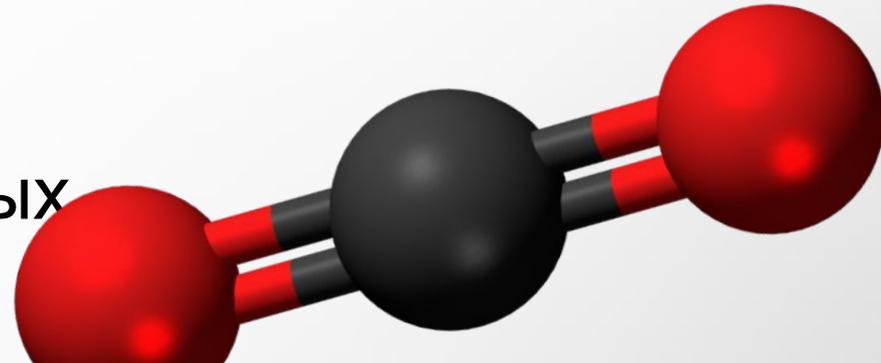
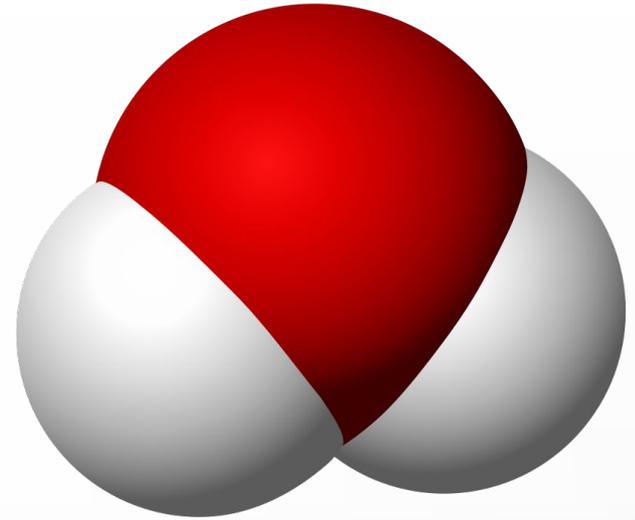


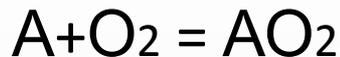
# **Энергетический обмен. Кислородный этап.**

**Полное кислородное расщепление (клеточное дыхание)** — завершающая фаза энергетического обмена. Этот многоэтапный процесс проходит в митохондриях клетки и заключается в расщеплении органических молекул, образовавшихся в анаэробной фазе до конечных продуктов — **углекислого**



# Биологическое окисление

- 1. Прямое окисление молекулярным  $O_2$



- 2. Реакции в которых А окисляется за счёт В

$AH_2 + B = A + BH_2$  (дегидрогенирование, ферменты – дегидрогеназы))

- 3. Реакции, при которых происходит перенос электронов  $e$ , например, окисление одной ионной формы  $Fe^{3+}$  в другую  $Fe^{2+}$



Все эти три типа окисления встречаются в последовательности реакций аэробного дыхания

# Гликолиз

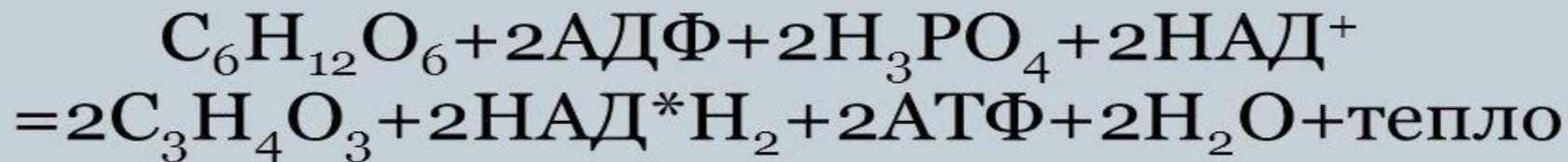
- При аэробном дыхании окисление происходит путём последовательных реакций дегидрогенирования. При каждом дегидрогенировании отщепляется  $H$ , который используется для восстановления кофермента. Большая часть этих реакций происходит в митохондриях, где акцептором водорода служит НАД (никотинамиддинуклеотид)
- $НАД + 2H = НАД \cdot H_2$
- Поступает затем в дыхательную цепь и здесь снова подвергается окислению  $6C$  – сахар окисляется до  $3c$ -сахара (пировиноградная или молочная кислота). При этом параллельно идёт процесс окислительного фосфорилирования и образуется  $2ATP$

- Гликолизом называют последовательность реакций, в результате которых одна молекула глюкозы расщепляется на две молекулы ПВК (пировиноградной кислоты)  $C_3H_4O_3$
- Если  $O_2$  достаточно, то пировиноградная кислота переходит в митохондрии для полного окисления - до  $CO_2$  и  $H_2O$ .
- Если же не достаточно, то ПВК превращается в этанол (у растений) или молочную кислоту  $C_3H_6O_3$  (у животных)

## Анаэробный обмен (гликолиз)



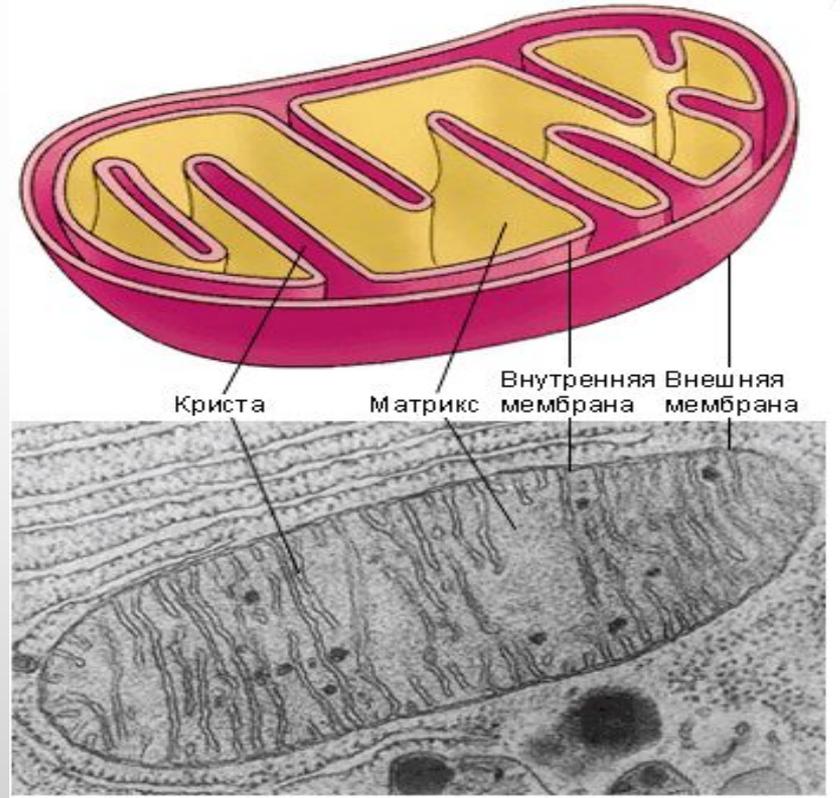
- Процесс анаэробного расщепления глюкозы.
- Уравнение гликолиза:



$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$  - пируват (пировиноградная кислота)

# 3 ЭТАП- кислородное (аэробное) расщепление.

Где происходит ?



# Аэробное дыхание – 1 фаза

- ПВК соединяется с веществом, которое называется коферментом А – Ко А
- В результате образуется ацетилкофермент А (ацетил-Ко А). Количество выделяющейся при этом энергии достаточно для образования высокоэнергетической связи. В действительности участвует пять коферментов и три фермента.
- Суммарное уравнение
- $C_3H_4O_3 + CoA + НАД = CH_3CO\sim S-CoA + CO_2 + НАД \cdot H_2 + \text{ацетил-КоА}$

## 2 фаза – цикл Кребса

- НАД·Н<sub>2</sub> вновь окисляется до НАД, а отщепившийся от него Н передается не менее, чем через пять переносчиков к концу цепи, где соединяется с молекулярным кислородом, образуя воду.
- Переход водорода по этой дыхательной цепи состоит из ряда окислительно-восстановительных реакций. В некоторых из них выделяется достаточно энергии для образования АТФ. Идет процесс окислительного фосфорилирования.

# НАД И НАДФ - коферменты

- Молекулы того и другого коферментов электроположительны ( у них отсутствует один е ) и могут играть роль переносчиков е и Н.
  - Когда акцептируется пара атомов Н, один из атомов диссоциирует на протон и электрон
  - $\text{H} \rightarrow \text{H}^+$  и  $\text{e}^-$ ,
- а второй присоединяется к НАД или НАДФ, свободный водород позднее используется для обратного окисления кофермента

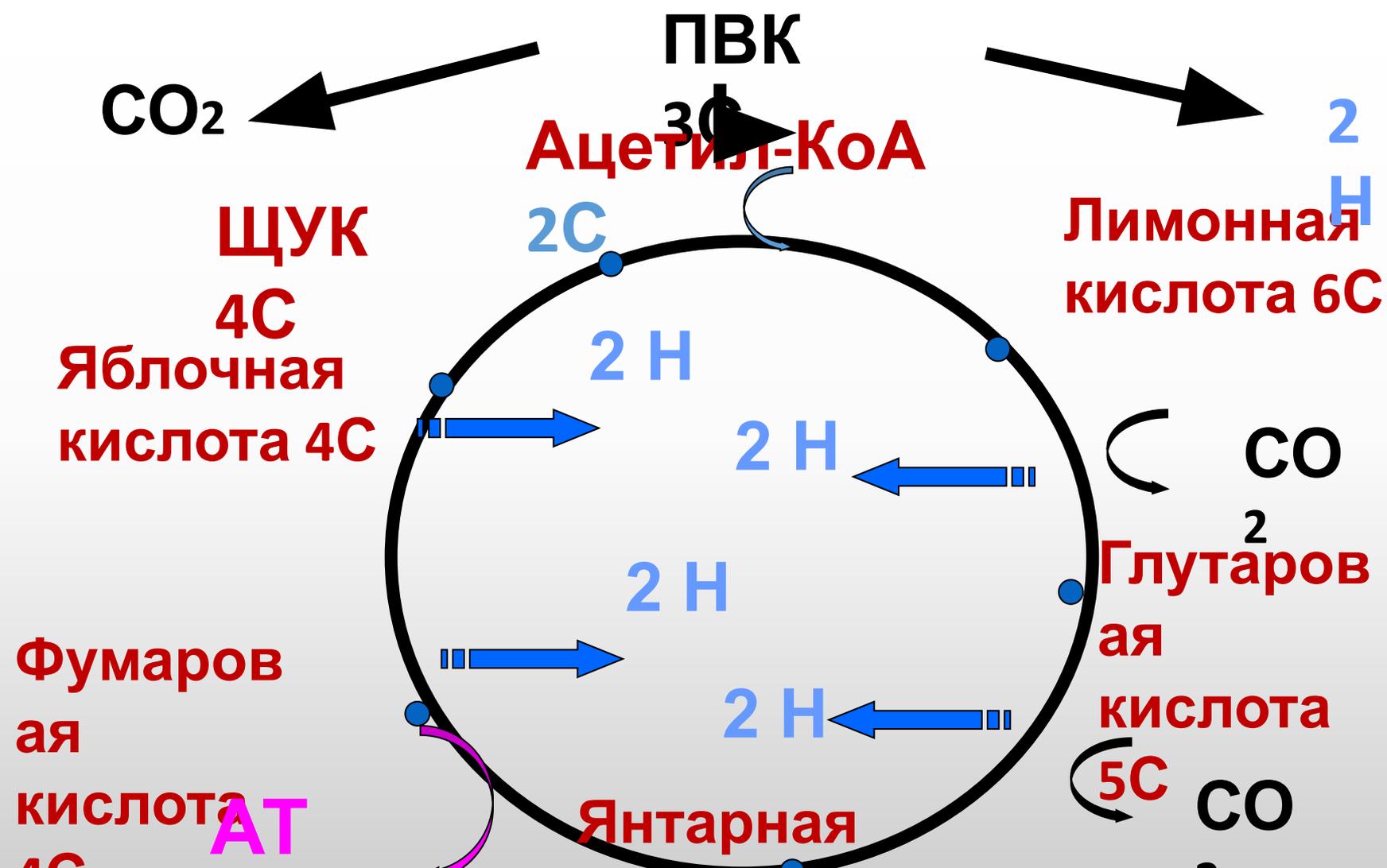


**Цикл Кребса** –  
циклический  
ферментативный  
процесс полного  
окисления  
активированной  
уксусной кислоты до  
углекислого газа и  
воды.

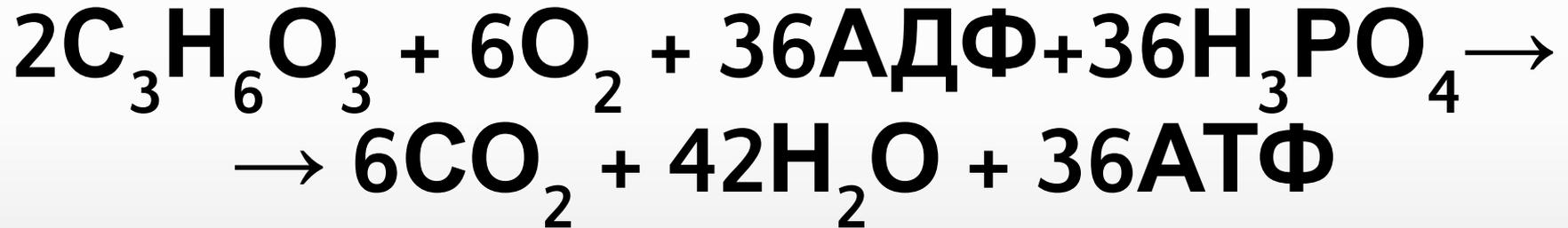
# Цикл Кребса – цикл лимонной кислоты или цикл трикарбоновых кислот

Сложный многоступенчатый процесс окислительно-восстановительных реакций, в результате которых остаток уксусной кислоты, получаемый от ацетил – Ко А, полностью окисляется до двух молекул  $\text{CO}_2$ , с образованием трёх молекул  $\text{НАД}\cdot\text{H}_2$ , одной молекулы  $\text{ФАД}\cdot\text{H}_2$  и одной молекулы ГТФ.

Все атомы  $\text{H}$ , при этом, окисляются  $\text{O}_2$  с одновременным фосфорилированием. Происходит это, когда водород отделившийся от  $\text{НАД}\cdot\text{H}_2$  или  $\text{ФАД}\cdot\text{H}_2$  передаётся по цепи переносчиков (флавопротеины, кофермент Q и цитохромы – белковые компоненты с железосодержащей группой).

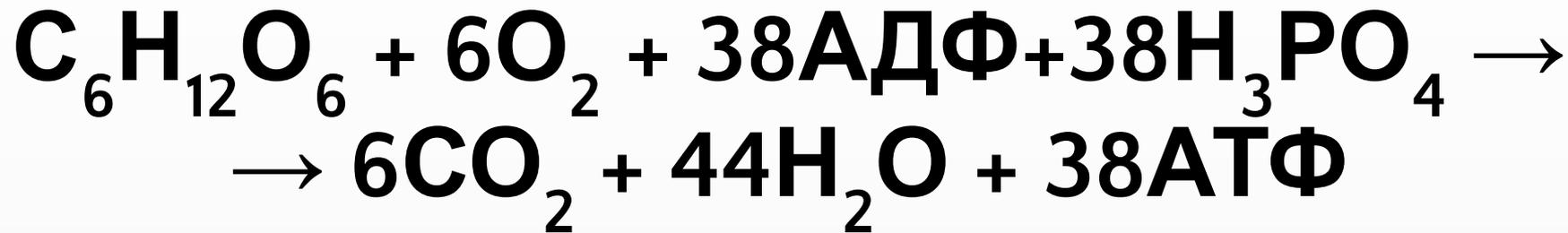


### III этап - Полное кислородное расщепление глюкозы (клеточное дыхание)



В результате клеточного дыхания из двух молекул молочной кислоты синтезируется 36 молекул АТФ:

## Суммарное уравнение реакций энергообмена



Ещё две молекулы АТФ образовались в ходе анаэробной фазы, поэтому суммарное уравнение энергетического обмена можно выразить

# Клеточное дыхание

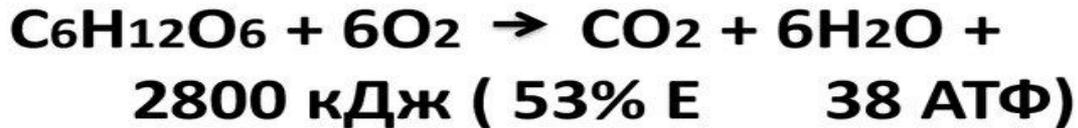


- Полное уравнение образования АТФ в процессе клеточного дыхания:



# Энергетический выход

**За счет полного окисления одной молекулы глюкозы (гликолиз + цикл Кребса + окислительное фосфорилирование) образуется  $2 + 2 + 34 = 38$  молекулы АТФ**



# Этапы энергетического обмена

3. Аэробный	Идет в митохондриях в присутствии или с непосредственным участием $O_2$	ПВК полностью окисляется до $CO_2$ и $H_2O$	Образуется 36 молекул АТФ
А) Цикл Кребса	Идет в матриксе митохондрий без непосредственного участия $O_2$ , но в его присутствии	Поэтапное (в 8 реакций) окисление ПВК до $CO_2$	Энергия электронов запасается только в виде НАД•Н
Б) Окислительное фосфорилирование	На внутренних мембранах митохондрий в «дыхательной» цепи переносчиков (акцепторов) электронов. Последний акцептор в этой цепи – $O_2$ .	Окисление НАД•Н с образованием воды и $НАД^+$	Образуется 36 молекул АТФ
Итого	При полном окислении 1 молекулы глюкозы до углекислого газа и воды образуется 38 молекул АТФ.		

1. Для образования энергии необходим чистый воздух, т.е. кислород.

2. Для образования энергии необходимы питательные

вещества

3. Для образования энергии необходимы биологические катализаторы, т.е ферменты.

4. Для образования энергии необходимы биологические активаторы, т.е. витамины

# Значение дыхания

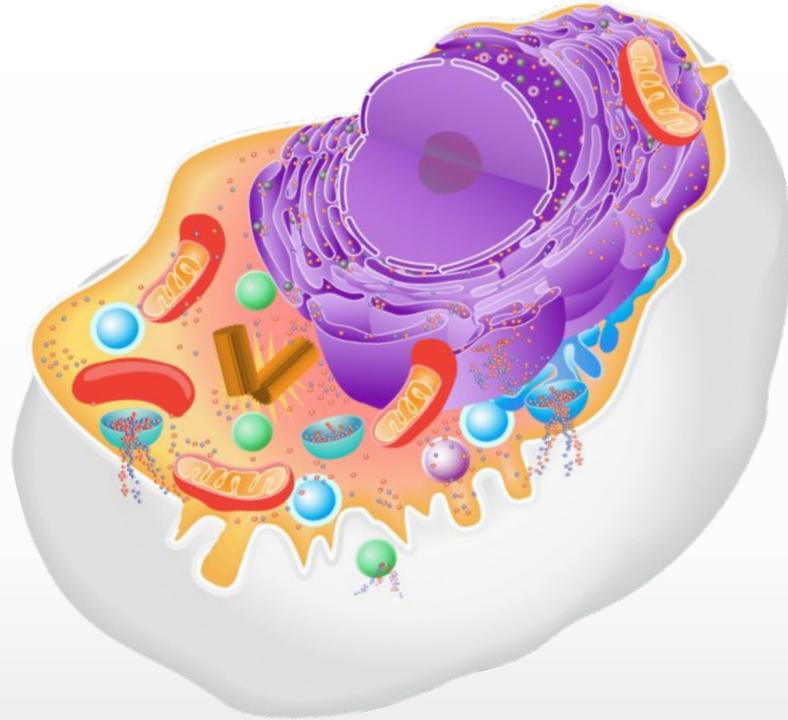
В результате окисления сохраняется равновесие между синтезом органики и её распадом.

- **CO<sub>2</sub>** используется для образования карбонатов, накапливается в осадочных породах, для процесса фотосинтеза.

- Сохраняется равновесие между кислородом и углекислым газом в атмосфере

# Рекомендации:

1. Постоянно проветривать помещение, больше гулять на свежем воздухе.
2. Употреблять полноценную пищу, богатую белками, углеводами, жирами.
3. Не исключать из рациона питания молочно-кислые продукты.
4. Не забывать о витаминах.



**Энергия, вырабатываемая и запасаемая клеткой в процессе диссимиляции, используется, в том числе, для сборки молекул органических веществ, необходимых для жизнедеятельности как самой клетки, так и организма в целом.**

## Подумай и ответь

Почему при разрушении митохондрий в клетке будет наблюдаться снижение уровня активности, а затем приостановка жизнедеятельности клетки? Сколько всего молекул АТФ образуется в результате энергетического обмена?