

## *Глава III.*

### Обеспечение клеток энергией

# Энергетический обмен в клетке - катаболизм

#### Задачи:

1. анаэробный этап окисления – гликолиз;
2. аэробный этап окисления.

В поисках капитана Гранта яхта «Дункан» совершает кругосветное путешествие.



# Несъедобная дичь

Герои романа Ж. Верна «Дети капитана Гранта» только собрались поужинать мясом подстреленной ими дикой ламы, как вдруг выяснилось, что оно совершенно несъедобно.

«Быть может, оно слишком долго лежало? – озадаченно спросил один из них.

«Нет, оно, к сожалению, слишком долго бежало!» - ответил учёный Жак Паганель.

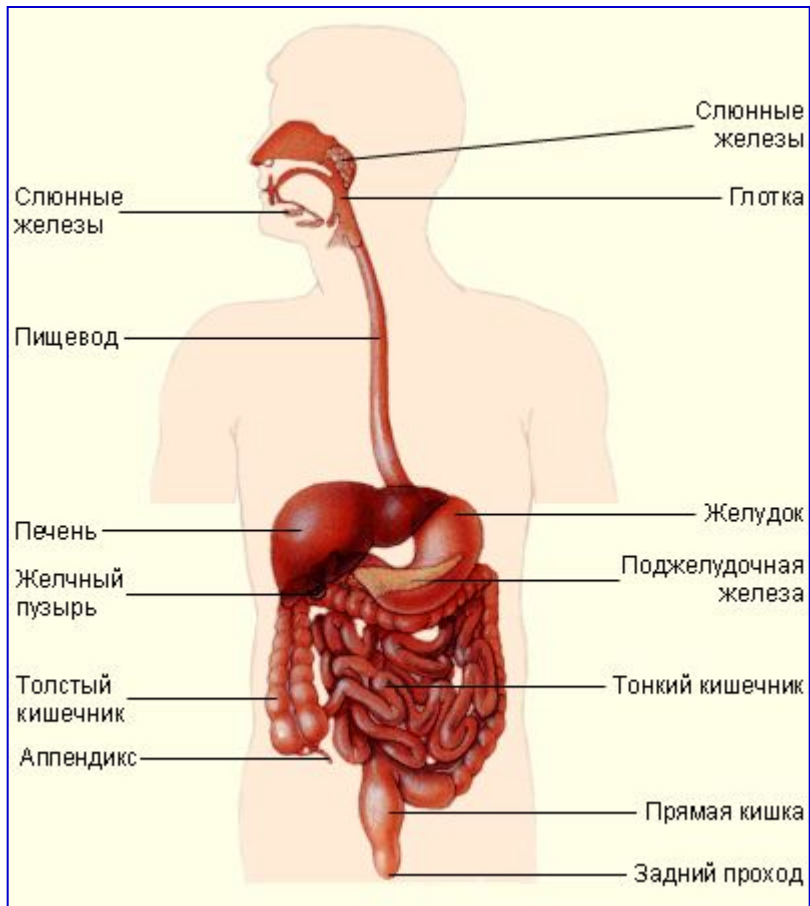
Попробуйте выдвинуть гипотезы, объясняющие почему мясо гуанако оказалось несъедобным?



# Этапы энергетического обмена:

- 1 Подготовительный
- 2 Бескислородный (анаэробный)
- 3 Кислородный (аэробный)

# Энергетический обмен в клетке



## 1. Подготовительный этап:

*Ферментативное расщепление сложных органических веществ до простых в органах пищеварительного тракта.*

Происходит в лизосомах.

Распад сложных органических молекул до мономеров:

**белки** до ....

**жиры** — до ....

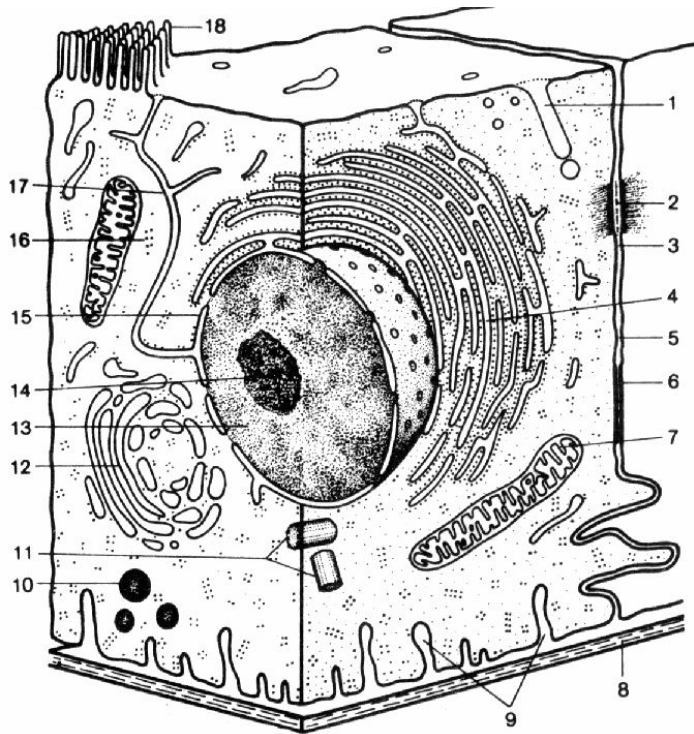
**углеводы** — до ....

**нуклеиновые кислоты** — ....

**Глюкоза – основной источник энергии для клеток.**

Вся энергия рассеивается в виде тепла.

# Энергетический обмен в клетке



## 2. Гликолиз, или бескислородное расщепление, анаэробное дыхание

Реакции протекают в цитоплазме клетки.

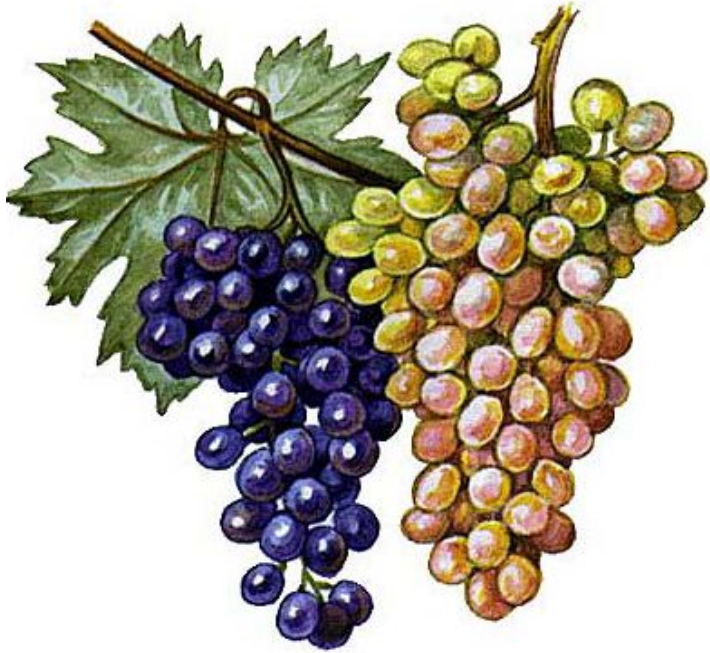
*Глюкоза* с помощью 10 ферментативных реакций превращается в **2 молекулы ПВК** — *пировиноградной кислоты*.

При этом образуется 200 кДж энергии: 120 рассеивается **в виде тепла**, 80 кДж запасается в форме 2 моль АТФ (КПД = 40%):





# Энергетический обмен в клетке

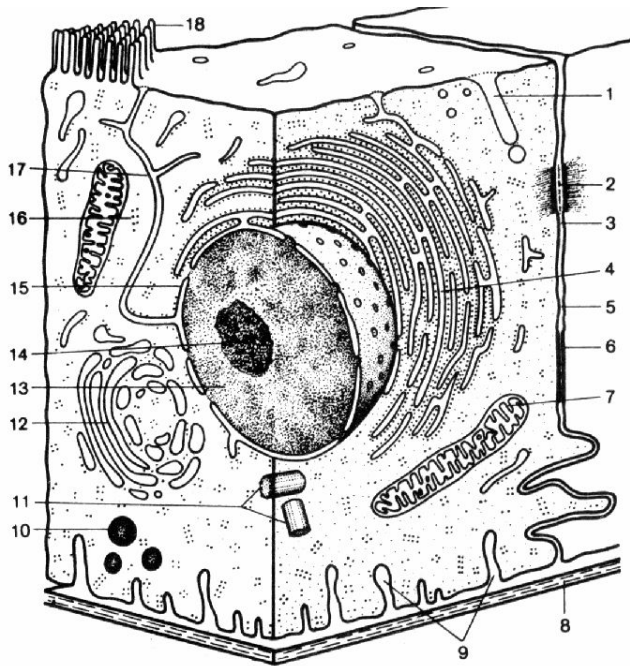


Дальнейшая судьба ПВК зависит от присутствия  $O_2$  в клетке.

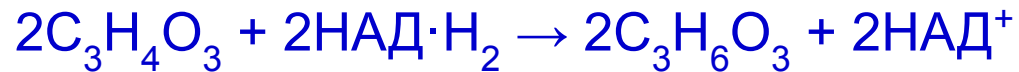
Если  $O_2$  нет, происходит *анаэробное брожение (дыхание)*, причем у дрожжей и растений происходит *спиртовое брожение*, при котором сначала происходит образование уксусного альдегида, а затем этилового спирта:



# Энергетический обмен в клетке



У животных и некоторых бактерий при недостатке  $O_2$  происходит *молочнокислое брожение* с образованием молочной кислоты:

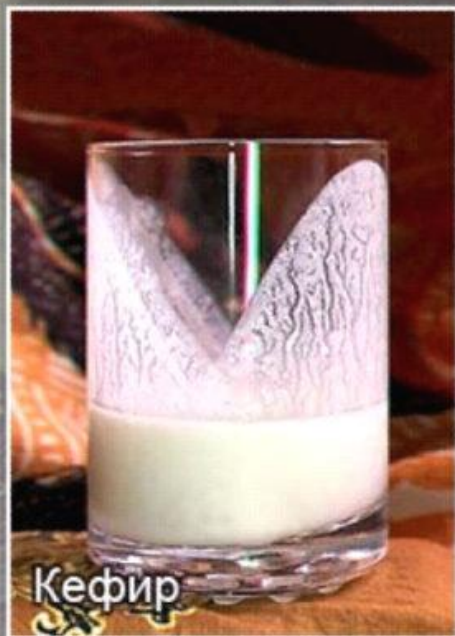


или



*Результат гликолиза: 2 ПВК, 2АТФ, 2НАДН<sub>2</sub>.*










Примеры пищевых продуктов - результатов брожения.

## Повторение. Какие ответы верны:


*\*\*1. На подготовительном этапе энергетического обмена происходит:*

1. Гидролиз белков до аминокислот. 
2. Гидролиз жиров до глицерина и карбоновых кислот. 
3. Гидролиз углеводов до моносахаридов. 
4. Гидролиз нуклеиновых кислот до нуклеотидов. 

*2. Обеспечивают гликолиз:*


1. Ферменты пищеварительного тракта и лизосом.
2. Ферменты цитоплазмы. 
3. Ферменты цикла Кребса.
4. Ферменты дыхательной цепи.

*3. В результате бескислородного окисления в клетках животных при недостатке  $O_2$  образуется:*

1. ПВК.
2. Молочная кислота. 
3. Этиловый спирт.
4. Ацетил-КоА.

## Повторение. Какие ответы верны:


4. В результате бескислородного окисления в клетках у растений при недостатке  $O_2$  образуется:

1. ПВК.
2. Молочная кислота.
3. Этиловый спирт. 
4. Ацетил-КоА.

5. При гликолизе моль глюкозы образуется всего энергии:



1. 200 кДж. 
2. 400 кДж.
3. 600 кДж.
4. 800 кДж.

6. Три моль глюкозы подверглось гликолизу в животных клетках при недостатке кислорода. При этом углекислого газа выделилось:


1. 3 моль.
2. 6 моль.
3. 12 моль.
4. Углекислый газ в животных клетках при гликолизе не выделяется. 

## Повторение. Какие ответы верны:

*\*\*7. Реакции подготовительного этапа происходят:*

1. В пищеварительном тракте. 
2. В митохондриях.
3. В цитоплазме.
4. В лизосомах. 

*8. Энергия, которая выделяется в реакциях подготовительного этапа:*

1. Рассеивается в форме тепла. 
2. Запасается в форме АТФ.
3. Большая часть рассеивается в форме тепла, меньшая — запасется в форме АТФ.
4. Меньшая часть рассеивается в форме тепла, большая — запасется в форме АТФ.

## *Повторение. Какие ответы верны:*

*9. Энергия, которая выделяется в реакциях гликолиза:*

1. Рассеивается в форме тепла.
2. Запасается в форме АТФ.
3. 120 кДж рассеивается в форме тепла, 80 кДж — запасается в форме АТФ.
4. 80 кДж рассеивается в форме тепла, 120 кДж — запасается в форме АТФ.





*Дайте краткие ответы на вопросы:*

1. Что такое ассимиляция (определение)?
2. Что такое диссимиляция (определение)?
3. Какие организмы называются автотрофами (определение)?
4. На какие группы делятся автотрофы?
5. Какие организмы называются гетеротрофами?
6. Какие три этапа энергетического обмена вам известны?
7. Продукты гидролиза белков, жиров, углеводов, нуклеиновых кислот на подготовительном этапе?
8. Что происходит с энергией, выделяющейся на подготовительном этапе энергообмена?
9. Где расположены ферменты бескислородного этапа энергообмена?
10. Какие продукты и сколько энергии образуется при гликолизе?

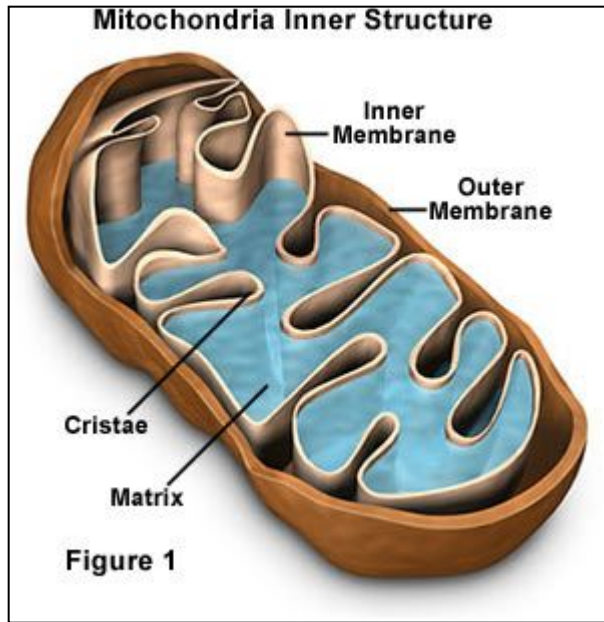
### 3. Кислородное расщепление – клеточное дыхание

	III кислородный этап
Где происходит расщепление?	В митохондриях.
Чем активизируется расщепление?	Ферментами митохондрий.
До каких веществ расщепляются соединения клетки?	Пировиноградная кислота до $\text{CO}_2$ и $\text{H}_2\text{O}$
Сколько выделяется энергии?	Более 55% энергии запасается в виде АТФ.
Сколько синтезируется энергии в виде АТФ?	36 молекул АТФ.

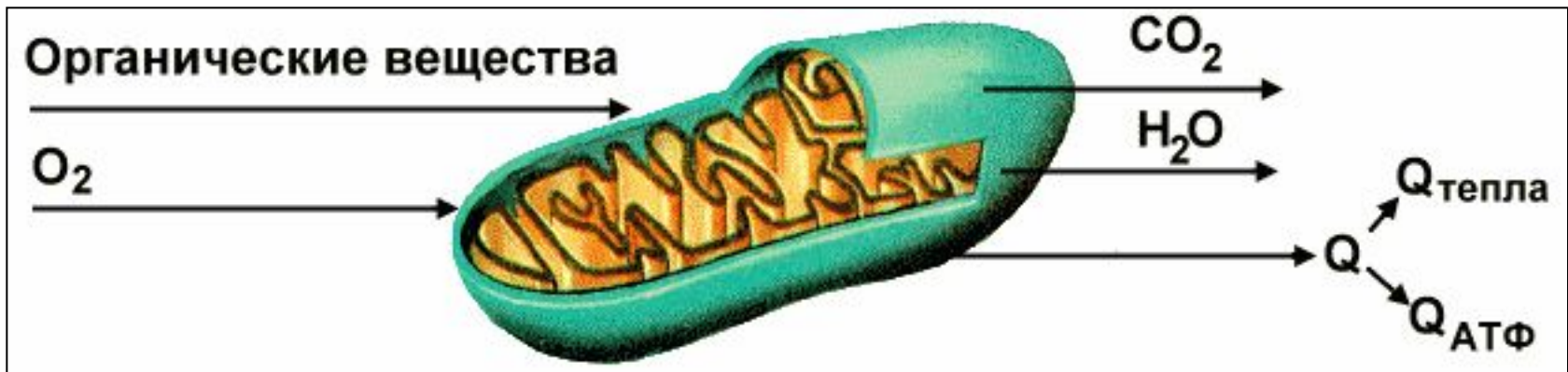
В результате ферментативного бескислородного расщепления глюкоза распадается не до конечных продуктов ( $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ), а до соединений, которые еще богаты энергией и, окисляясь далее, могут дать ее в больших количествах (молочная кислота, этиловый спирт).

Поэтому в аэробных организмах после гликолиза следует завершающий этап энергетического обмена — *полное кислородное расщепление, или клеточное дыхание*. В процессе третьего этапа органические вещества, образовавшиеся в ходе второго этапа при бескислородном расщеплении и содержащие большие запасы химической энергии, окисляются до конечных продуктов  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

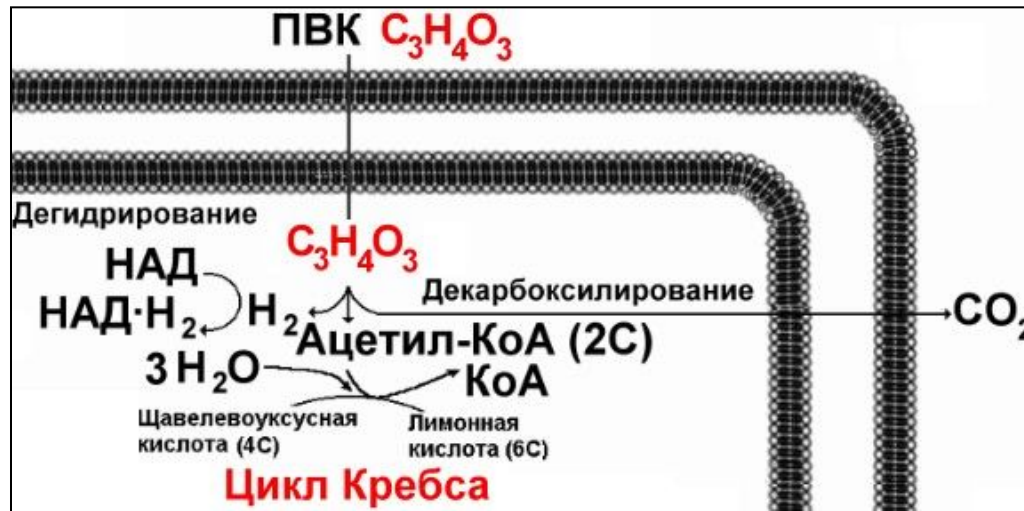
### 3. Кислородное расщепление – клеточное дыхание



Происходит в митохондриях.  
Как устроены митохондрии?  
Каковы функции митохондрий?

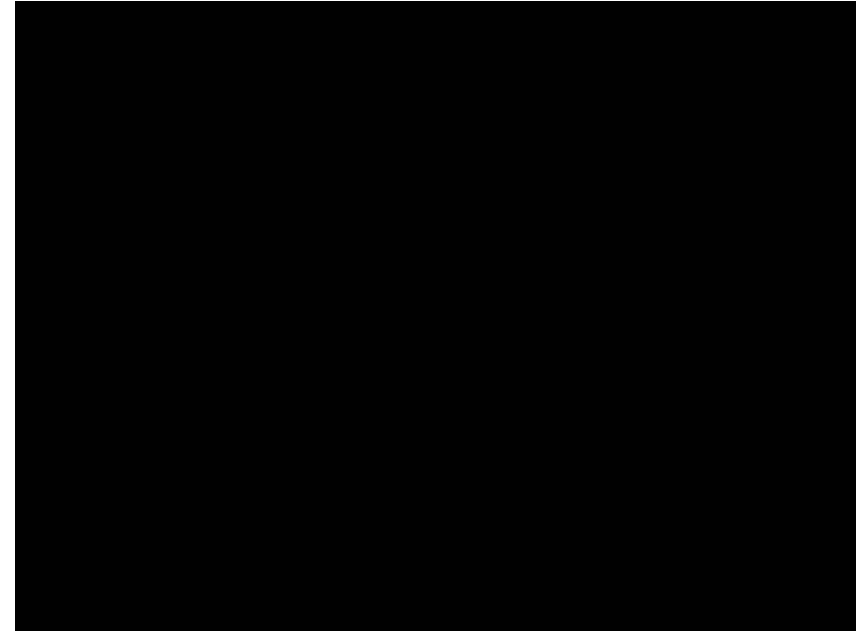
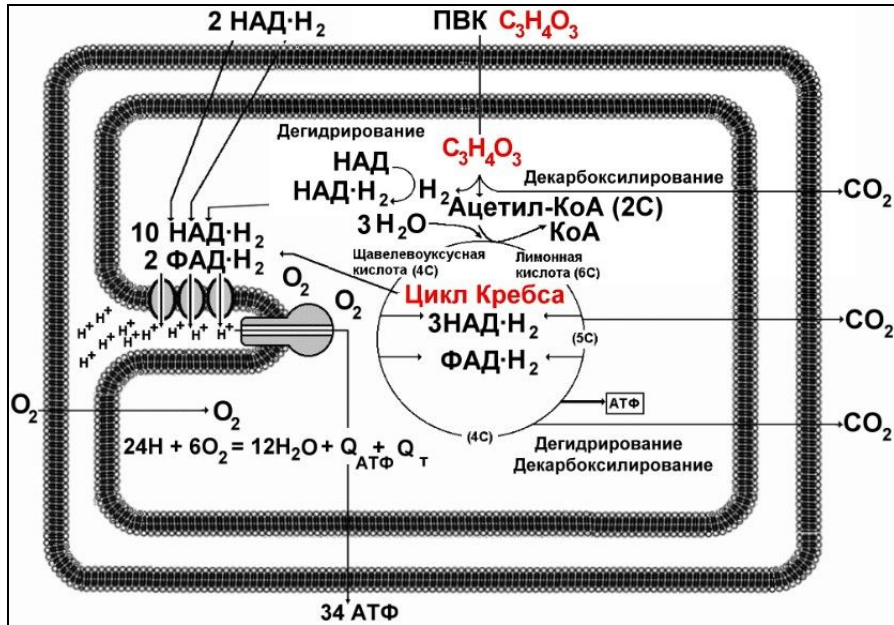


### 3. Кислородное расщепление – клеточное дыхание



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**.

### 3. Кислородное расщепление – клеточное дыхание



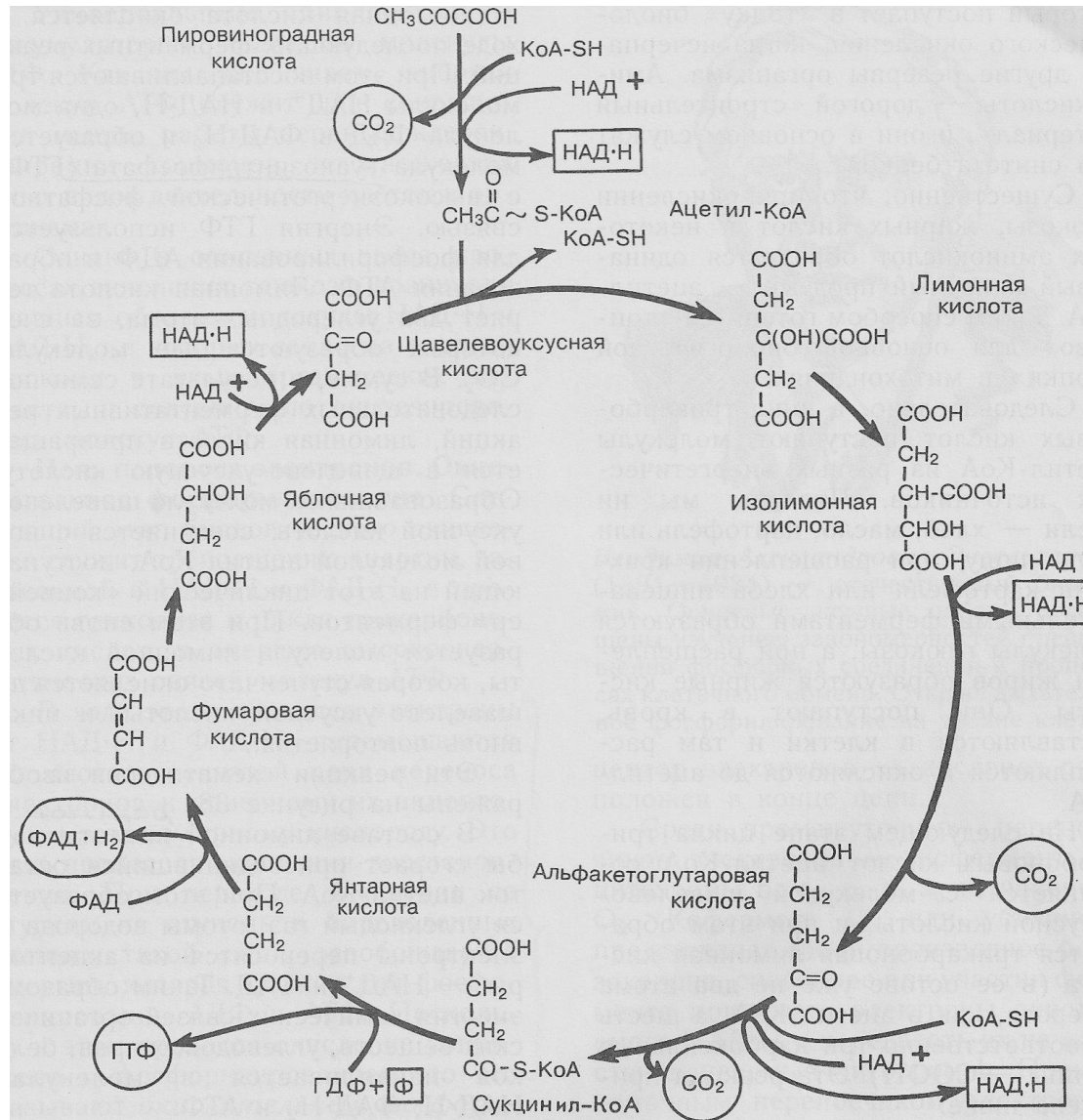
Ферменты дыхательной цепи и АТФ-синтетаза на кристах:

При разрушении 2 молекул молочной кислоты в митохондриях образуется:

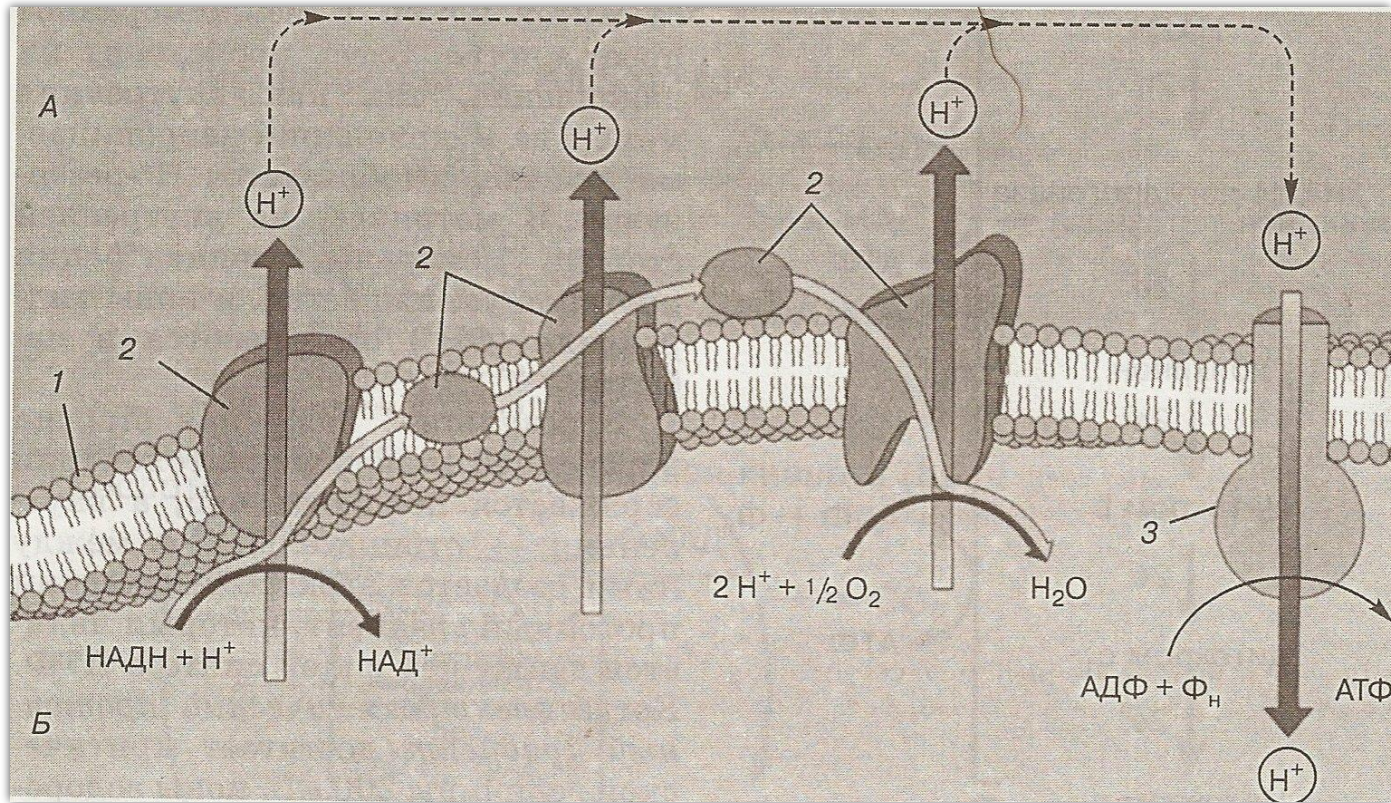




# Цикл трикарбоновых кислот (цикл лимонной кислоты), цикл Кребса:



# Синтез АТФ в митохондрии с использованием энергии $H^+$ резервуара:



2. Белки - переносчики электронов;
3. АТФ- синтетаза



## Подведем итоги:

1. Где происходят реакции третьего этапа энергетического обмена - кислородного расщепления?

*В митохондриях.*

2. Что образуется при разрушении 2 молекул молочной кислоты в митохондриях?



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

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

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

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

5. 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.*

	<b>I подготовительный этап</b>	<b>II бескислородный этап</b>	<b>III кислородный этап</b>
<b>Где происходит расщепление?</b>	В органах пищеварения. В лизосоме в клетке.	Внутри клетки.	В митохондриях.
<b>Чем активизируется расщепление?</b>	Ферментами пищеварительных соков.	Ферментами мембран клеток.	Ферментами митохондрий.
<b>До каких веществ расщепляются соединения клетки?</b>	Белки → аминокислоты. Жиры → глицерин + жирные кислоты. Углеводы → глюкоза.	Глюкоза → 2 молекулы молочной кислоты + энергия.	Пировиноградная кислота до $\text{CO}_2$ и $\text{H}_2\text{O}$
<b>Сколько выделяется энергии?</b>	Мало, рассеивается в виде тепла.	За счет 40% - синтезируется АТФ, 60% - рассеивается в виде тепла.	Более 55% энергии запасается в виде АТФ.
<b>Сколько синтезируется энергии в виде АТФ?</b>	—	2 молекулы АТФ.	36 молекул АТФ.

Этапы энергетического обмена веществ.

**Ответ:**

МОЛОЧНАЯ КИСЛОТА СДЕЛАЛА НЕВКУСНЫМ  
МЯСО ЖИВОТНОГО, ПОДСТРЕЛЕННОГО  
ГЕРОЯМИ ЖЮЛЬ ВЕРНА.