

Тема: «Энергетический обмен. Дыхание».

Задачи:

Дать характеристику аэробному этапу окисления – окислению ПВК в митохондриях

	I подготовительный этап	II бескислородный этап	III кислородный этап
Где происходит расщепление?	В органах пищеварения. В лизосоме в клетке.	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 + жирные кислоты. Углеводы → глюкоза.	Глюкоза → 2 молекулы молочной кислоты + 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 55% энергии запасается в виде АТФ.
Сколько синтезируется энергии в виде АТФ?	_____	2 молекулы АТФ.	36 молекул АТФ.

Этапы энергетического обмена веществ.

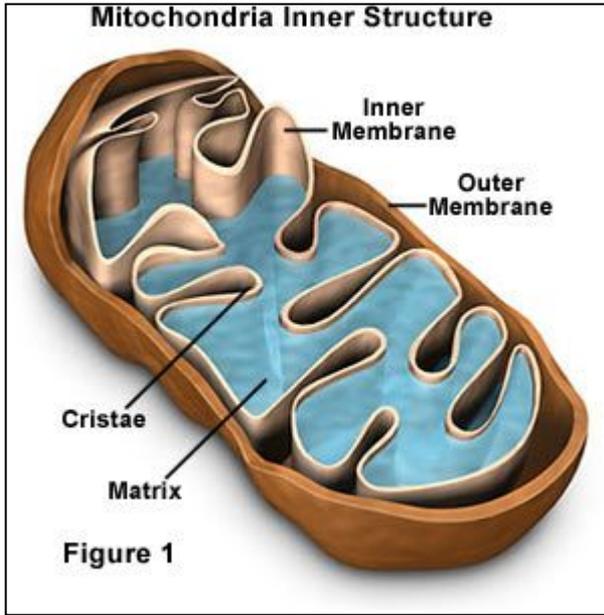
Кислородное окисление - дыхание

	III кислородный этап
Где происходит расщепление?	В митохондриях.
Чем активизируется расщепление?	Ферментами митохондрий.
До каких веществ расщепляются соединения клетки?	Пировиноградная кислота до CO_2 и H_2O
Сколько выделяется энергии?	Более 55% энергии запасается в виде АТФ.
Сколько синтезируется энергии в виде АТФ?	36 молекул АТФ.

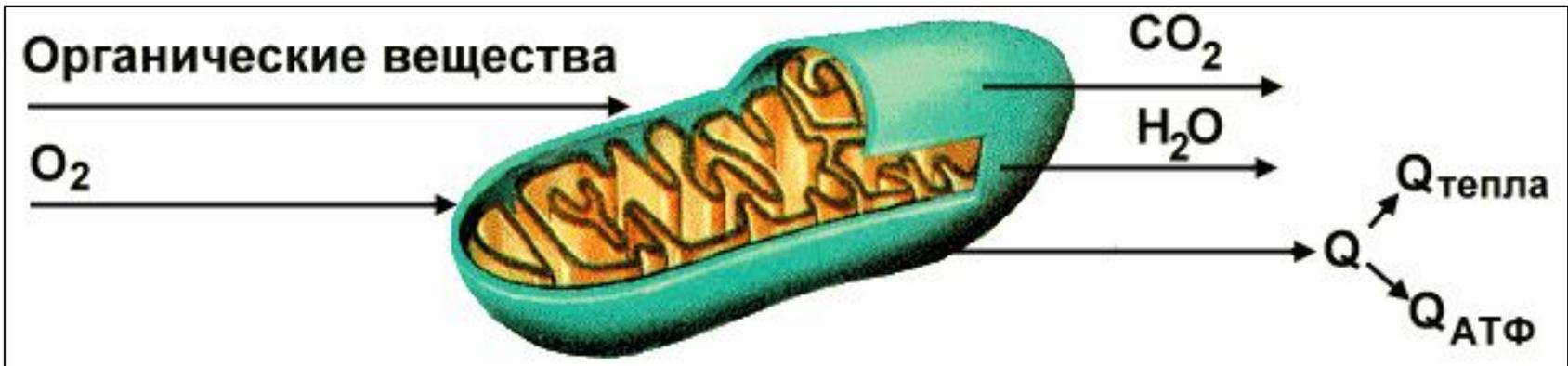
В результате ферментативного бескислородного расщепления глюкоза распадается не до конечных продуктов (CO_2 и H_2O), а до соединений, которые еще богаты энергией и, окисляясь далее, могут дать ее в больших количествах (молочная кислота, этиловый спирт и др.).

Поэтому в аэробных организмах после гликолиза (или спиртового брожения) следует завершающий этап энергетического обмена — **полное кислородное расщепление, или клеточное дыхание**. В процессе этого третьего этапа органические вещества, образовавшиеся в ходе второго этапа при бескислородном расщеплении и содержащие большие запасы химической энергии, окисляются до конечных продуктов CO_2 и H_2O .

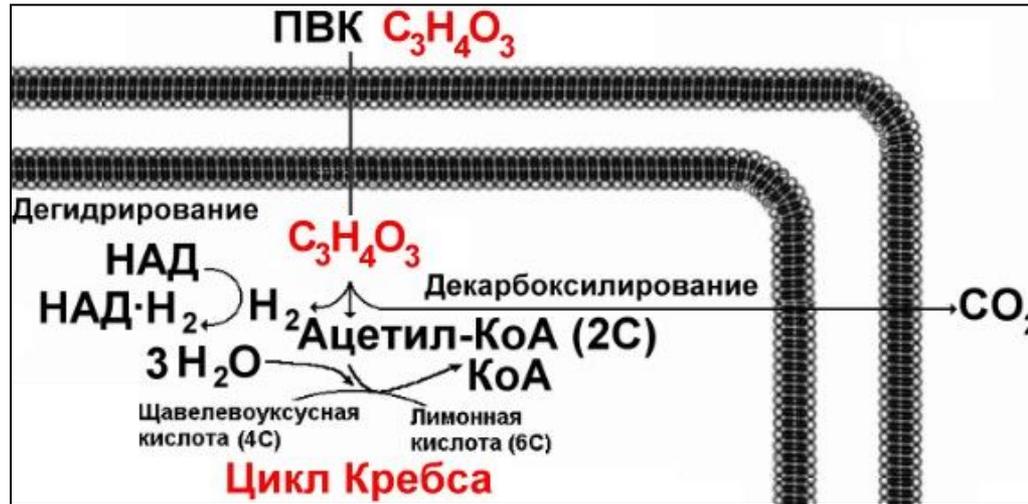
Кислородное окисление - дыхание



Третий этап энергетического обмена — **кислородное окисление**, или **дыхание**, происходит в митохондриях. Как устроены митохондрии? Каковы функции митохондрий? Каково происхождение митохондрий?

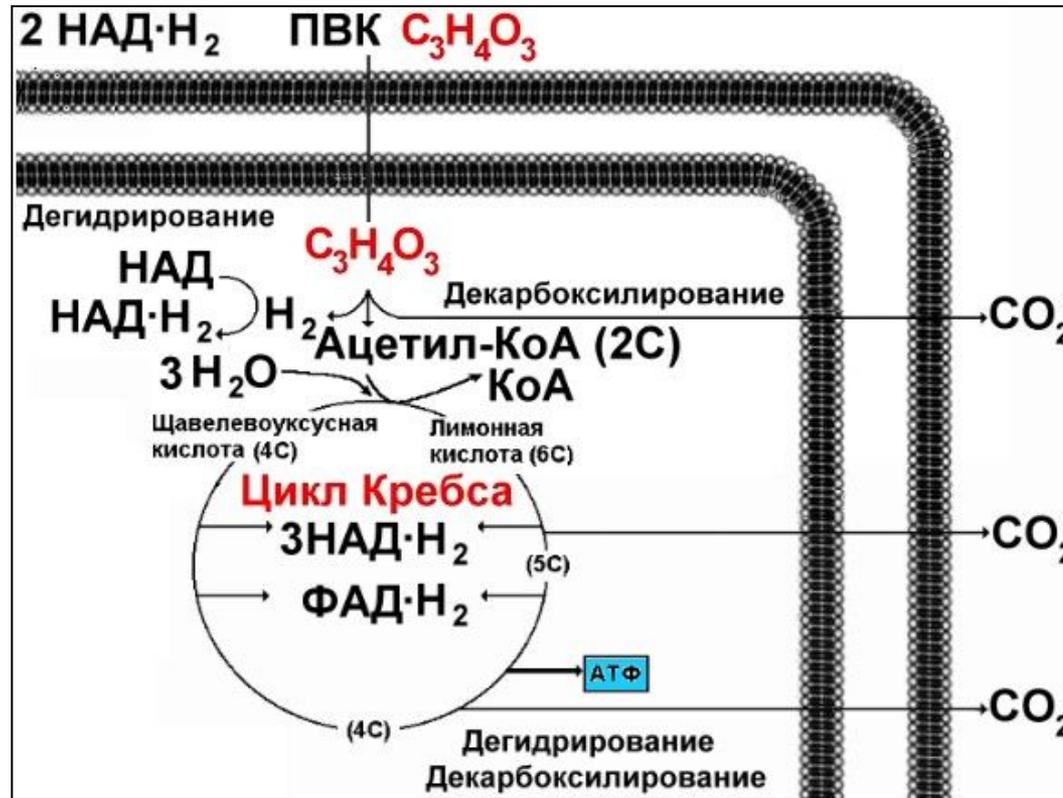


Кислородное окисление - дыхание



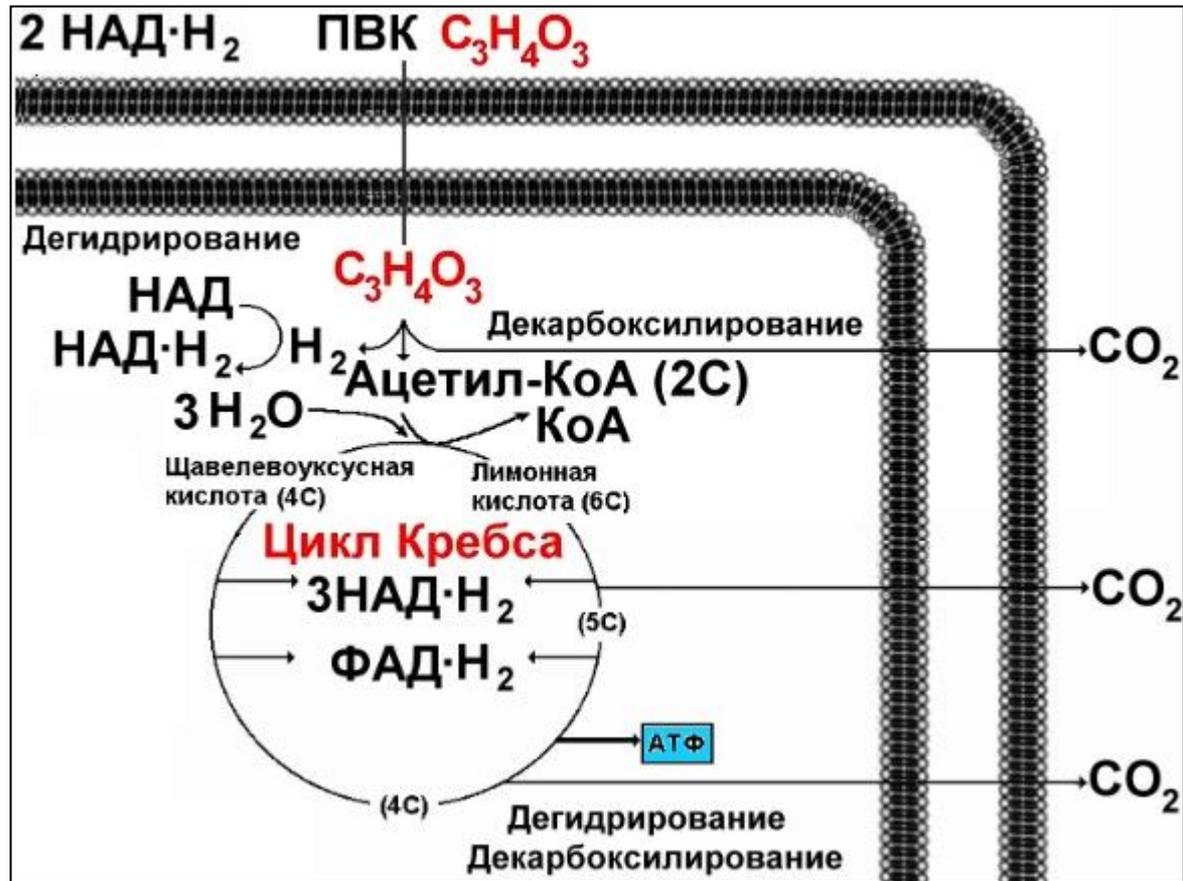
На первом этапе пировиноградная кислота проникает в митохондрии, где происходит ее **дегидрирование** (отщепление водорода) и **декарбоксилирование** (отщепление углекислого газа) с образованием **двууглеродной ацетильной группы**, которая вступает в цикл реакций, получивших название реакций цикла Кребса.

Кислородное окисление - дыхание



В цикле Кребса происходит дальнейшее окисление, связанное с *дегидрированием и декарбосилированием*. В результате на каждую разрушенную моль ПВК из митохондрии удаляется 3 моль CO_2 , образуется *5 пар атомов водорода*, связанных с переносчиками ($4 НАДН_2$, $ФАДН_2$), а также моль $АТФ$.

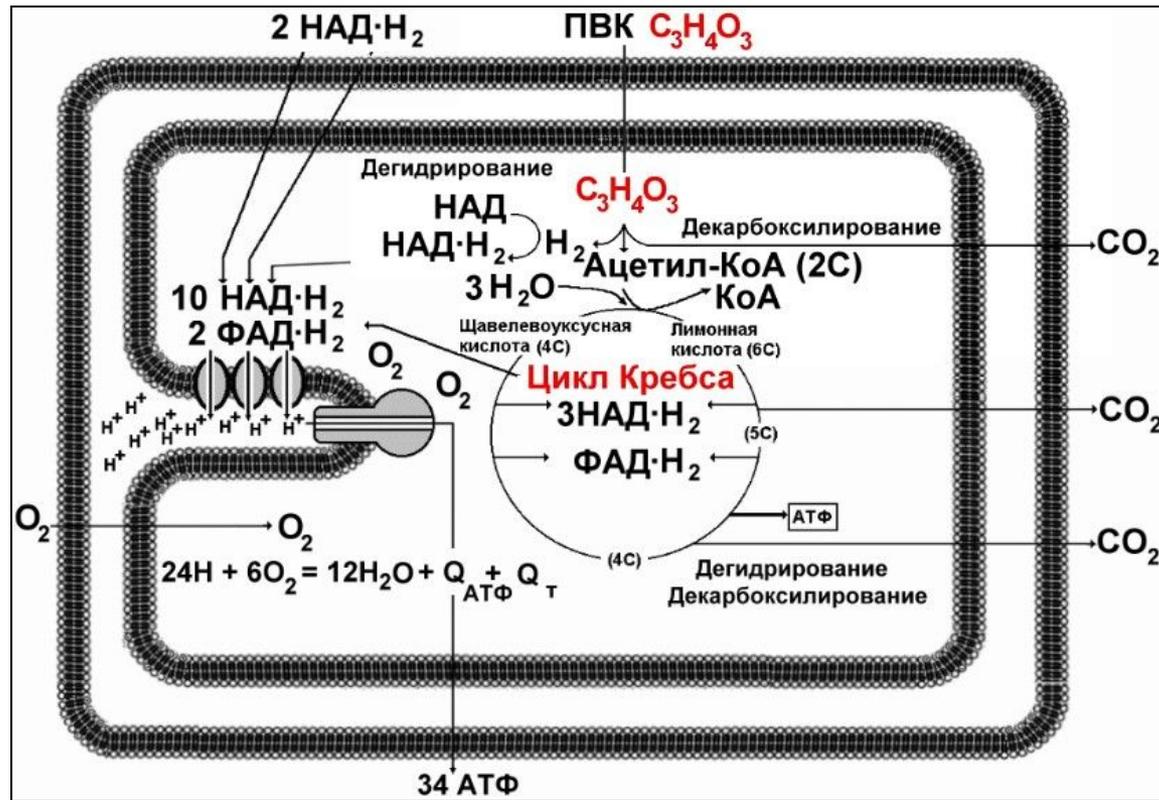
Кислородное окисление - дыхание



Суммарная реакция гликолиза и разрушения ПВК в митохондриях до водорода и углекислого газа выглядит следующим образом:

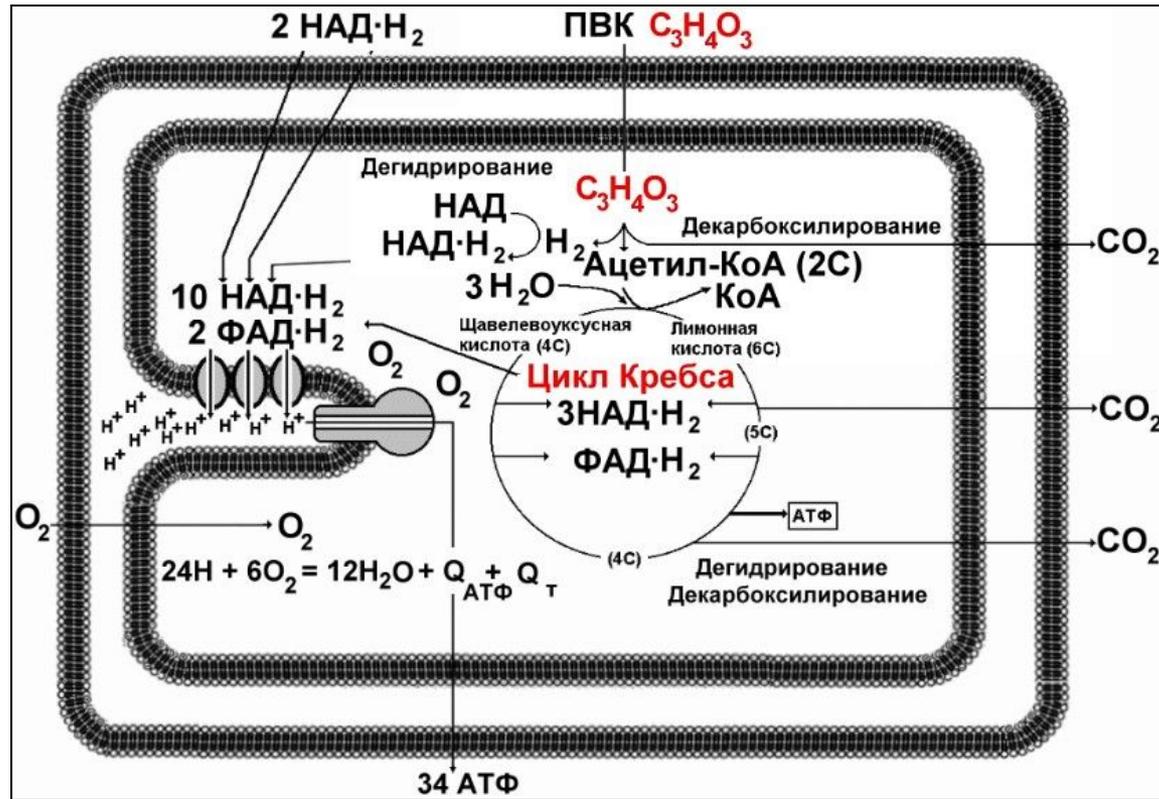


Кислородное окисление - дыхание



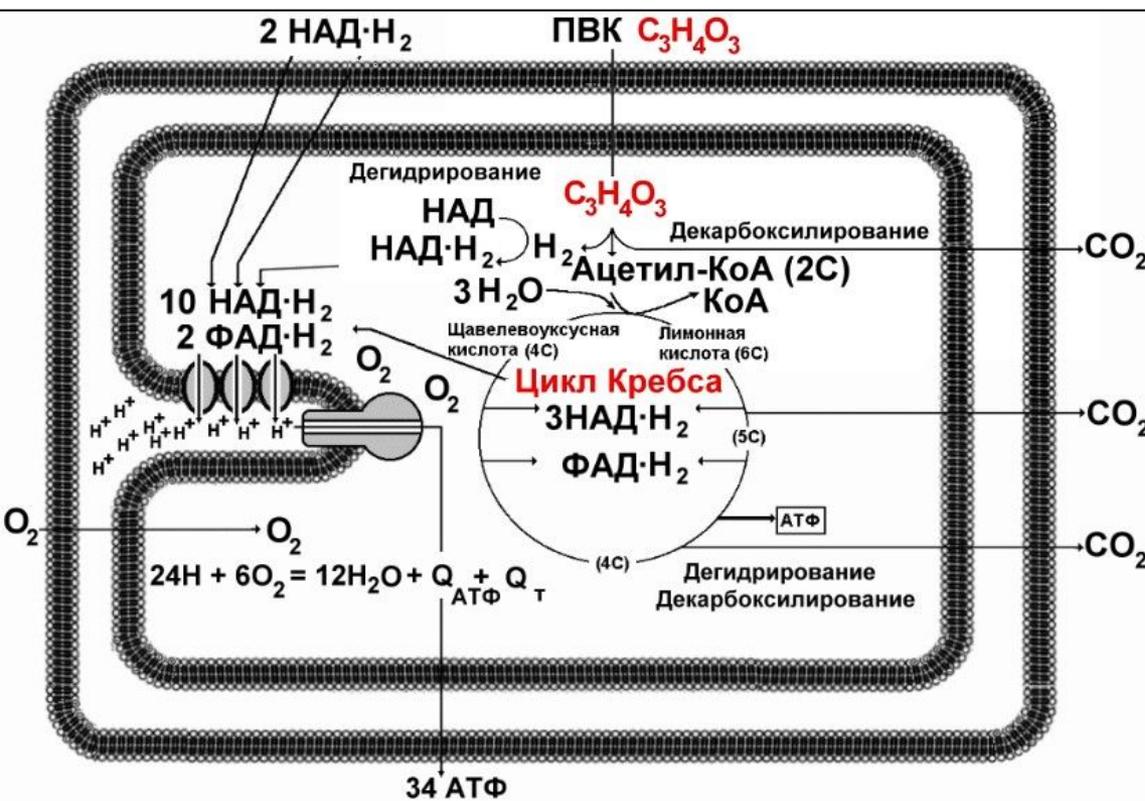
Последним этапом является *окисление пар атомов водорода с участием O_2 до H_2O с одновременным фосфорилированием АДФ до АТФ.* Этот процесс называется окислительным фосфорилированием и происходит на внутренней мембране митохондрий. Водород передается по трем большим ферментным комплексам дыхательной цепи (флавопротеин, кофермент Q, цитохромы).

Кислородное окисление - дыхание



У водорода отбираются электроны, а протоны закачиваются в межмембранное пространство митохондрий, в «*протонный резервуар*». Внутренняя мембрана непроницаема для ионов водорода. Электроны передаются по ферментам дыхательной цепи на *цитохромоксидазу*.

Кислородное окисление - дыхание



■ НА 1 НАД*Н₂ = 3 АТФ
 НА 1 ФАД*Н₂» = 2 АТФ

Внутри митохондрии:

Дегидрирование ПВК

1 НАД*Н₂ = 3 АТФ

Дегидрирование в цикле Кребса

3 НАД*Н₂ = 9 АТФ

ФАД*Н₂ = 2 АТФ

Синтез в цикле Кребса = 1 АТФ

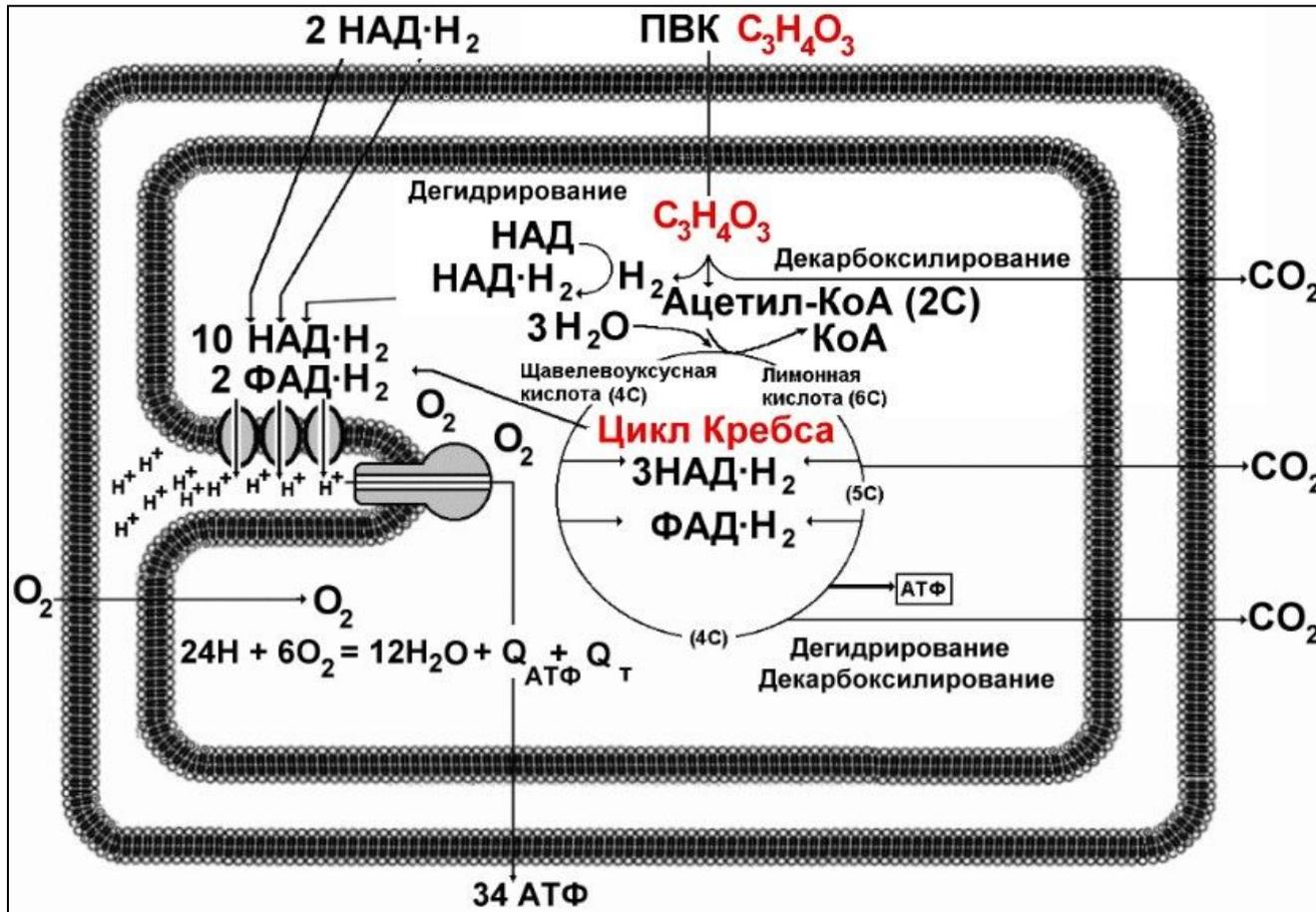
Внемитохондр. НАДН*Н₂ = 3 АТФ

В сумме = 18 АТФ

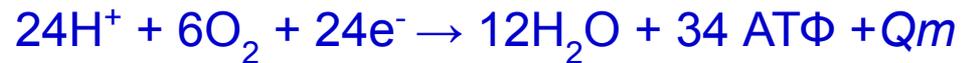
Молекул ПВК 2 шт. поэтому
 в 2 раза больше АТФ = 36 молекул

Когда разность потенциалов на внешней и внутренней стороне внутренней мембраны достигает 200 мВ, протоны (24Н⁺) проходят через канал фермента АТФ-синтетазы и происходит восстановление кислорода до воды (12Н₂О) с выделением энергии, часть которой запасается в форме **34 АТФ**. Таким образом, в митохондрии образуется всего 36 АТФ – 55%, 45% - рассеивается в форме тепла.

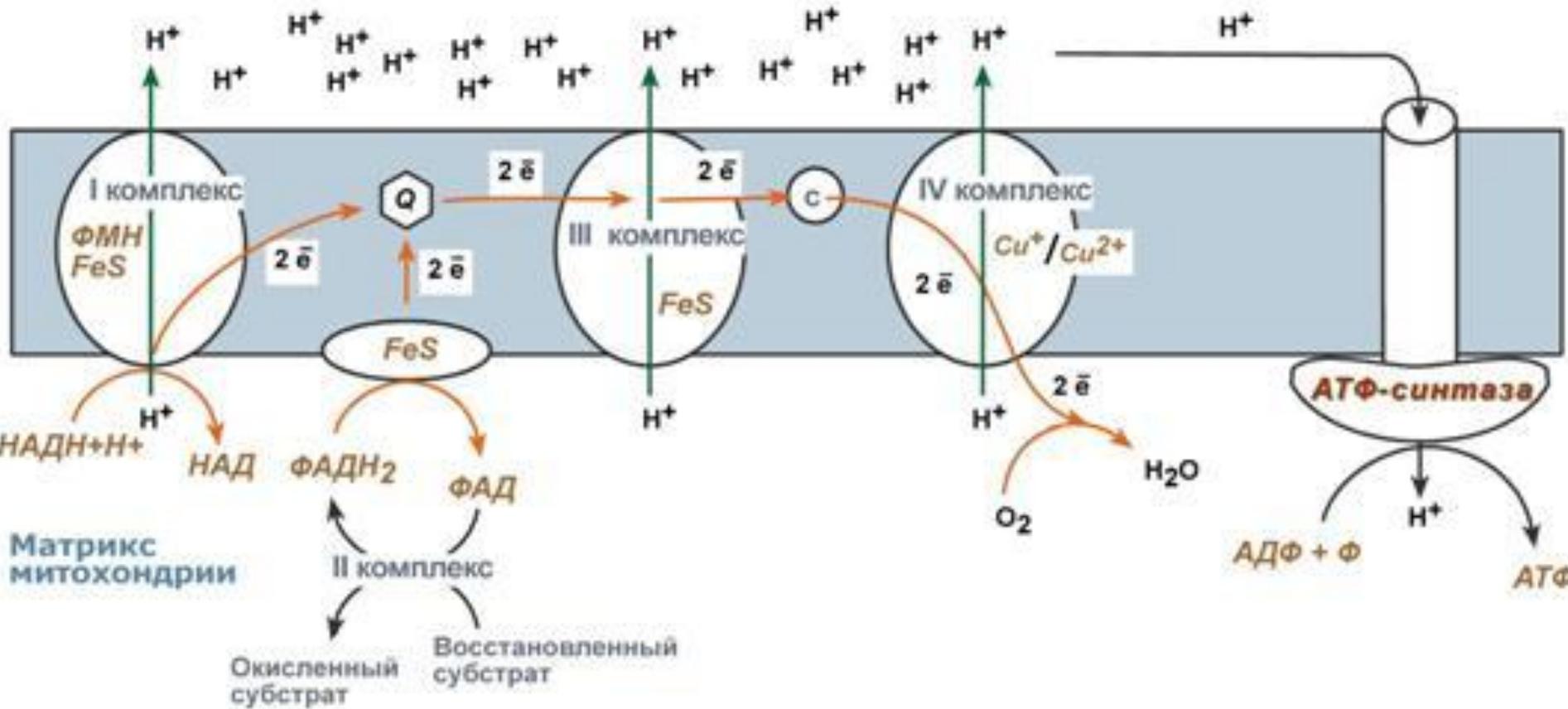
Кислородное окисление - дыхание

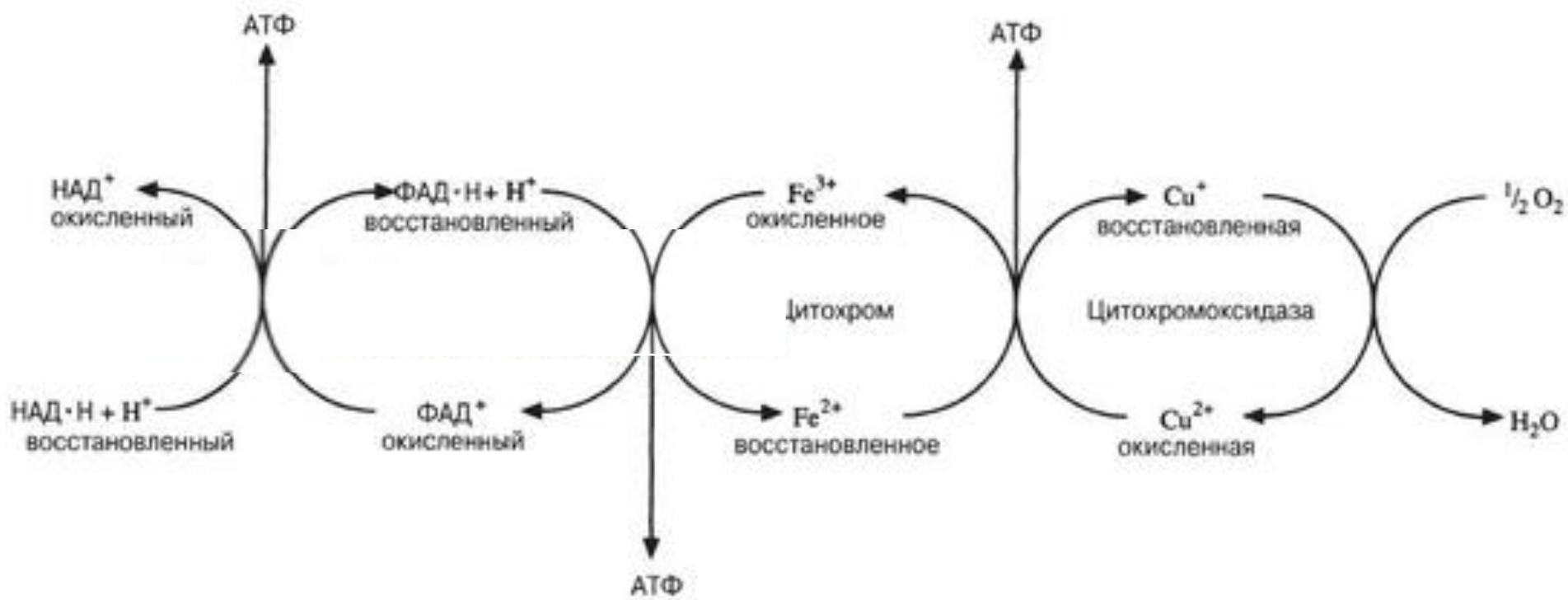


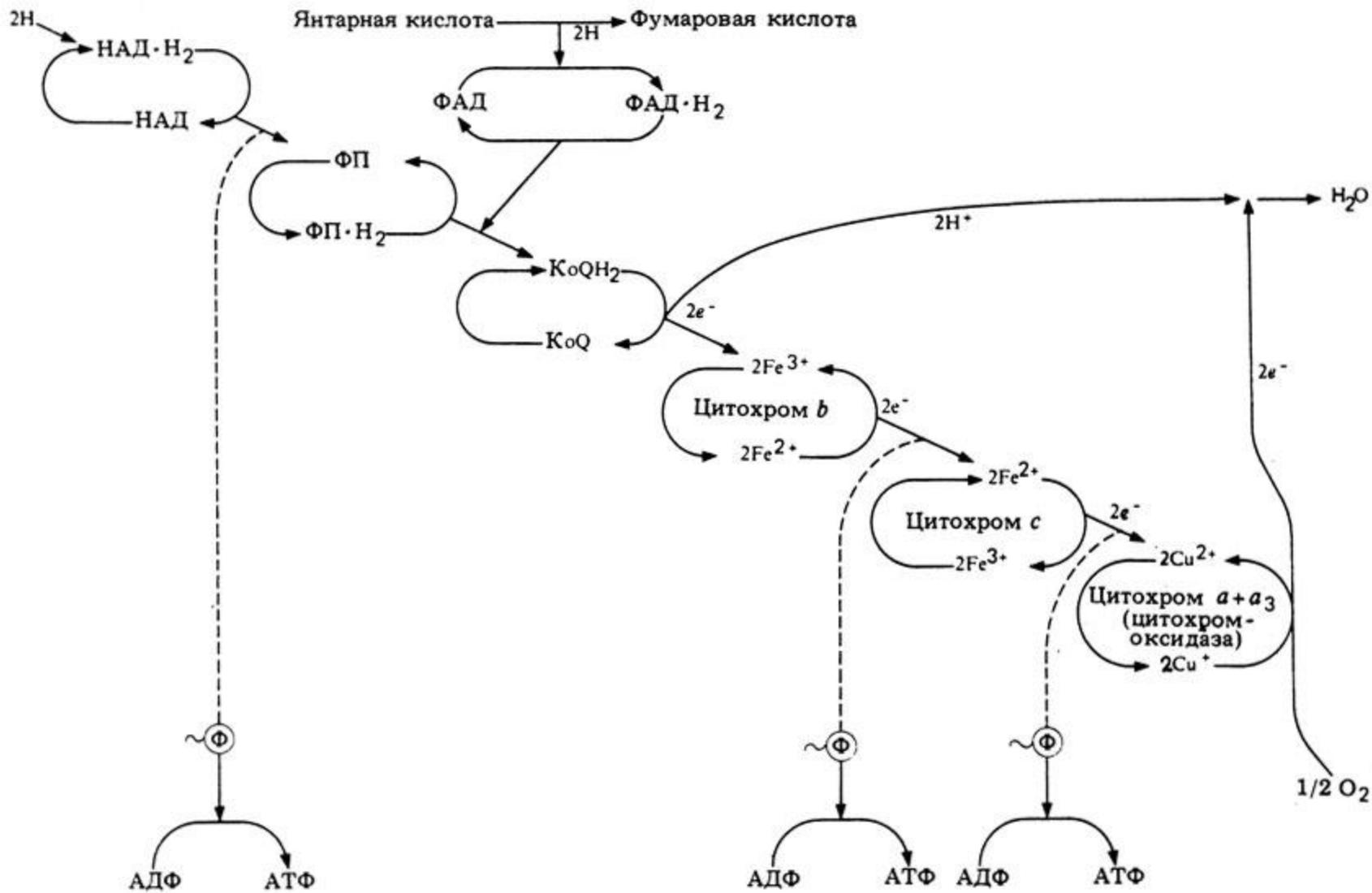
Ферменты дыхательной цепи и АТФ-синтетаза на кристах:



Межмембранное пространство





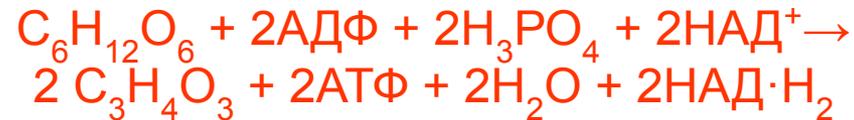


Кислородное окисление - дыхание

	I подготовительный этап	II бескислородный этап	III кислородный этап
Где происходит расщепление?	В органах пищеварения. В лизосоме в клетке.	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 + жирные кислоты. Углеводы → глюкоза.	Глюкоза → 2 молекулы молочной кислоты + 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 55% энергии запасается в виде АТФ.
Сколько синтезируется энергии в виде АТФ?	—	2 молекулы АТФ.	36 молекул АТФ.

Кислородное окисление - дыхание

Гликолиз:



При этом образуется 200 кДж энергии, 120 рассеивается в форме тепла, 80 кДж запасается в форме 2 моль АТФ

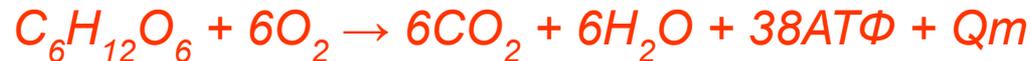
Суммарная реакция гликолиза и разрушения ПВК в митохондриях до водорода и углекислого газа выглядит следующим образом:



Ферменты дыхательной цепи и АТФ-синтетаза на кристах:



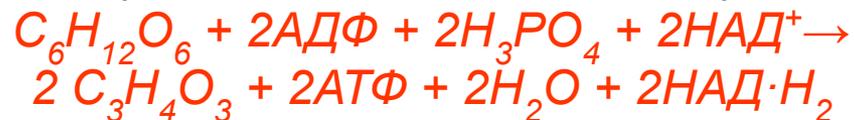
Суммарная реакция энергетического обмена выглядит так:



Если внутренняя мембрана повреждена, то окисление НАД·H₂ продолжается, но не работает АТФ-синтетаза и образования АТФ не происходит, вся энергия выделяется в форме тепла.

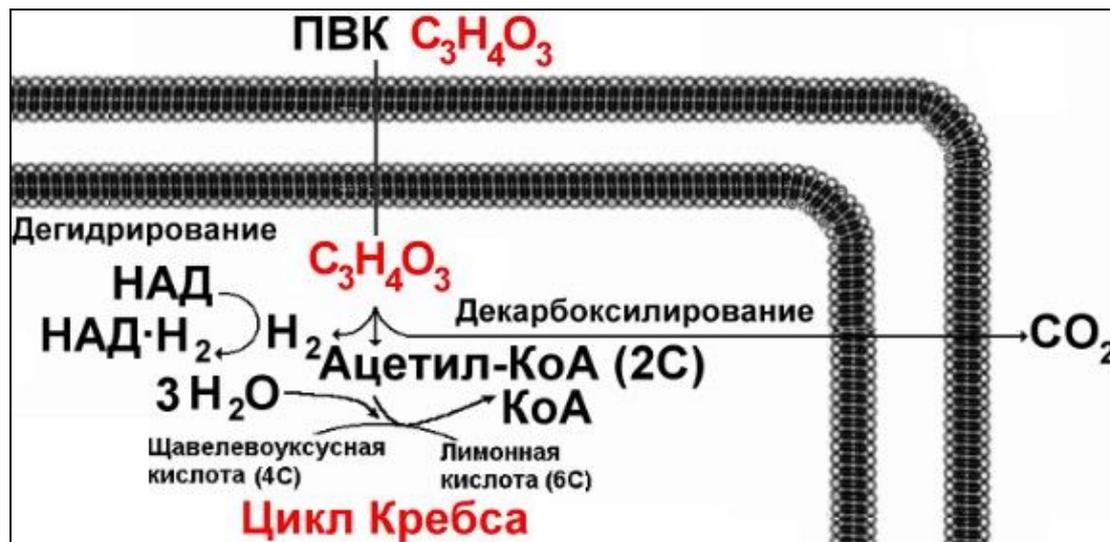
Подведем итоги:

Сколько моль ПВК образуется при гликолизе молекулы глюкозы?



Сколько при этом образуется энергии? Сколько запасается в форме АТФ?
200 кДж энергии, 120 рассеивается в форме тепла, 80 кДж запасается в форме 2 молекул АТФ.

Что происходит с ПВК сразу после ее поступления в митохондрию?
Дегидрирование, декарбоксилирование и образование ацетил-КоА.



Подведем итоги:

Где происходят реакции третьего этапа энергетического обмена, кислородного окисления?

В митохондриях.

Что образуется при разрушении 2 молекул молочной кислоты в митохондриях?



Какая часть энергии запасается в митохондриях в форме АТФ, какая часть – рассеивается в форме тепла?

55% - в форме АТФ, 45% - в форме тепла.

Сколько всего молекул АТФ образуется в реакциях энергетического обмена при полном разрушении молекулы глюкозы?

38 молекул, 2 – при гликолизе, 36 – в митохондриях.

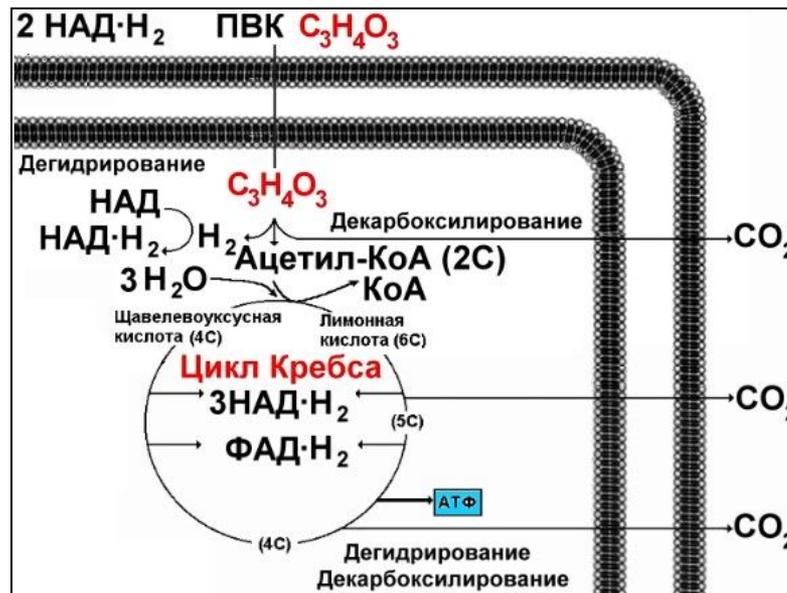
Какие вещества, кроме углеводов, могут использоваться в энергетическом обмене?

Липиды, белки, однако мономеры белков, т. е. аминокислоты, слишком нужны клетке для синтеза собственных белковых структур. Поэтому белки обычно представляют собой «неприкосновенный запас» клетки и редко расходуются для получения энергии .

Подведем итоги:

Что происходит в цикле Кребса?

Разрушение лимонной кислоты до щавелевоуксусной с образованием молекулы АТФ, 4 пары водорода захватываются переносчиками.

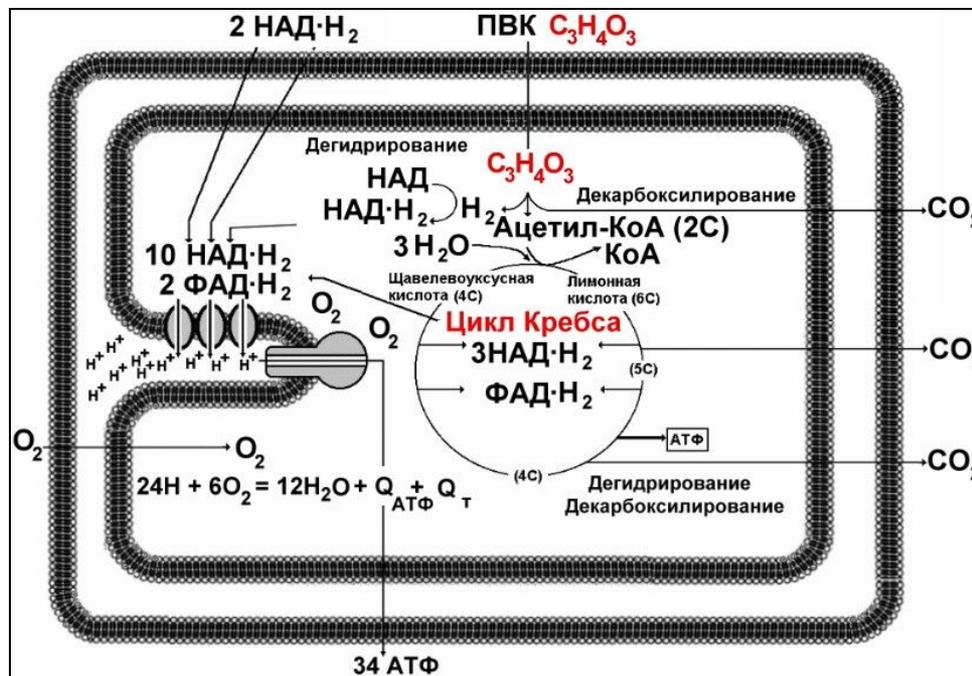


Как выглядит суммарная реакция гликолиза и разрушения ПВК в митохондриях до водорода и углекислого газа?



Подведем итоги:

Сколько АТФ образуется АТФ-синтетазой в расчете на 12 пар H^+ ?



Сколько всего АТФ образуется всего при полном окислении молекулы глюкозы:

