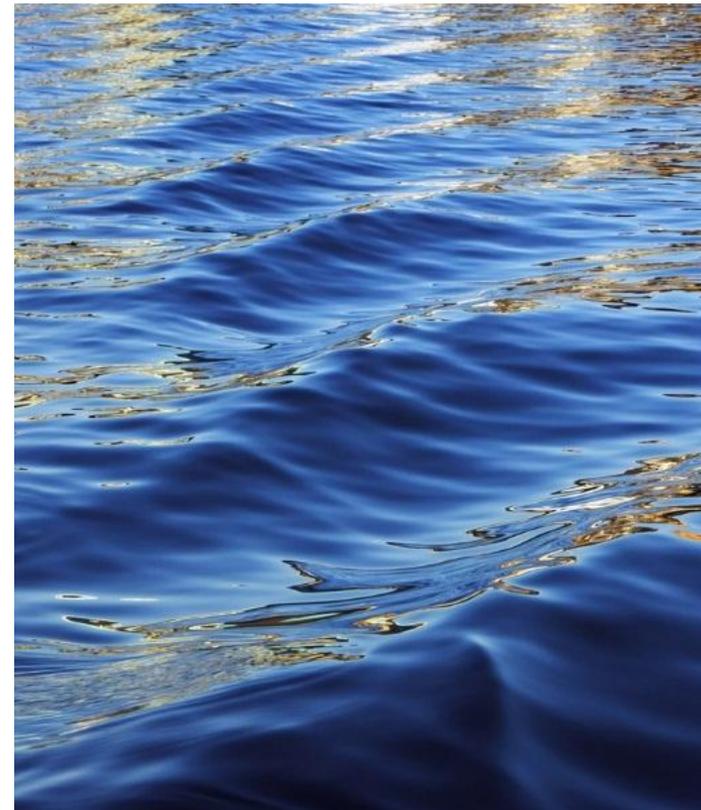


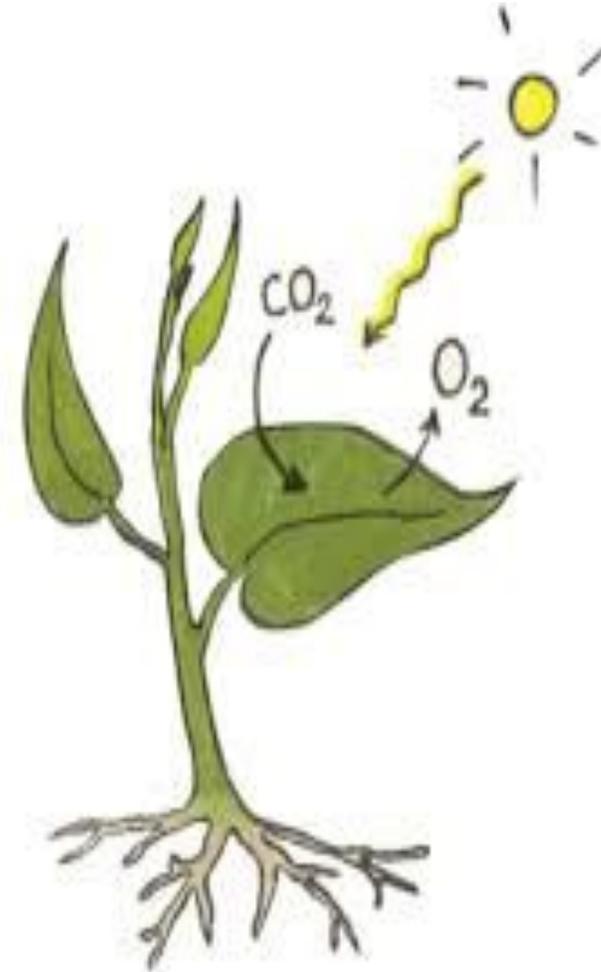
Фотосинтез

Эскерханова Аиша 10 Б



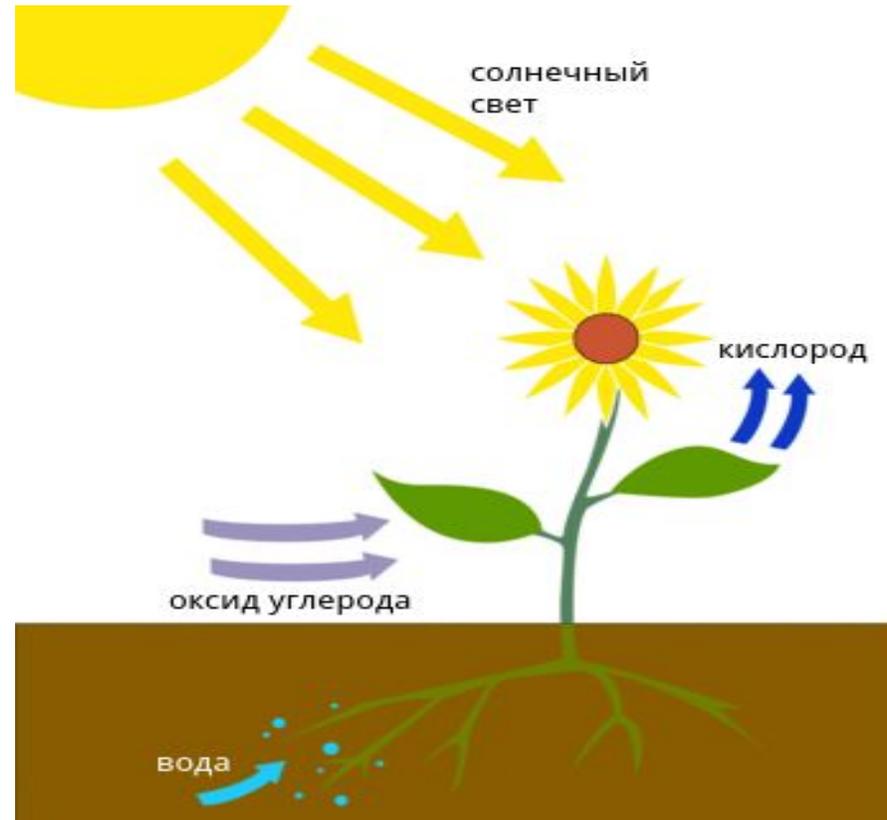
План работы

- Что такое фотосинтез?
- Фазы фотосинтеза
 1. Световая фаза
 2. Темновая фаза
- Цикл Кребса



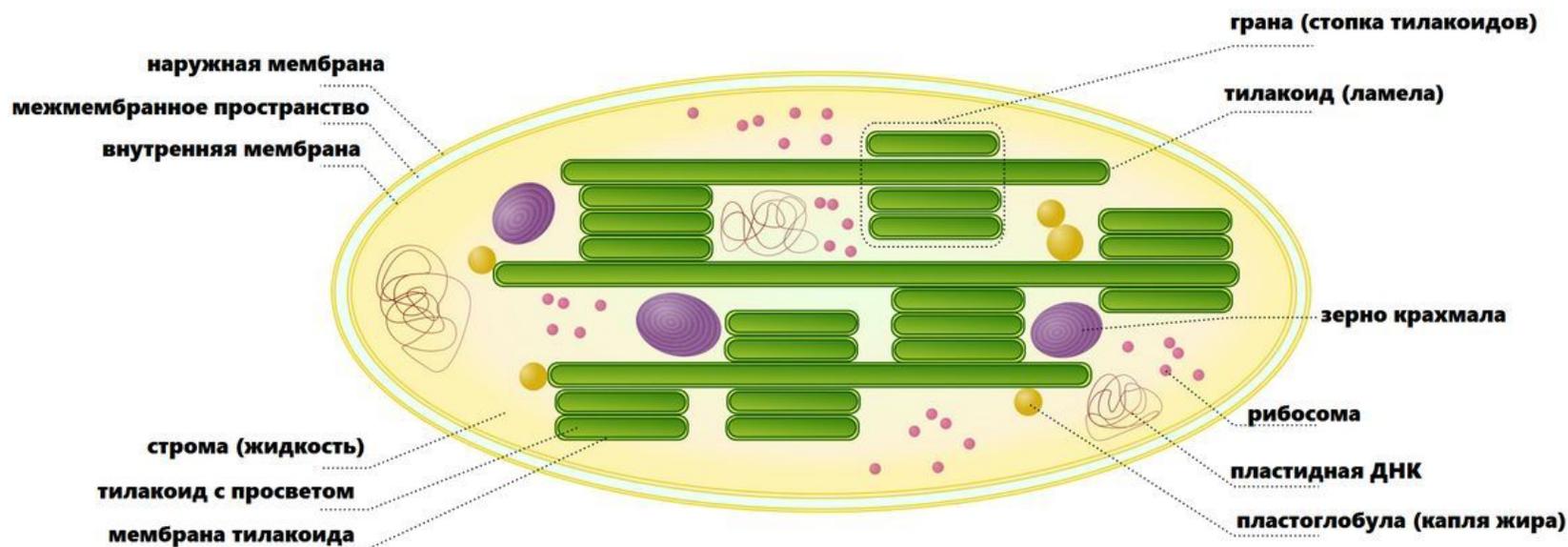
Фотосинтез

Фотосинтез — это процесс образования органических соединений из диоксида углерода (CO_2) и воды (H_2O) с использованием энергии света .
Он происходит в клетках зеленых растений, водорослей и в клетках некоторых бактерий, например цианобактерий, и осуществляется с помощью различных пигментов, в частности, с помощью **хлорофилла**.

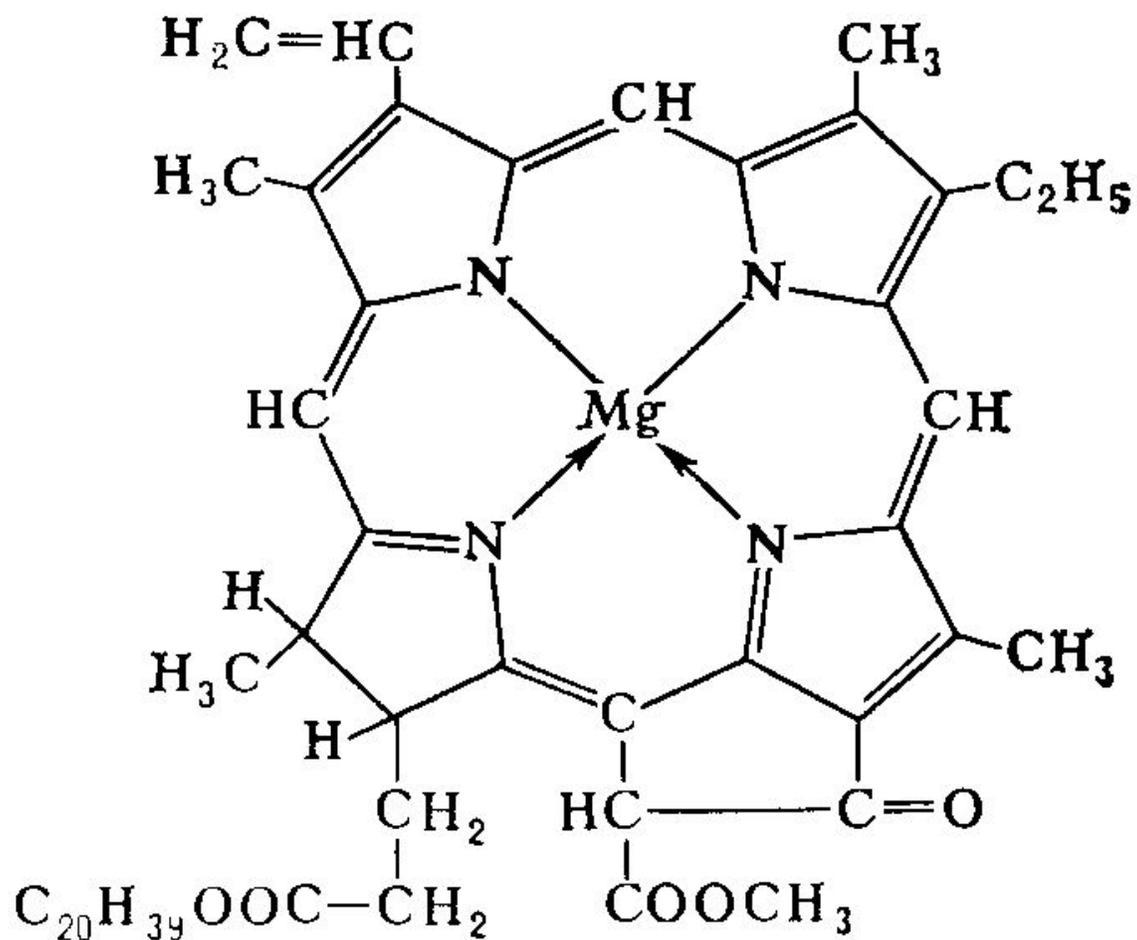


Фотосинтез происходит в клеточных структурах, называемых хлоропластами.

Хлоропласт - это тип органеллы растительных клеток, известный как зеленые пластиды. Пластиды помогают хранить и собирать необходимые вещества для производства энергии. Хлоропласт содержит зеленый пигмент, называемый **хлорофиллом**, который поглощает световую энергию для процесса фотосинтеза. Следовательно, название хлоропласт указывает на то, что эти органеллы представляют собой хлорофиллсодержащие пластиды.



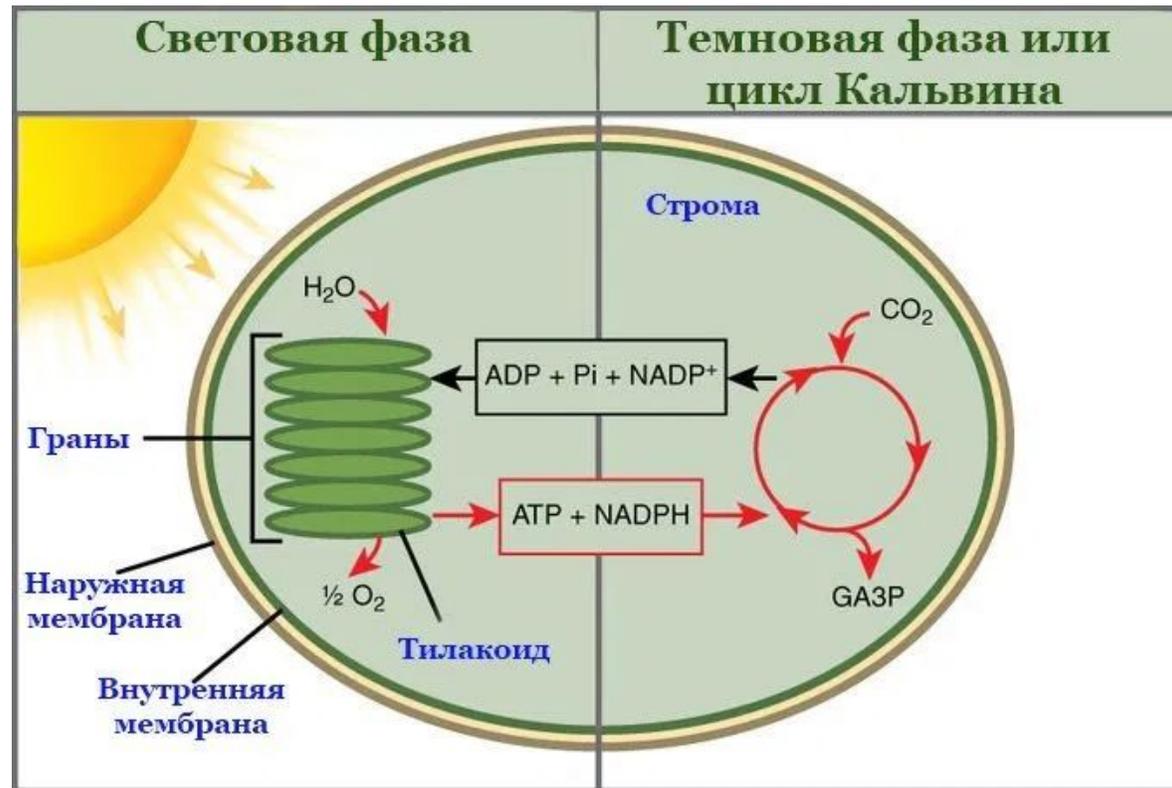
Хлорофилл обладает особой химической структурой, которая позволяет ему улавливать кванты света. Молекула **хлорофилла** способна возбуждаться под действием солнечного света, отдавать свои электроны и перемещать их на более высокие энергетические уровни.



Фазы фотосинтеза

Световая

Темновая



Световая фаза

Световая фаза — это этап, на котором энергия света, поглощённая хлорофиллом, преобразуется в электрохимическую энергию в цепи переноса электронов. Она осуществляется на свету, в мембранах гран тилакоидов, при участии белков-переносчиков и АТФ-синтетазы.

Световая фаза фотосинтеза растений включает в себя **нециклическое фосфорилирование** и **фотолиз** воды.

На фотосинтетических мембранах гран хлоропластов происходят следующие процессы:

- возбуждение электронов хлорофилла квантами света и их переход на более высокий энергетический уровень;
 - восстановление акцепторов электронов — НАДФ⁺ до НАДФ · Н₂ ;
 - фотолиз воды, происходящий при участии квантов света:

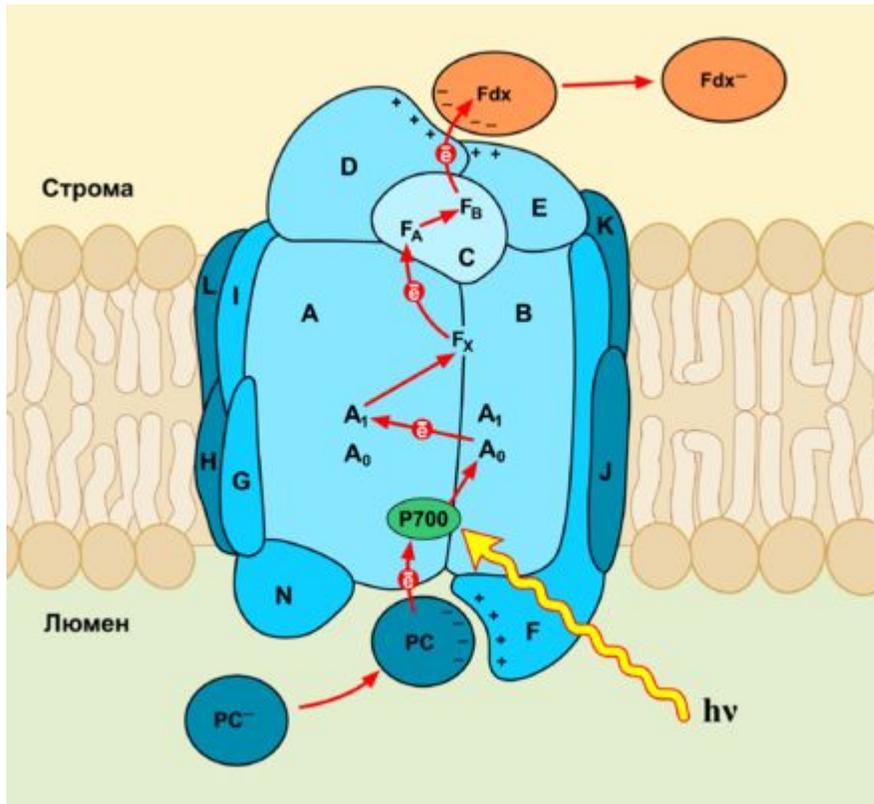


Результатами световых реакций являются:

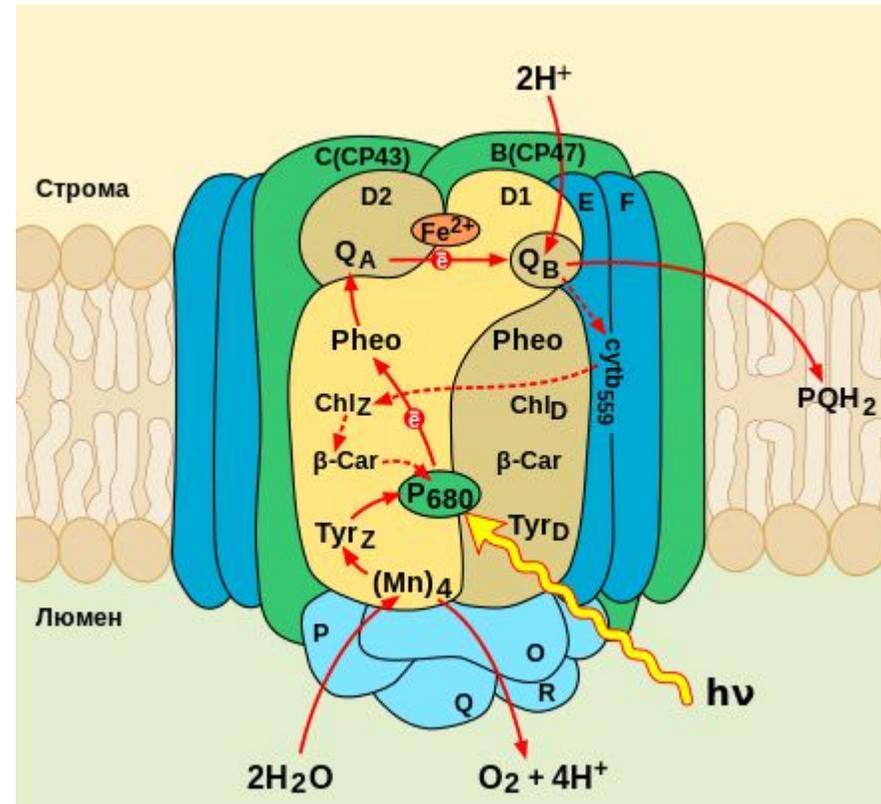
- фотолиз воды с образованием свободного кислорода;
 - синтез АТФ ;
 - восстановление НАДФ⁺ до НАДФ · Н .

Структуры

Фотосистема 1



Фотосистема 2



Фотосистема 2

Белковый комплекс фотосистемы II включает в себя реакционный центр, содержащий хлорофилл а680 (P680), а также хлорофиллы а670-683.

В первой фотосистеме (по историческим причинам получившей название фотосистемы II, или ФС II) в результате поглощения кванта света **электроны** хлорофилла а680 (P680) реакционного центра **возбуждаются и поднимаются** на более высокий энергетический уровень. Здесь они сразу же **захватываются** первым акцептором – белком **феофитином**.

Получив электроны, феофитин становится сильным донором и сразу же **отдает** их другому акцептору, тот передает третьему и т. д. до тех пор, пока электроны не достигнут конечного акцептора, которым служит **фотосистема I (ФС I)**.

Те ФС2 поставщик электронов для ФС 1

Цепь электронного транспорта, соединяющая две фотосистемы, в качестве переносчиков электронов включает в себя пластохинон (ПХ, PQ), отдельный электрон-транспортный комплекс цитохромов (так называемый b/f-комплекс) и водорастворимый белок пластоцианин (ПЦ, PC).

На этом пути **энергия** электрона тратится на **синтез АТФ**.

Источник электронов для ФС2 – вода. Под действием энергии света совершается расщепление молекул воды.

Этот процесс называют **фотолизом**. Процесс фотолиза воды можно выразить уравнением:



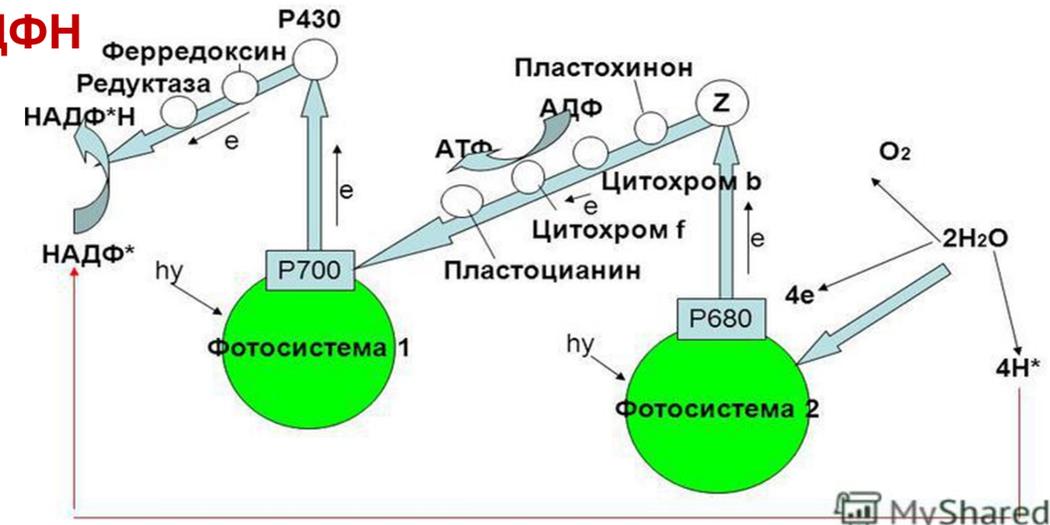
Образовавшиеся при фотолизе ионы водорода H⁺ (протоны) служат источником энергии для синтеза АТФ.

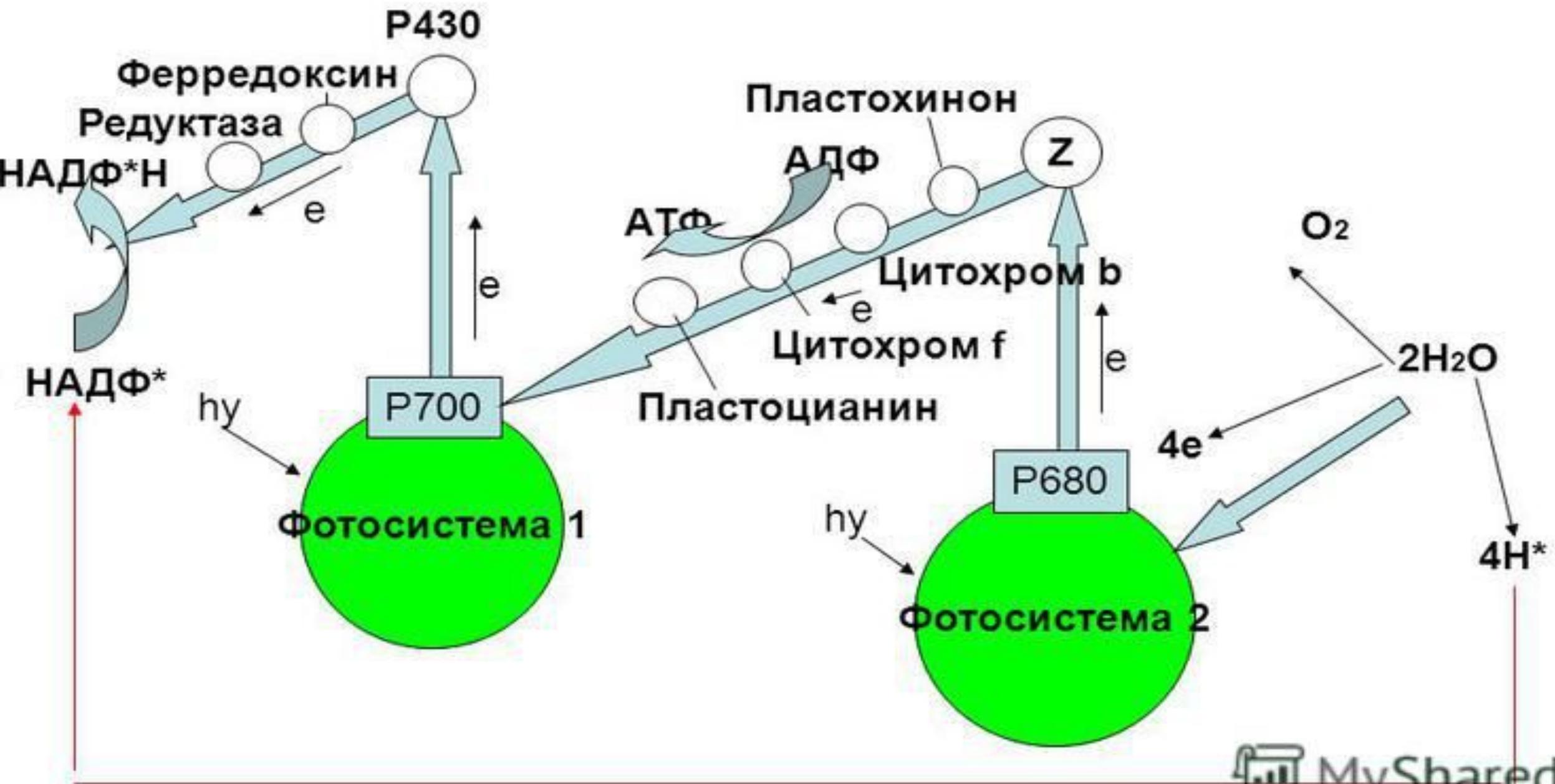
Фотосистема 1

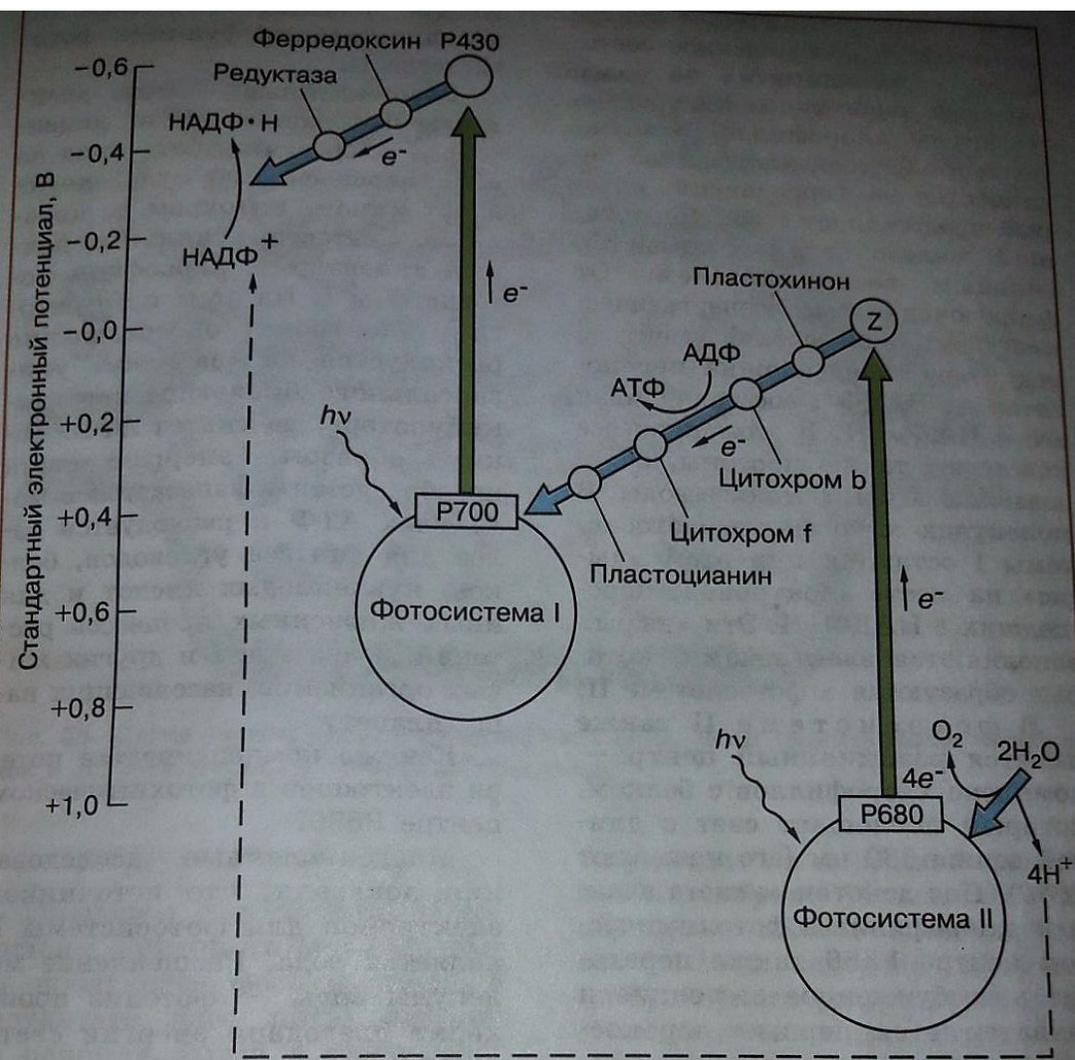
В качестве главного пигмента в ней имеется хлорофилл а с максимумом поглощения в зоне красного света с длиной волны 700 нм, или P700, а также хлорофиллы а675-695, играющие роль антенных компонентов в данной фотосистеме.

При возбуждении энергией, равной 2 квантам длинноволнового красного света, у хлорофилла а700 (P700) в реакционном центре ФС I (главном пигменте) пара электронов «отрывается» от молекулы и «перескакивает» на её более высокие вакантные орбитали (т. е. на её энергетически более высокие уровни). Так продолжается переход электрона (таким путём образуется электронно-транспортная цепь P430-ферредоксин-редуктаза) до тех пор, пока никотинамидадениндинуклеотидфосфат окисленный (НАДФ⁺) не восстановится до никотинамидадениндинуклеотидфосфата восстановленного (НАДФ•Н), который впоследствии используется для восстановления CO₂ и образования углеводов.

Процесс восстановления:







Кванты света ($h\nu$) поглощаются фотосистемой I, возбужденные светом электроны выбрасываются из реакционного центра P700 и по цепи переносчиков электронов (P430, ферредоксин, редуктаза ферредоксина) переносятся на НАДФ⁺, восстанавливая его в НАДФ·Н. Возникшая при этом в реакционном центре P700 «дырка» заполняется электроном, который возбуждается светом в фотосистеме II, в реакционном центре P680. Этот возбужденный электрон перемещается по цепи переносчиков (пластохинон, цитохромы, пластоцианин) и заполняет «дырку» в фотосистеме I. По пути «вниз» этот богатый энергией электрон расходует ее на синтез АТФ. «Дырка», возникшая в фотосистеме II, в свою очередь, заполняется электронами, образующимися в результате фотолиза воды

Значение

- Образование АТФ
- Образование НАДФН



Темновая фаза

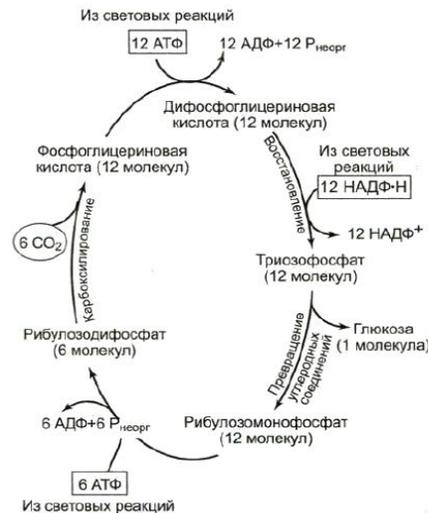
Темновая фаза - процесс преобразования CO_2 в глюкозу с использованием энергии, запасенной в АТФ и НАДФ · Н. Она протекает внутри хлоропласта, в строме.

Реакции темновой фазы фотосинтеза протекают независимо от света. Эти реакции осуществляются в строме хлоропластов, куда из тилакоидов поступают богатые энергией вещества: НАДФ · Н и АТФ, накопленные в реакциях световой фазы фотосинтеза. Источник углерода (CO_2) растение получает из воздуха через устьица. Превращение углекислого газа в глюкозу в ходе темновой фазы фотосинтеза получило название цикла Кальвина по имени его открывателя. **Результатом** темновых реакций является превращение углекислого газа в **глюкозу**, а затем в **крахмал**. Помимо молекул глюкозы в строме хлоропластов происходит образование аминокислот, нуклеотидов, спиртов.

Цикл Кальвина

Цикл Кальвина состоит из трёх этапов: **карбоксилирования, восстановления и превращения.**

- На первом этапе (карбоксилирование) фиксация углерода идет с участием ферментов и АТФ, полученной от световой фазы, при этом **образуются** молекулы 3-фосфоглицериновой кислоты (**3-ФГК**).
 - На втором этапе (восстановление) помимо АТФ используется и НАДФ•Н. Здесь в ходе реакций **3-ФГК** восстанавливается до 3-фосфоглицеринового альдегида (**3-ФГА**), часть молекул которого может синтезироваться в **глюкозу**.
- На третьем этапе (превращение) при повторении цикла часть молекул **3-ФГА** синтезируется в молекулу **фруктозо-1,5-дифосфат**, из которой могут образовываться **глюкоза, сахароза** или **крахмал** или другие сложные соединения. Таким образом, в реакциях темновой фазы фотосинтеза участвуют многие однотипные молекулы. Но целый ряд молекул ФГК вовлекается в длинный ряд реакций, которые приводят к превращению трёхуглеродных молекул в молекулы пятиуглеродного сахара, которые могут снова акцептировать углекислый газ и продолжать повторение этого цикла до тех пор, пока растение живёт и получает световую энергию — т. е. многократно, в определённом ритме и циклично



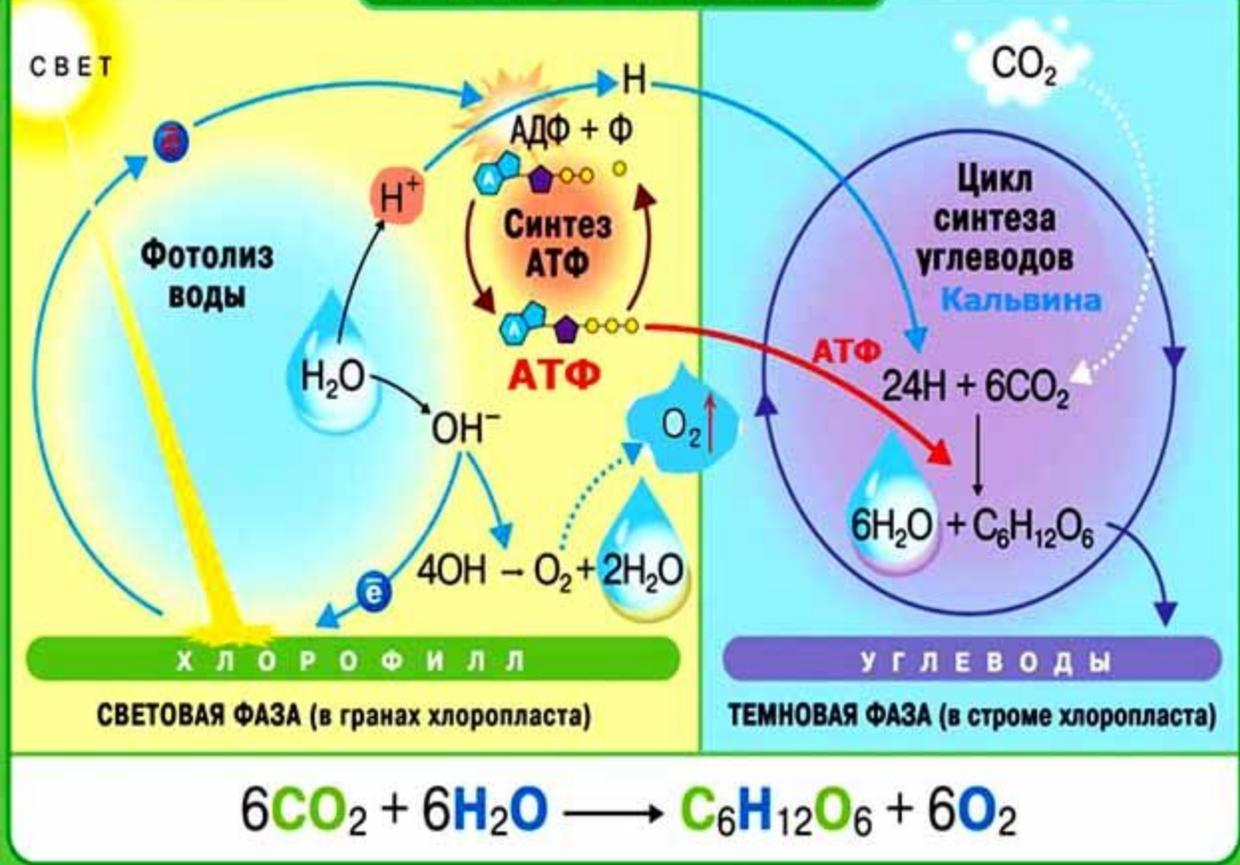
Первой реакцией цикла Кальвина является **карбоксилирование** рибулозо-1,5-бифосфата (РиБФ). Карбоксилирование — это присоединение молекулы CO_2 , в результате чего образуется карбоксильная группа $-\text{COOH}$. РиБФ — это рибоза (пятиуглеродный сахар), у которой к конечным атомам углерода присоединены фосфатные группы (образуемые фосфорной кислотой): Реакция катализируется ферментом рибулозо-1,5-бифосфат-карбоксилаза-оксигеназа (РубисКО). Он может катализировать не только связывание углекислого газа, но и кислорода. Катализ реакции присоединения CO_2 к РиБФ происходит в несколько шагов. В результате образуется неустойчивое **шестиуглеродное органическое соединение**, которое тут же распадается на **две трехуглеродные молекулы фосfogлицериновой кислоты (ФГК)**. Далее ФГК за несколько ферментативных реакций, протекающих с затратой энергии АТФ и восстановительной силы НАДФ·Н₂, превращается в **фосfogлицериновый альдегид (ФГА)**, также называемый триозофосфатом.

Меньшая часть ФГА выходит из цикла Кальвина и используется для синтеза более сложных органических веществ, например **глюкозы**. Она, в свою очередь, может полимеризоваться до **крахмала**.

Другие вещества (аминокислоты, жирные кислоты) образуются при участии различных исходных веществ. Такие реакции наблюдаются не только в растительных клетках. Большая часть молекул ФГА остается в цикле Кальвина. С ним происходит ряд превращений, в результате которых ФГА превращается в РиБФ. При этом также используется энергия АТФ. Таким образом, РиБФ регенерируется для связывания новых молекул углекислого газа.



ФОТОСИНТЕЗ



Суммарные уравнения и частные реакции фотосинтеза

Общая реакция фотосинтеза	$12H_2O + 6CO_2 \xrightarrow{\text{энергия света}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$
Фотолиз воды	$12H_2O \xrightarrow{\text{энергия света}} 6O_2 + 24H^+ + 24e^-$
Образование восстановителя	$12НАДФ^+ + 24H^+ + 24e^- \xrightarrow{\text{энергия света}} 12НАДФ \cdot H_2$
Фото-фосфорилирование	$18АДФ + 18\textcircled{Ф} \xrightarrow{\text{энергия света}} 18АТФ$
Все световые реакции вместе	$12H_2O + 12НАДФ^+ + 18АДФ + 18\textcircled{Ф} \xrightarrow{\text{энергия света}} 6O_2 \uparrow + 12НАДФ \cdot H_2 + 18АТФ$
Все темновые реакции	$6CO_2 + 12НАДФ \cdot H_2 + 18АТФ \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 12НАДФ^+ + 18АДФ + 18\textcircled{Ф} + 6H_2O$

Значение фотосинтеза

1. В процессе фотосинтеза образуется свободный кислород, который необходим для дыхания организмов.
2. Фотосинтез обеспечивает постоянство уровня CO_2 и O_2 в атмосфере.
3. Фотосинтез обеспечивает образование органических веществ, а следовательно, пищу для всех живых существ.
4. В верхних слоях воздушной оболочки Земли из кислорода образуется озон O_3 , из которого формируется защитный озоновый экран, предохраняющий организмы от опасного для жизни воздействия ультрафиолетового излучения.



Гликолиз

Гликолиз — процесс окисления глюкозы, протекающий в цитоплазме, при котором из одной молекулы глюкозы образуются две молекулы пировиноградной кислоты. Гликолиз состоит из цепи последовательных ферментативных реакций и сопровождается запасанием энергии в форме АТФ и НАДН.

1 глюкоза(C₆H₁₂O₆) = 2 пировиноградные кислоты(C₃H₄O₃).

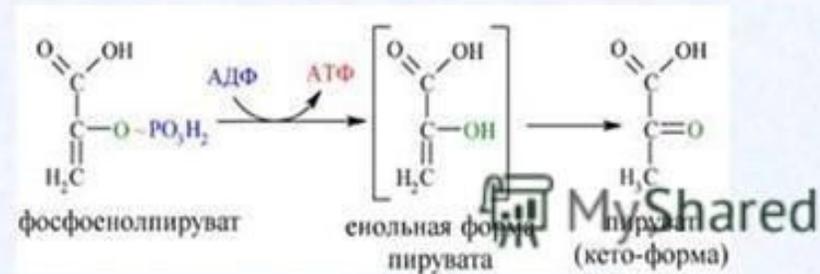
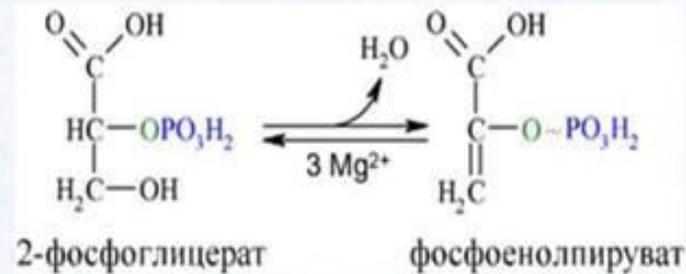
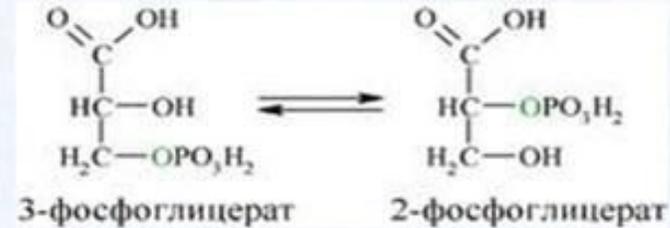
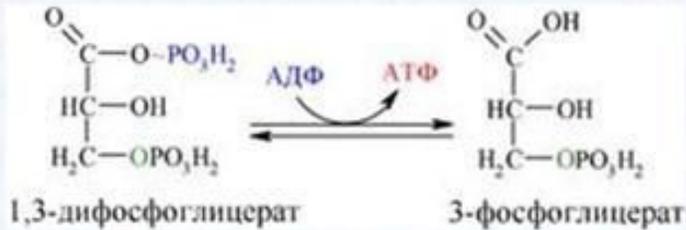
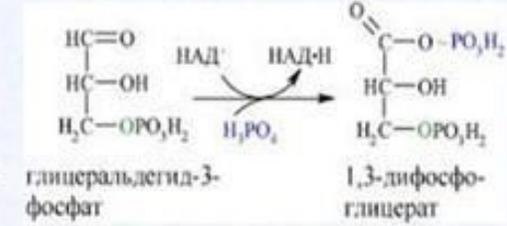
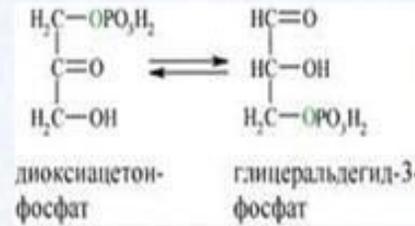
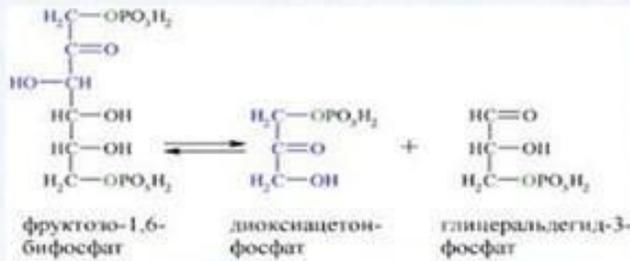
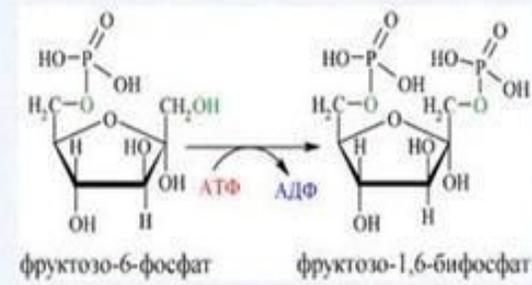
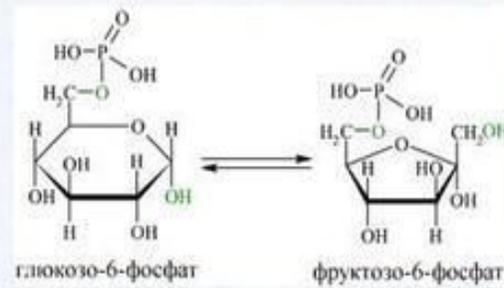
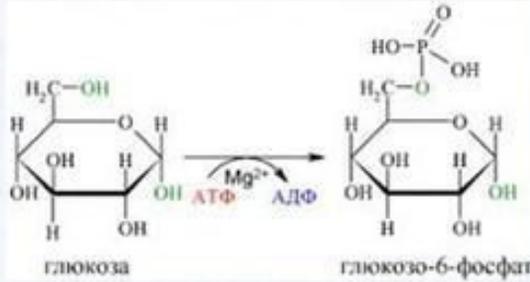
Глюкоза не сразу распадается до пирувата, а через ряд последовательных реакций. Суммарно их можно представить в виде трех этапов:

- Глюкоза фосфорилируется за счет фосфатных групп АТФ и превращается в фруктозо-1,6-бифосфат. При этом используются две молекулы АТФ, которые становятся АДФ.
 - Фруктозо-1,6-бифосфат расщепляется на два фосфорилированных трехуглеродных сахара.
- Эти сахара превращаются в пировиноградную кислоту. При этом синтезируется четыре молекулы АТФ, а к двум молекулам НАД присоединяется водород.

Суммарное уравнение реакции гликолиза:



10 реакций гликолиза



Цикл Кребса

Цикл Кребса также называется циклом трикарбоновых кислот. Представляет собой ферментативный кольцевой конвейер, «работающий» в матриксе митохондрий.

Образовавшаяся в результате гликолиза пировиноградная кислота поступает в митохондрии, где она в конечном итоге полностью окисляется, превращаясь в углекислый газ и воду. До цикла Кребса пируват декарбоксилируется и дегидрируется. В результате декарбоксилирования отщепляется молекула CO_2 , дегидрирование — это отщепление атомов водорода. Они соединяются с НАД. В результате из пировиноградной кислоты образуется уксусная, которая присоединяется к коферменту А. Получается ацетилкофермент А (**ацетил-КоА**), содержащий высокоэнергетическую связь. Цикл Кребса начинается с **гидролиза ацетил-КоА**, при котором отщепляется ацетильная группа, содержащая два атома углерода. Далее ацетильная группа включается в цикл трикарбоновых кислот. Ацетильная группа **присоединяется** к щавелевоуксусной кислоте, имеющей четыре атома углерода. В результате образуется **лимонная кислота**, включающая шесть атомов углерода. Энергию для этой реакции поставляет макроэргическая связь ацетил-КоА. Далее следует цепь реакций, в которых связанная в цикле Кребса ацетильная группа дегидрируется с высвобождением четырех пар атомов **водорода** и декарбоксилируются с образованием двух молекул **CO_2** . При этом для окисления используется кислород, отщепляемый от двух молекул воды, а не молекулярный. В конце цикла щавелевоуксусная кислота **регенерируется**.

Следует отметить, что не только глюкоза и образующийся из нее пируват поступают в цикл Кребса. В результате расщепления ферментом липазой жиров образуются жирные кислоты, окисление которых также приводит к образованию ацетил-КоА, восстановлению НАД, а также ФАД (флавинадениндинуклеотида). Если клетка испытывает дефицит углеводов и жиров, то окислению могут подвергаться аминокислоты. При этом образуются ацетил-КоА и органические кислоты, которые далее участвуют в цикле Кребса. Таким образом неважно, каким был первичный источник энергии. В любом случае образуется ацетил-КоА, представляющий собой универсальное для клетки соединение.

КРАТКО:

- Пировиноградная кислота-уксусная-ацетил-КоА
 1. Ацетил-КоА —ацетильная группа
 2. ацетильная группа(—> цикл Кребса)+щавелевоуксусная кислота=лимонная кислота

Ацетильная группа=4Н и 2 CO_2 и АТФ

1 Гликолиз=2 Цикла Кребса(тк 1 глюкоза=2 пирувата) —> 8Н и 4 CO_2 и 2 АТФ



СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ

