

Обмен веществ и превращения энергии

Метаболизм

- **Обмен веществ и энергии, или метаболизм — это совокупность всех химических реакций, происходящих в клетке.**

Метаболизм в клетках

**Энергетический
обмен
(катаболизм,
диссимиляция)**

– распад, расщепление
органических веществ

**Пластический
обмен
(анаболизм,
ассимиляция)**

– синтез органических
веществ

Пластический обмен (анаболизм, ассимиляция)

- Поступившие в клетку аминокислоты, простые углеводы, глицерин и жирные кислоты «строят» **новые молекулы** белков, углеводов и жиров, **свойственные данному организму**
- Они идут на строительство утраченных частей клеток, создание новых клеток

- За счёт **пластического обмена** происходит **рост, деление, развитие клеток и всего организма**

Энергетический обмен (диссимиляция, катаболизм)

- Часть поступивших в клетку органических веществ окисляется кислородом до конечных продуктов распада – CO_2 и H_2O , аммиак NH_3 , мочевины
- При этом выделяется энергия !
- 1 г углеводов – 17,17 кДж
- 1 г жиров – 38,92 кДж
- 1г белков – 17,17 кДж

Стадии метаболизма:

- **Подготовительная стадия:**
переваривание пищи и доставка питательных веществ и кислорода к клеткам
- **Обмен веществ и энергии в клетках**
- **Заключительная стадия:** выведение продуктов метаболизма.

1. Подготовительная стадия (пищеварительный тракт, или лизосомы)

- Полисахариды → моносахариды
- Жиры → глицерин и жирные кислоты
- Белки → аминокислоты
- Нуклеиновые кислоты → нуклеотиды

2. Обмен веществ и энергии в клетках



3. Заключительная стадия обмена:

- Например, конечные продукты обмена - углекислый газ CO_2 , аммиак NH_3 , вода H_2O , мочеви́на - попадают в кровь и выводятся из организма лёгкими и почками.

Обмен веществ в клетке

1

ПОСТУПЛЕНИЕ
ПИТАТЕЛЬНЫХ
ВЕЩЕСТВ В КИШЕЧНИК,
С ПИЩЕЙ, ИХ
ФЕРМЕНТАТИВНОЕ
РАСЩЕПЛЕНИЕ
ДО МОНОМЕРОВ И
ВСАСЫВАНИЕ

АНАБОЛИЗМ :
синтез белков, липидов
углеводов, нуклеиновых
кислот и др., потребление
АТФ

МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ
ФОНД

2

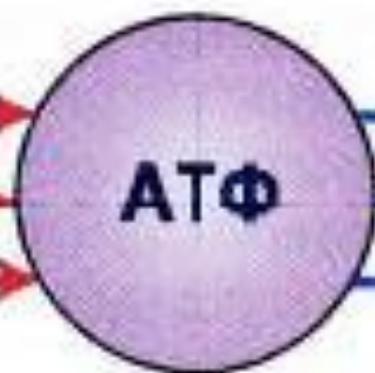
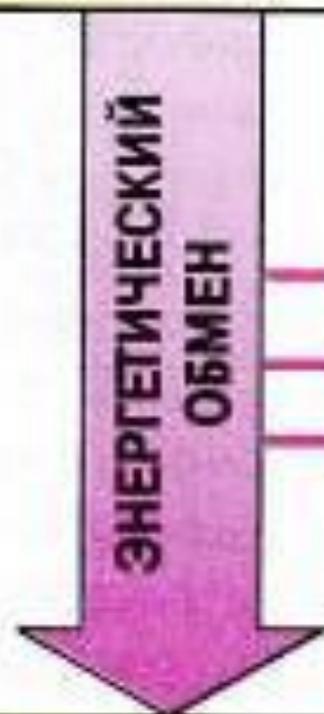
3

Выделение из клеток
и организма
продуктов
диссимиляции

КАТАБОЛИЗМ:
Распад белков, липидов,
углеводов, синтез АТФ

ПИЦЦА
белки, жиры, углеводы

МАКРОМОЛЕКУЛЫ
нуклеиновые кислоты, крахмал,
гликоген, белки, жиры



ПРОСТЫЕ МОЛЕКУЛЫ
углекислый газ, вода, аммиак

СТРОИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ
нуклеотиды, простые углеводы,
аминокислоты, жирные кислоты

**Обмен веществ и
превращение энергии
(метаболизм)**

Диссимиляция
(катаболизм или
энергетический обмен)

Распад, разрушение:
Органические вещества
расщепляются до
простых

Выделяется энергия
и запасается в АТФ

Дыхание, брожение,
гликолиз

Ассимиляция
(анаболизм или
пластический обмен)

Образование, синтез:
Из простых веществ
образуются сложные
органические вещества

Затрачивается энергия

Фотосинтез, биосинтез
белков, углеводов, НК

Энергетический обмен

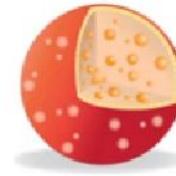
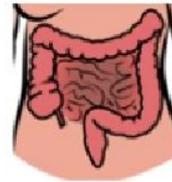


Дыхание — это процесс, обеспечивающий нормальное течение метаболизма живых организмов и способствующий поддержанию гомеостаза (постоянства внутренней среды), получая из окружающей среды кислород и отводя в окружающую среду в газообразном состоянии некоторую часть продуктов метаболизма организма (CO₂, H₂O и другие).

Клеточное дыхание — совокупность биохимических реакций, протекающих в клетках живых организмов, в процессе которых происходит окисление органических веществ. Высвобожденная энергия запасается в химических связях макроэргических соединений (АТФ) и может быть использована организмом по мере необходимости. Входит в группу процессов катаболизма. На клеточном уровне рассматривают два основных вида дыхания: **анаэробное** и **аэробное** (с участием O₂) .

Этапы энергетического обмена

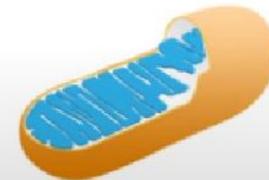
★ **Подготовительный**



~~АТФ~~

★ **Бескислородный**
(анаэробный, гликолиз)

★ **Кислородный (аэробный)**



Этапы энергетического обмена

	Подготовительный этап	Бескислородный этап (Гликолиз)	Кислородный этап
Где происходит расщепление?	В органах пищеварения, в клетках под действием ферментов лизосом	Внутри клетки в цитоплазме	В митохондриях
Чем активизируется расщепление?	Ферментами пищеварительных соков	Ферментами 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

Этапы энергетического обмена

ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

пищеварительный канал

БЕЛКИ

АМИНОКИСЛОТЫ

УГЛЕВОДЫ

ГЛЮКОЗА
 $C_6H_{12}O_6$

ЖИРЫ

ГЛИЦЕРИН

ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ

ЦИТОПЛАЗМА КЛЕТКИ

ГЛИКОЛИЗ (БЕСКИСЛОРОДНЫЙ ЭТАП)

ПИРОВИНОГРАДНАЯ
КИСЛОТА
 $2C_3H_4O_3$

$2AT\Phi + 2НАД \cdot H_2$

$2H_2O + ТЕПЛО$

МИТОХОНДРИИ

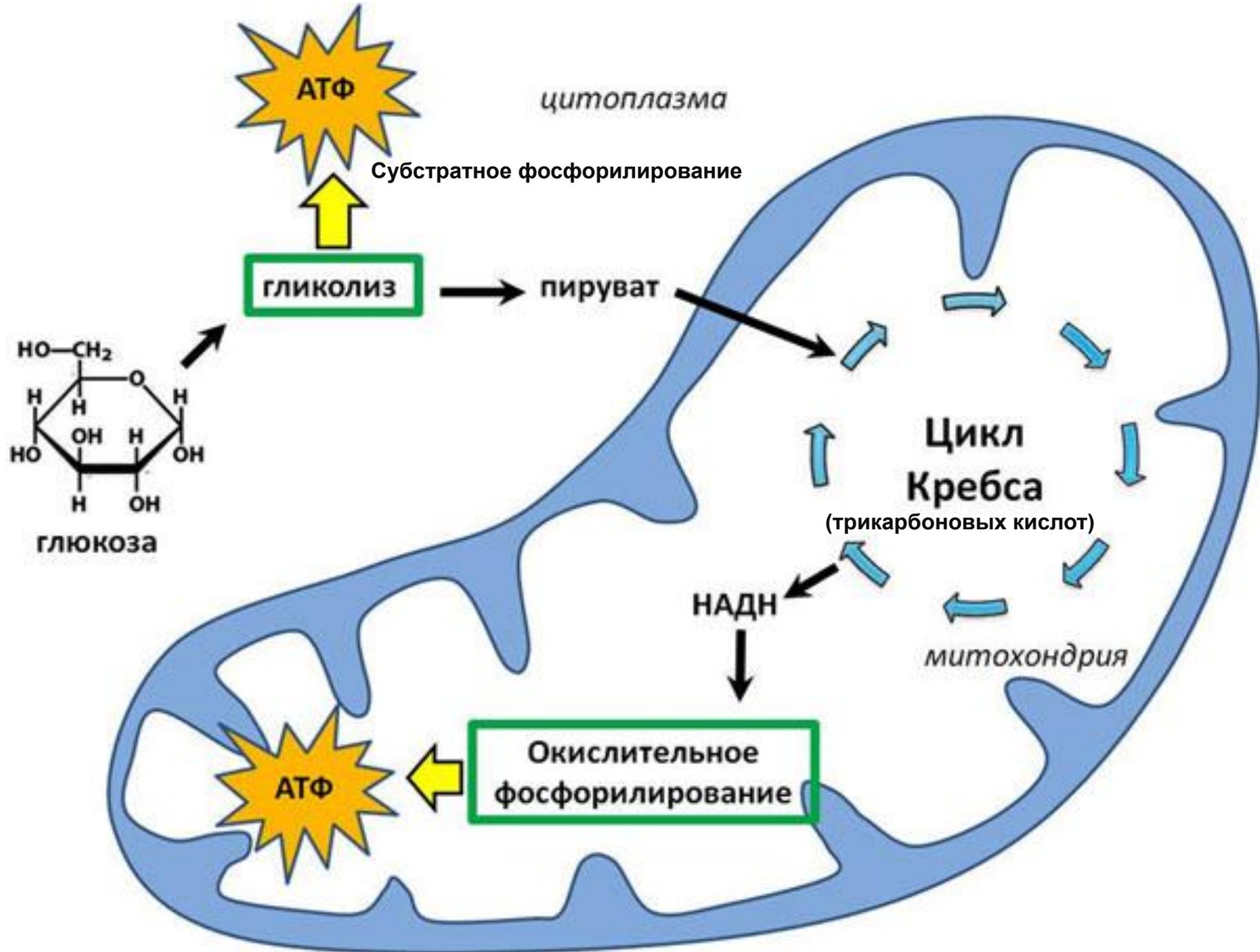
КЛЕТЧНОЕ ДЫХАНИЕ (КИСЛОРОДНЫЙ ЭТАП)

$36AT\Phi + 2НАД \cdot H_2$

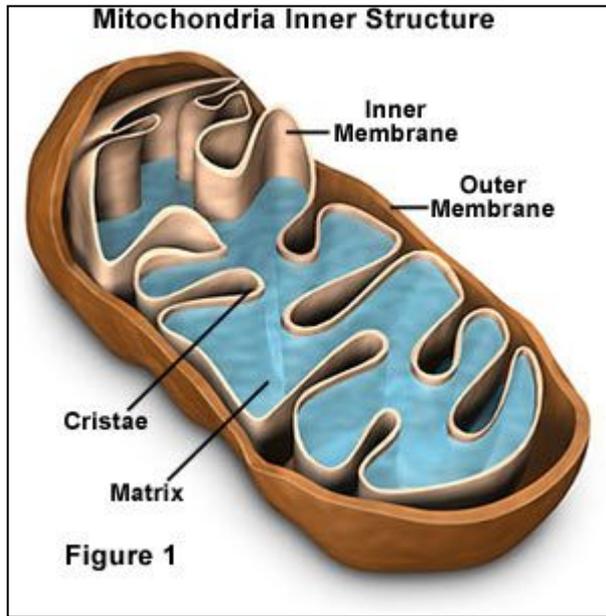
$42H_2O + 6CO_2 + ТЕПЛО$

ИТОГО:

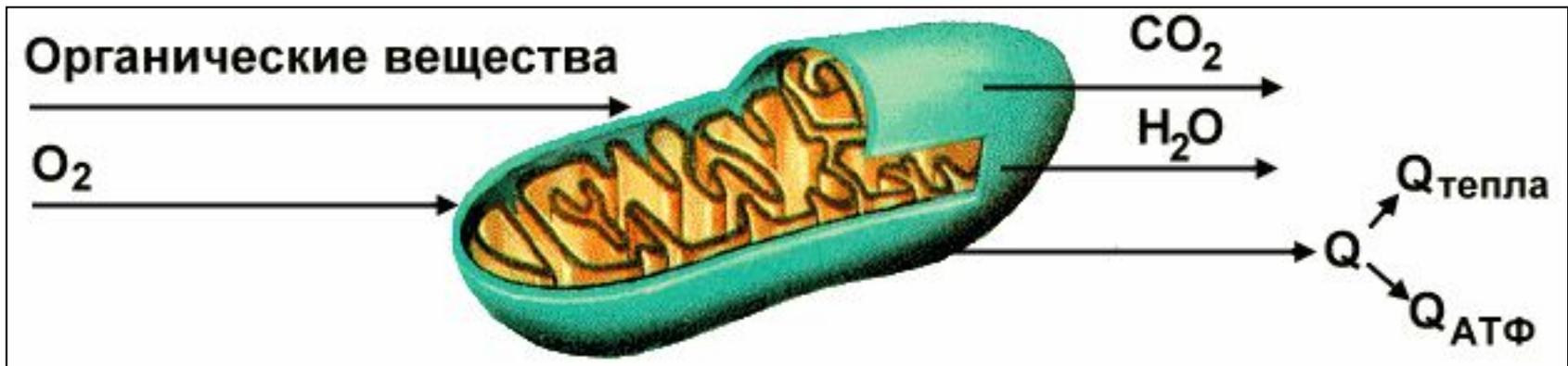
$38AT\Phi + 4НАД \cdot H_2$



Кислородное окисление



Третий этап энергетического обмена — *кислородное окисление* происходит в митохондриях.



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.

Каждая митохондрия окружена двумя мембранами. Внутренняя мембрана сложена в складки, называемые **кристами**.

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



Пути катаболизма основных групп веществ



Пируват

Ацетил~КоА

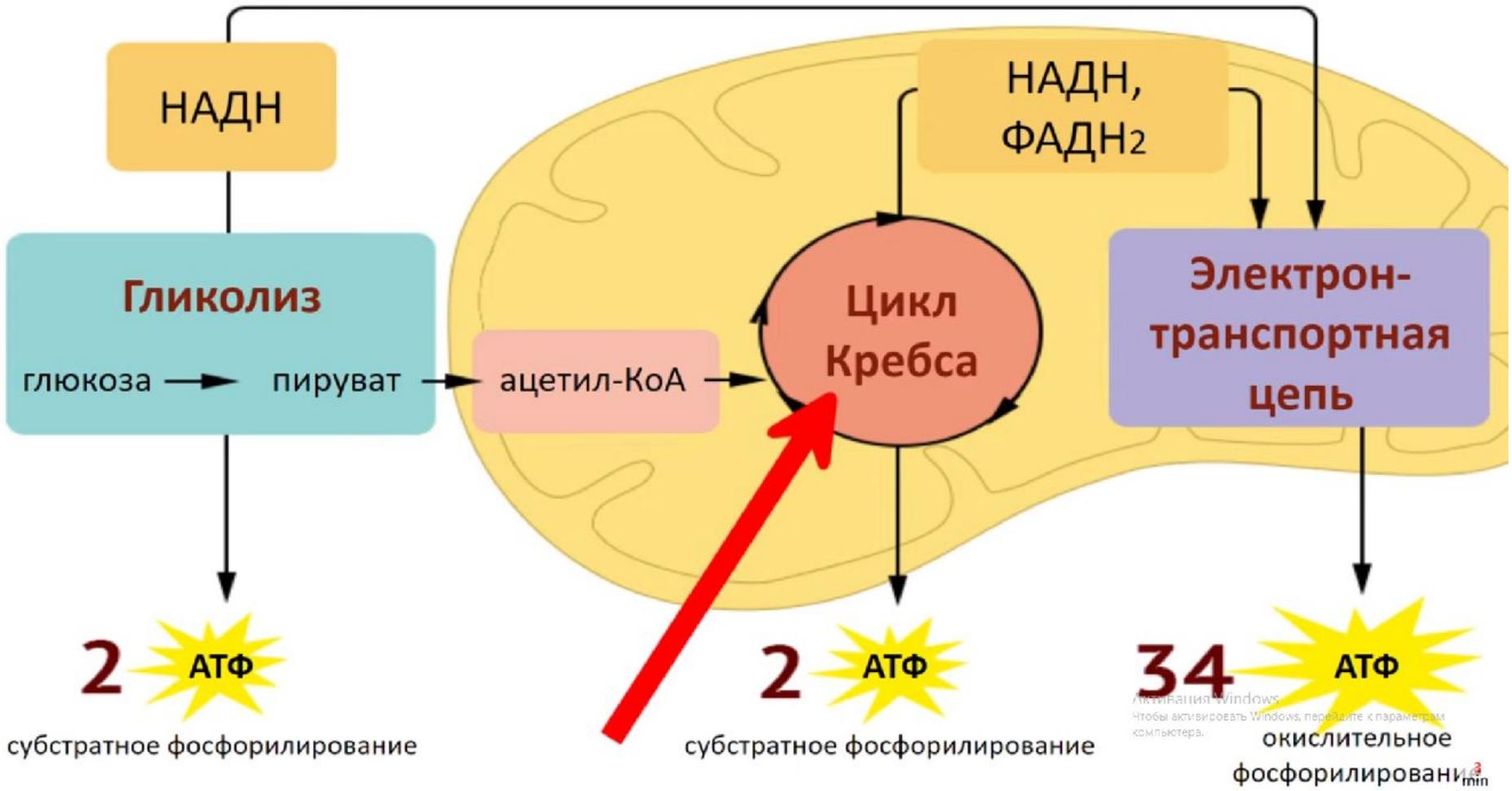


Специфические пути катаболизма

Источник метаболитов

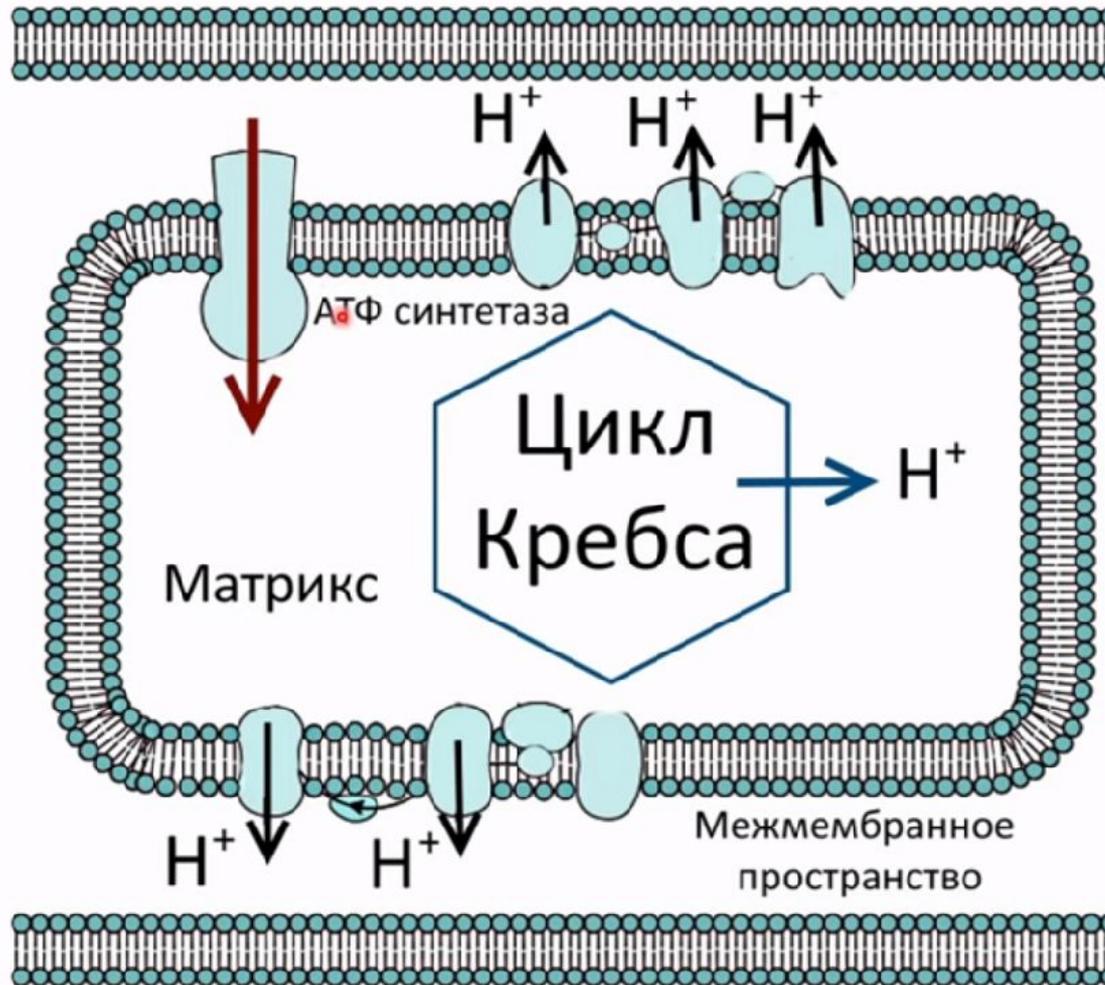
Общий путь катаболизма

Основной источник энергии



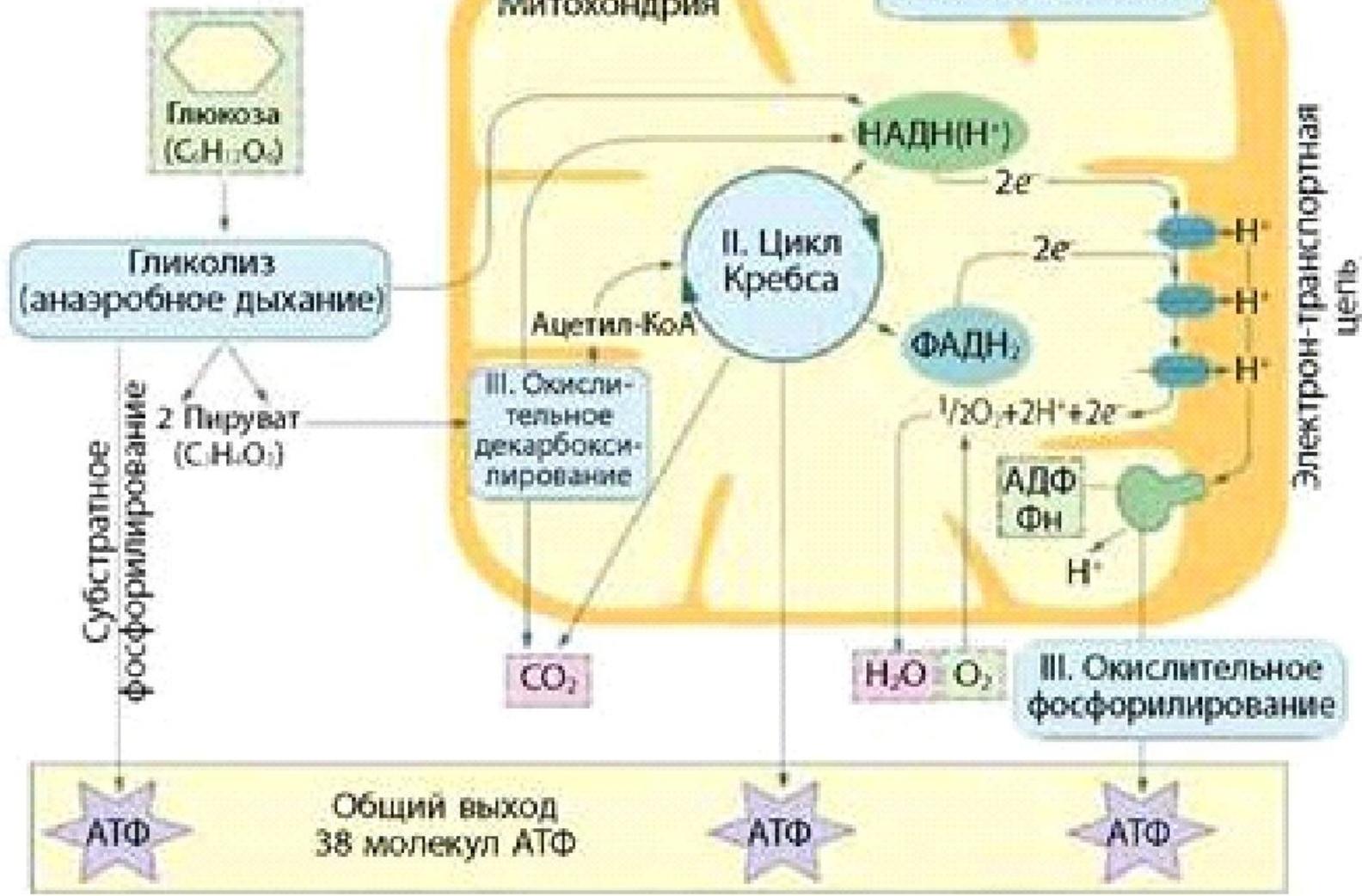
Активация Windows.
Чтобы активировать Windows, перейдите к параметрам компьютера.
окислительное фосфорилирование

Дыхание в митохондриях



Внутри митохондрии

КЛЕТОЧНОЕ ДЫХАНИЕ



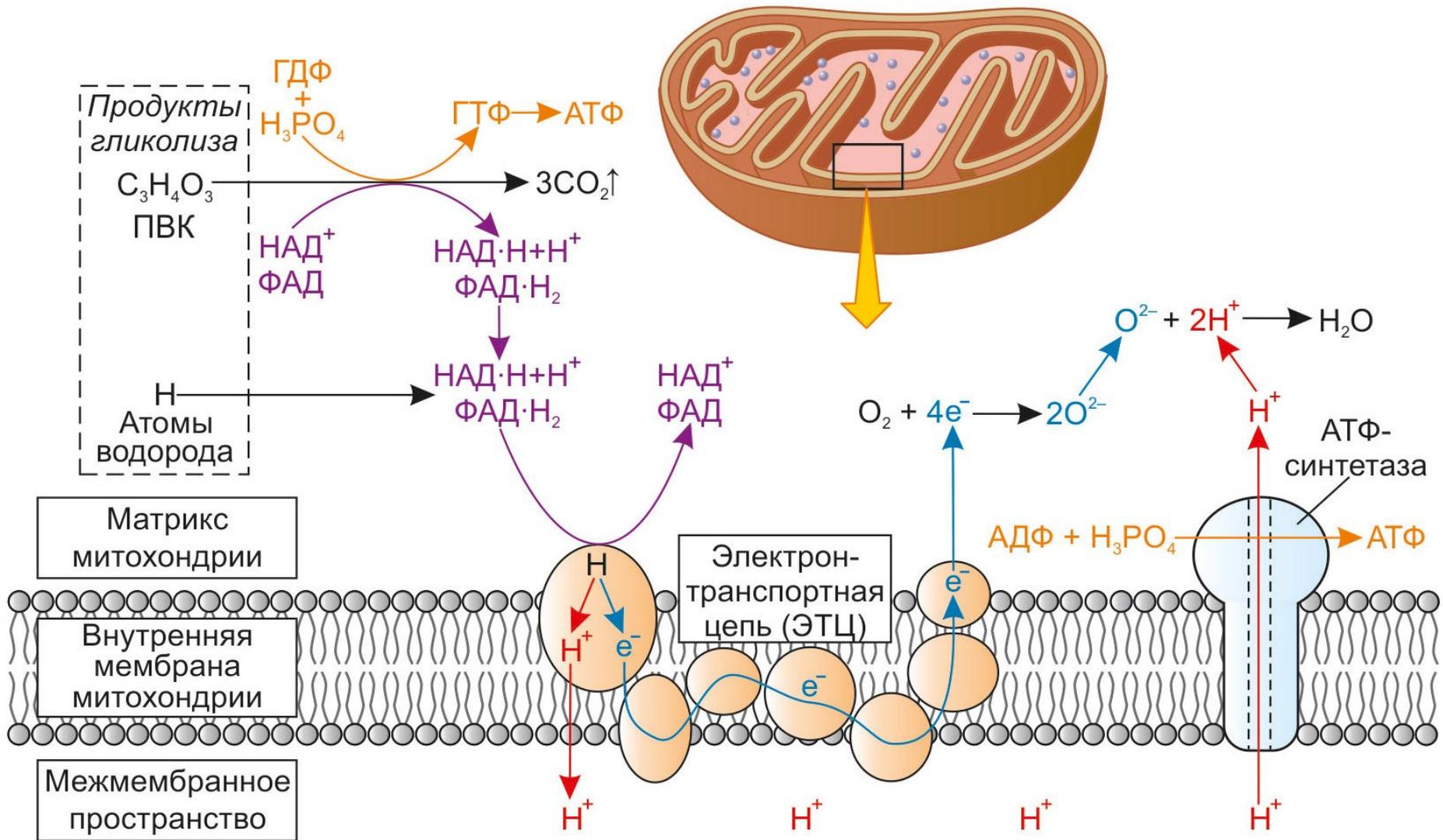
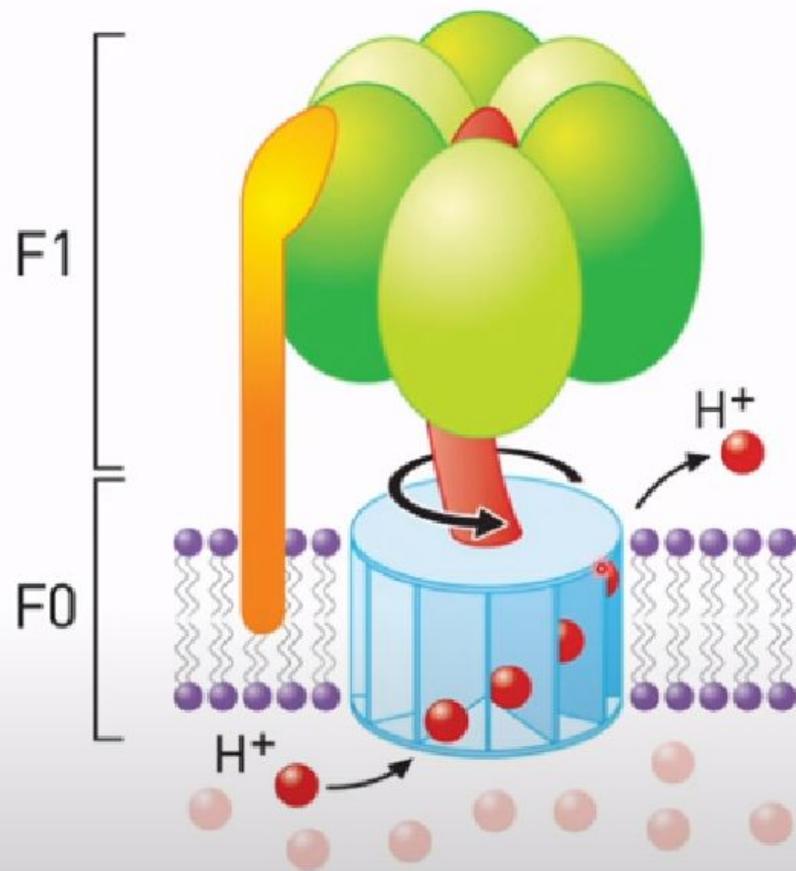


Рис. 21.2. Схема кислородного этапа клеточного дыхания

Синтез АТФ

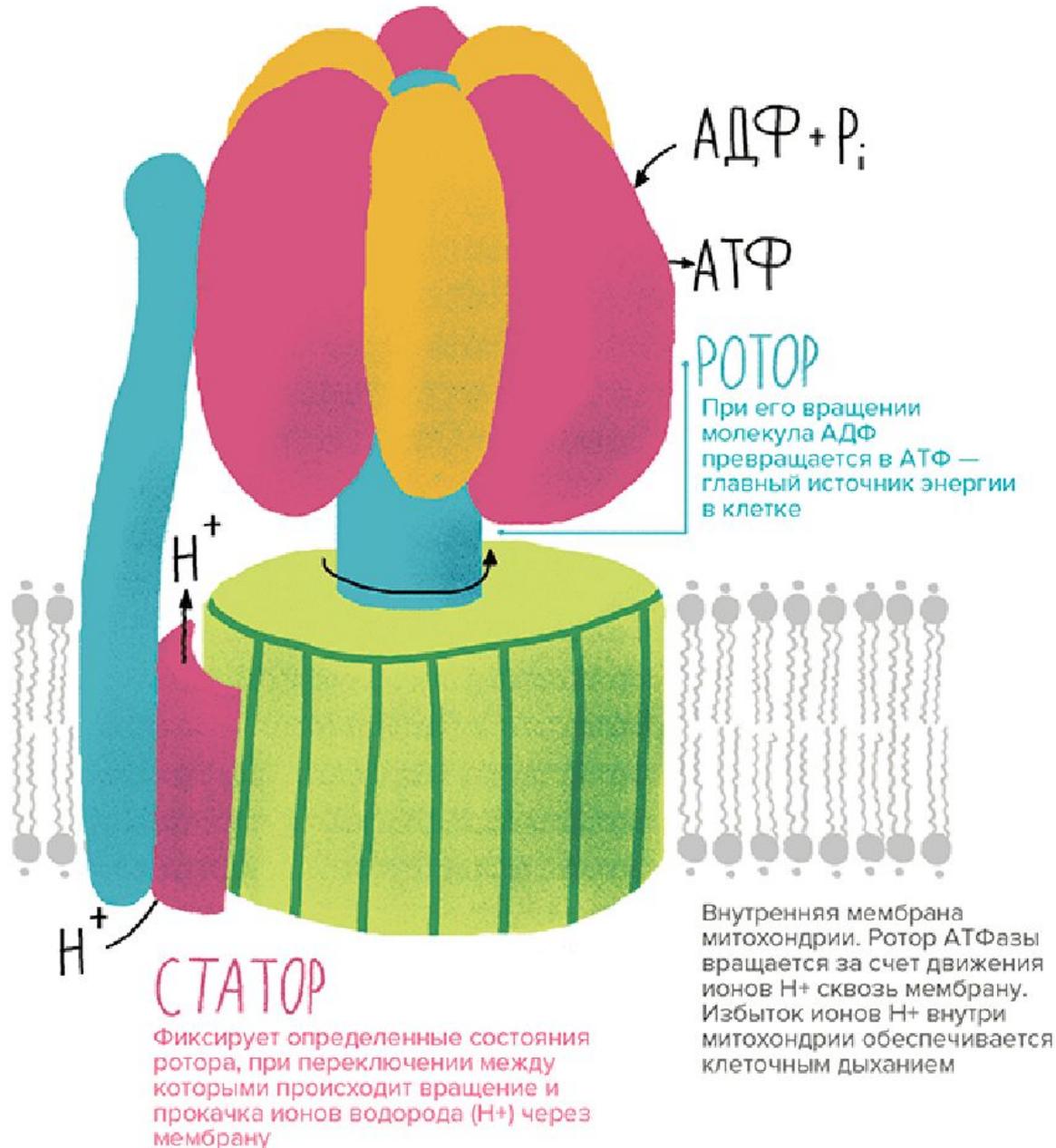


АТФ - синтетаза

Открывается канал для протонов и они начинают поступать внутрь митохондрии

За счет этой энергии синтетаза «вертится» и синтезирует АТФ из АДФ

АТФ-синтаза — главный белковый механизм клеточных электростанций

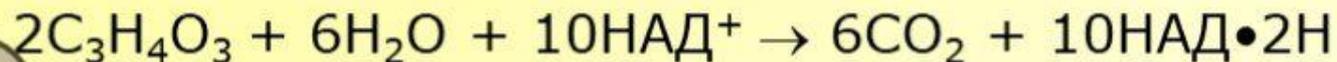


Третий этап – биологическое окисление, или дыхание

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 активированную уксусную кислоту (ацетил-коэнзим А, ацетил-КоА), и НАД•Н₂.
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:

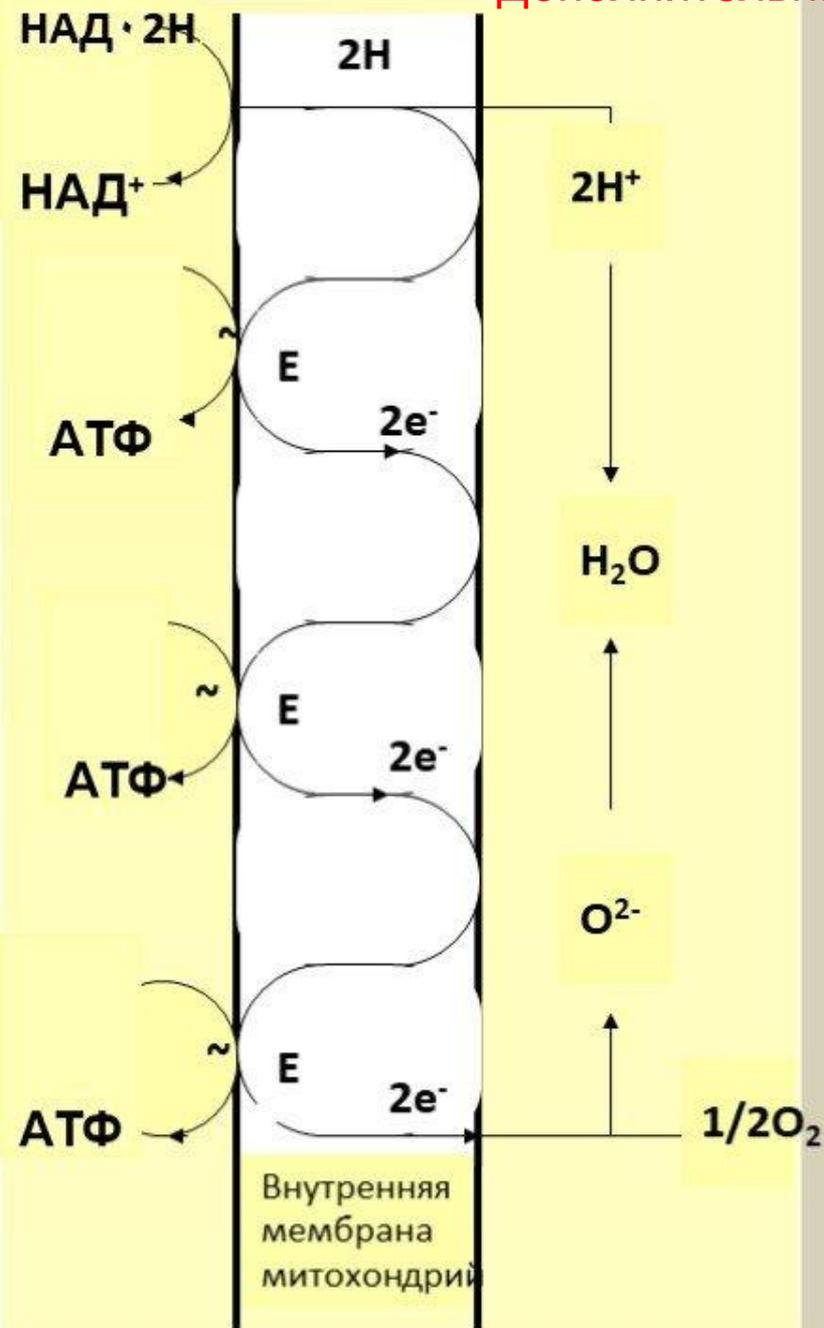


[Проследим теперь путь молекул НАД•2Н.](#)

Заполни
таблицу

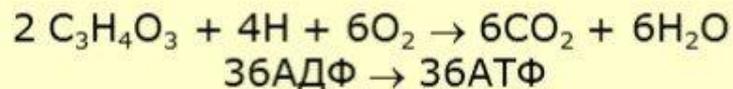


Дополнительная информация



Молекулы $НАД \cdot 2H$ поступают на кристы митохондрий, где расположена дыхательная цепь ферментов. На этой цепи происходит отщепление водорода от переносчика с одновременным снятием электронов. Каждая молекула восстановленного $НАД \cdot 2H$ отдает два водорода и два электрона. Они поступают на дыхательную цепь ферментов, которая состоит из белков – цитохромов. Перемещаясь по этой системе каскадно, электрон теряет энергию. За счет этой энергии в присутствии фермента АТФ-азы синтезируются молекулы АТФ. Одновременно с этими процессами происходит перекачивание ионов водорода через мембрану на наружную её сторону. В процессе окисления 12 молекул $НАД \cdot 2H$, которые образовались при гликолизе (2 молекулы) и в результате реакций в цикле Кребса (10 молекул), синтезируются 36 молекул АТФ.

Конечным акцептором электронов является молекула кислорода, поступающая в митохондрии при дыхании. Атомы кислорода на наружной стороне мембраны принимают электроны и заряжаются отрицательно. Положительные ионы водорода соединяются с отрицательно заряженным кислородом, и образуются молекулы воды.



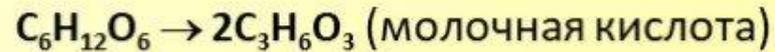
- **БРОЖЕНИЕ** - процесс неполного окисления углеводов , идущий анаэробно, но завершающийся образованием энергетически достаточно богатых соединений (лимонной, уксусной, молочной и др. кислот, спирта).
- Он свойствен многим бактериям, многим грибам и части животных клеток, испытывающих недостаток кислорода.

БРОЖЕНИЕ – один из способов использования живыми организмами углеводов. В зависимости от конечного продукта реакции различают несколько видов брожения.



Недостатком процессов брожения является извлечением незначительной доли той энергии, которая заключена в связях органических молекул. Для многих одноклеточных и многоклеточных (особенно ведущих паразитический образ жизни) этого вполне достаточно.

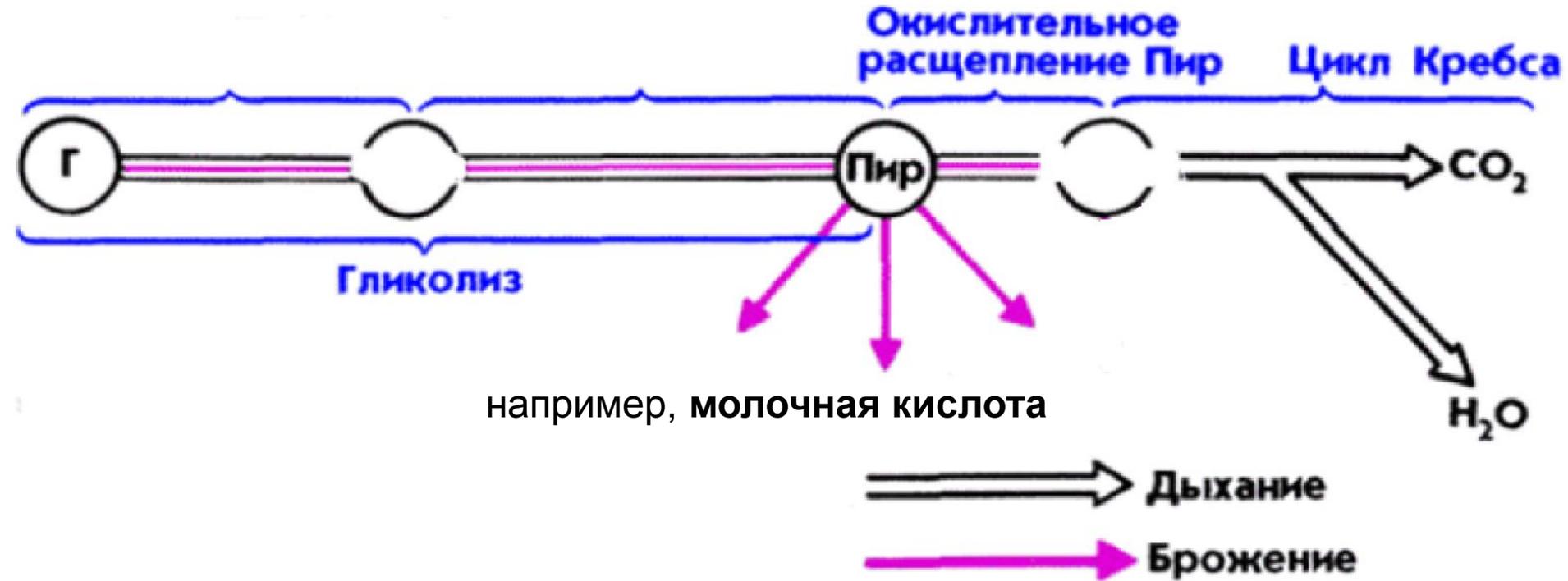
Молочнокислое брожение



- Молочнокислые бактерии (лактобактерии) относятся к группе стрептококков. Это анаэробные организмы, которые могут жить и в присутствии кислорода тоже. Лактобактерии живут в молоке и продуктах его переработки, на растениях и растительных остатках, в кишечнике и на слизистых оболочках человека и животных; практически не встречаются в почве и воде. Более 90% продуктов брожения этих бактерий составляет молочная кислота.
- Молочнокислые бактерии используются человеком в его хозяйственной деятельности. Запасание корма для скота (изготовление силоса), квашение капусты, изготовление различных кисломолочных продуктов: сметаны, йогурта, кефира, простокваши, творога, кумыса и тд.
- Молочнокислые бактерии предотвращают развитие гнилостных процессов в кишечнике, и поэтому употребление молочнокислых продуктов очень полезно для здоровья.
- У человека накопление молочной кислоты путем брожения в мышечных клетках происходит при интенсивной физической нагрузке.
- Кроме того, хрусталик и роговица глаза человека слабо снабжается кровью, поэтому и окислительный метаболизм выражен незначительно, а энергия в основном образуется при сбраживании глюкозы до молочной кислоты.



Взаимосвязь между дыханием и брожениями



Г - глюкоза

Пир – пировиноградная кислота

- *Задача: в диссимиляцию вступило 10 молекул глюкозы. Определите количество АТФ после гликолиза, после энергетического этапа и суммарный эффект диссимиляции.*
- Решение: запишем уравнение гликолиза: $C_6H_{12}O_6 = 2ПВК + 4H + 2АТФ$. Поскольку из одной молекулы глюкозы образуется 2 молекулы ПВК и 2АТФ, следовательно, синтезируется 20 АТФ. После энергетического этапа диссимиляции образуется 36 молекул АТФ (при распаде 1 молекулы глюкозы), следовательно, синтезируется 360 АТФ. Суммарный эффект диссимиляции равен $360+20=380$ АТФ.

- *Задача:* В диссимиляцию вступило 15 молекул глюкозы. Определите количество АТФ после гликолиза, после энергетического этапа и суммарный эффект диссимиляции.

- Решение:

Поскольку из одной молекулы глюкозы образуется 2 молекулы ПВК и 2 АТФ, следовательно, синтезируется 30 АТФ. После энергетического этапа диссимиляции образуется 36 молекул АТФ (при распаде 1 молекулы глюкозы), следовательно, синтезируется 540 АТФ. Суммарный эффект диссимиляции равен $540+30=570$ АТФ.

- *Задача:* В цикл Кребса вступило 6 молекул ПВК. Определите количество АТФ после энергетического этапа, суммарный эффект диссимиляции и количество молекул глюкозы, вступившей в диссимиляцию.

- Решение:
В цикл Кребса
вступило 6 молекул ПВК,
следовательно, распалось 3 молекулы
глюкозы. Количество АТФ после
гликолиза — 6 молекул, после
энергетического этапа — 108 молекул,
суммарный эффект
диссимиляции 114 молекул АТФ.