

Основы физиологии растений

Дыхание растений

▶ Клеточное дыхание - окислительный, с участием кислорода распад органических веществ, с образованием химически активных метаболитов и энергии, используемых в жизнедеятельности клетки.

▶ Общее уравнение дыхания:



История открытия и изучения дыхания растений

- ▶ 1773-1775 А.Лавуазье - дыхание - медленное горение - поглощение кислорода, выделение углекислого газа и тепла;
- ▶ 1778-1780 Я. Ингенхауз - зеленые растения в темноте, а их незеленые части на свету и в темноте поглощают кислород, выделяя углекислый газ;
- ▶ 1797-1804 Н. Соссюр - основатель учения о дыхании растений, используя количественный анализ установил, что в темноте растения поглощают столько же кислорода, сколько выделяют углекислого газа, одновременно выделяется вода;
- ▶ 1876 Н.Бородин и Л.П.Степанов показали, что интенсивность дыхания побегов с листьями зависит от количества углеводов, накопленных на свету;
- ▶ 1897 А.Бах предложил перекисную теорию дыхания, но в дальнейшем она не подтвердилась, но показала, что кислород может включаться в состав органических соединений при перекисном окислении субстрата;
- ▶ 1921 О. Варбург - CO и HCN, блокирующие Fe-содержащие порфириновые ферменты угнетают дыхание;
- ▶ 1925 - Д.Клейн доказал наличие цитохромооксидазы в клетках, ускоряющей поглощение кислорода, открыл другие цитохромы;

- ▶ 1903 -1915 В.Палладин развил теорию химизма дыхания (в.т.ч. опираясь на взгляды Баха), дыхание двухфазно(анаэробная и аэробная стадии). Первая фаза - дегидрирование;
- ▶ 1912 - Г.Виланд - подтвердил в модельных экспериментах, что биологическое окисление связано с отнятием водорода - дегидрированием;
- ▶ 1955 - Б.Вартапетян и А.Курсанов в опытах с меченым кислородом изучили участи воды и кислорода в дыхании (кислород углекислоты из воды);
- ▶ Н. Соссюр показал, что растения могут выделять углекислоту в отсутствие кислорода, а Л.Пастер показал, что в таких условиях образуется этанол;
- ▶ 1875 Э. Пфлюгер и Пфеффер предположили, что этанол образуется в анаэробной фазе, а потом в аэробной окисляется;
- ▶ 1910 - С.Костычев - опроверг такие взгляды, предположив, что в анаэробной фазе образуется некое промежуточное вещество, затем могут быть различные варианты брожения или дыхание(в разных условиях), подтвердил генетическую связь дыхания и брожения;

Основные пути окисления дыхательного субстрата

- ▶ Окисление связано с потерей электрона (протона), восстановление - наоборот.
- ▶ 1. $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$
- ▶ 2. $\text{Cu}^+ - e^- \rightarrow \text{Cu}^{2+}$
- ▶ 3. сукцинат – $2 e^- - 2\text{H}^+ \rightarrow$ фумарат + ФАДН₂
- ▶ Ферменты, катализирующие ОВР в клетке - оксидоредуктазы (дегидрогеназы и оксидазы)
- ▶ **Аэробные дегидрогеназы** - двухкомпонентные, содержат рибофлавин в качестве простетической группы (ФАД и ФМН) - ЛДГ, СДГ и др.
- ▶ Доноры электронов для них служат анаэробные ДГ, акцепторами - цитохромы и кислород.

Анаэробные дегидрогеназы – двухкомпонентные, кофермент НАД⁺ и НАДФ⁺

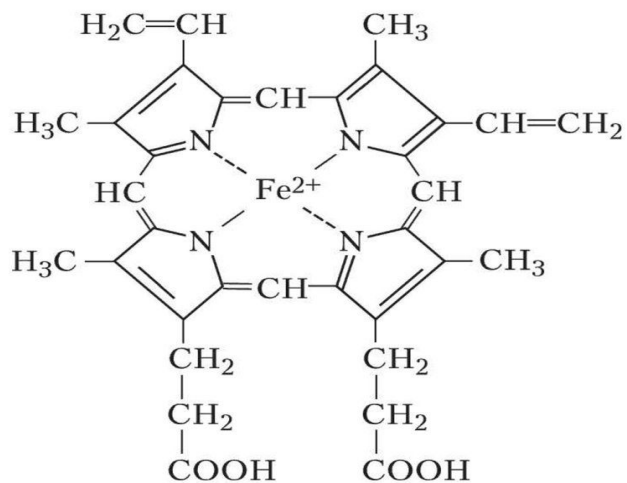
(катализируют ОВР в спиртовом и молочнокислом брожении, ДГ продуктов аэробного окисления ПВК)

Оксидазы

Активируют кислород, т.е. катализируют заключительные этапы окисления.

Железо-протеиды (каталаза, пероксидаза, ЦхО, гемин)

оксидаза, аскорбатоксидаза)



Химизм дыхания

- ▶ Гликолиз (цикл Эмбдена-Мейерхофа - Парнаса) - доминирующий путь окисления углеводов в растениях (расщепление сахара)
- ▶ **I этап - подготовительный**
- ▶ Пул гексоз (Г-1Ф, Г-6Ф и Ф6Ф) находится в цитозоле, могут образовываться из сахарозы (необратимо - инвертаза, обратимо - сахарозосинтетазой)
- ▶ Сахароза + УДФ ---- УДФ-глюкоза + фруктоза
- ▶ УДФ-глюкоза + пирогосфат → Г-1Ф + УТФ
- ▶ Г-1Ф ----- Г-6Ф $\xrightarrow{\text{взаимопревращаемы без затрат E}}$
- ▶ В отсутствии сахарозосинтетазы:
 - ▶ Г + АТФ → Г-6Ф + АДФ (фермент гексокиназа и магний)
 - ▶ Г-6Ф → Ф-6Ф (Г-6Ф –изомераза)
 - ▶ Ф-6Ф + АТФ → Ф-1,6ДФ + АДФ
 - ▶ Ф-1,6ДФ → ФДА + ФГА (дихотомический путь)
- ▶ **Итог: образуются промежуточные метаболиты, тратится АТФ)**

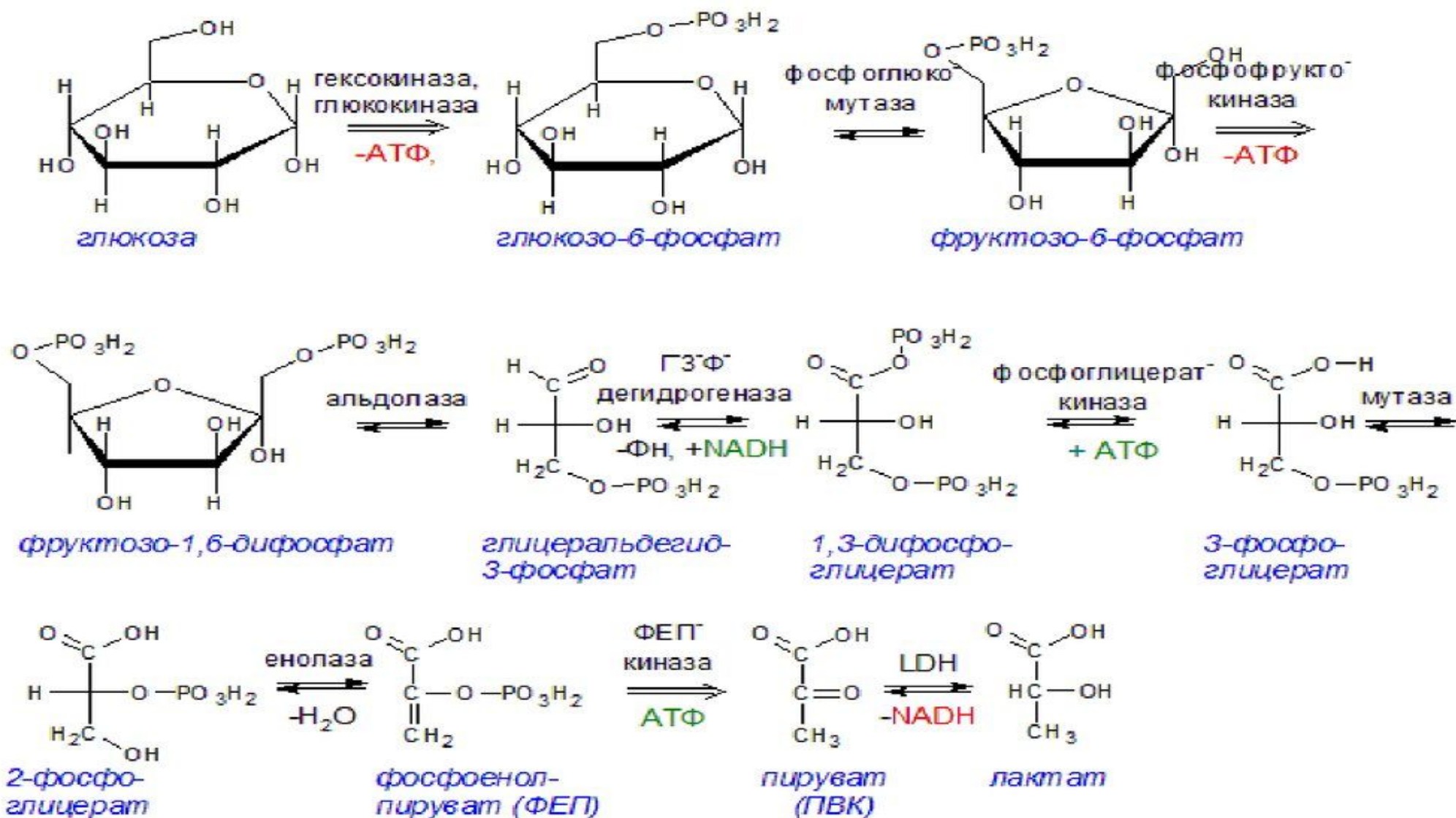
II Этап - первое субстратное фосфорилирование

- ▶ 3-ФГА → 1,3 ДФГК (НАД-зав. Shфермент)
- ▶ 1,3 ДФГК + АДФ → 3-ФГК + АТФ (фосфоглицераткиназа)
- ▶ **Итог: образуются восст. НАДН и АТФ**

III ЭТАП – второе субстратное фосфорилирование

- ▶ 3-ФГК (фосфоглицератмутаза) → 2-ФГК
- ▶ 2-ФГК – H₂O → ФЕПВК (енолаза)
- ▶ ФЕПВК + АДФ → ЕПВК (пируваткиназа) → ПВК → (ЩУК и т.д)
- ▶ **Итог: образуется АТФ**

СХЕМА ГЛИКОЛИЗА



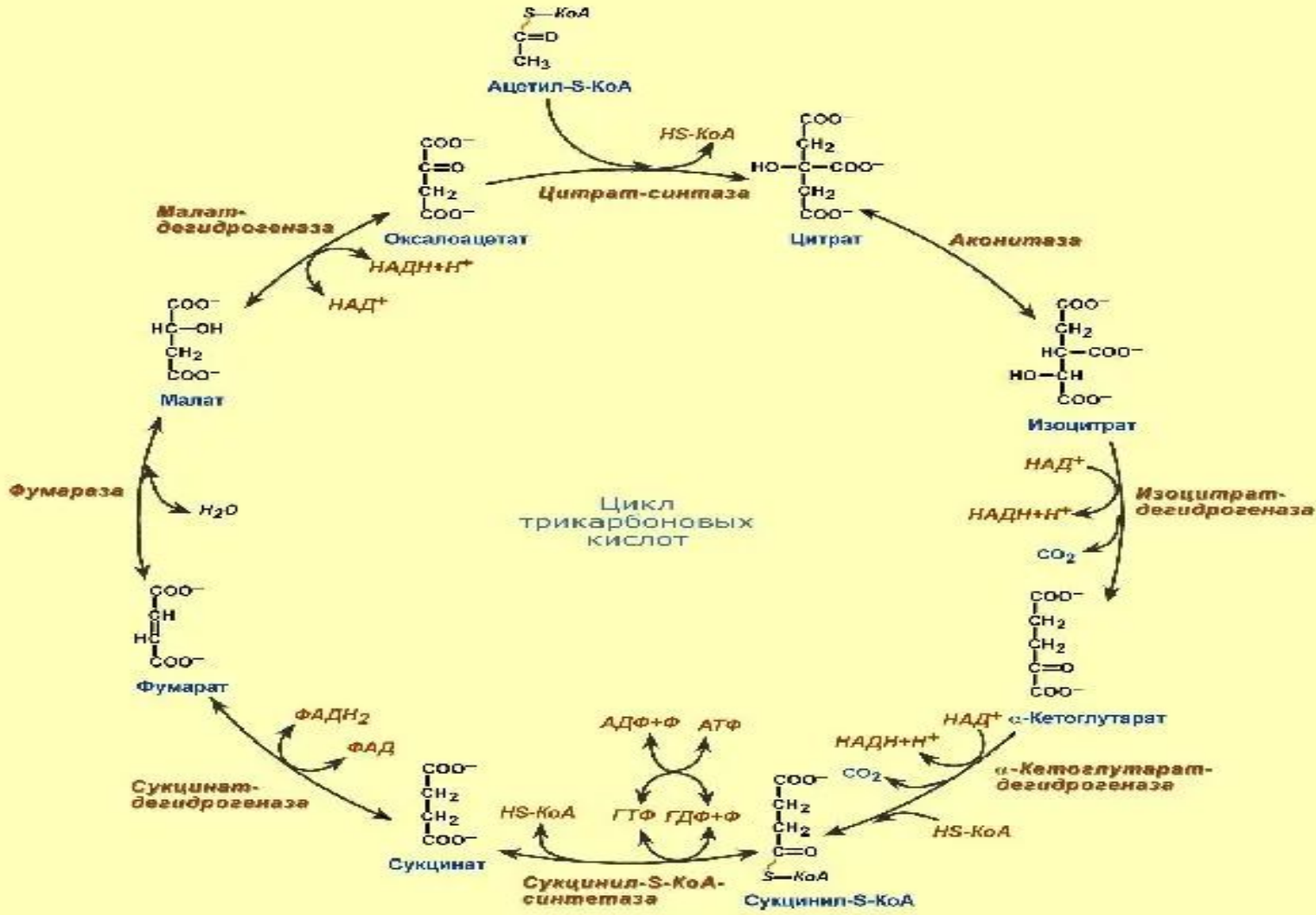
Общий итог гликолиза

- ▶ $\text{Г} \rightarrow 2\text{ПВК}$ (-2АТФ; +4АТФ ----+2АТФ)
- ▶ 2НАДР восст. (+6 АТФ)
- ▶ Всего +АТФ (335кДж/моль(80 ккал))

▶ **Функции гликолиза:**

- ▶ 1. связь между дыхательными субстратами и циклом Кребса;
- ▶ 2. образование НАДН восст. и АТФ (особенно в условиях аноксии);
- ▶ 3. образование метаболитов;
- ▶ 4. в хлоропластах метаболизм крахмала в триозы и прямой путь синтеза АТФ, независимый от НАДФН

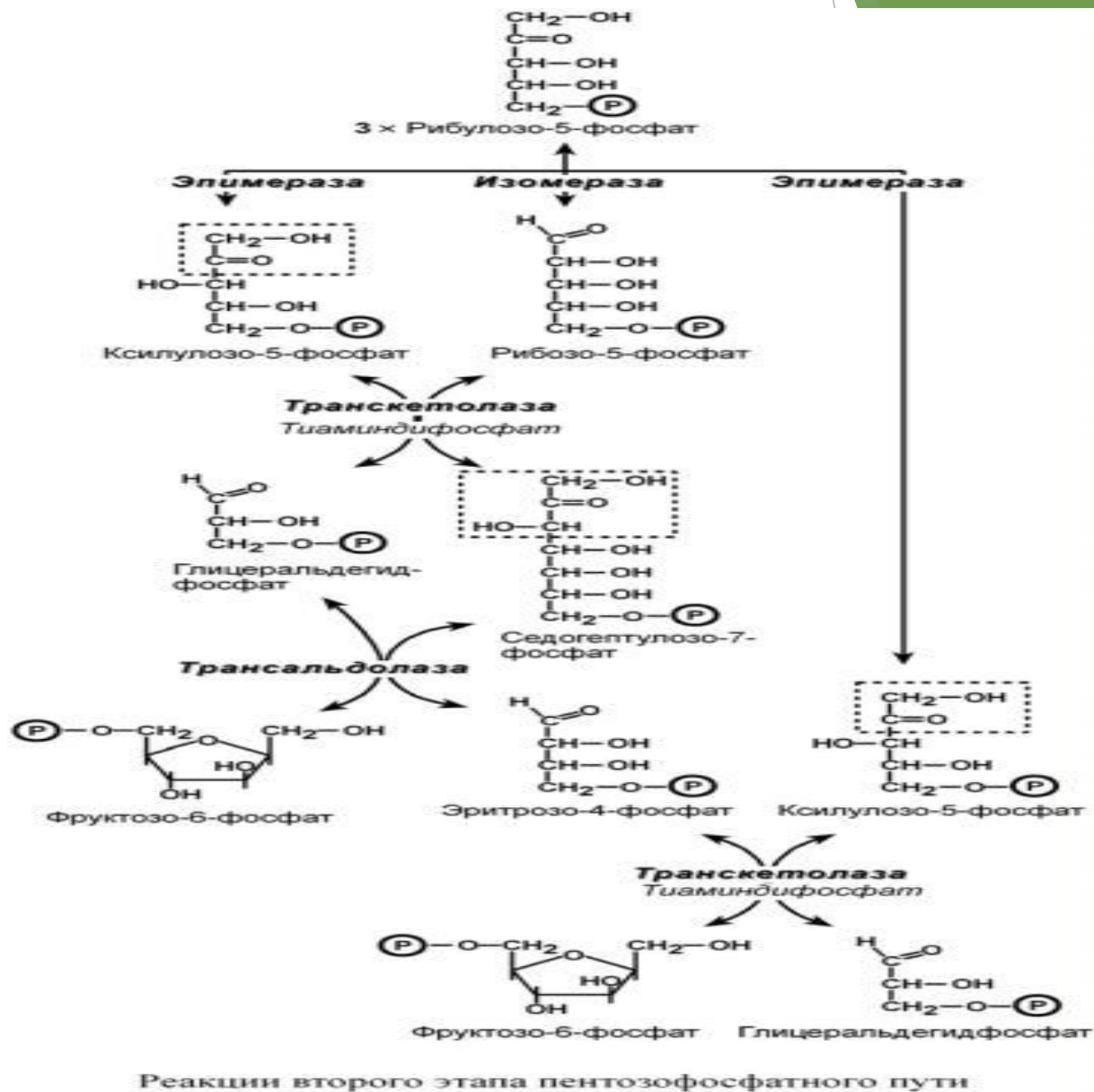
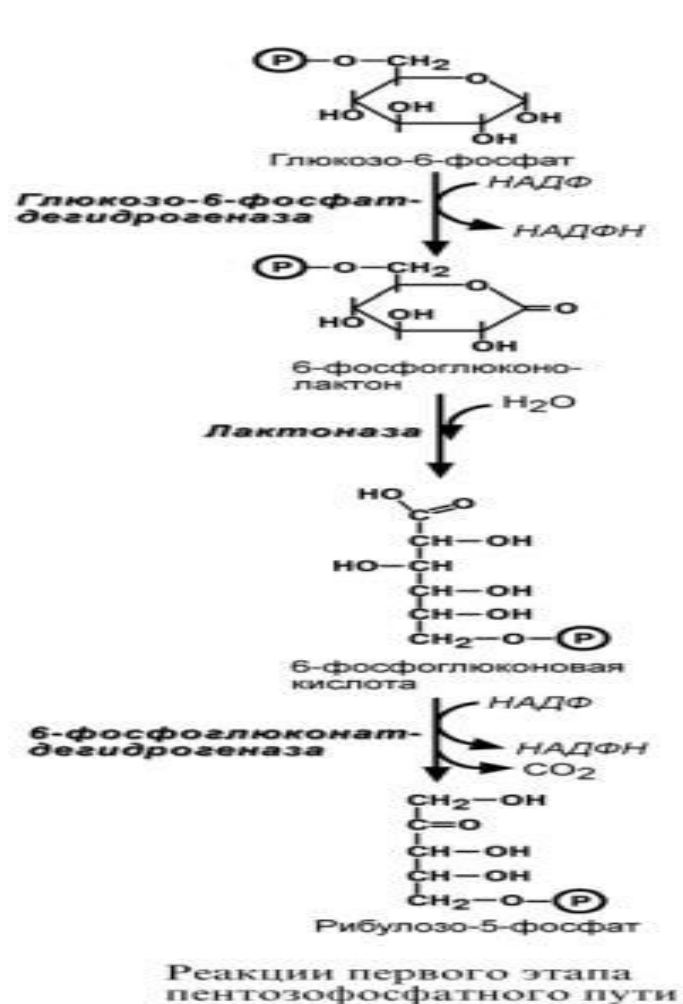
Цикл Кребса



- ▶ Ацетил - КоА образуется из ПВК и КоА (Coa-SH)
- ▶ Необходимы: ФАД, липоевая кислота, тиамин-пирофосфат, двухвалентные катионы
- ▶ Центральную роль в регуляции цикла играет соотношение НАДН/НАД +

- ▶ В ходе цикла Кребса:
- ▶ Расходятся - 1ПВК, 4НАД, 1АДФ, 1ФАД, 2Н₂О
- ▶ Образуются – 4НАДН, 1АТФ, 1ФАДН₂, 2Н₂О, 3СО₂
- ▶ От компонентов цикла отщепляется 5 пар атомов Н
- ▶ Образуется всего
- ▶ При расщеплении 1 молекулы глюкозы (2ПВК) образуется 30 АТФ

Пентозофосфатный цикл



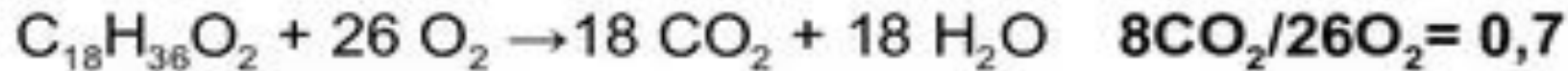
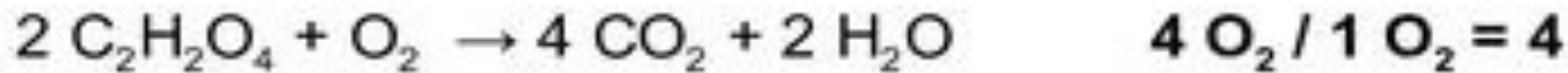
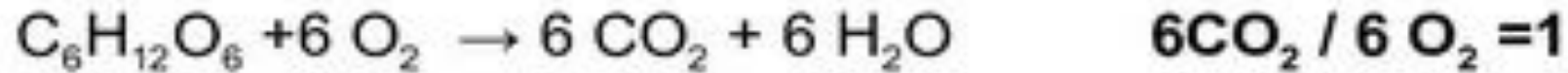
Итог и значение ПФП

- ▶ $6 \text{ глюкозо-6-фосфат} + 12\text{НАДФ}^+ + 7\text{H}_2\text{O} = 6\text{CO}_2 + 12\text{НАДФН} + 12\text{H}^+ + 5\text{глюкозо-6-фосфат} + \text{H}_3\text{PO}_4$.
- ▶ Основное значение ПФП не в энергетическом обмене, а в пластическом:
- ▶ 1. ПФП основной немитохондриальный и внехлоропластный источник НАДФР;
- ▶ 2. синтез пентоз;
- ▶ 3. разнообразие углеводов (С3 – С7) Э-4Ф-источник шикимовой кислоты (синтез фенолов, лигнина)
- ▶ 4. Р-1,5ДФ в цикле Кальвина
- ▶ 5. стабилизация уровня НАДФН в хлоропластах в отсутствие света

Дыхательный коэффициент

$$\text{ДК} = V\text{CO}_2 / V\text{O}_2$$

Органические вещества, разрушающиеся при дыхании – субстрат



Факторы влияющие на ДК:

1. Качество дыхательного материала (степень его окисленности)
2. Концентрация кислорода
3. Расположение ткани
4. Повреждение мембран

Роль дыхания в обмене веществ

