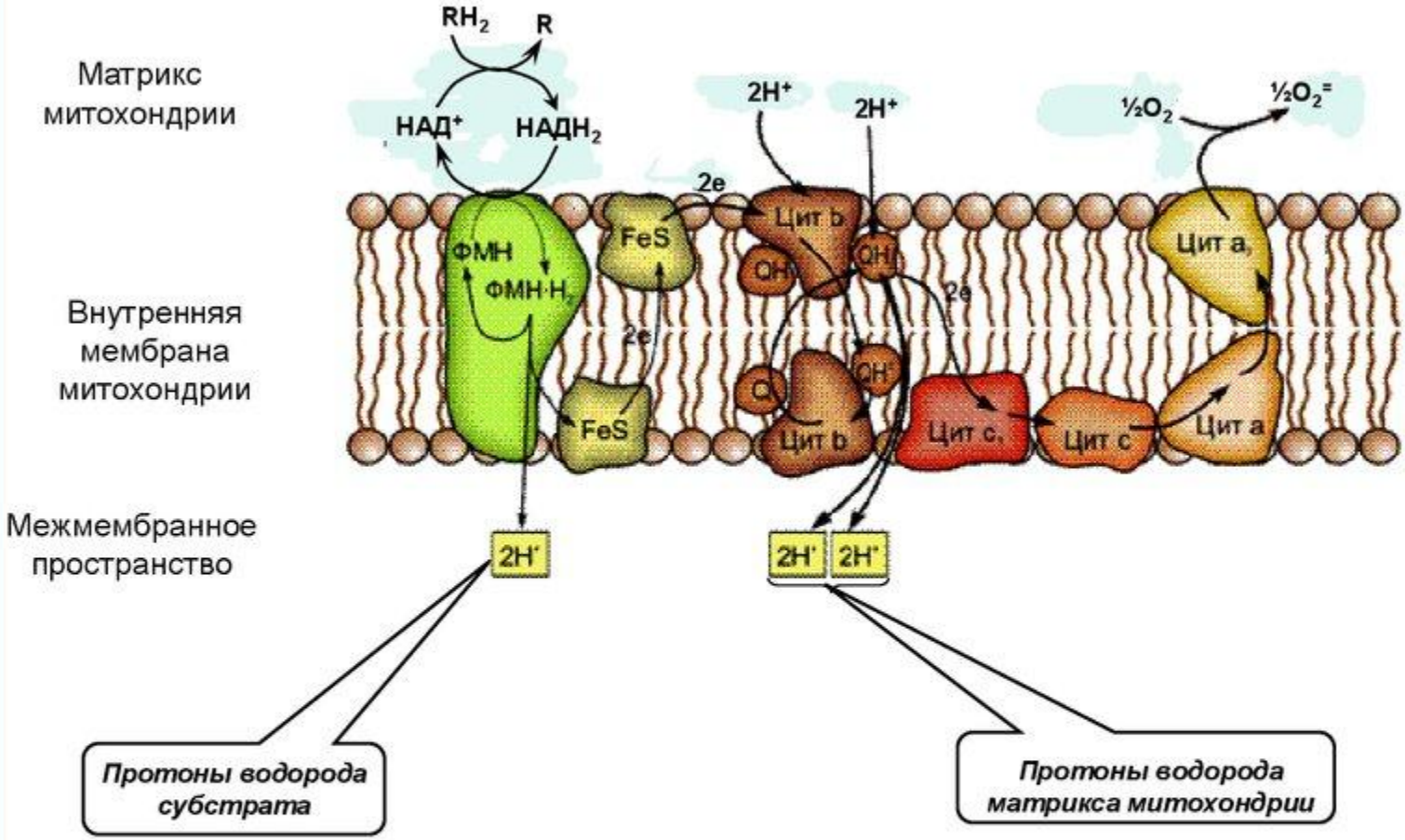
АТФ

Каким образом энергия, выделяемая при транспорте электронов, трансформируется в энергию химической связи АТФ?

ТЕОРИЯ СОПРЯЖЕНИЯ ОКИСЛЕНИЯ И ФОСФОРИЛИРОВАНИЯ (теория Митчелла), 1966 год

Питер Митчел (*Peter Mitchell*)
День рождения: 29.09.1920 года
Место рождения: ***Митчеме (графство Суррей)***
Дата смерти: 10.04.1992 года
Место смерти: ***Бодмин***

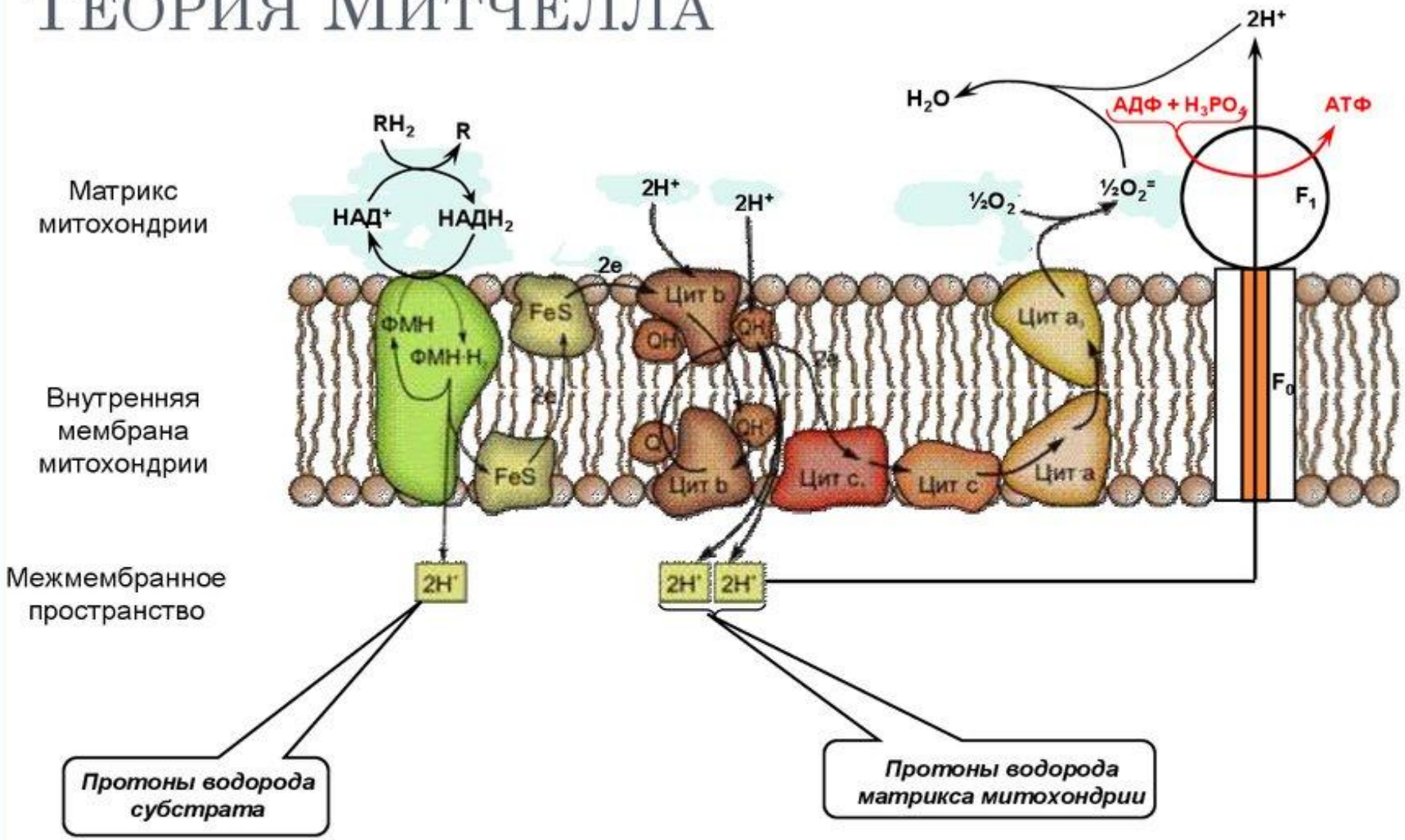
Теория Митчелла



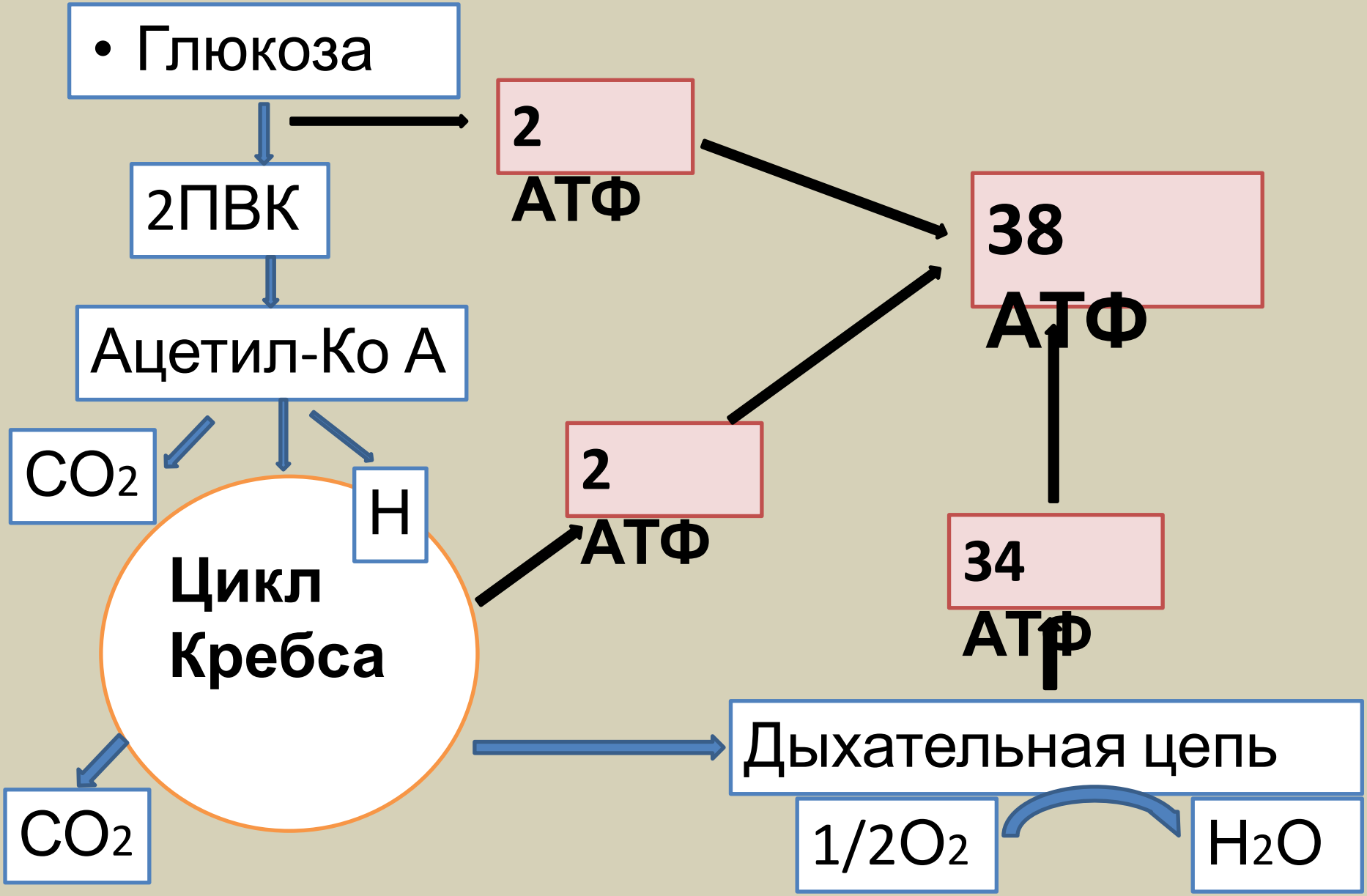
Дыхательная цепь выполняет роль ***протонного насоса***, перекачивая протоны в межмембранное пространство (пространство между наружной и внутренней мембранами митохондрии).

В результате между поверхностями мембраны создаётся разность потенциалов.

Теория Митчелла

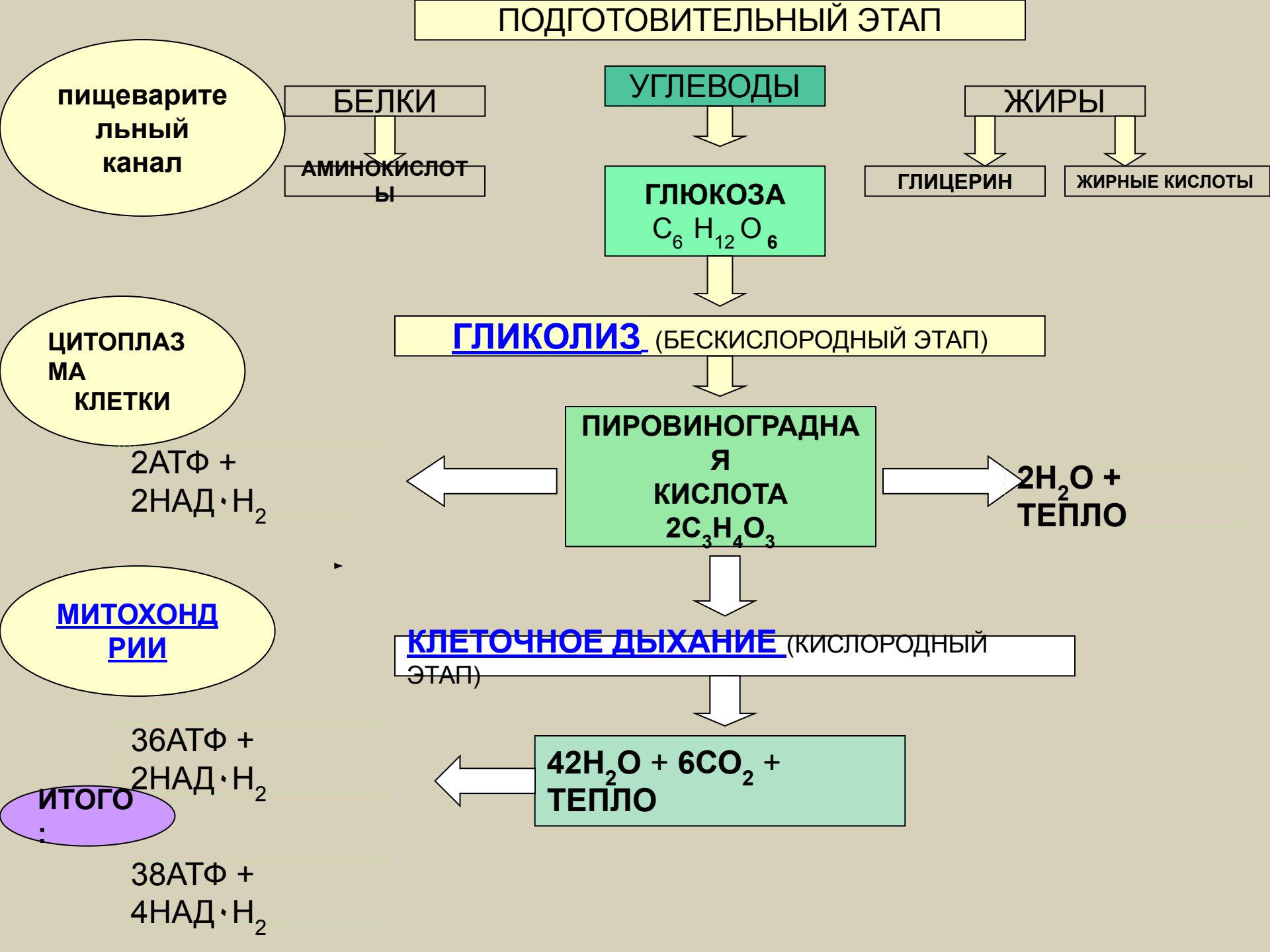


Благодаря разности потенциалов протоны устремляются из межмембранного пространства в матрикс митохондрии ***<u>по специальному каналу</u>***, обладающему способность трансформировать кинетическую энергию движения протонов в потенциальную энергию химических связей.


• Глюкоза
2 АТФ
2ПВК
38 АТФ
Ацетил-Ко А
CO_2
H
2 АТФ
Цикл Кребса
34 АТФ
CO_2
Дыхательная цепь
$1/2O_2$
H_2O

Энергетический выход

Гликолиз	Дыхание
40% -АТФ 60% - тепловая энергия	55% - АТФ 45% - тепловая энергия


ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
пищеварительный канал
БЕЛКИ
АМИНОКИСЛОТЫ
УГЛЕВОДЫ
ЖИРЫ
ГЛИЦЕРИН
ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ
ГЛЮКОЗА
C6 H12 O6
ЦИТОПЛАЗМА КЛЕТКИ
ГЛИКОЛИЗ (БЕСКИСЛОРОДНЫЙ ЭТАП)
2АТФ +
2НАД·H2
ПИРОВИНОГРАДНАЯ КИСЛОТА
2C3H4O3
2H2O + ТЕПЛО
МИТОХОНДРИИ
КЛЕТОЧНОЕ ДЫХАНИЕ (КИСЛОРОДНЫЙ ЭТАП)
36АТФ +
2НАД·H2
42H2O + 6CO2 + ТЕПЛО
ИТОГО:
38АТФ +
4НАД·H2

Почему при окислении органических соединений освобождается энергия?

Электроны в составе молекул органических веществ обладают большим запасом энергии , поскольку находятся на высоких энергетических уровнях этих молекул. Перемещаясь с высшего на более низкий энергетический уровень электроны освобождают энергию. Конечным акцептором электронов часто служит кислород. В этом и состоит его главная биологическая роль , именно для этой цепи аэробам необходим

Процессы биологического окисления:
- протекают ступенчато;
- при участии ферментов и переносчиков электронов;
- 55% энергии превращается в энергию высокоэнергетических связей АТФ;
- 45% энергии превращается в тепло .

Глюкоза – один из основных источников энергии для клеток.

Этапы энергетического обмена

	Подготовительный этап	Бескислородный этап Гликолиз	Кислородный этап
Где происходит расщепление?			
Чем активизируется расщепление?			
До каких веществ расщепляются соединения клетки?			
Сколько выделяется энергии?			
Сколько синтезируется энергии в виде АТФ?			

Этапы энергетического обмена

	Подготовительный этап	Бескислородный этап Гликолиз	Кислородный этап
Где происходит расщепление?	В органах пищеварения, в клетках под действием ферментов	Внутри клетки	В митохондриях
Чем активизируется расщепление?	Ферментами пищеварительных соков	Ферментами мембран клеток	Ферментами митохондрий
До каких веществ расщепляются соединения клетки?	Белки – аминокислоты Жиры – глицерин и жирные кислоты Углеводы - глюкоза	Глюкоза($C_6H_{12}O_6$) 2 молекулы пировиноградной кислоты ($C_3H_4O_3$) + энергия	Пировиноградная кислота до CO_2 и H_2O
Сколько выделяется энергии?	Мало, рассеивается в виде тепла.	За счет 40% синтезируется АТФ, 60% рассеивается в виде тепла	Более 60% энергии запасается в виде АТФ
Сколько синтезируется энергии в виде АТФ?	_____	2 молекулы АТФ	36 молекул АТФ