

# Энергетический обмен

**Задание. Заполните пропуски в тексте:**

Органические вещества образуются в растительных клетках из CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O в процессе фотосинтеза. **готовом**

Животные получают эти вещества в виде.

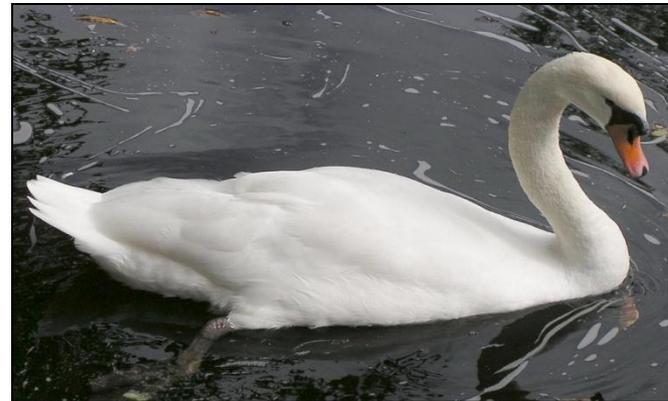
В клетках гетеротрофных организмов при окислении органических веществ их энергия переходит в энергию АТФ. При этом гетеротрофные организмы выделяют CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O.

# Типы питания организмов:

*автотрофное*



*гетеротрофное*



**Источник энергии  
на Земле**



**Солнце**

**Солнечная  
энергия**



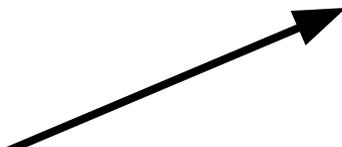
**Фотосинтез**



**Энергия**

**органических**

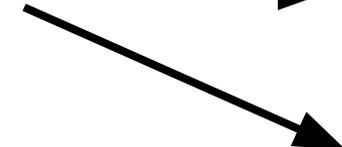
**веществ**



**Белки**

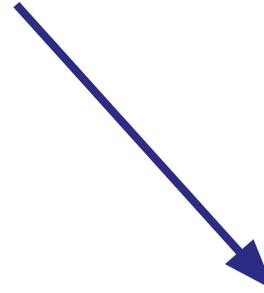
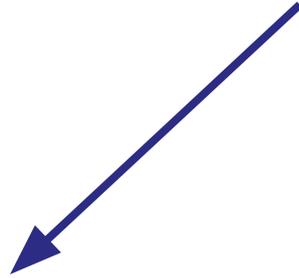


**Жиры**



**Углеводы**

# Метаболизм



**Анаболизм**

**Пластический  
обмен**

**Ассимиляция**

**Катаболизм**

**Энергетический  
обмен**

**Диссимиляция**

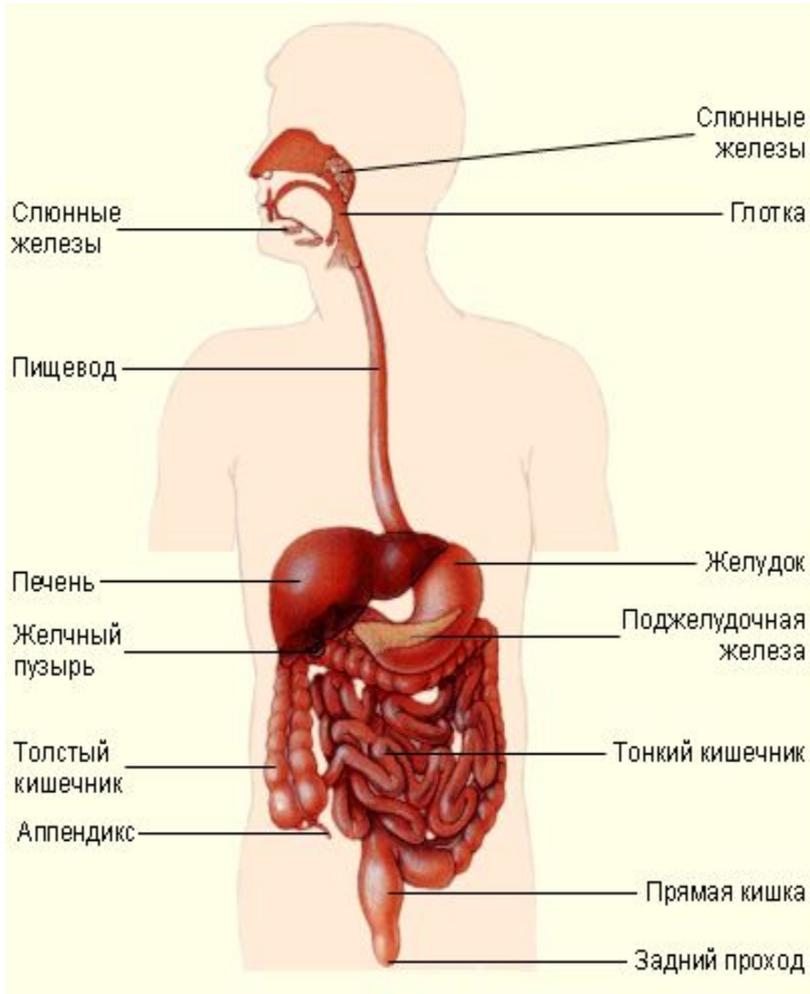
# Энергетический обмен

# Цели урока:

- 1. выяснить, почему при окислении органических веществ высвобождается энергия;
- 2. дать характеристику реакциям подготовительного обмена и гликолиза;
- 3. раскрыть сущность кислородного этапа диссимиляции, определить роль митохондрий в его осуществлении;
- 4. установить взаимосвязь между строением и функциями митохондрий.

# Этапы энергетического обмена:

1. Подготовительный
2. Бескислородный
3. Кислородное расщепление



Процесс энергетического обмена можно разделить на три этапа:

на первом этапе происходит пищеварение, то есть **сложные органические молекулы** расщепляются до мономеров;

на втором происходит **бескислородное окисление** этих мономеров, **субстратное фосфорилирование**;

последнем этапе происходит **окисление с участием кислорода в митохондриях.**

## *Подготовительный этап.*

Под действием ферментов  
пищеварительного тракта или  
ферментов лизосом

Сложные органические молекулы  
расщепляются:

**белки** до ....

**жиры** — до ....

**углеводы** — до ....

**нуклеиновые кислоты** — ....

Вся энергия при этом рассеивается в  
виде тепла.



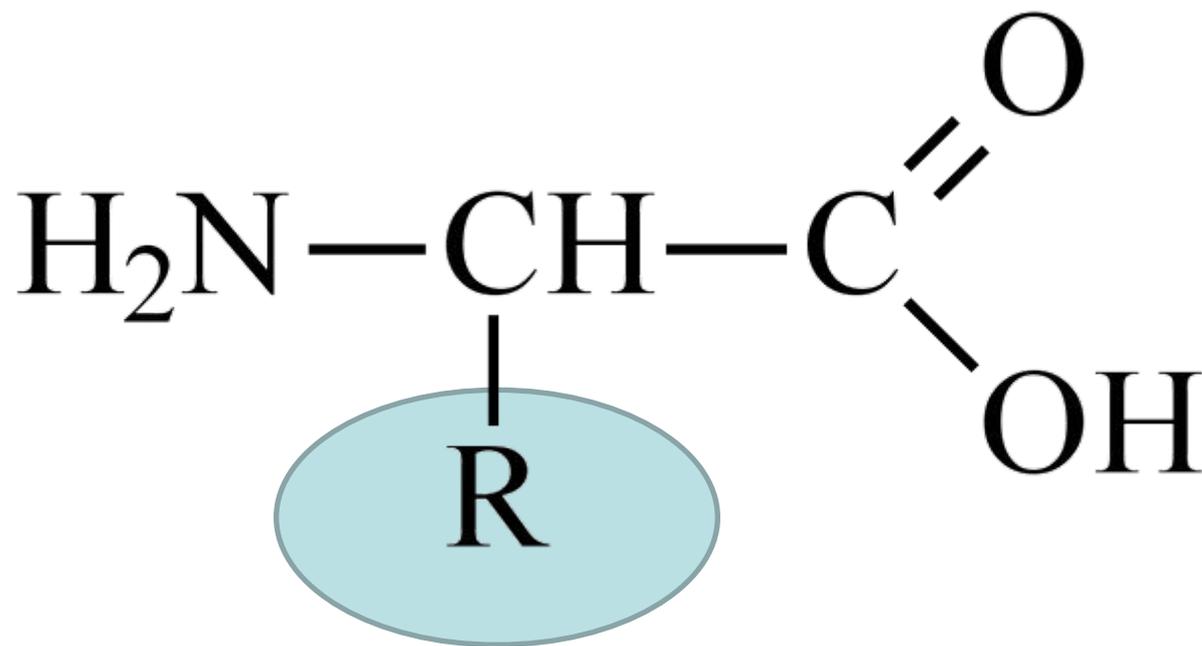
# Первый этап. Подготовительный этап:

Белки → аминокислоты

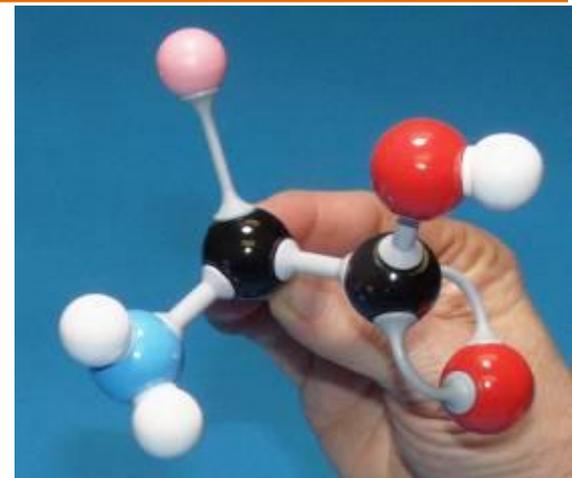
Липиды → глицерин + жирные кислоты

Углеводы → глюкоза

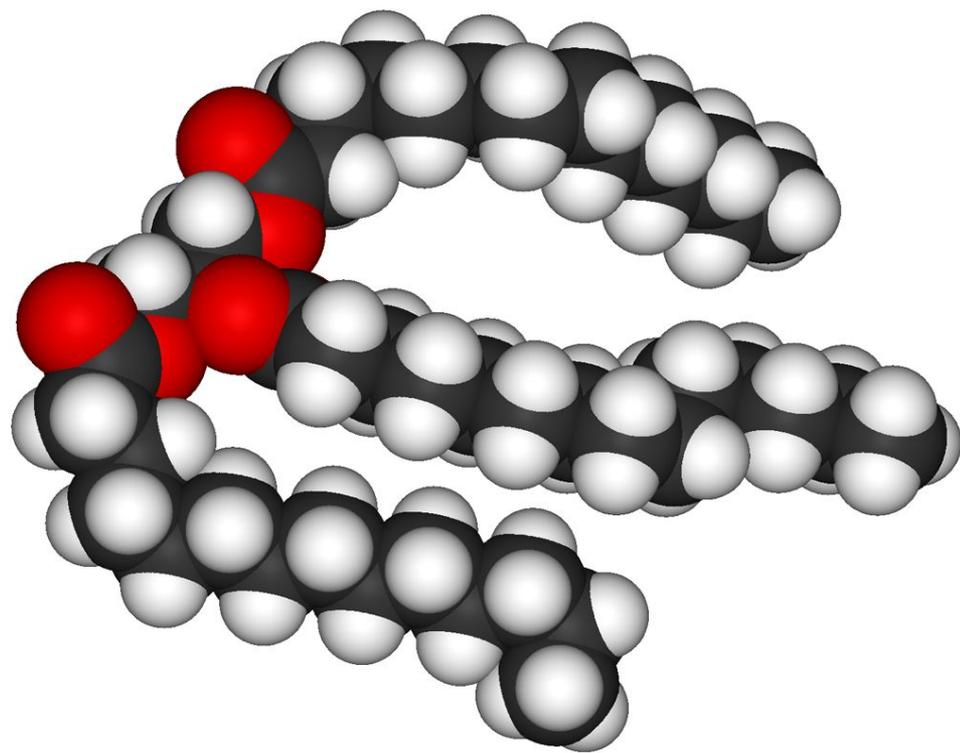
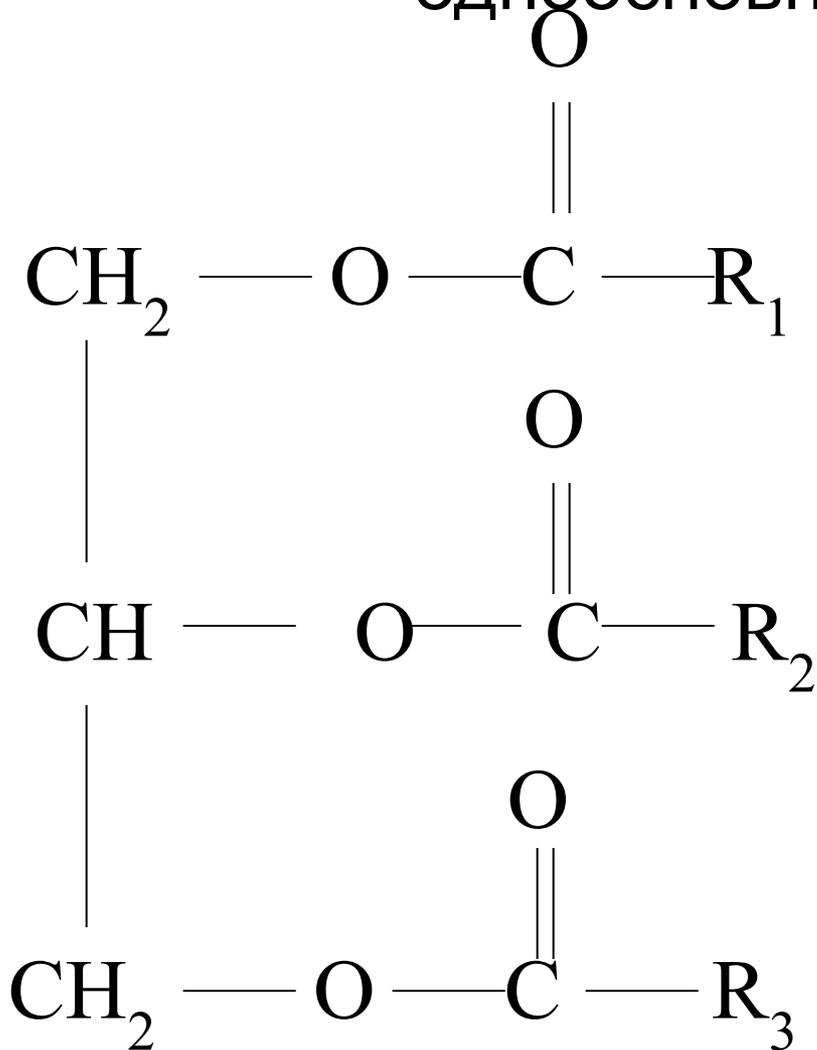
# Общая структурная формула аминокислот, входящая в состав белков



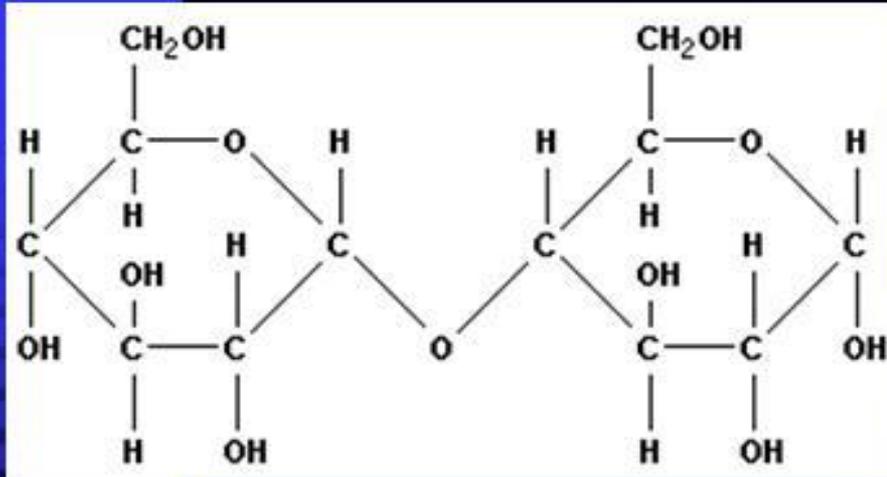
РАДИКАЛ



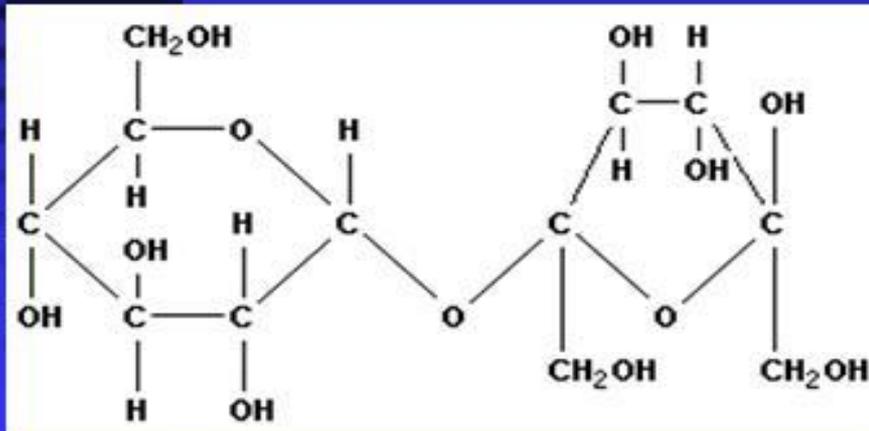
Структура жира- триглицерида,  
природного органического  
соединения, сложного эфира глицерина и  
одноосновных жирных кислот



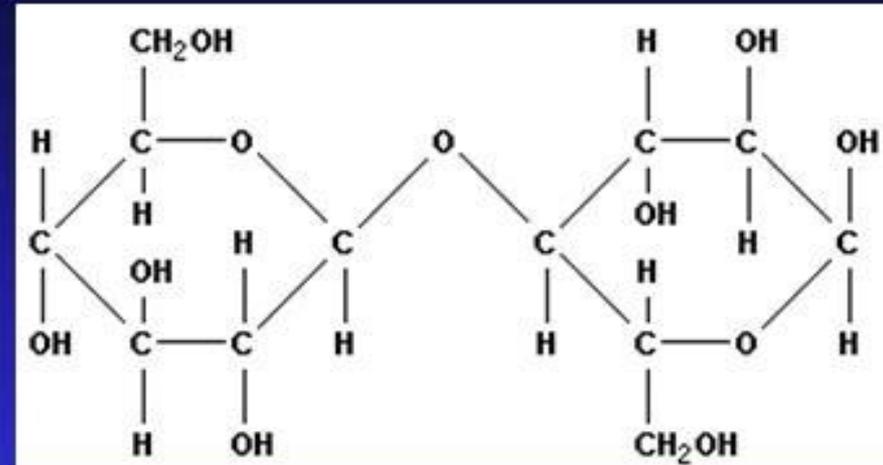
# Дисахариды



Лактоза

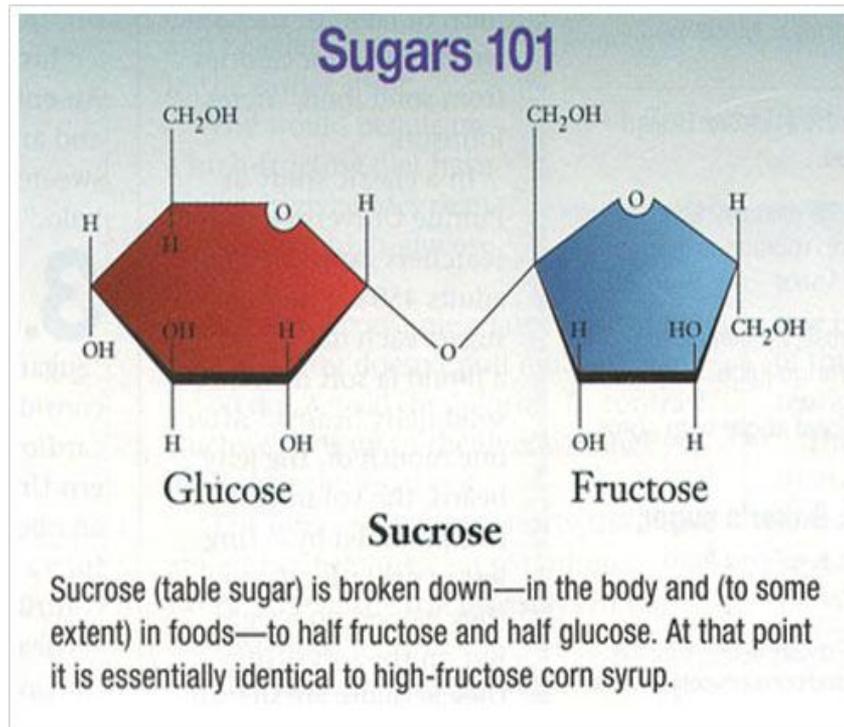


Мальтоза

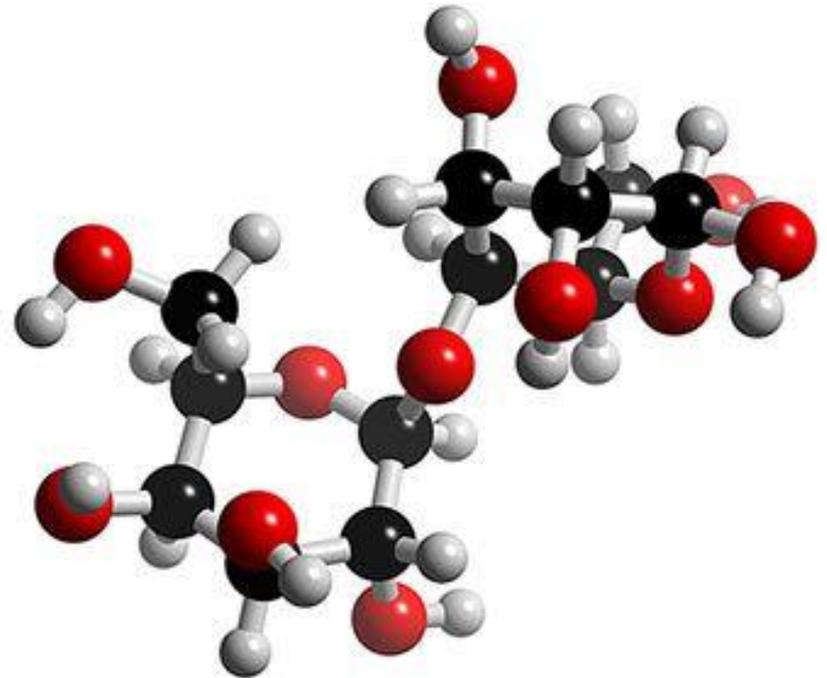


Сахароза

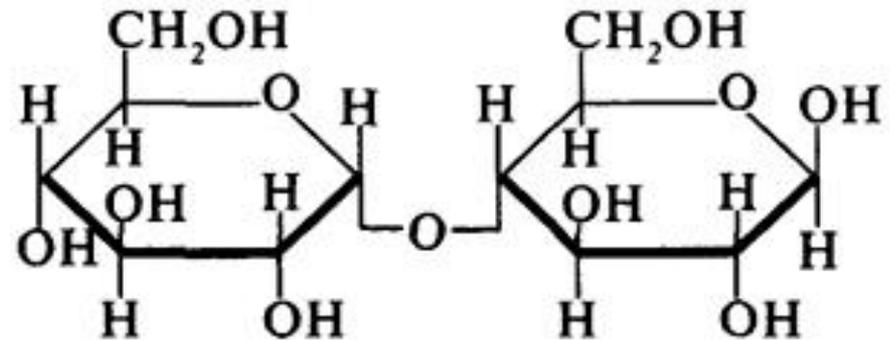
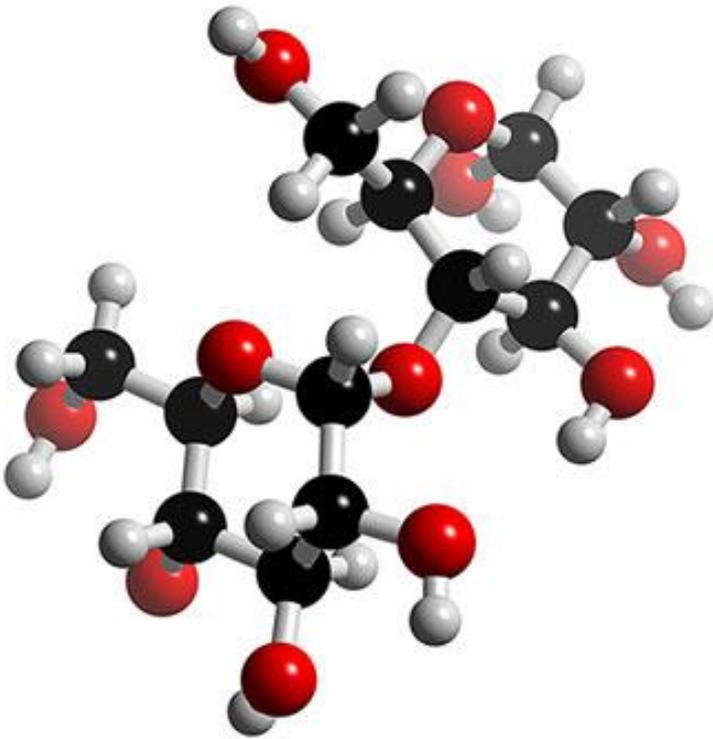
# Дисахарид – сахароза (свекловичный, тростниковый сахар) состоит из глюкозы и фруктозы



**Лактоза (молочный сахар)-дисахарид**  
**СОСТОИТ ИЗ ГЛЮКОЗЫ И ГАЛАКТОЗЫ**



# Дисарид мальтоза (солодовый сахар) СОСТОИТ ИЗ ДВУХ МОЛЕКУЛ ГЛЮКОЗЫ



остаток  
ГЛЮКОЗЫ

остаток  
ГЛЮКОЗЫ

# Взаимосвязь анаболизма и катаболизма:

## *Метаболизм*



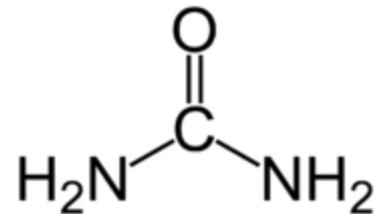
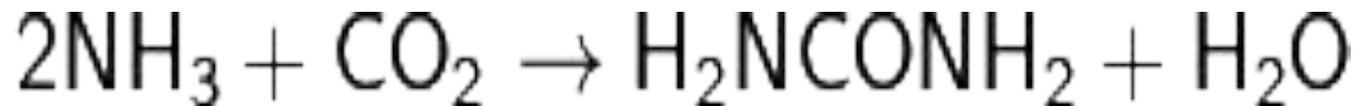
**Анаболизм**

**Катаболизм**

Белки ← аминокислоты → CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>

Липиды ← глицерин + жирные кислоты → CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O

Углеводы ← глюкоза → CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O

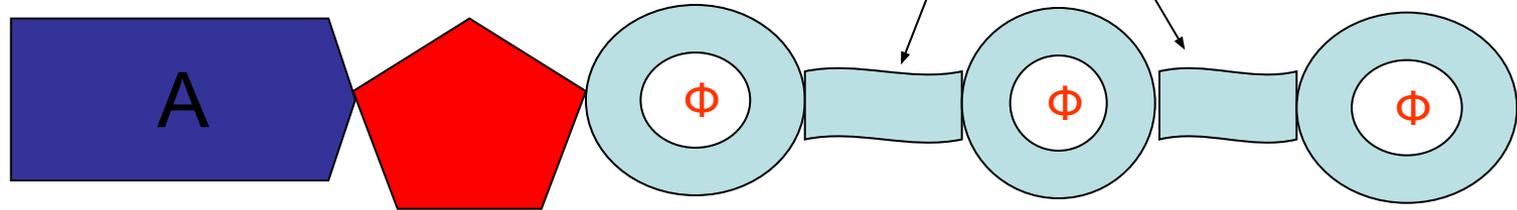


# АТФ:



# Синтез АТФ(запасание энергии)

- Макроэргические связи (богатые энергией)



Таким образом, при расщеплении одной молекулы АТФ выделяется 80 кДЖ и 2 молекулы  $\text{H}_3\text{PO}_4$

- $\text{АТФ} + \text{H}_2\text{O} = \text{АДФ} + \text{H}_3\text{PO}_4 + 40 \text{ кДЖ}$
- $\text{АДФ} + \text{H}_2\text{O} = \text{АМФ} + \text{H}_3\text{PO}_4 + 40 \text{ кДЖ}$
- $\text{АТФ} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{АМФ} + 2\text{H}_3\text{PO}_4 + 80 \text{ кДЖ}$
- Эти **реакции обратимы**, т.е. молекула АМФ восстанавливается до АДФ
- $\text{АМФ} + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{АДФ}$
- Молекула АДФ восстанавливается до АТФ
- $\text{АДФ} + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{АТФ}$



**Укажите пункт, в котором правильно  
записан процесс расщепления  
органических веществ в организме  
животного:**

А) белки → нуклеотиды → углекислый газ и вода

Б) жиры → глицерин + жирные кислоты → углекислый газ и вода

В) углеводы → моносахариды → дисахариды → углекислый газ и вода

Г) белки → аминокислоты → вода и аммиак.

# Этапы энергетического обмена:

1. Подготовительный
2. Бескислородный
3. Кислородное расщепление

# **Второй этап.**

## **Бескислородный этап.**

- **Гликолиз**
- **Неполное расщепление**
- **Анаэробное дыхание**
- **Брожение**

**Глюкоза**



**Глюкозо-6-фосфат**



**2 АТФ**

**10 реакций**



**Пировиноградная кислота (ПВК)**

**Гликолиз**- ферментативное, бескислородное  
окисление глюкозы (окислительное фосфорилирование)

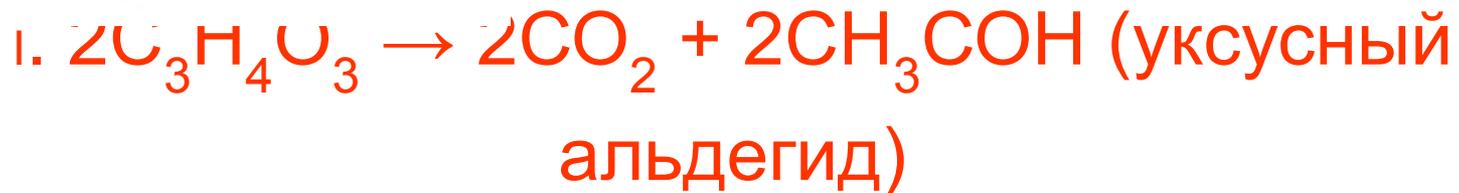


## Гликолиз, или бескислородное окисление, субстратное фосфорилирование.

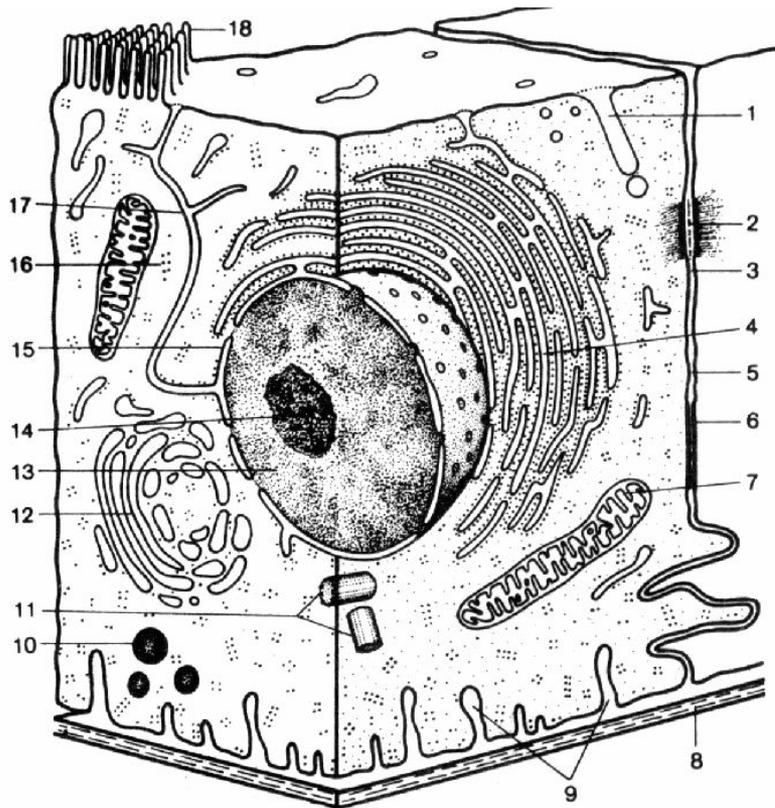


Дальнейшая судьба ПВК зависит от присутствия  $O_2$  в клетке.

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:



## Гликолиз, или бескислородное окисление, субстратное фосфорилирование.



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



# Использование человеком

- Получение многих пищевых и технических продуктов невозможно без участия различных бродильных бактерий (на рис. бифидобактерии)
- Поскольку свободный кислород, имеющийся на нашей планете, образовался в результате фотосинтеза, возникшего на более поздних этапах развития жизни на Земле, совершенно очевидно, что анаэробный способ извлечения энергии — брожение — более древний, чем процесс дыхания.



- Брожение известно людям с незапамятных времен. Тысячелетиями человек пользовался **спиртовым брожением** при изготовлении вина. Еще раньше было известно о **молочнокислом брожении**. Люди употребляли в пищу молочные продукты, готовили сыры. При этом они не подозревали, что эти процессы происходят с помощью микроорганизмов.
- Термин «брожение» был введен голландским **алхимиком Ван Хельмонтом** в XVII в. для процессов, идущих с выделением газов (fermentatio — кипение).
- Затем в XIX в. основоположник современной микробиологии **Луи Пастер** показал, что брожение является результатом жизнедеятельности микробов, и установил, что **различные брожения вызываются разными микроорганизмами**.
- Брожение производят главным образом дрожжи, а также некоторые бактерии и грибы. В различных странах для получения спирта используют различные микроорганизмы. Например, в Европе используют в основном **дрожжи** из рода *Saccharomyces*, в Южной Америке — **бактерии** *Pseudomonas lindneri*, в Азии — **мукоровые грибы**.

- **Спиртовое брожение** — это процесс окисления сахаров, в результате которого образуются этиловый спирт, углекислота и выделяется энергия. Дрожжи сбраживают только некоторые 6-углеродные сахара (глюкозу, фруктозу, маннозу).
- **Бактерии молочнокислого брожения**. При молочнокислом брожении конечным продуктом является молочная кислота.
- С этим брожением люди знакомы издавна. Скваживание молока, приготовление простокваши, кефира, квашение овощей — результаты молочнокислого сбраживания сахара молока или углеводов растений. Этот вид брожения осуществляется с помощью **молочнокислых бактерий**, которые подразделяются на две большие группы (в зависимости от характера брожения):  
**гомоферментативные**, образующие из сахара только молочную кислоту,  
**гетероферментативные**, образующие, кроме молочной кислоты, спирт, уксусную кислоту, углекислый газ.

- Гомоферментативное молочнокислое брожение вызывают бактерии рода *Lactobacillus* и стрептококки. Они могут сбраживать различные сахара с **6-ю (гексозы) или 5-ю (пентозы)** углеродными атомами, **некоторые кислоты**.
- У молочнокислых бактерий нет ферментативного аппарата для использования кислорода воздуха. Кислород для них или безразличен, или угнетает развитие.
- Молочнокислое брожение широко используется при выработке **молочных продуктов**: простокваши, ацидофилина, творога, сметаны. При производстве кефира, кумыса наряду с молочнокислым брожением, вызываемым бактериями, имеет место и спиртовое брожение, вызываемое дрожжами. Молочнокислое брожение происходит на первом этапе изготовления сыра, затем молочнокислые бактерии сменяются пропионово кислыми. Молочнокислые бактерии нашли широкое применение при консервировании плодов и овощей, в силосовании кормов. Чистое молочнокислое брожение применяется для получения молочной кислоты в промышленных масштабах.

- Молочная кислота находит широкое применение в производстве кож, красильном деле, при выработке стиральных порошков, изготовлении пластмасс, в фармацевтической промышленности и во многих других отраслях. Молочная кислота также нужна в кондитерской промышленности и для приготовления безалкогольных напитков.
- **Бактерии маслянокислого брожения.** Превращение углеводов с образованием масляной кислоты было известно давно. Природа маслянокислого брожения как результат жизнедеятельности микроорганизмов была установлена Луи Пастером в 60-х годах прошлого века.
- Возбудителями брожения являются маслянокислые бактерии, получающие энергию для жизнедеятельности путем сбраживания углеводов. Они могут сбраживать разнообразные вещества — углеводы, спирты и кислоты, способны разлагать и сбраживать даже высокомолекулярные углеводы — крахмал, гликоген, декстрины.

- Наряду с **масляной кислотой, углекислым газом и водородом образуются этиловый спирт, молочная и уксусная кислоты**. Некоторые маслянокислые бактерии, кроме того, образуют **ацетон, бутанол и изопропиловый спирт**.
- Маслянокислое брожение происходит в природных условиях в гигантских масштабах: на дне болот, в заболоченных почвах, илах и всех тех местах, куда ограничен доступ кислорода. Благодаря деятельности маслянокислых бактерий разлагаются огромные количества органического вещества.
- **Бактерии гнилостные** санитарная роль-минерализация органических остатков. Вызывают порчу продуктов.
- Меры предосторожности- понижение температуры, сушка продуктов, маринование, соление, сахаризация, пастеризация, стерилизация.

# Энергия

```
graph TD; A[Энергия] --> B[60%]; A --> C[40%]; B --> D[выделяется в виде тепла]; C --> E[идет на синтез АТФ]
```

**60%**

**выделяется в  
виде тепла**

**40%**

**идет на синтез  
АТФ**

# На втором этапе своего расщепления глюкоза:

- А) окисляется до углекислого газа и воды
- Б) не изменяется
- В) подвергается брожению
- Г) расщепляется до двух трёхуглеродных молекул.

**Сколько молекул глюкозы необходимо расщепить без участия кислорода, чтобы получить 18 молекул АТФ:**

**А) 18**

**Б) 36**

**В) 9**

**Г) 27**

Биологическое окисление в клетках происходит

*с участием  $O_2$ :*



без участия  $O_2$ , *за счет дегидрирования*



окисляется за счет вещества В;

*За счет переноса электронов* от одного вещества к другому:

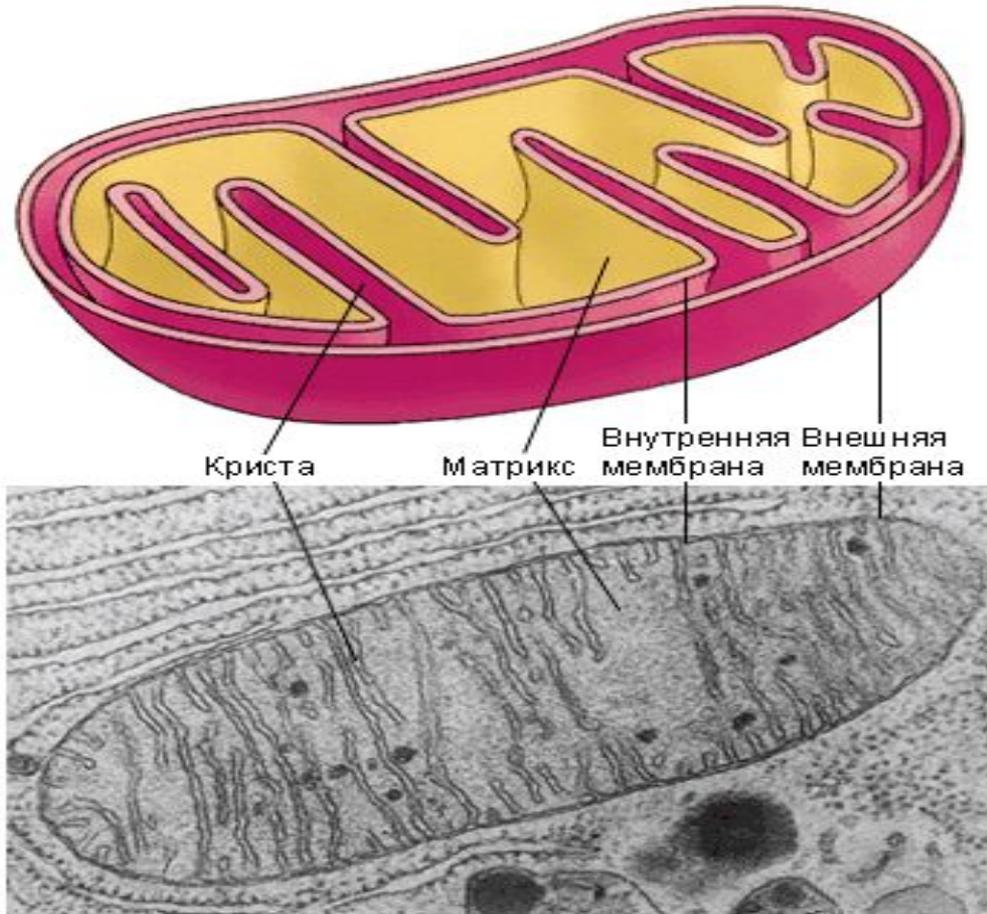


# Этапы энергетического обмена:

1. Подготовительный
2. Бескислородный
3. Кислородное расщепление

# Третий этап.

## Кислородное расщепление:



# Условия:

- Участие ферментов
- Участие молекул-переносчиков
- Наличие кислорода
- Целостность митохондриальных мембран

# **Стадии аэробного дыхания:**

- 1) Окислительное  
декарбоксилирование**
- 2) Цикл Кребса**
- 3) Электронтранспортная цепь**

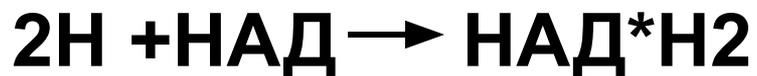
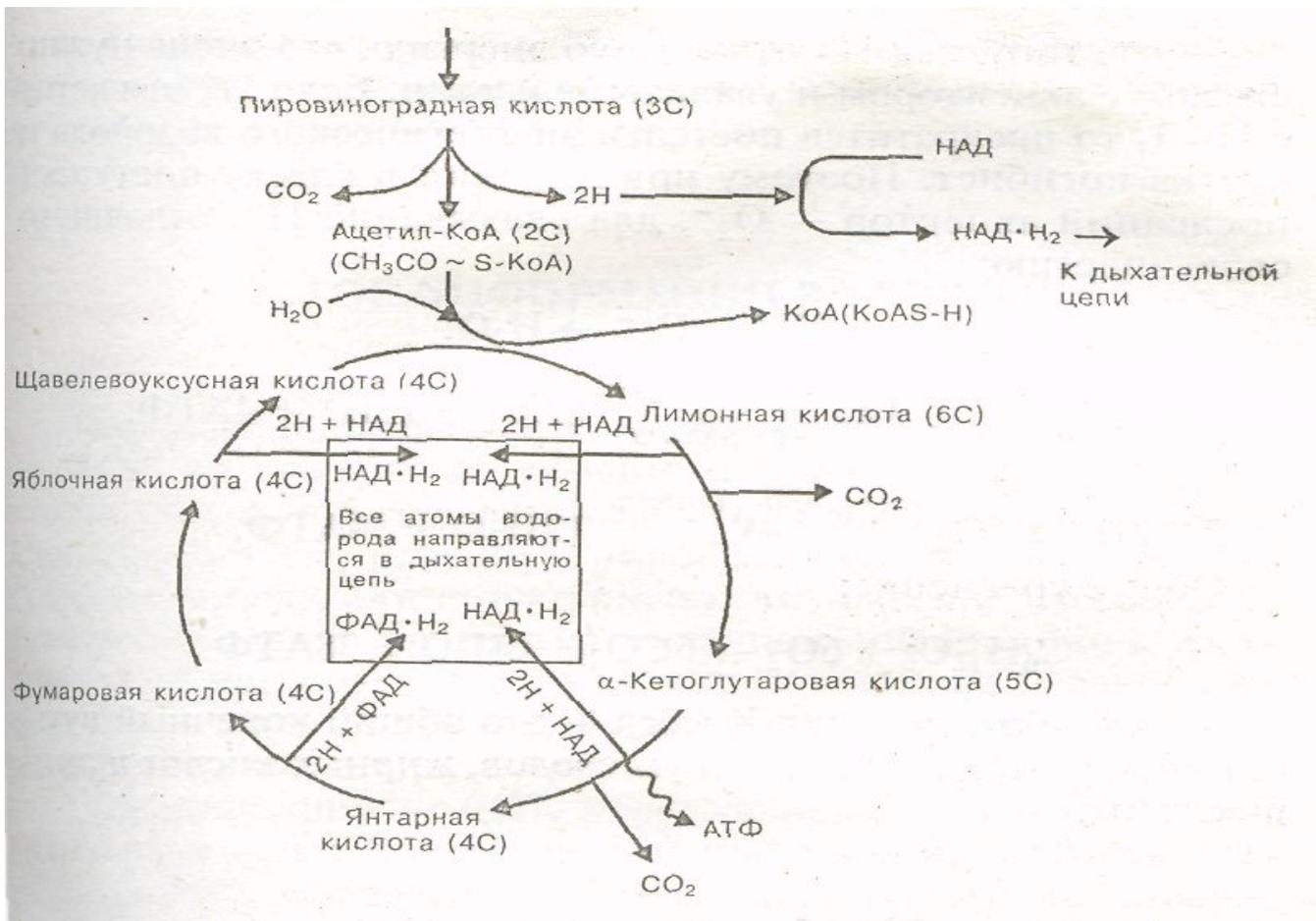




**Ханс Кребс**  
**1953г.**

***Цикл Кребса*** –  
циклический ферментативный  
процесс полного окисления  
активированной уксусной  
кислоты до углекислого газа и  
воды. Протекает в матриксе  
митохондрий в аэробных  
условиях.

# Цикл Кребса:





**ЩУК 4С**

**Яблочная  
кислота 4С**

**2 Н**

**Лимонная  
кислота 6С**

**2 Н**

**CO<sub>2</sub>**

**Фумаровая  
кислота 4С**

**2 Н**

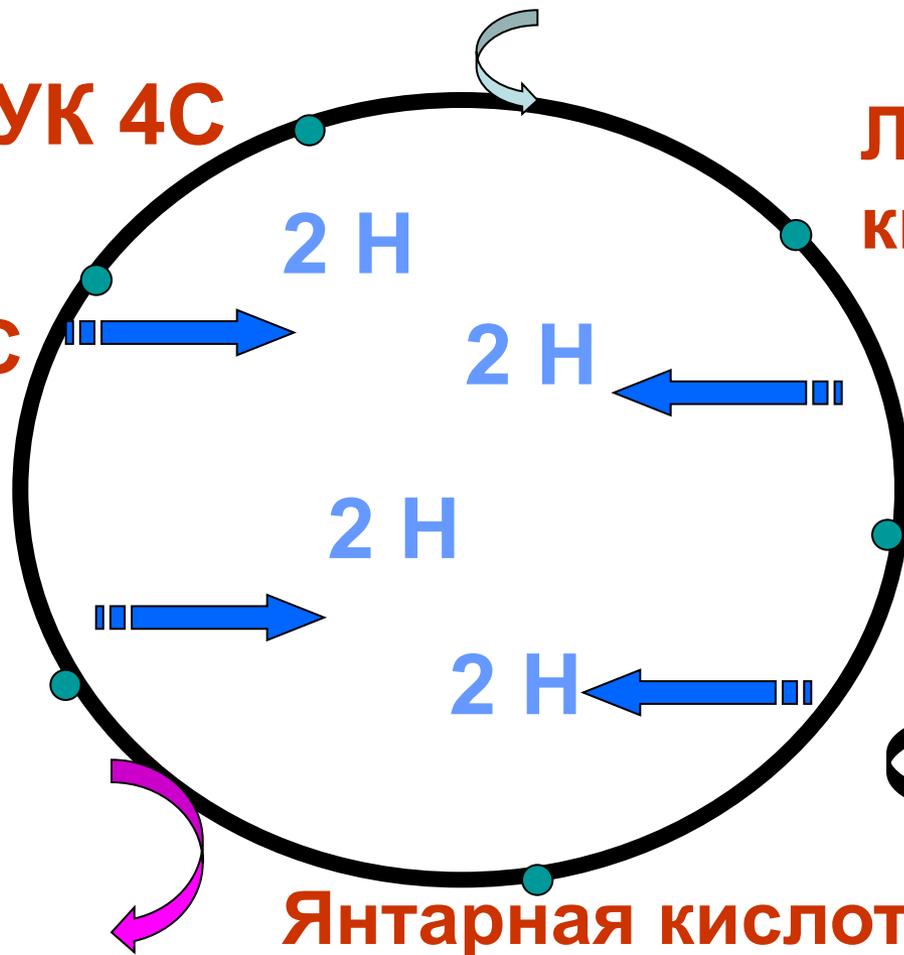
**Глутаровая  
кислота 5С**

**2 Н**

**CO<sub>2</sub>**

**АТФ**

**Янтарная кислота 4С**



# Результаты Цикла Кребса

*Образование:*

3 НАД\*Н<sub>2</sub>- богатые энергией молекулы

1 ФАД\*Н<sub>2</sub>- богатые энергией молекулы

2 СО<sub>2</sub>

1 АТФ

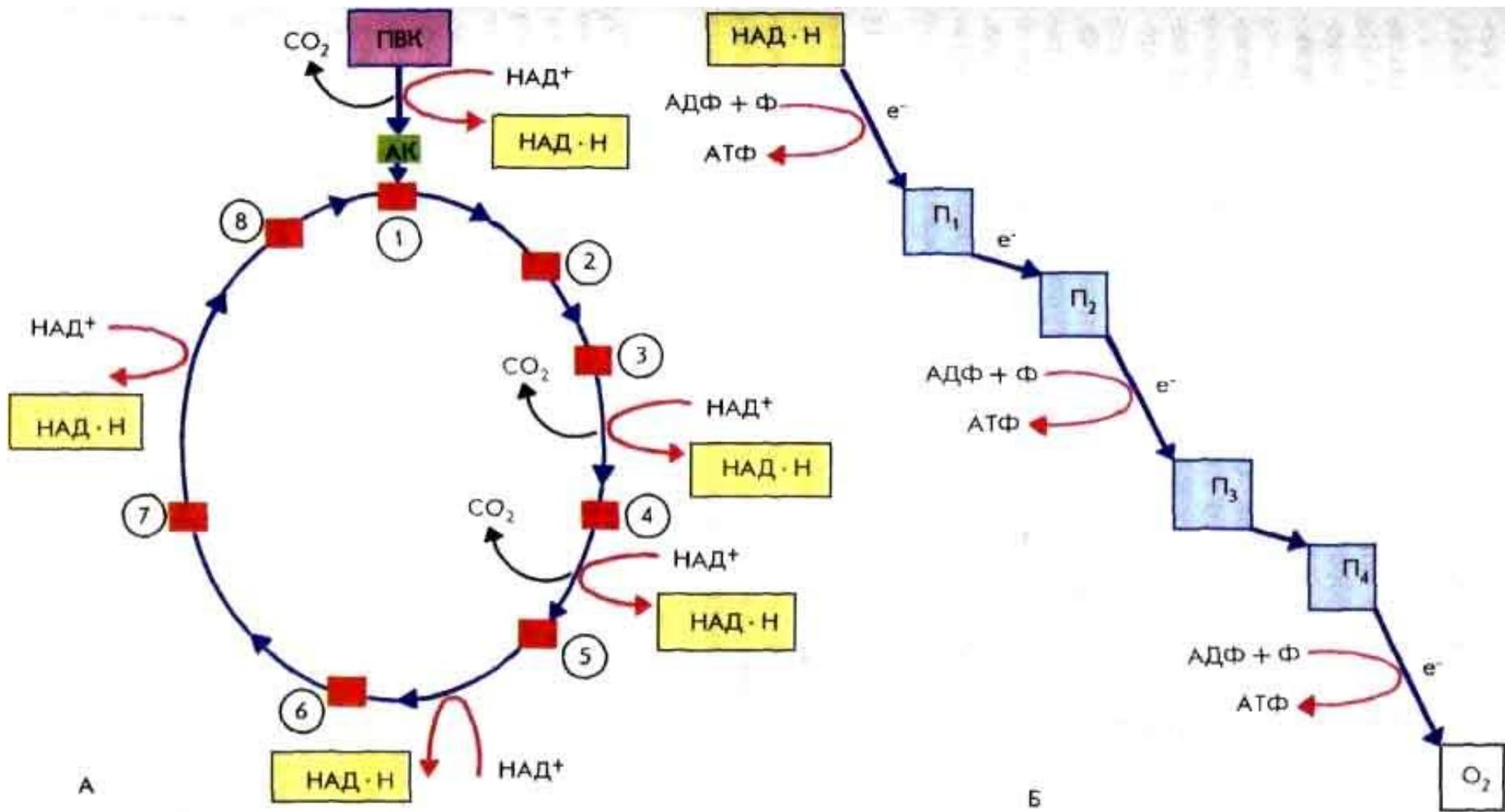
**Электронтранспортная цепь**



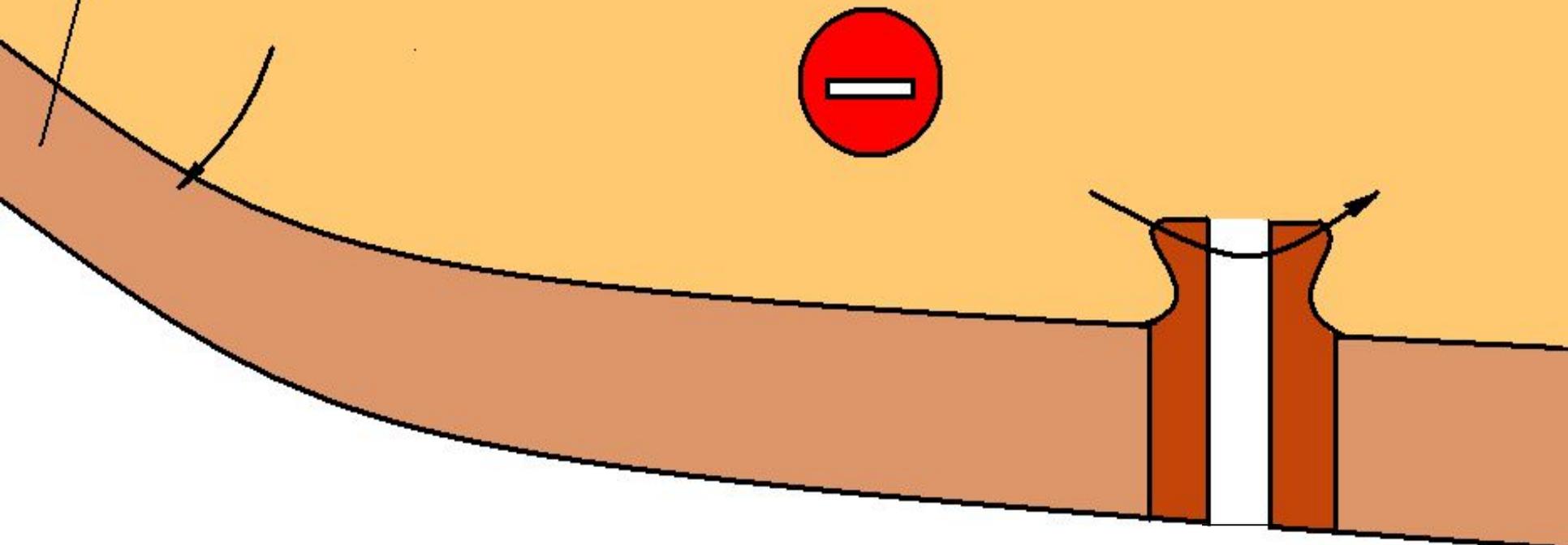
**В митохондриях**

# Цикл Кребса

## Электронтранспортная цепь



Внутренняя мембрана



Окружающая среда



АТФ-синтетаза



Внутренняя мембрана

$НАД^*H_2$

$НАД^*H_2 = НАД + 2H$

$CO_2$

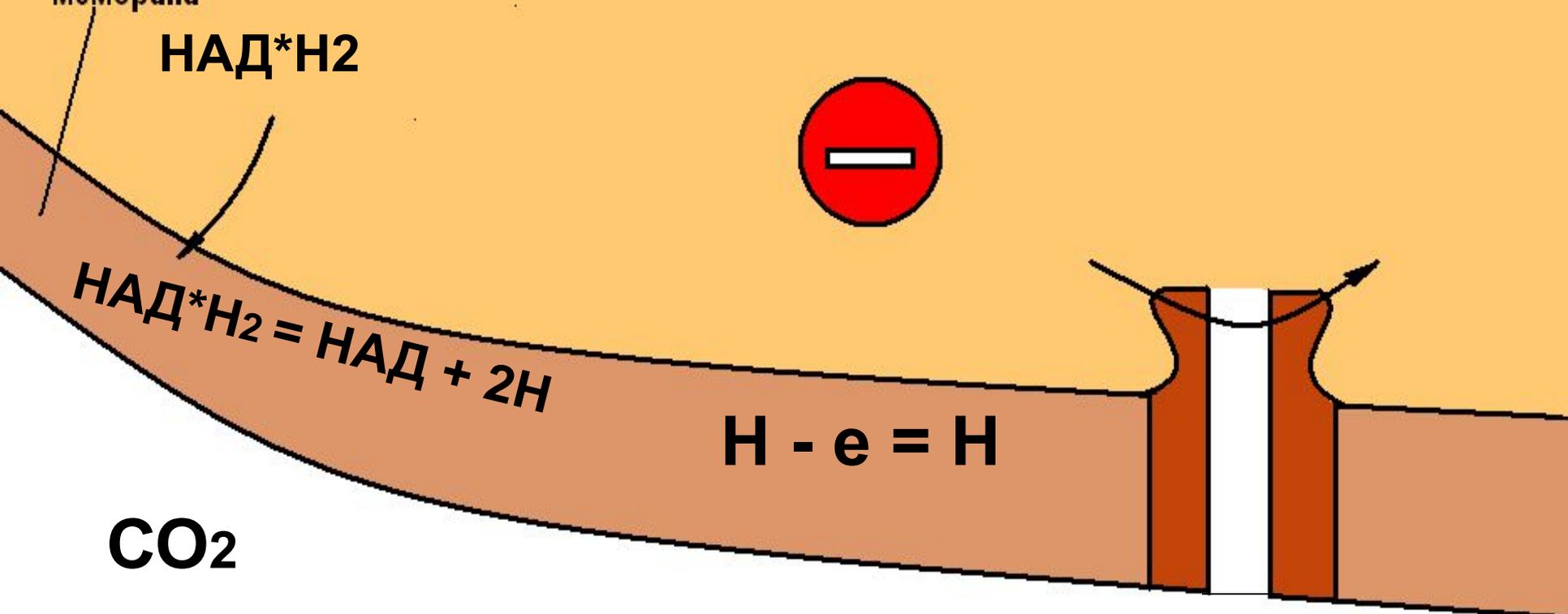
Окружающая среда

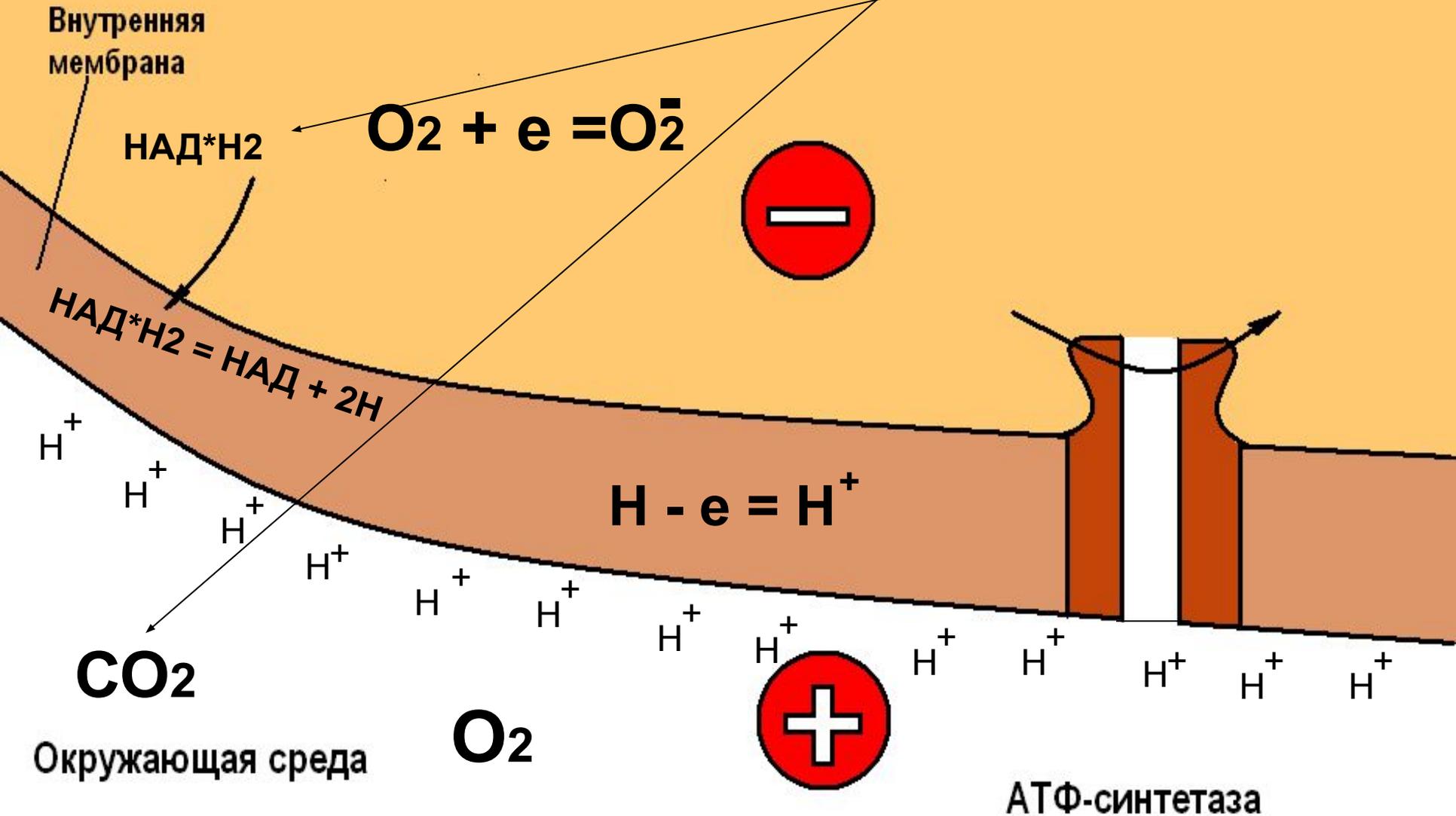


$H - e = H$



АТФ-синтетаза



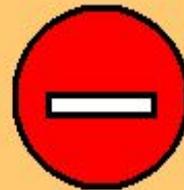




200 мВ

Внутренняя мембрана

НАД\*Н2



H<sup>+</sup>



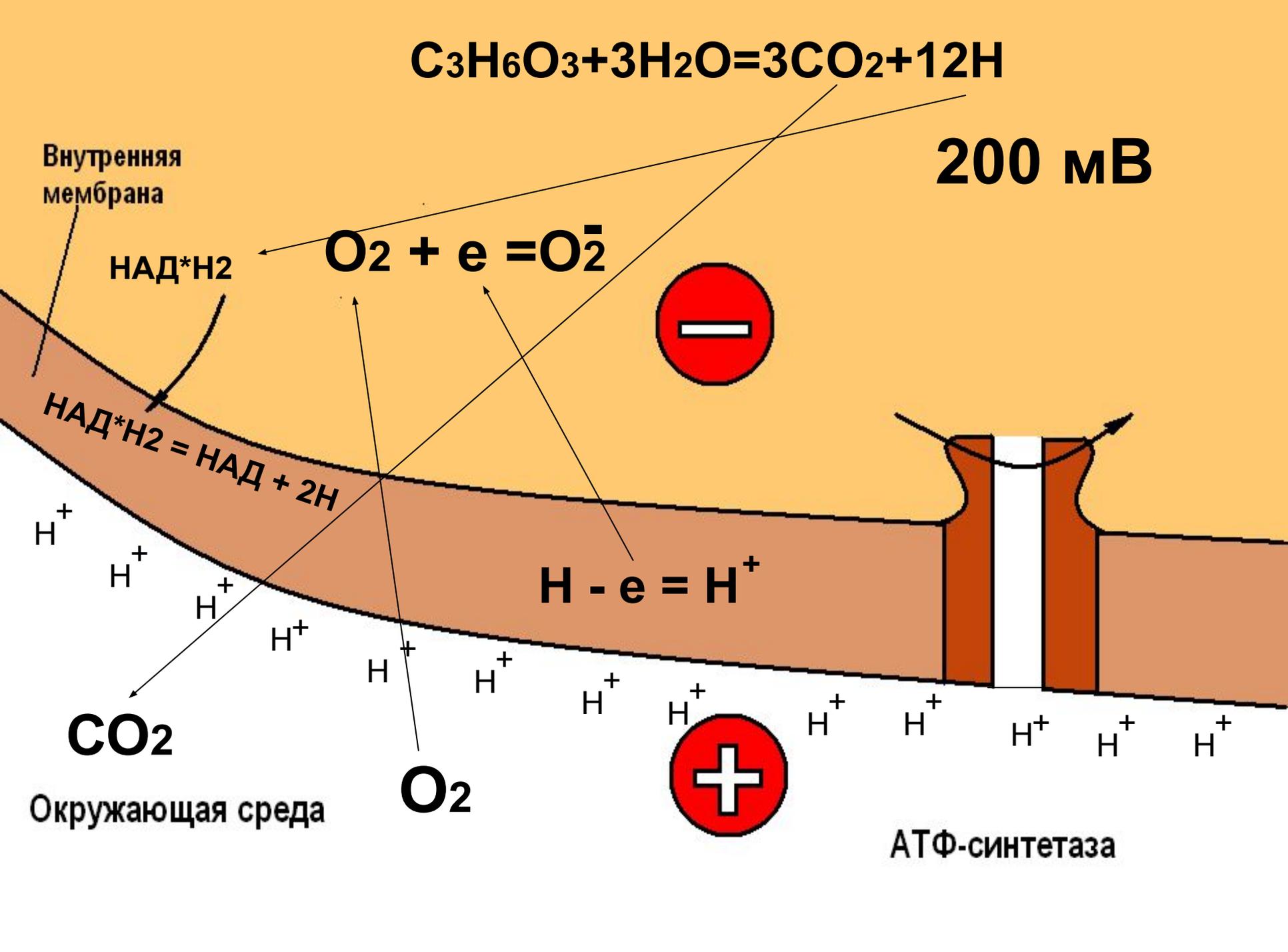
CO<sub>2</sub>

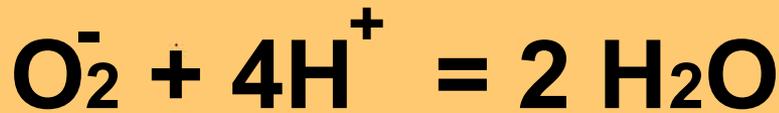


O<sub>2</sub>

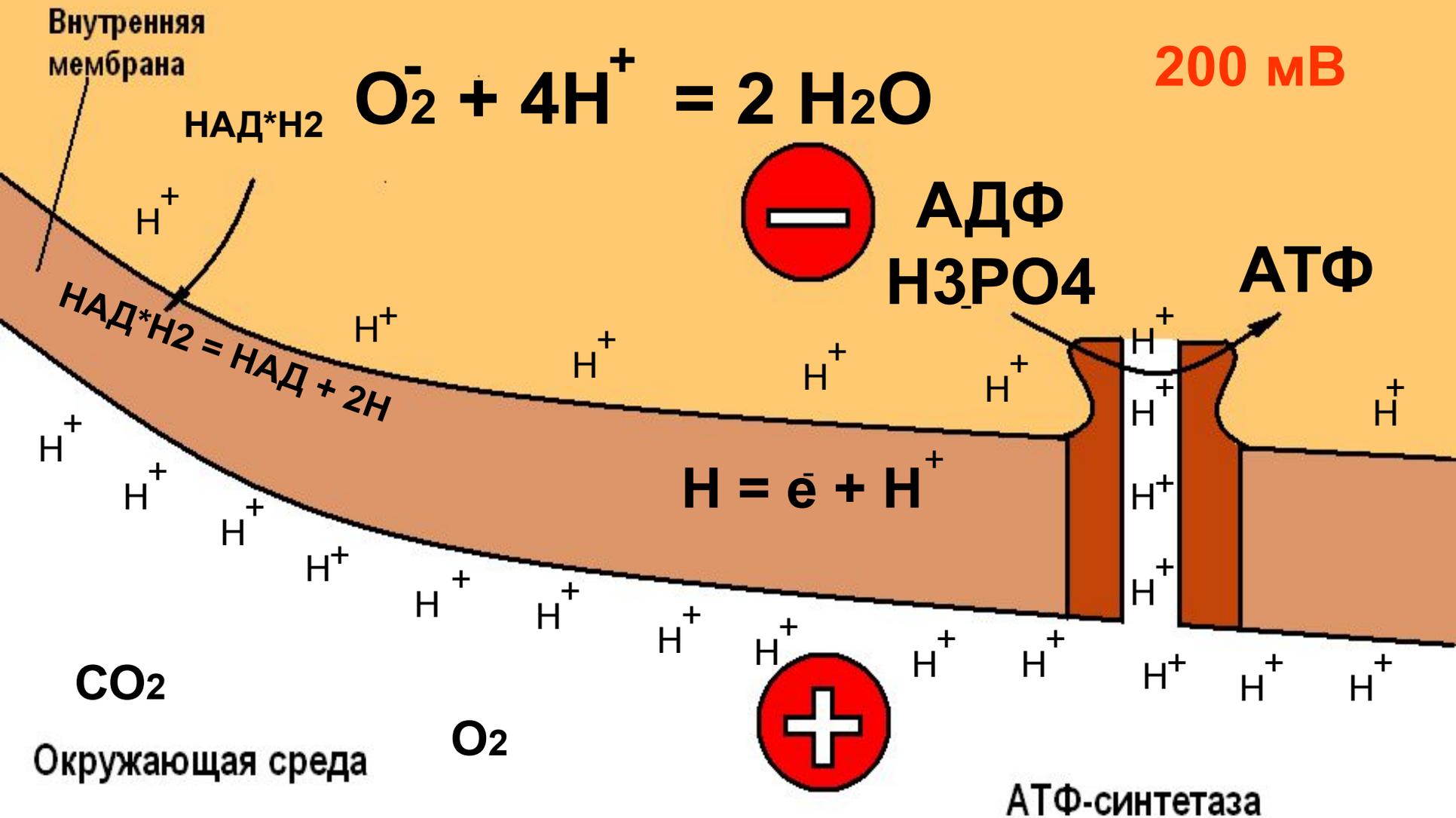
Окружающая среда

АТФ-синтетаза

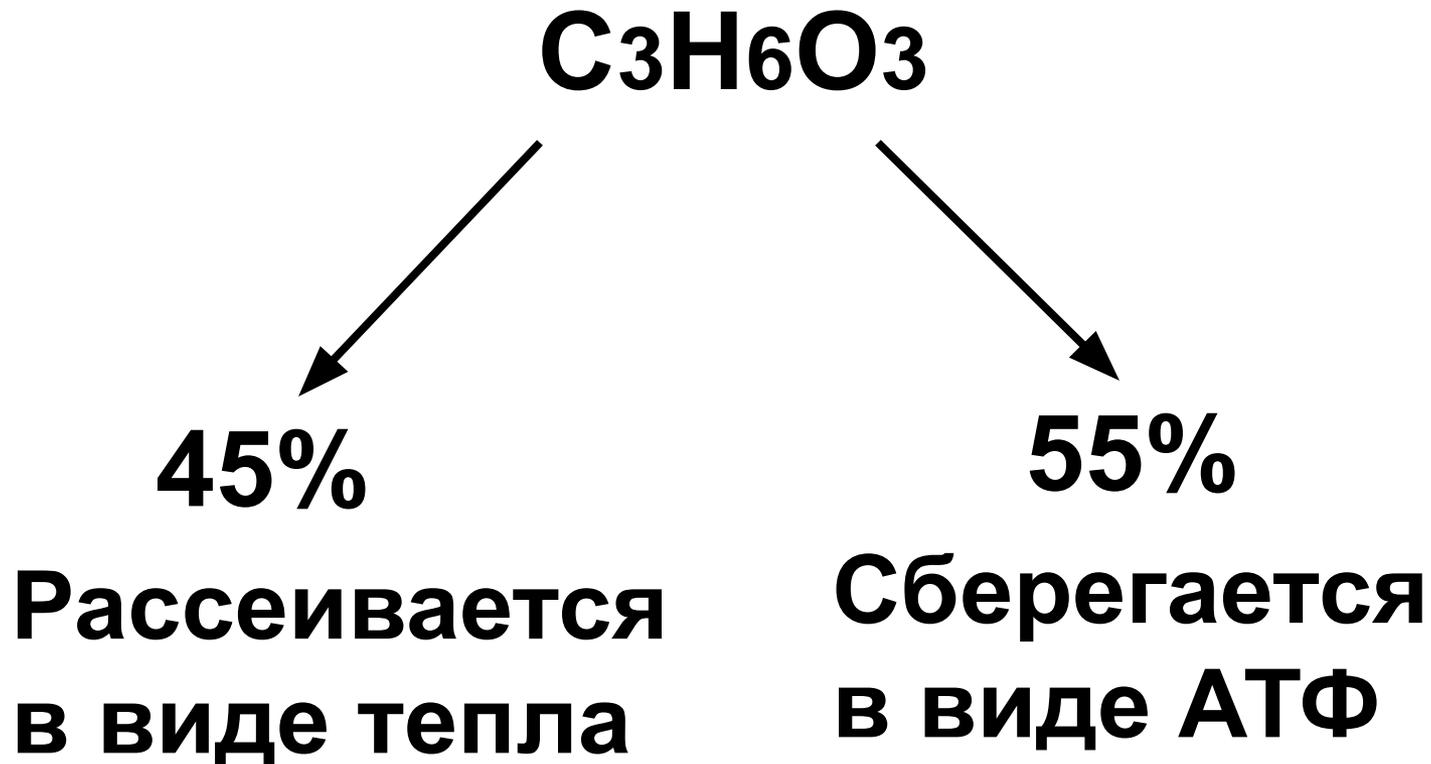




200 мВ



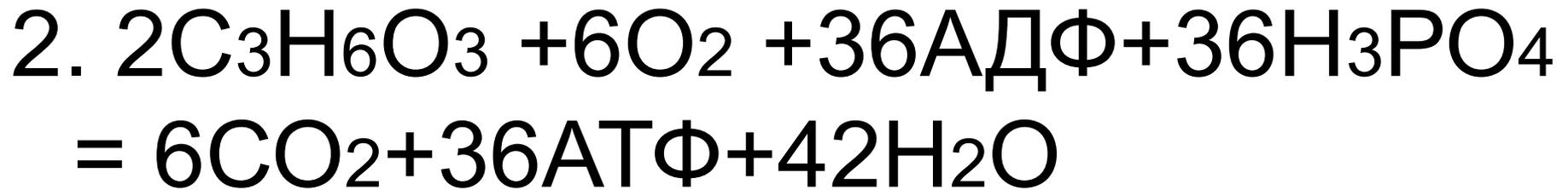
# Выделение энергии:



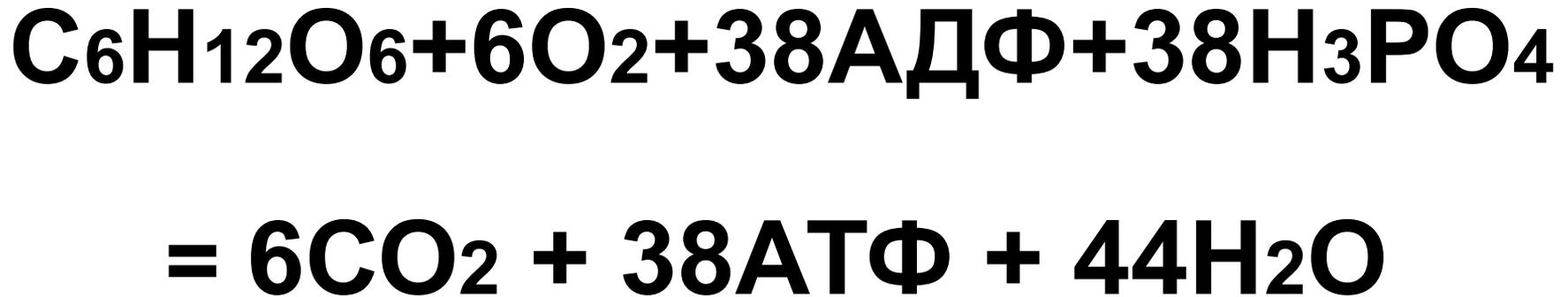
# Кислородное расщепление:



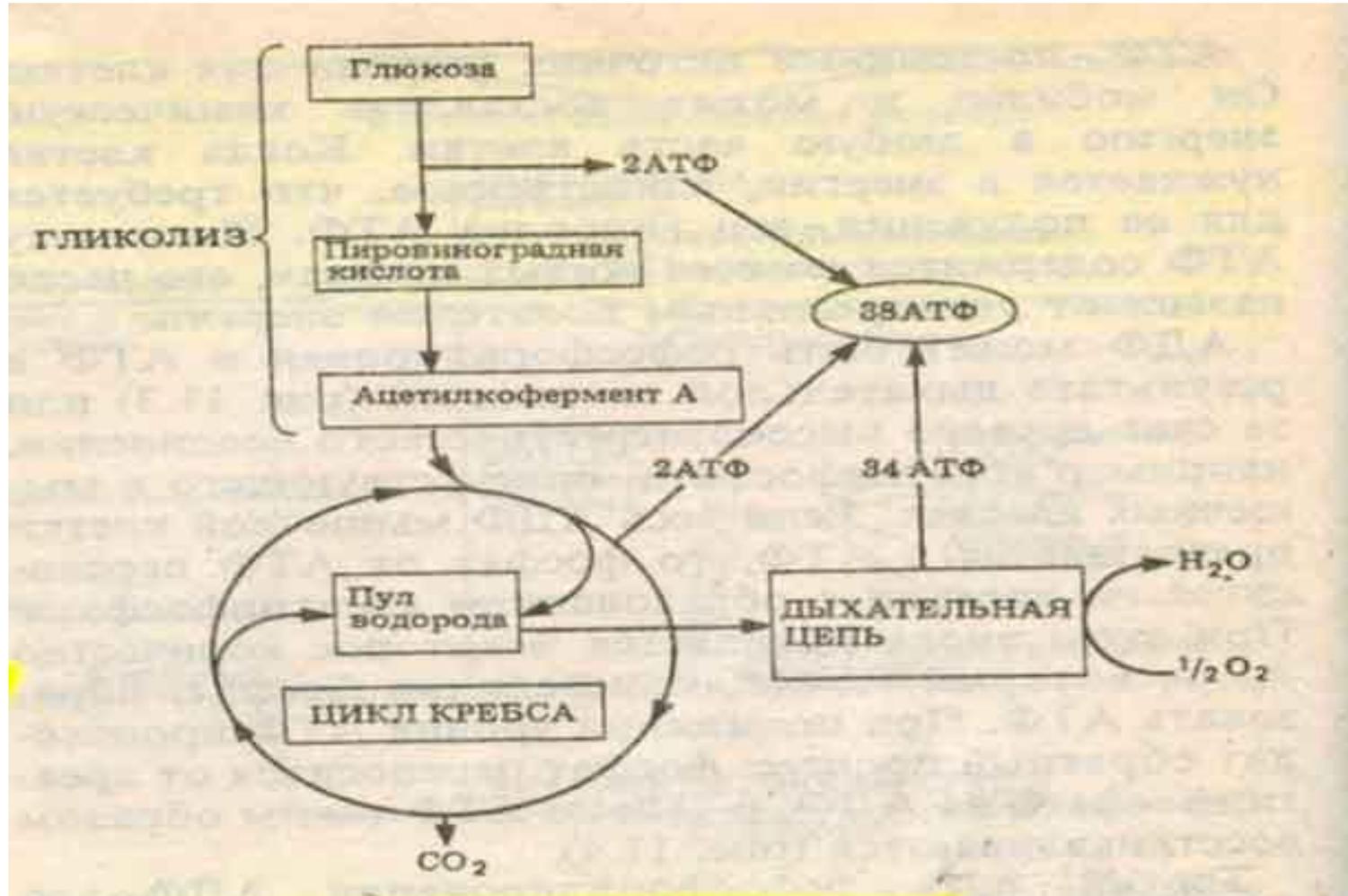
# Суммарное уравнение:



# Суммарное уравнение:



# Общая схема энергетического обмена



# КОФЕРМЕНТЫ

- Сложные органические вещества небелковой природы, от которых зависит активность фермента, называют коферментами (коэнзимы). Ряд наиболее важных коферментов: **НАД (NAD)**, **НАДФ (NADP)**, **ФАД (FAD)**.
- Коферменты входят в состав активных центров некоторых ферментов, очень прочно связаны с ферментом и служат акцепторами водорода в реакциях дегидрогенирования.
- Коферменты, подобно ферментам, не расходуются в процессе реакции и потому могут функционировать многократно. Это объясняется тем, что присоединенные ими атомы водорода не остаются в их молекуле, а переносятся (в следующей реакции окисления-восстановления) на другой кофермент или непосредственно на молекулярный кислород. Таким образом, коферменты постоянно окисляются и вновь восстанавливаются.

### **Задание 3.** Сравните процессы анаэробного и аэробного дыхания

Признаки для сравнения	Анаэробное дыхание	Аэробное дыхание
1. Локализация в клетке	цитоплазма	митохондрии
2. Скорость	очень быстро	медленно
3. Формы энергии	химическая	химич., электрохим.
4. Конечные продукты	ПВК, молочная к-та, этиловый спирт	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O
5. Количество АТФ	<b>2 молекулы</b>	<b>38 молекул</b>
6. КПД процесса	<b>32 - 40 %</b>	<b>45 – 55 %</b>
7. Условия протекания	отсутствие O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> , дыхательные ферменты, мембраны

# Вопросы

- ***Почему наряду с аэробным дыханием организмы продолжают использовать анаэробное?***
- ***Почему более сложные организмы не могли бы развиваться в отсутствие кислорода?***

# Окисление ПВК при аэробном дыхании происходит в:

- A. хлоропластах
- B. цитоплазме
- C. матриксе
- D. митохондриях

# Ступенчатость окисления глюкозы позволяет:

- A. Получить больше энергии
- B. Предохранить клетку от перегрева
- C. Экономнее расходовать кислород
- D. Сократить количество получаемой энергии

# Где протекает синтез АТФ:

- A. хлоропластах
- B. цитоплазме
- C. матриксе
- D. митохондриях

# **Выводы:**

**Синтез АТФ в процессе гликолиза не нуждается в мембранах. Он идёт в пробирке , если имеются все необходимые субстраты и ферменты.**

# **Выводы:**

**Для осуществления  
кислородного процесса  
необходимо наличие  
неповреждённых  
митохондриальных мембран.**

# Выводы:

Расщепление в клетке 1  
молекулы глюкозы до  $\text{CO}_2$  и  
 $\text{H}_2\text{O}$  обеспечивает синтез 38  
молекул АТФ