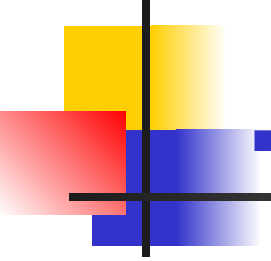
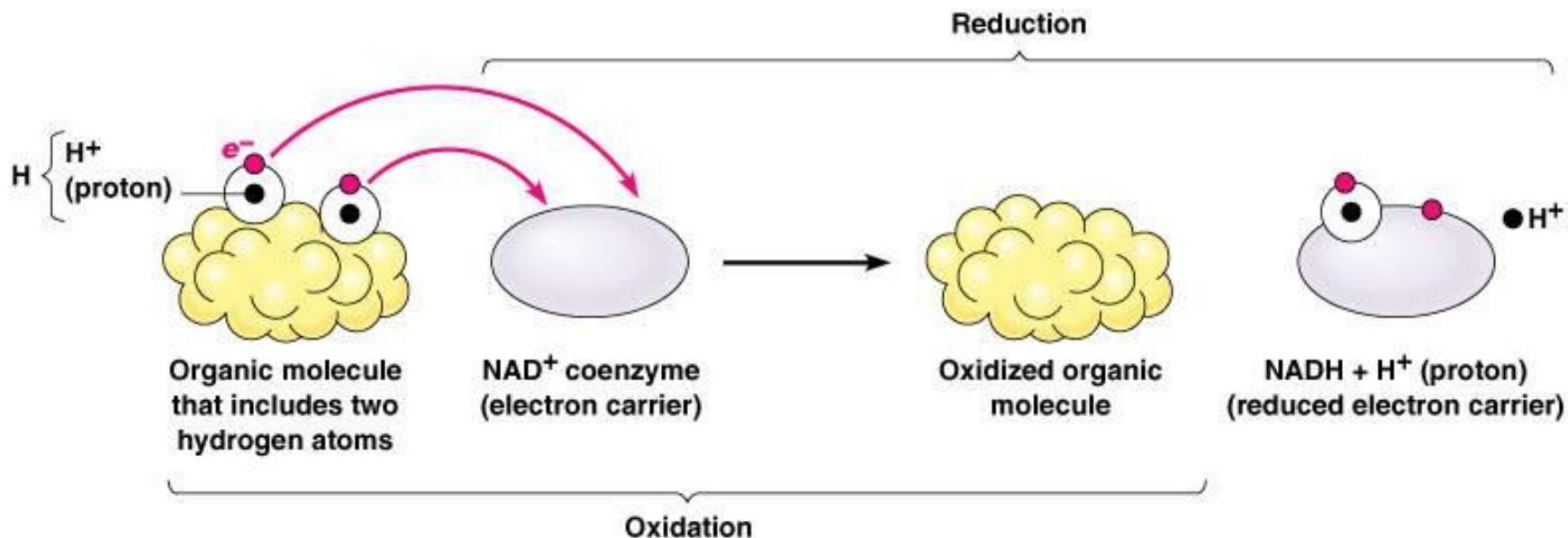


*Тема: Энергетический метаболизм микроорганизмов.
Методы выделения чистых культур облигатных
анаэробов.*

- 
- Источниками энергии для организмов могут служить свет и восстановленные химические соединения.
 - Способность использовать химическую энергию присуща всем без исключения организмам. Особенно многообразны возможности прокариот.
 - Основные катаболические системы клетки: гликолиз, окислительный пентозофосфатный путь, путь Энтнера-Дудорова и цикл трикарбоновых кислот
 - Общее для всех катаболических путей – многоступенчатость процесса окисления исходного субстрата
 - На некоторых этапах окисление субстрата сопряжено с образованием энергии в той форме, в которой она может быть использована клеткой

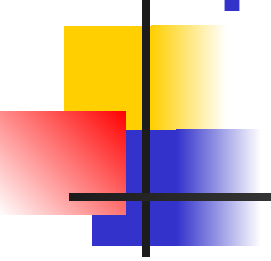
- В общем виде процессы, способные служить источником энергии для прокариот, можно представить следующим образом



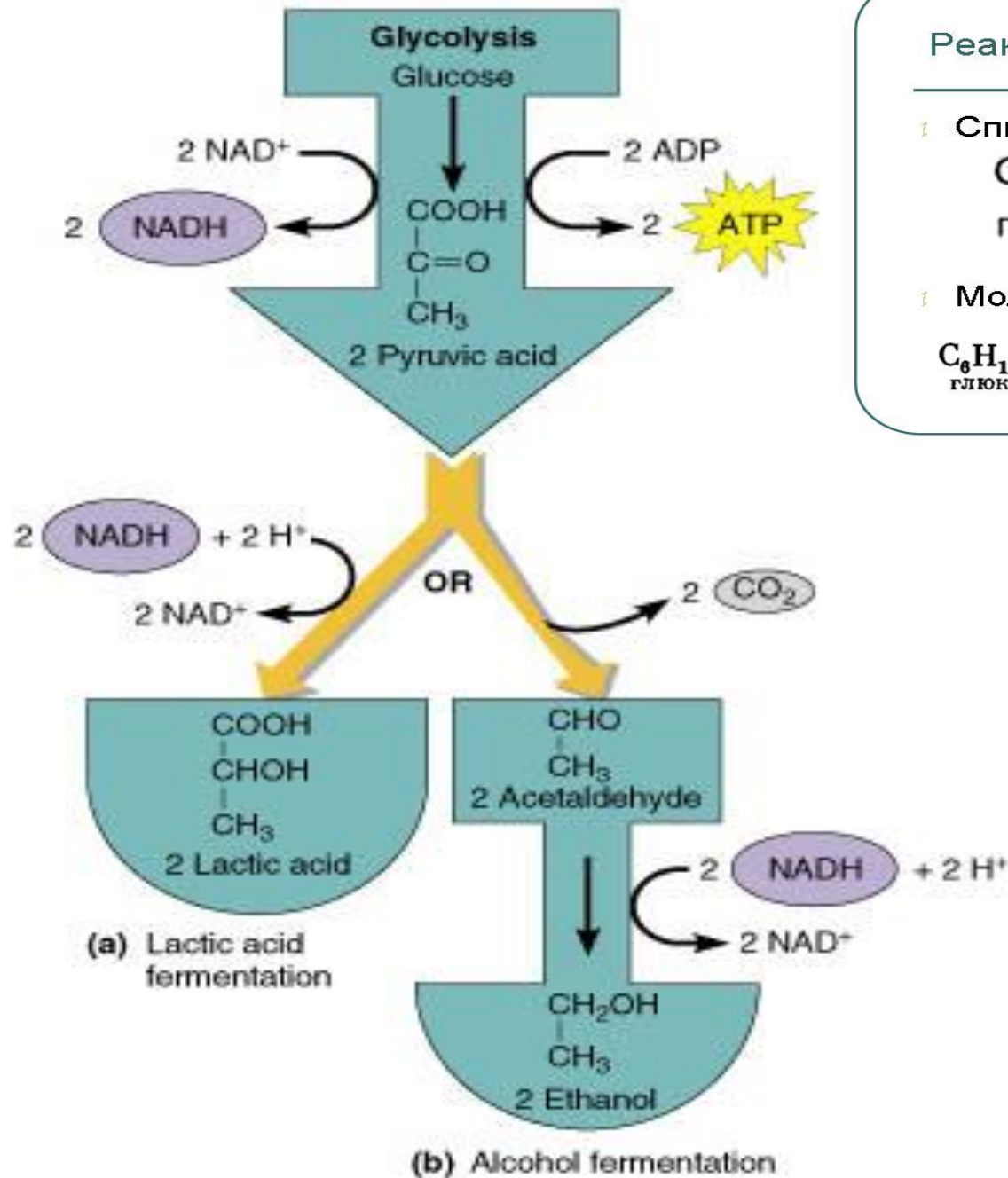
Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

- Должен существовать энергетический ресурс - исходный субстрат
- С помощью ферментных систем организм извлекает энергию из этого субстрата в реакциях его ступенчатого окисления
- У прокариот известны три способа получения энергии: брожение, дыхание, фотосинтез

Брожение

- 
- Брожением называется **анаэробный** процесс превращения безазотистых органических веществ (главным образом углеводов) микроорганизмами, при котором происходит накопление продуктов неполного окисления (спиртов, органических кислот, углеводов и др.) и который сопровождается выделением энергии.
 - В процессах брожения в определенных окислительно-восстановительных реакциях образуются нестабильные молекулы, фосфатная группа которых содержит много свободной энергии.
 - Эта группа с помощью соответствующего фермента переносится на молекулу АДФ, что приводит к образованию АТФ.
 - Реакции, в которых энергия, освобождающаяся на определенных окислительных этапах брожения запасается в молекулах АТФ, получили название субстратного фосфорилирования.
 - Их особенностью является катализирование растворимыми ферментами.
 - Образующийся в восстановительной части окислительно-восстановительных преобразований сбраживаемого субстрата восстановитель (НАД·H₂, восстановленный ферредоксин) переносит электроны на подходящий эндогенный акцептор электрона (пируват, ацетальдегид, ацетон и др.) или освобождается в виде газообразного водорода (H₂).

FERMENTATION



Реакции брожения глюкозы

1 Спиртовое брожение



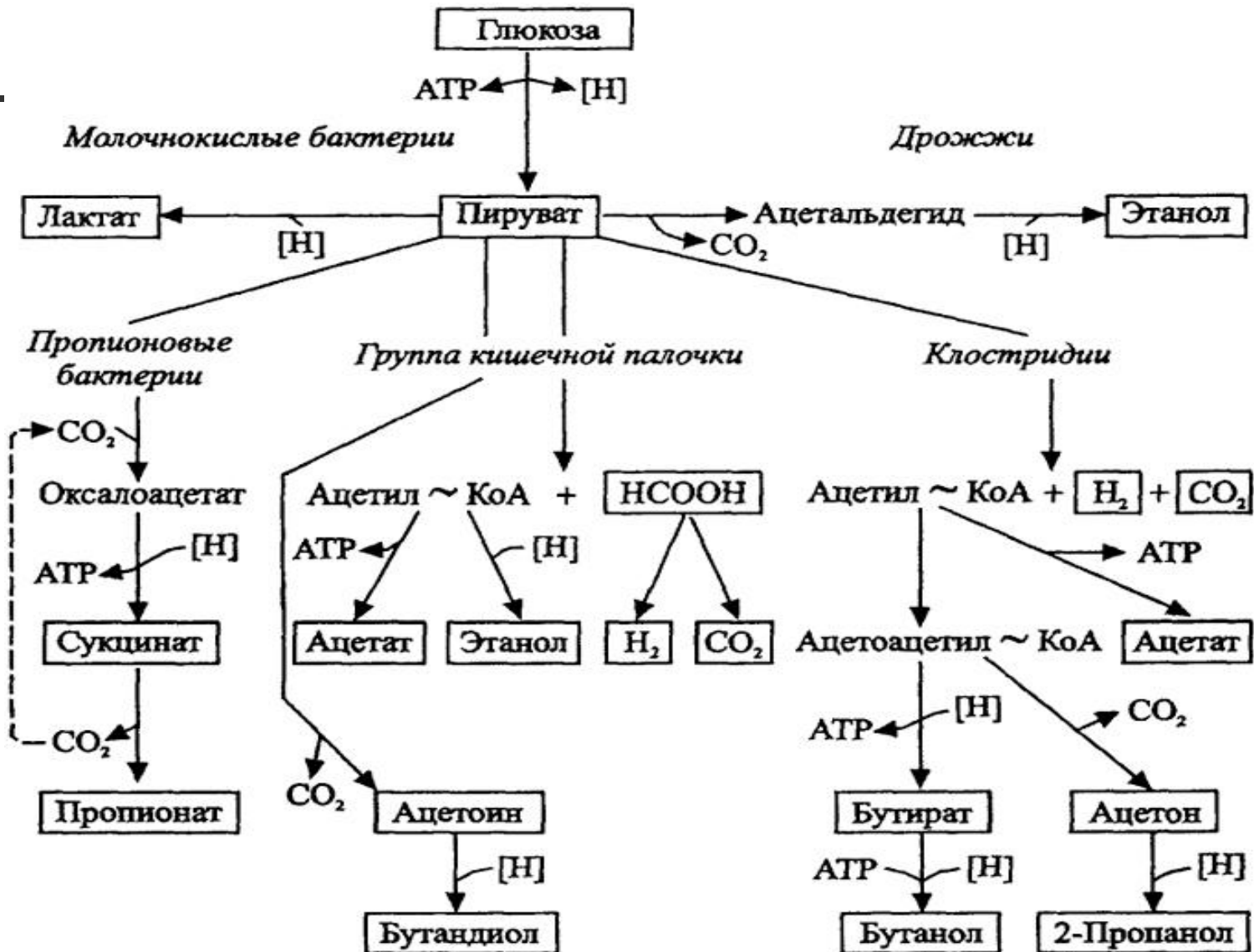
Глюкоза Этанол

2 Молочнокислое брожение



глюкоза молочная кислота энергия

Продукты брожения глюкозы

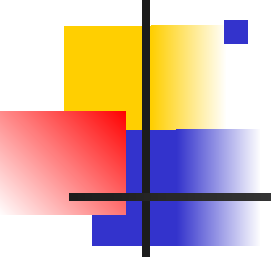




Муравьинокислое брожение и семейство Enterobacteriaceae

- Некоторые микроорганизмы, образующие при брожении кислоты, объединяют в одну физиологическую группу на том основании, что характерным, хотя и не главным продуктом брожения является у них муравьиная кислота. Наряду с муравьиной кислотой такие бактерии выделяют и некоторые другие кислоты; такой тип метаболизма называют поэтому *муравьинокислым брожением* или *брожением смешанного типа*. Так как некоторые типичные представители этой группы обитают в кишечнике, все семейство носит название Enterobacteriaceae.
- Будучи факультативными аэробами, они обладают гемопротейнами (цитохромами и каталазой) и способны получать энергию как в процессе дыхания (в аэробных условиях), так и в процессе брожения (в анаэробных условиях).

Брожение, примитивные черты

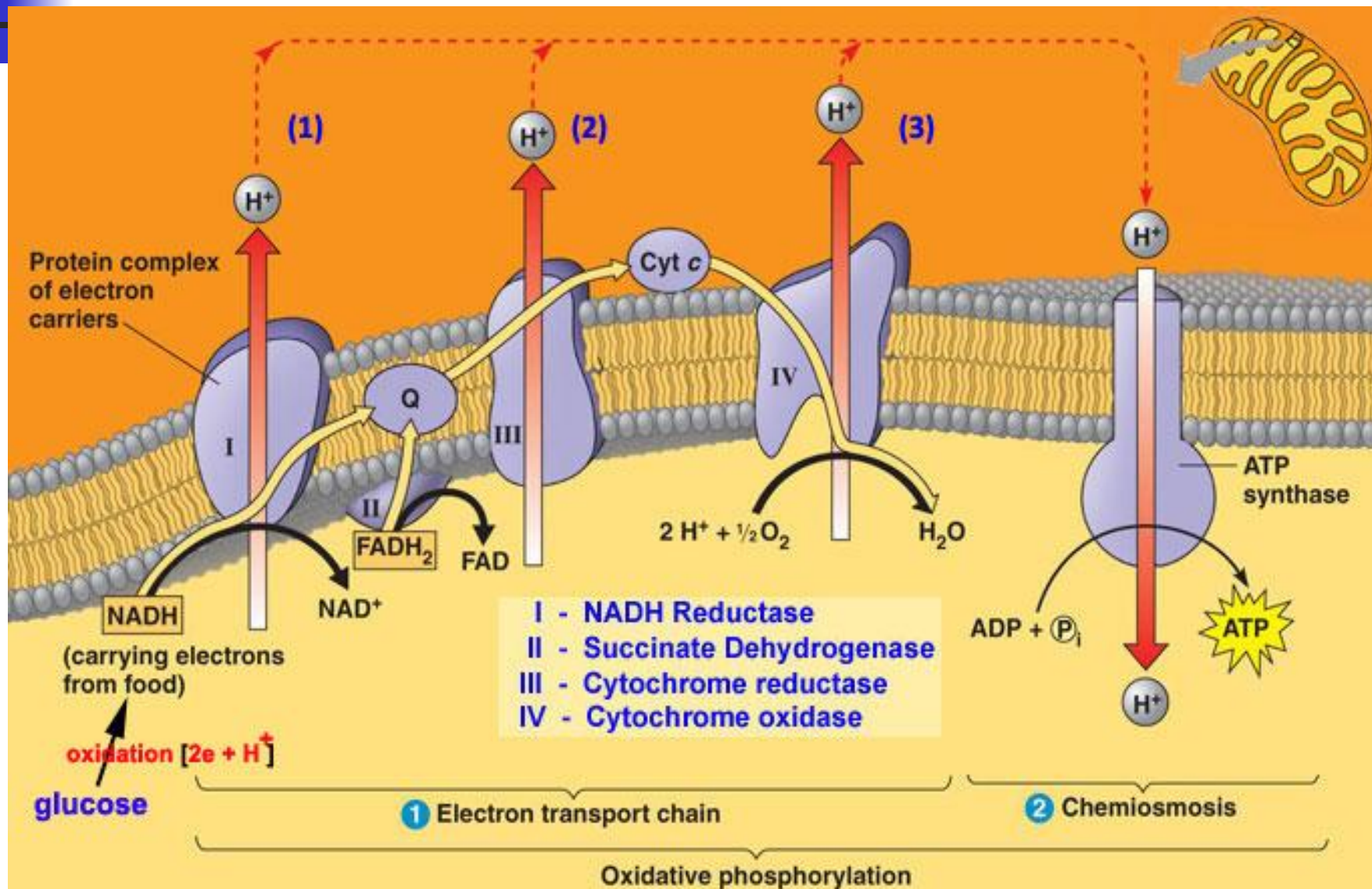
- 
- Донор и акцептор электронов – органические вещества, т.е. не происходит полного высвобождения энергии хим.соединения
 - Энергия запасается в молекулах АТФ в реакциях *субстратного* фосфорилирования.
 - Их особенностью является катализирование *растворимыми* ферментами.
 - Энергетический выход: при окислении 1 молекулы глюкозы в среднем образуется 2 молекулы АТФ

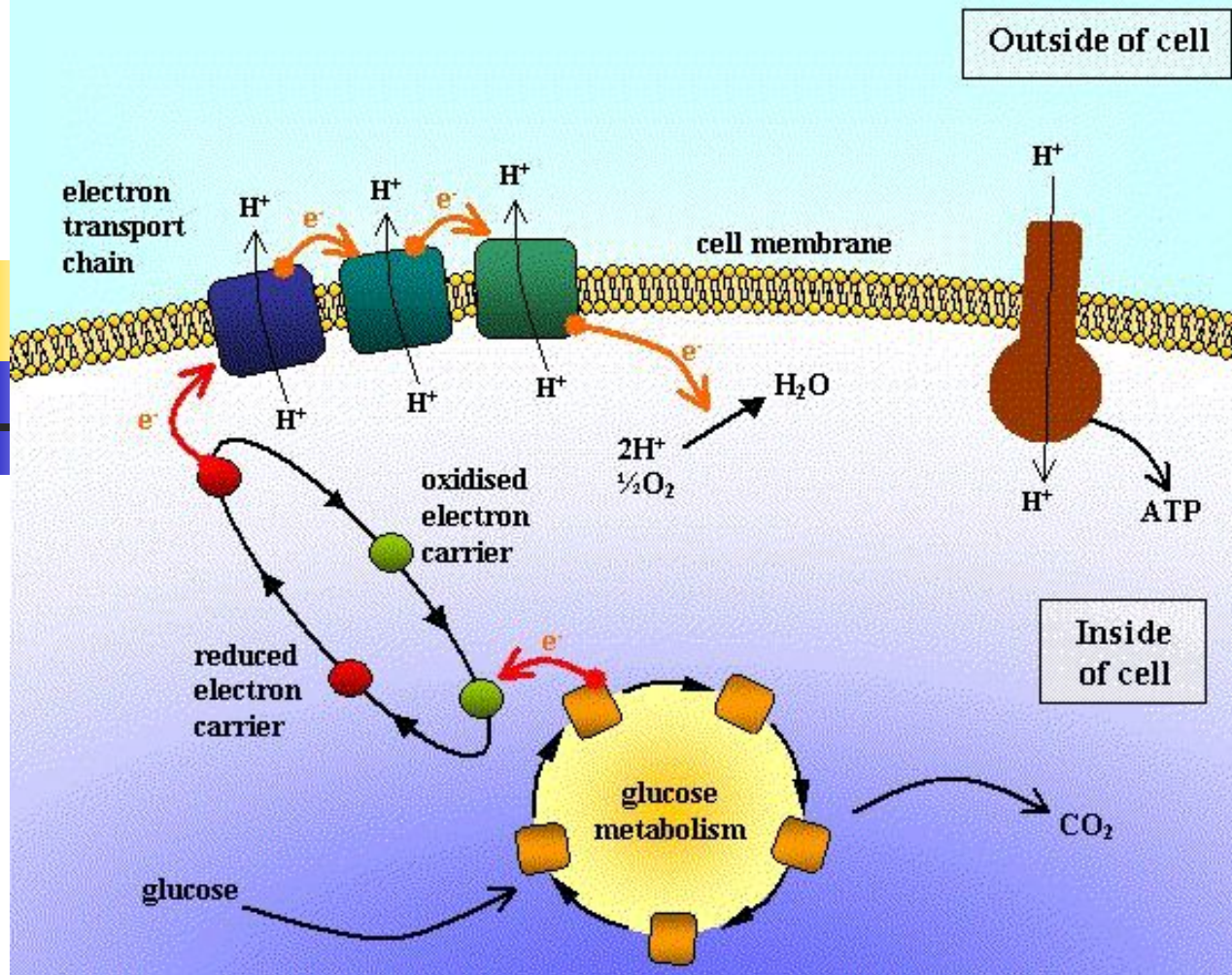


Дыхание

- В процессе дыхания происходит окисление восстановленных веществ с относительно низким окислительно-восстановительным потенциалом, образующихся в реакциях метаболизма или являющихся исходными субстратами (NADH_2 , сукцинат, лактат и др.)
- Окисление происходит в результате переноса электронов от донора к акцептору по градиенту редокс-потенциала через ряд последовательно функционирующих переносчиков, встроенных в мембрану – дыхательную электронтранспортную цепь

Организация дыхательной цепи

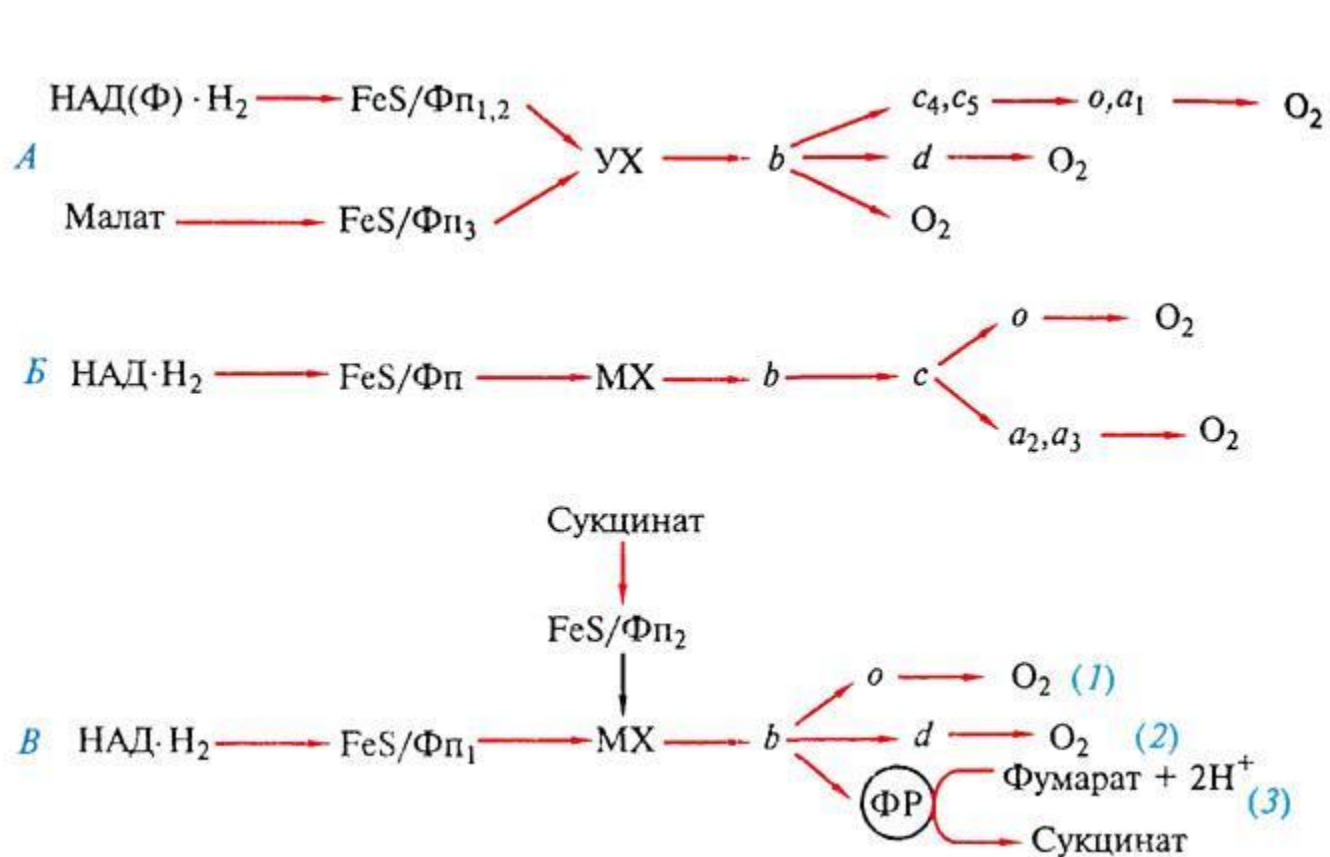




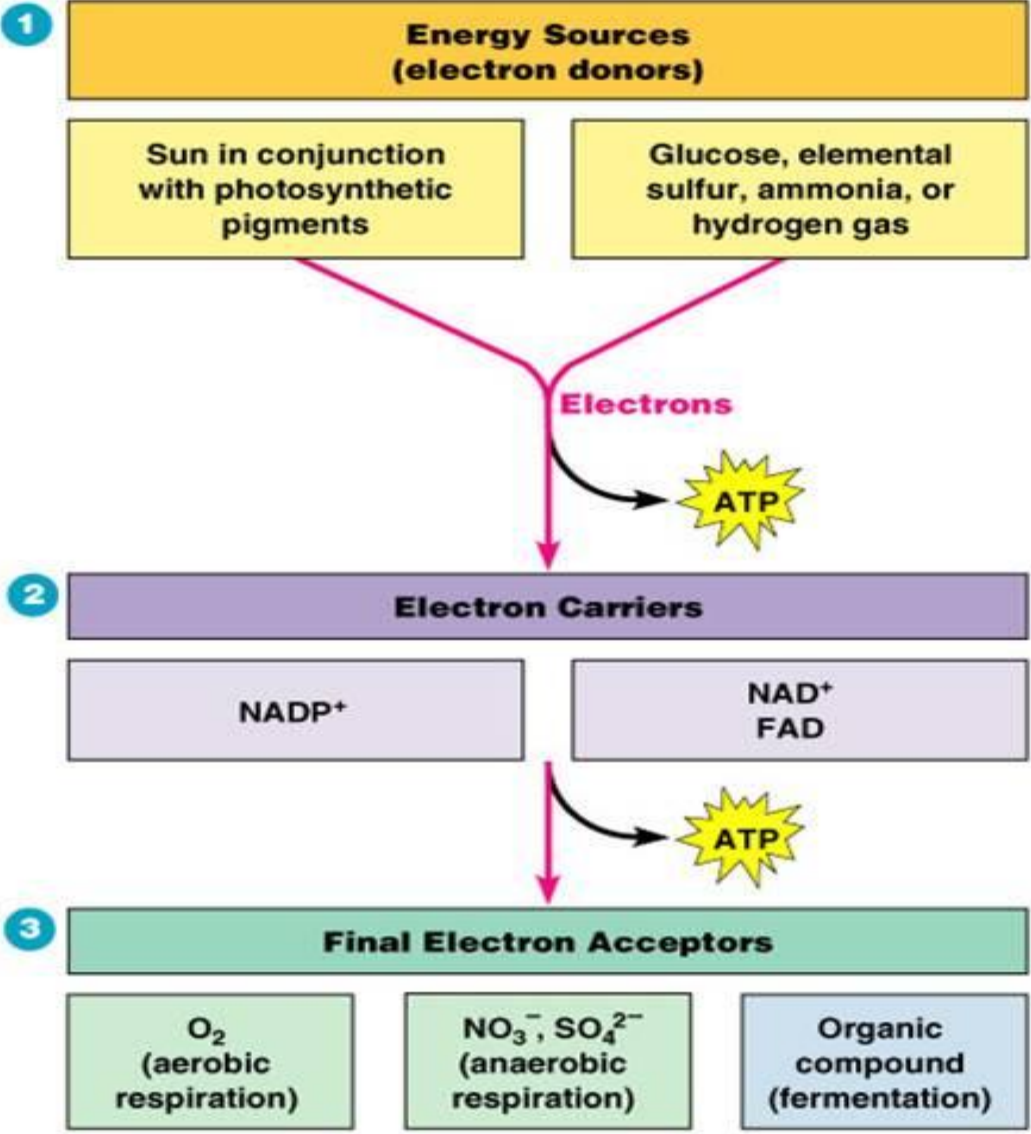
Расположение переносчиков электронов в ЦПМ прокариот таково, что при работе любой электронтранспортной цепи (фотосинтетической или дыхательной) во внешней среде происходит накопление ионов водорода (протонов), приводящее к подкислению среды, а в клеточной цитоплазме — их уменьшение, сопровождающееся ее подщелочением, таким образом при переносе электронов на ЦПМ возникает трансмембранный электрохимический градиент ионов водорода, обозначаемый символом $\Delta\mu_{H^+}$

Дыхание (продолжение)

- Освобождающаяся при переносе электронов энергия первоначально запасается в форме $\Delta\mu\text{H}^+$
- Разрядка $\Delta\mu\text{H}^+$ происходит с участием протонного АТФсинтазного комплекса
- Локализованная в мембране мембране АТФсинтаза катализирует реакции синтеза и гидролиза АТФ в соответствии с уравнением
- $$ADP + P_i + nH^+ \leftrightarrow ATP + H_2O + nH^+$$
- Реакция, протекающая слева направо, сопряжена с транспортом H^+ по градиенту $\Delta\mu\text{H}^+$, при этом выделяется энергия, что приводит к разрядке градиента и синтезу АТФ.
- Протекающая в противоположном направлении реакция гидролиза АТФ сопровождается выделением энергии и приводит к переносу H^+ против градиента, что приводит к образованию (или возрастанию) $\Delta\mu\text{H}^+$ на мембране.
- Таким образом, АТФ-синтазный ферментный комплекс Таким образом, АТФ-синтазный ферментный комплекс служит механизмом, обеспечивающим взаимное превращение двух форм клеточной энергии ($\Delta\mu\text{H}^+$ и АТФ), устройством, сопрягающим процессы окислительной природы с фосфорилированием.



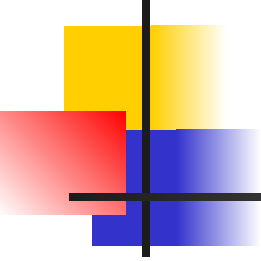
- Дыхательные цепи [Azotobacter vinelandii](#) Дыхательные цепи [Azotobacter vinelandii](#) (А), [Micrococcus lysodeikticus](#) Дыхательные цепи [Azotobacter vinelandii](#) (А), [Micrococcus lysodeikticus](#) (Б) и [Escherichia coli](#) (В) в аэробных (1), микроаэробных (2) и анаэробных (3) условиях:
- Фп - флавопротеин; FeS - железосероцентр; УХ - убихинон; МХ - менахинон; ФР - фумаратредуктаза; b, c, d, o, a - цитохромы.



Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

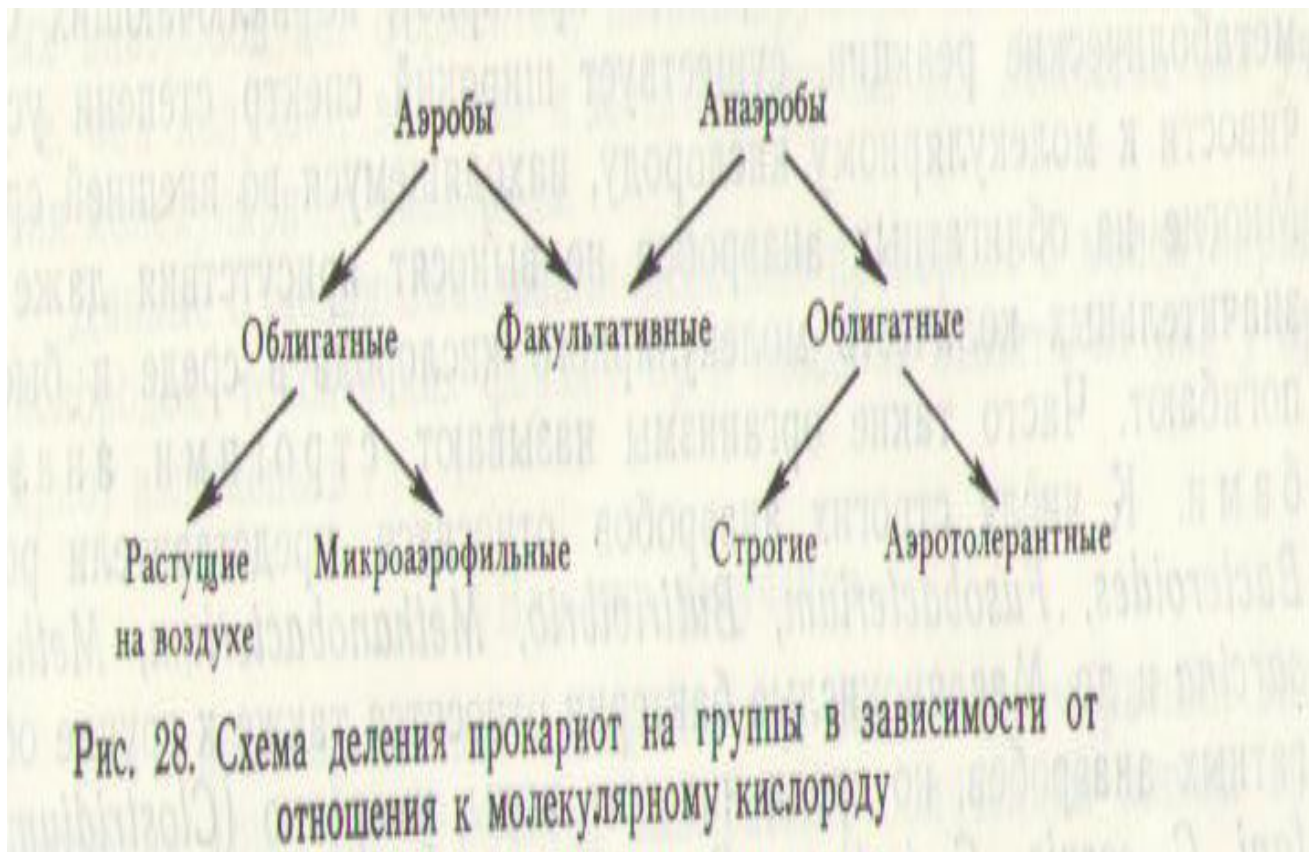
Различия дыхательных цепей аэробных и анаэробных бактерий – в конечном акцепторе электрона

Типы анаэробного дыхания у эубактерий

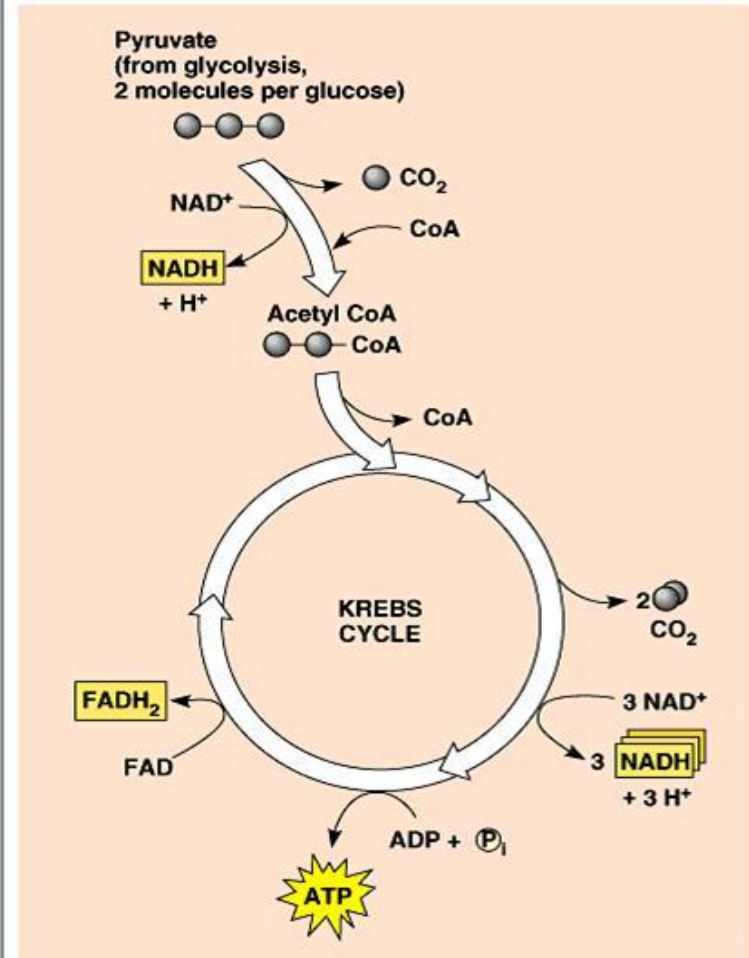
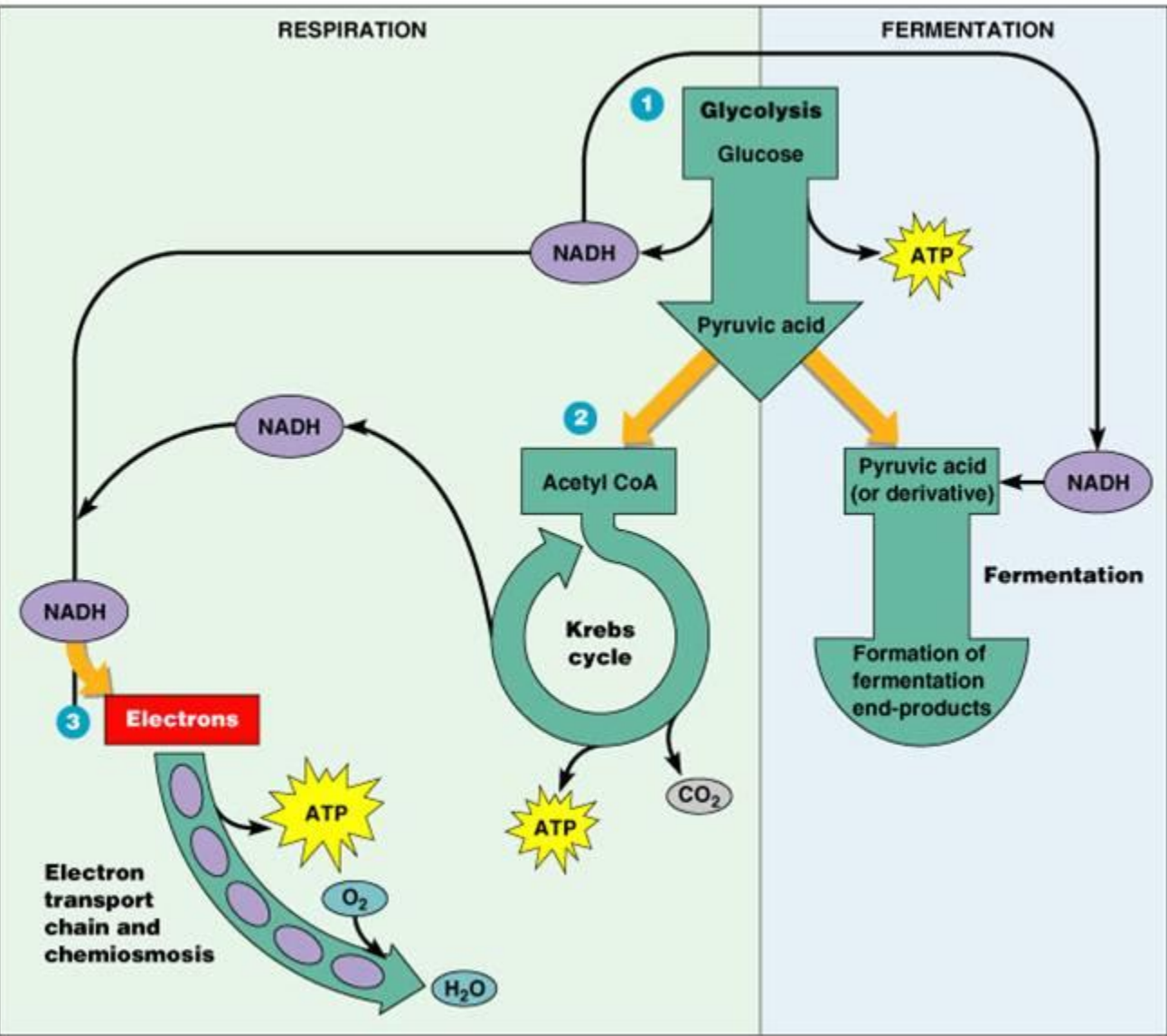


Энергетический процесс	Конечный акцептор электронов	Продукты восстановления
Нитратное дыхание и денитрификация	NO_3^- , NO_2^-	NO_2^- , NO , N_2O , N_2
Сульфатное и серное дыхание	SO_4^{2-} , S^0	H_2S
Карбонатное дыхание	CO_2	ацетат
Фумаратное дыхание	фумарат	сукцинат

Классификация прокариот по отношению к молекулярному кислороду



Взаимосвязь процессов гликолиза и дыхания



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.