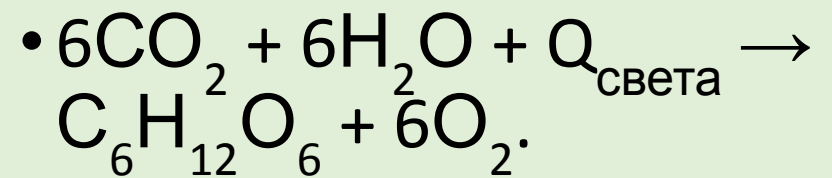


# Фотосинтез

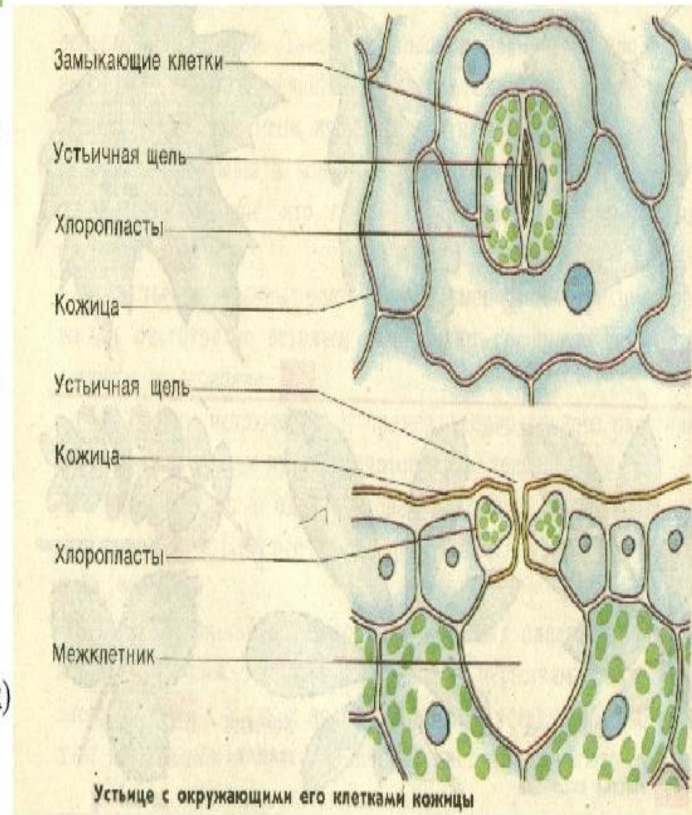
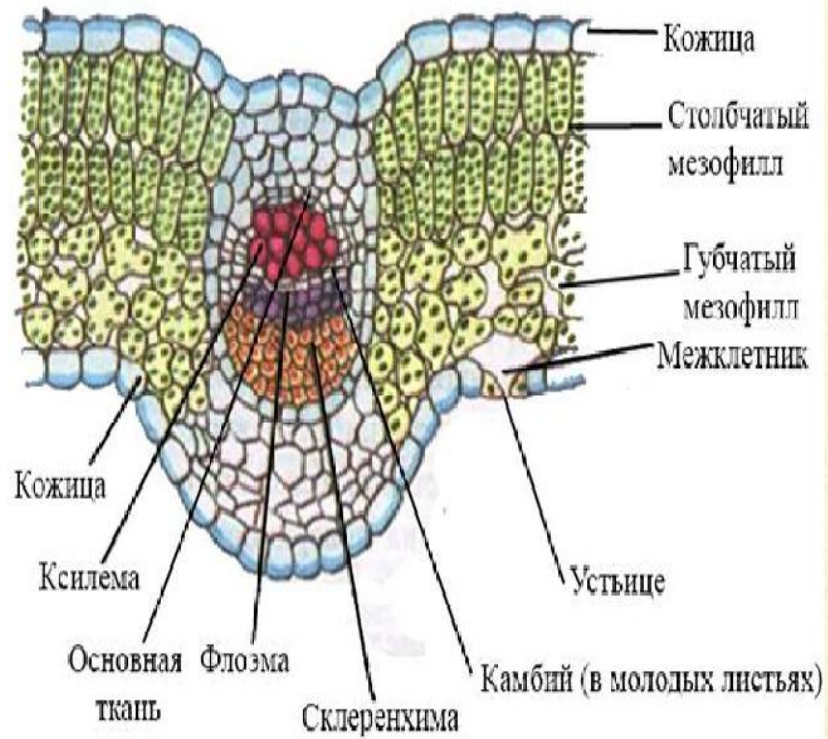




- **Фотосинтез** — синтез органических веществ из углекислого газа и воды с обязательным использованием энергии света:

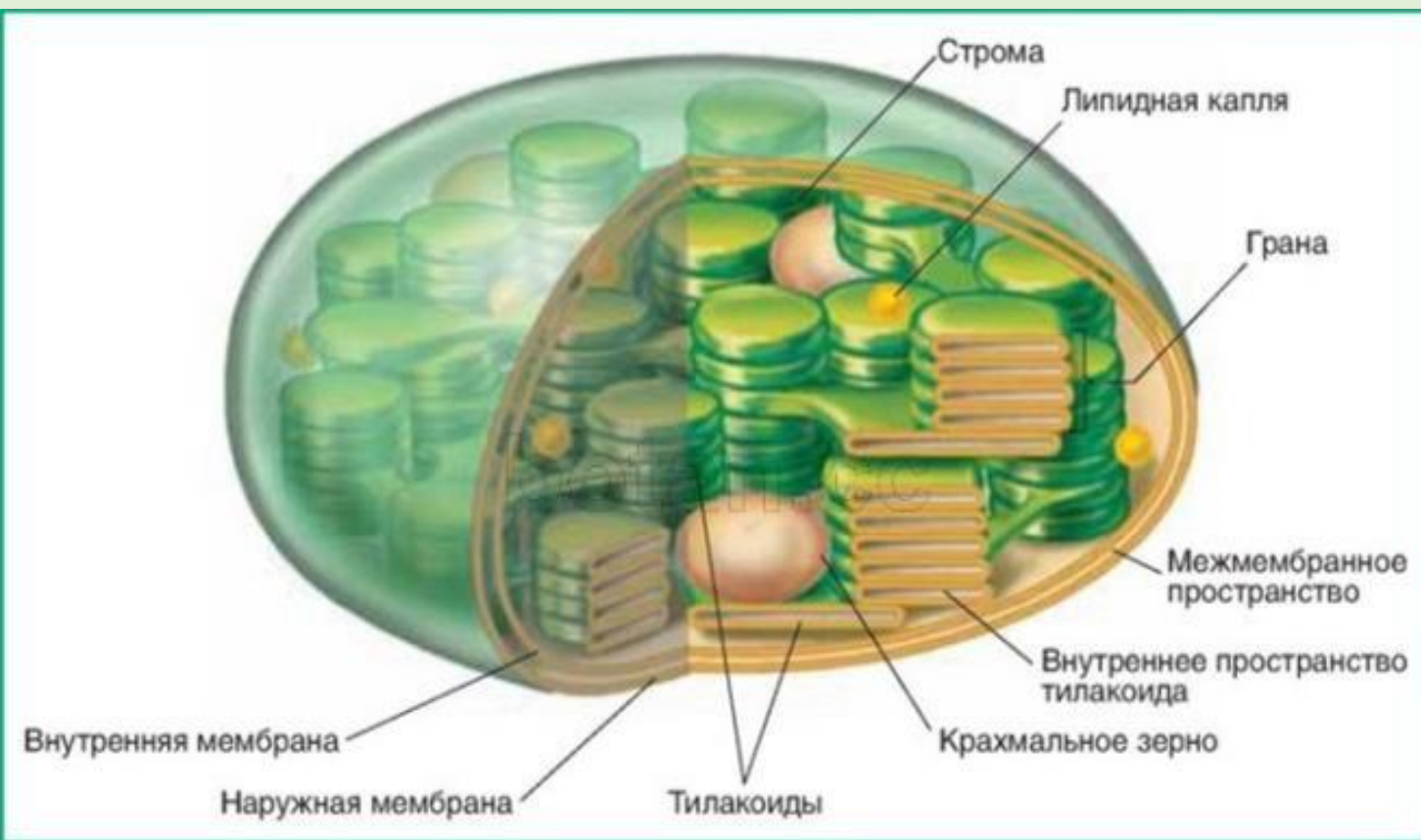


# Внутреннее строение листа. Устьице



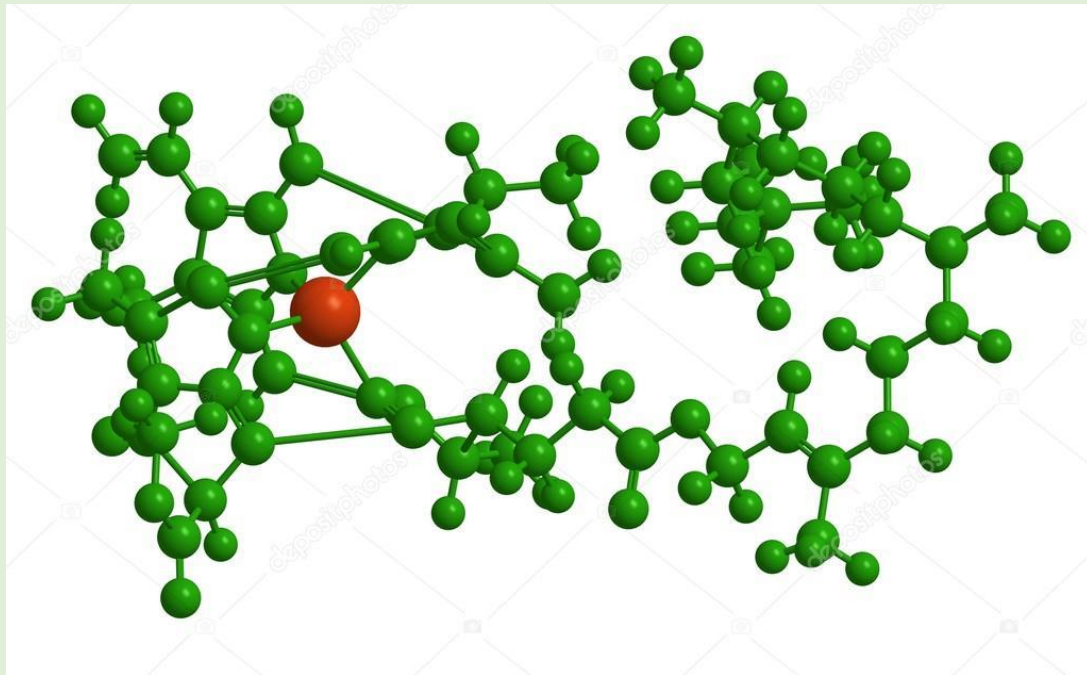
- У высших растений органом фотосинтеза является лист





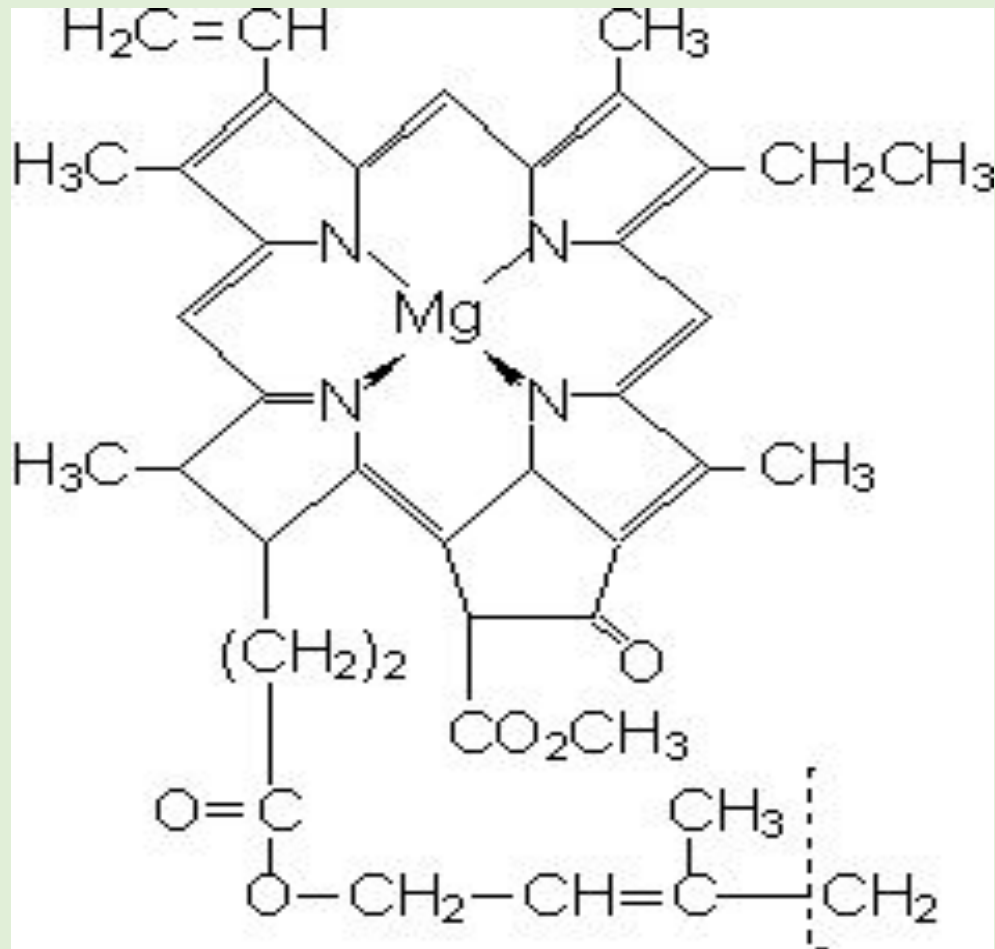
- органоидами фотосинтеза — хлоропласты

# Хлорофилл



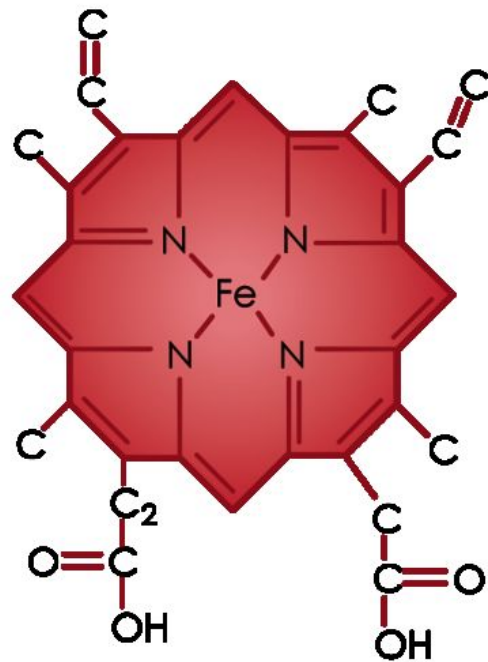
- В мембраны тилакоидов хлоропластов встроены фотосинтетические пигменты: хлорофиллы и каротиноиды. Существует несколько разных типов хлорофилла (*a*, *b*, *c*, *d*), главным является хлорофилл *a*.

# Хлорофилл

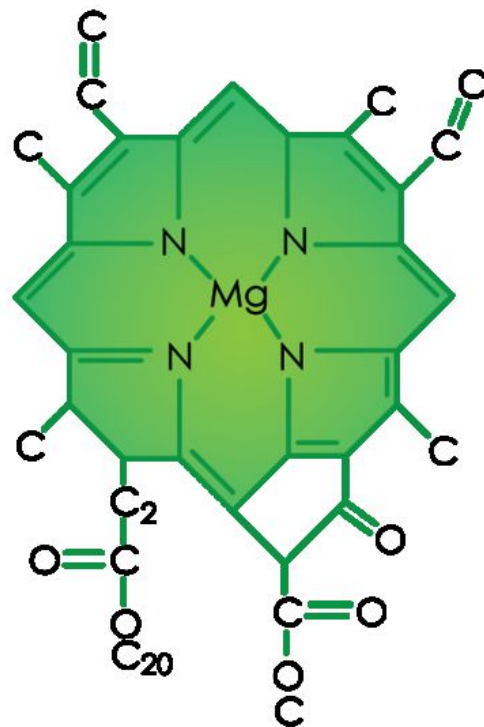


- В молекуле хлорофилла можно выделить порфириновую «головку» с атомом магния в центре и фитольный «хвост». Порфириновая «головка» представляет собой плоскую структуру, является гидрофильной и поэтому лежит на той поверхности мембраны, которая обращена к водной среде стромы. Фитольный «хвост» — гидрофобный и за счет этого удерживает молекулу хлорофилла в мембране.

# Хлорофилл



**Гемоглобин**



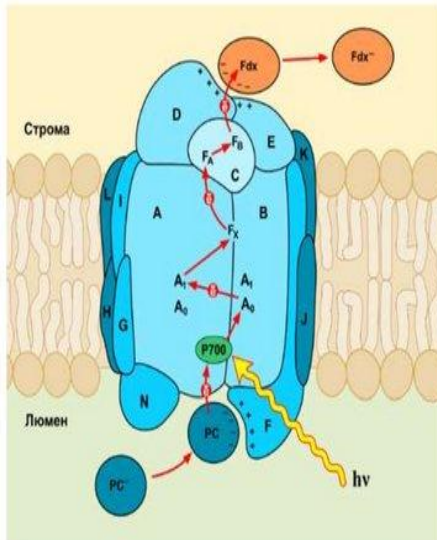
**Хлорофилл**

- Хлорофилл напоминает по строению пигмент эритроцитов человека и животных – гем.

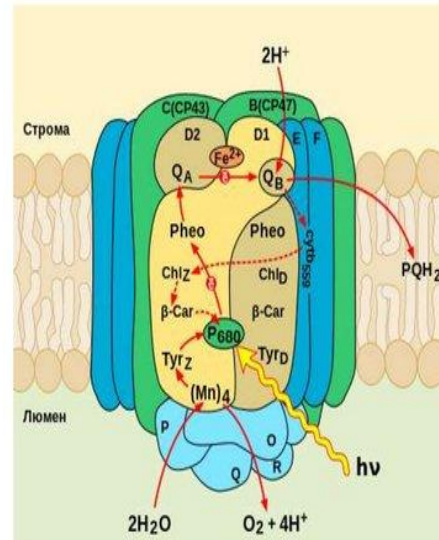
# Фотосистемы

## Структуры

Фотосистема 1



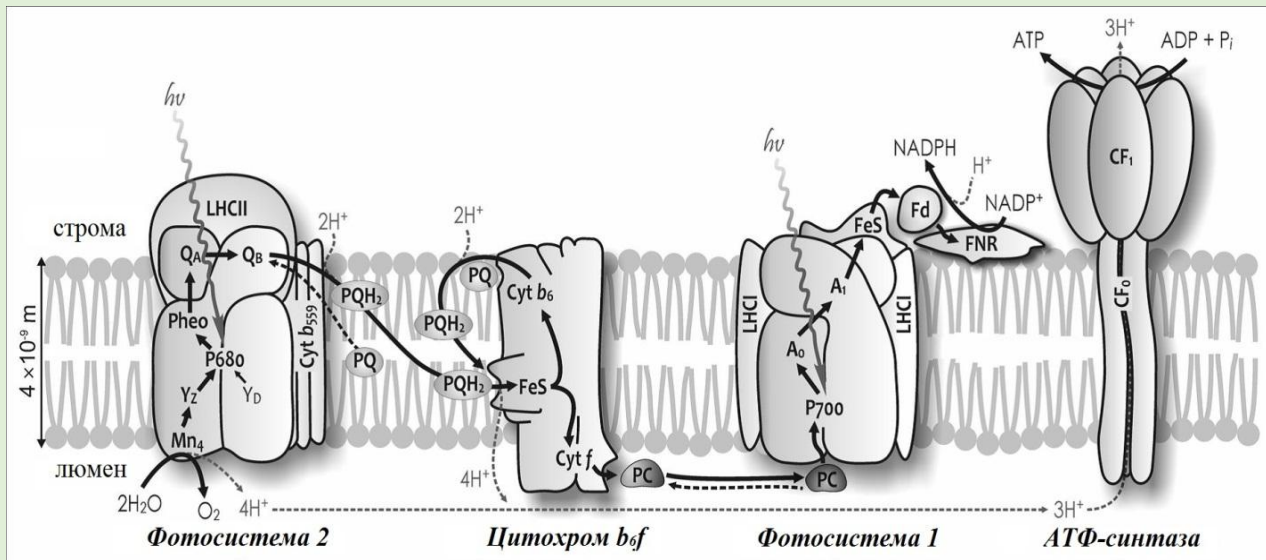
Фотосистема 2



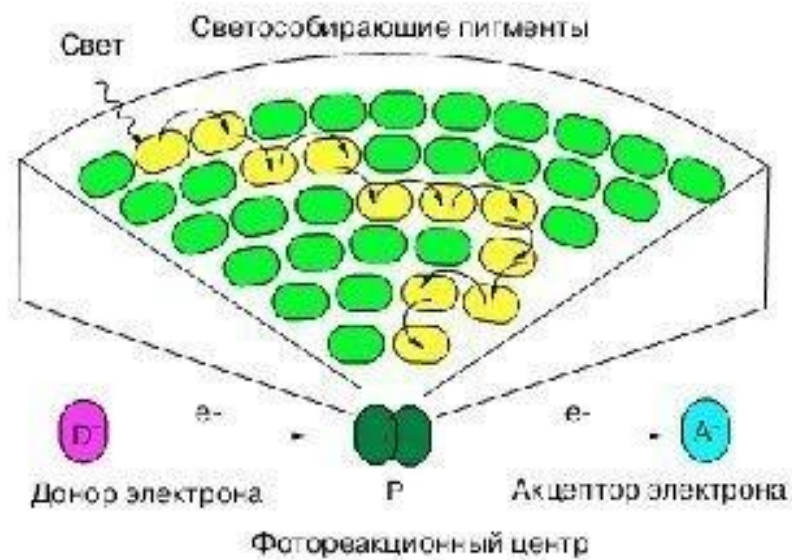
- Хлорофиллы поглощают красный и сине-фиолетовый свет, отражают зеленый и поэтому придают растениям характерную зеленую окраску. Молекулы хлорофилла в мембранах тилакоидов организованы в **фотосистемы**.
- Фотосистема I имеет реакционный центр, в котором находятся молекулы хлорофилла в комплексе с белками. Поглощает красный свет с длиной волны 700нм (P700)



# Фотосистемы



- Фотосистема II имеет реакционный центр (хлорофилл + белок), который поглощает свет длиной волны 680 нм. (P 680)



Каждая фотосистема состоит из светособирающих (антенных) молекул пигментов (хлорофилла *a*, хлорофилла *b*, каротиноидов, фикобилинов) и реакционного центра (РЦ). Реакционный центр, в свою очередь, включает фотоактивный пигмент-ловушку и первичные доноры и акцепторы электронов. Пигмент-ловушка фотосистемы I поглощает свет с длиной волны 700 нм и обозначается  $P_{700}$  (или  $P_{700}$ ), а пигмент-ловушка фотосистемы II поглощает свет с длиной волны 680 нм и обозначается  $P_{680}$  (или  $P_{680}$ ).

# Световая фаза фотосинтеза

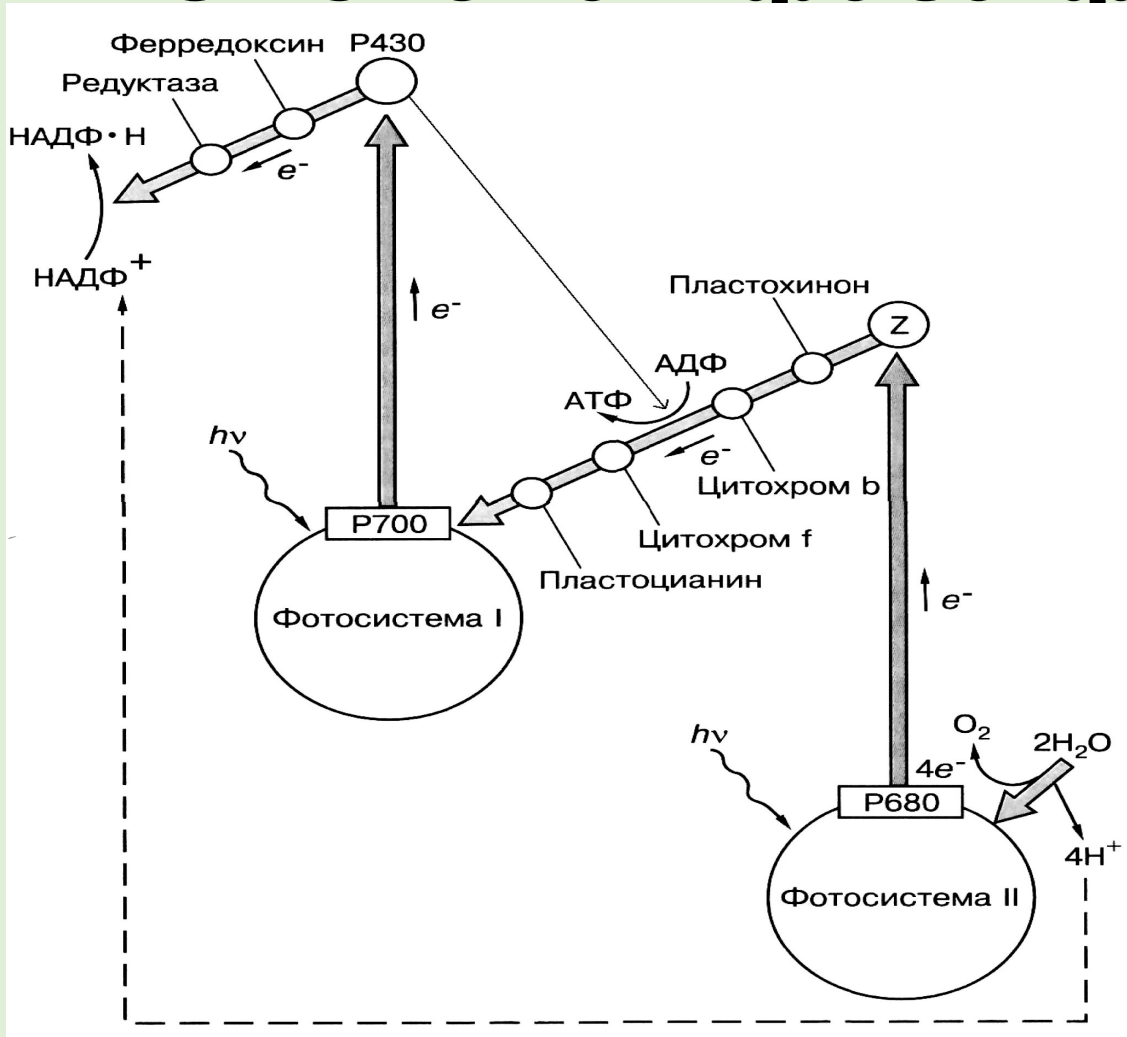
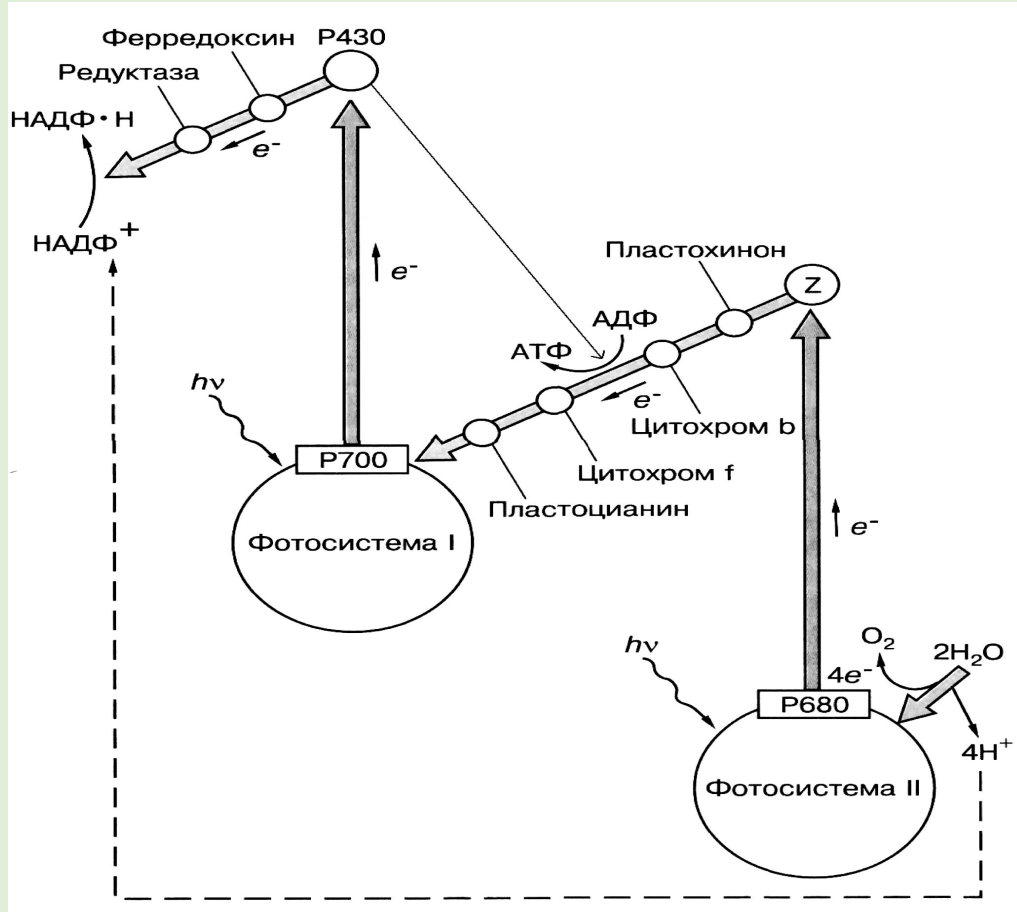


Схема процессов фотосинтеза.

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<sup>+</sup>, восстанавливая его в НАДФ·Н. Возникшая при этом в реакционном центре P700 «дырка» заполняется электроном, который возбуждается светом в фотосистеме II, в ее реакционном центре P680.

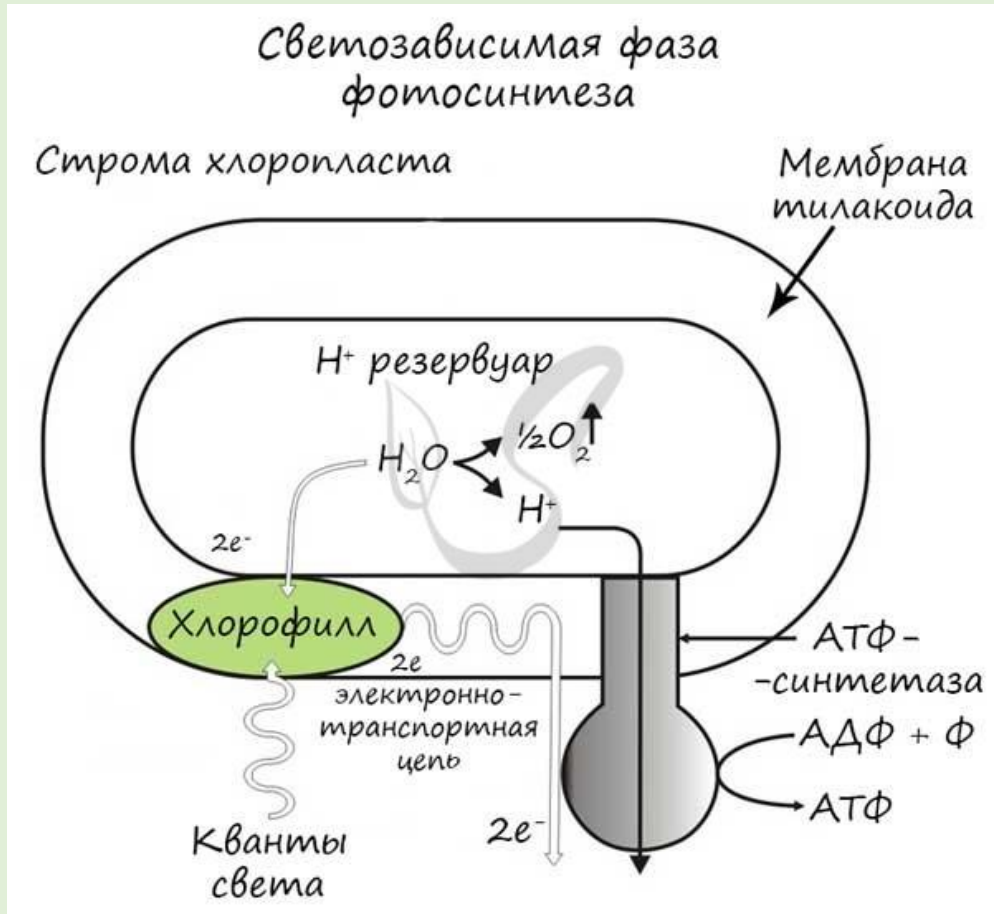
# Световая фаза фотосинтеза



- 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 из АДФ и неорганического фосфата. «Дырка», возникшая в фотосистеме II, в свою очередь, заполняется электронами, которые образуются в результате фотолиза воды ( $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + 4e^- + \text{O}_2$ ).

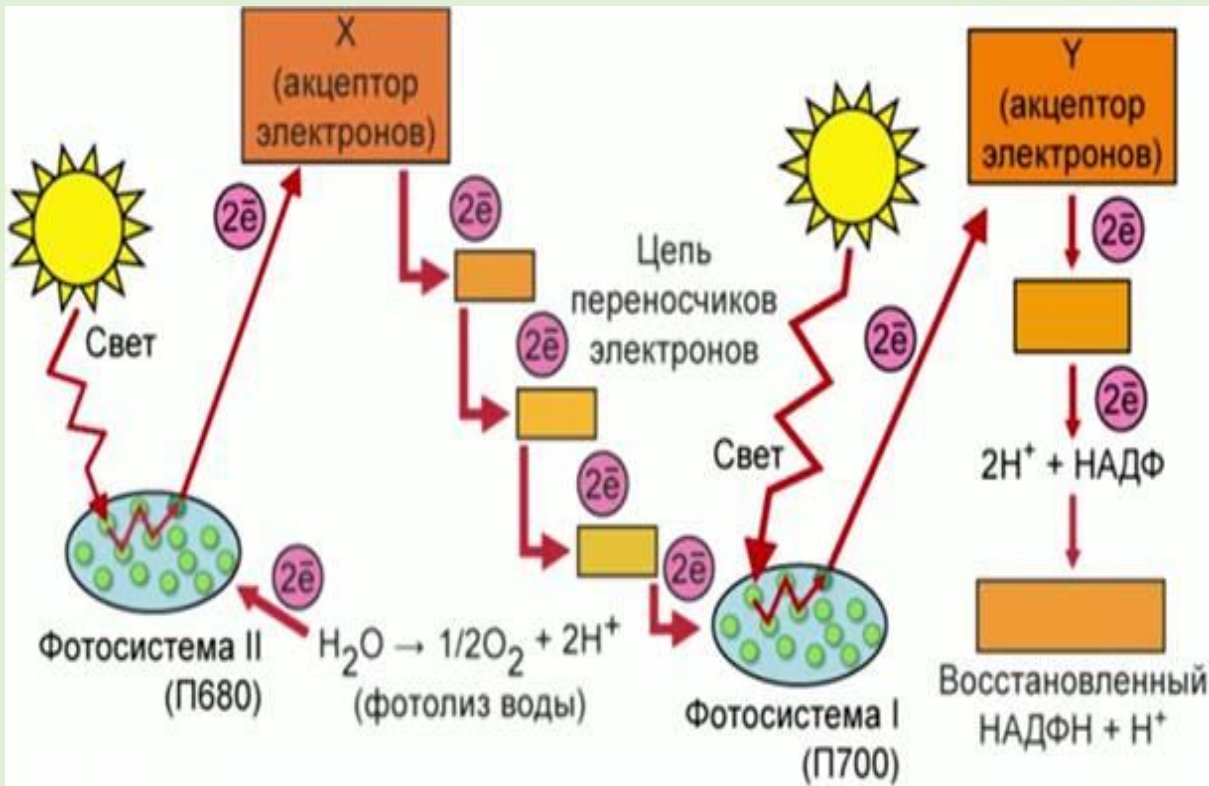


# Световая фаза фотосинтеза



- Во время световой фазы происходит образование энергии, которая затем расходуется на темновые реакции. Процесс световой фазы фотосинтеза включает в себя нециклическое фотофосфорилирование и фотолиз воды. В качестве побочного продукта реакции в результате фотолиза воды выделяется кислород. Реакция происходит на мембранах тилакоидов.

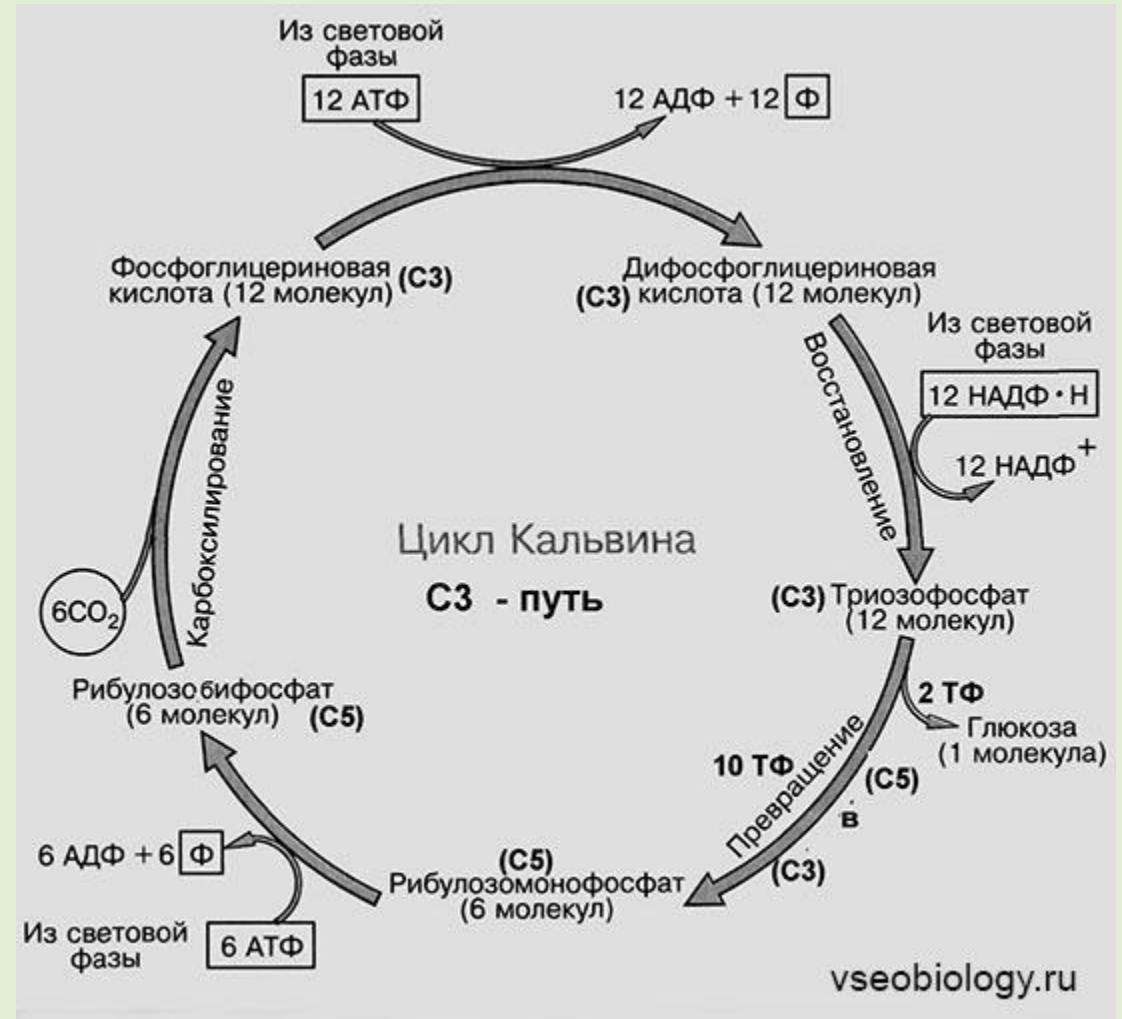
# Световая фаза



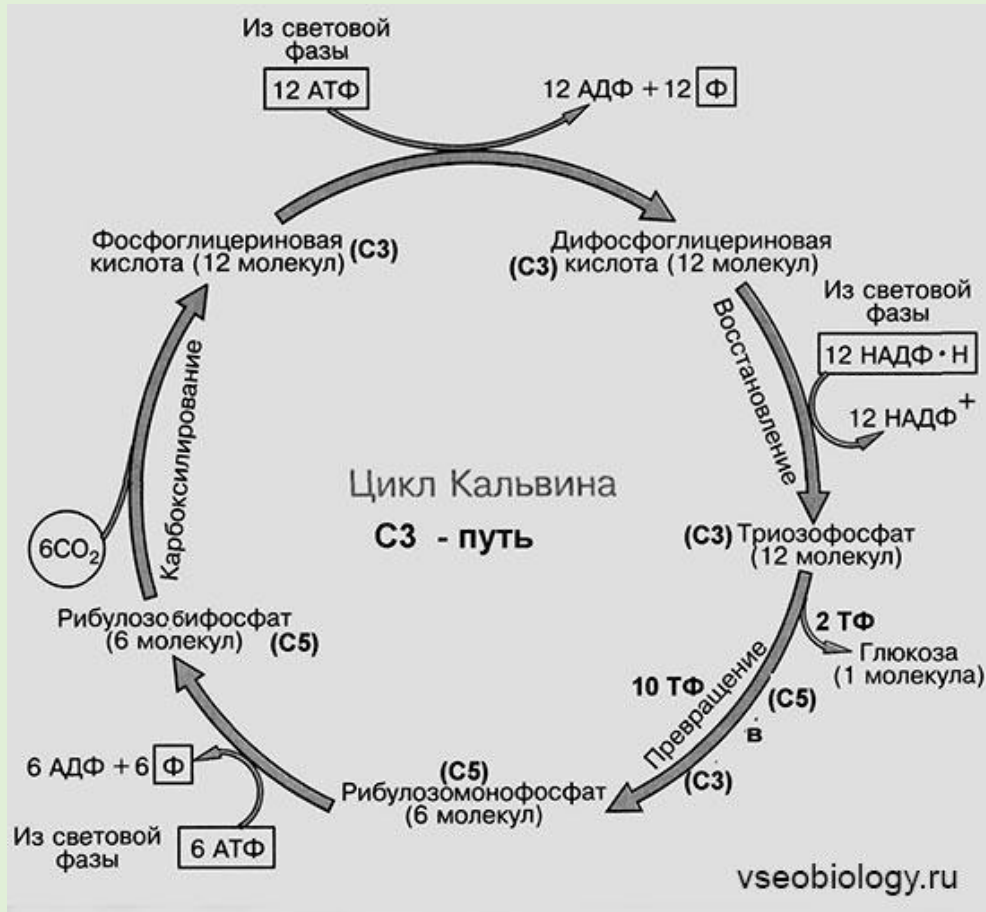
- **Результатами световой фазы являются:**
- фотоллиз воды с образованием свободного кислорода;
- синтез *АТФ*;
- восстановление *НАДФ<sup>+</sup>* до *НАДФ · Н*.

# Темновая фаза

- **Темновая фаза фотосинтеза.** Если световая фаза протекает только на свету, то темновая фаза не зависит от света. Темновая фаза протекает в строме хлоропластов, куда переносятся богатые энергией соединения, а именно АТФ и восстановленный НАДФ, кроме этого, туда же поступает углекислый газ в качестве источника углеводов, который берется из воздуха и поступает в растения через устьица.



# Темновая фаза фотосинтеза

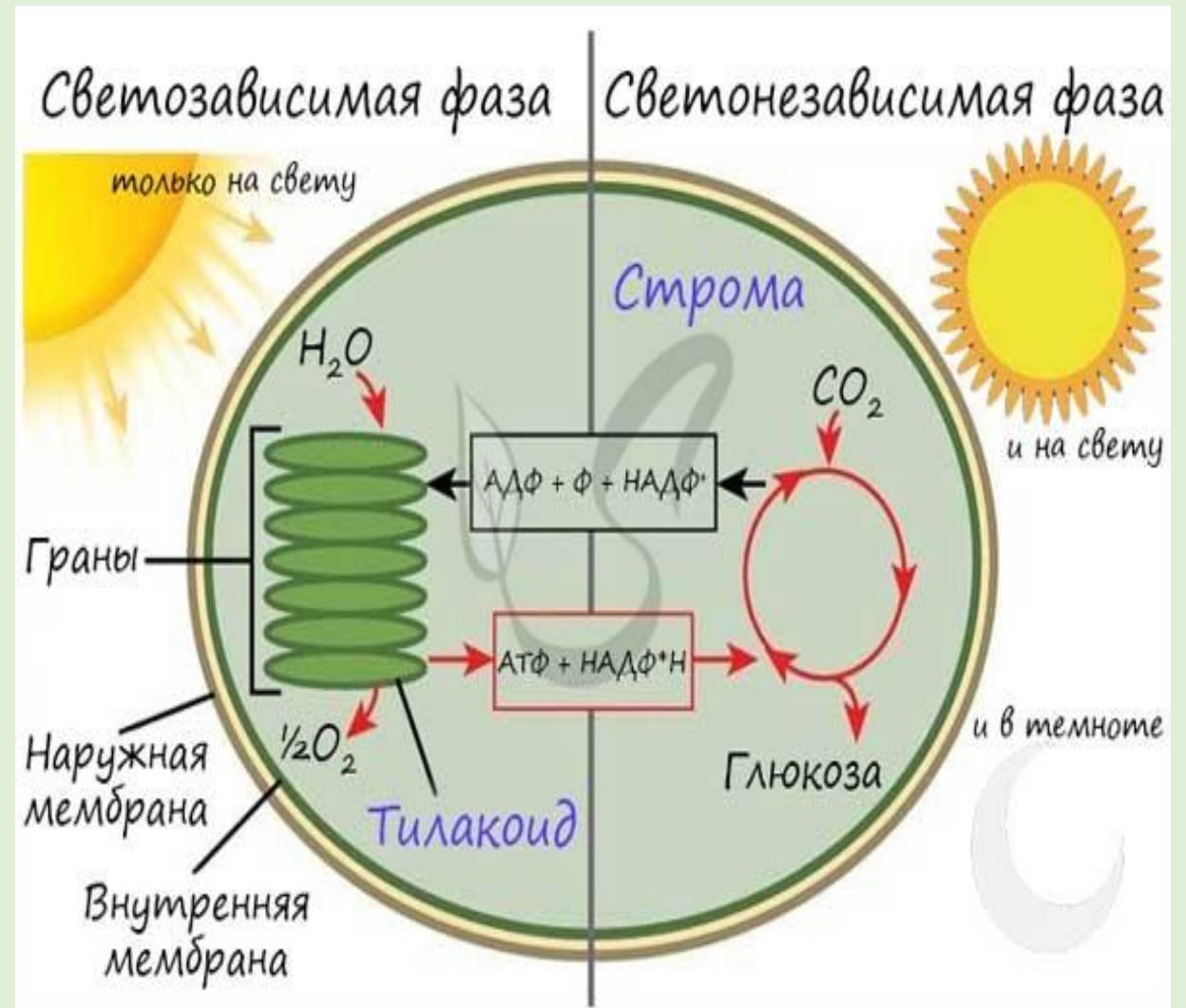
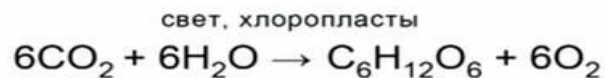


- В реакциях темновой фазы углекислый газ восстанавливается до глюкозы с помощью энергии, запасенной молекулами АТФ и НАДФ · Н.
- Превращение углекислого газа в глюкозу в ходе темновой фазы фотосинтеза получило название цикла Кальвина – по имени его первооткрывателя.



# Фотосинтез

- **Первая стадия фотосинтеза** – световая – происходит на мембранах хлоропласта в тилакоидах.
- **Вторая стадия фотосинтеза** – темновая – протекает внутри хлоропласта, в строме.
- Суммарное уравнение фотосинтеза выглядит следующим образом. При взаимодействии 6 молекул углекислого газа и 6 молекул воды образуется одна молекула глюкозы и выделяется шесть молекул кислорода. Этот процесс протекает на свету в хлоропластах у высших растений.





- **Фотосинтез – трансформация солнечной энергии в энергию химических связей.**

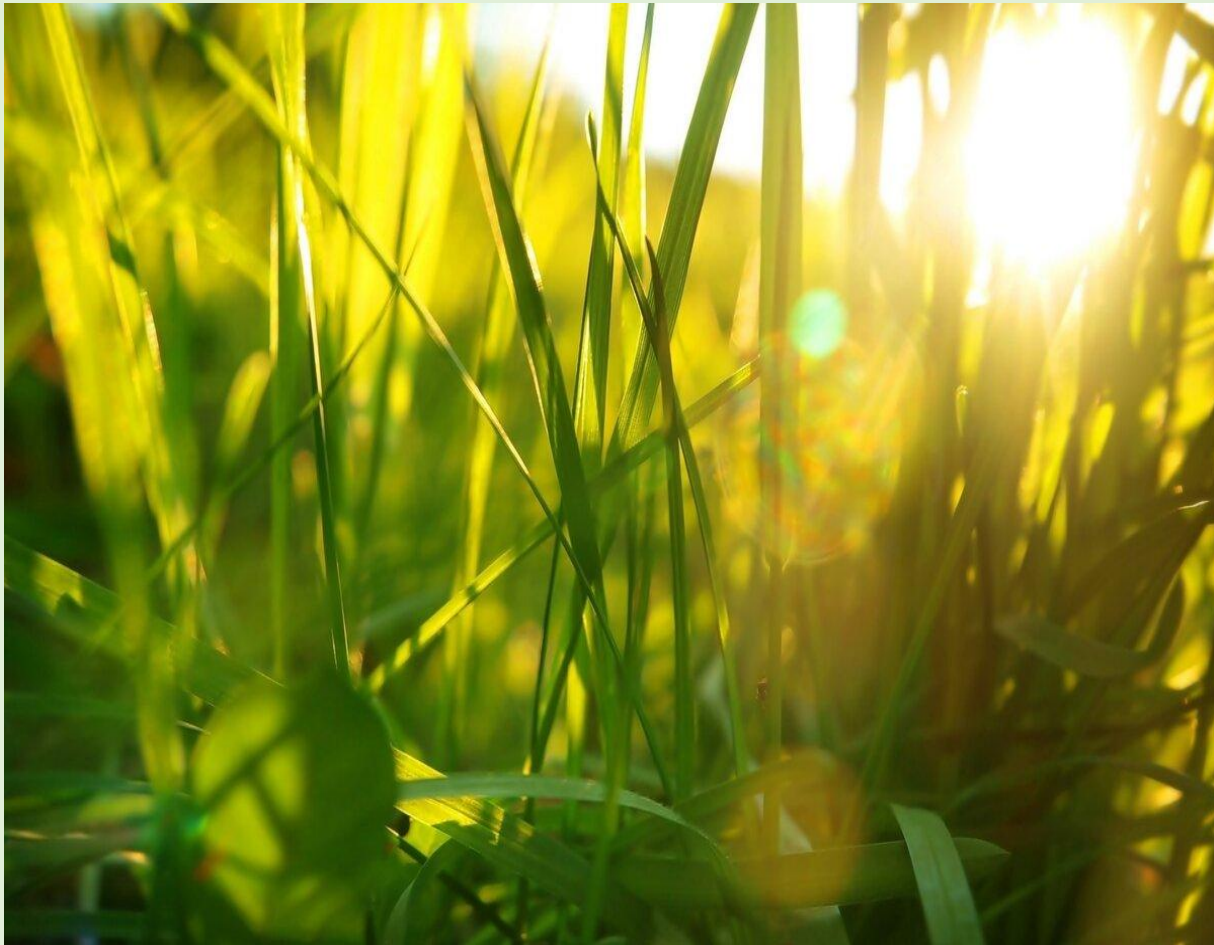
# Значение фотосинтеза



- К.А. Тимирязев: "Все органические вещества, как бы они ни были разнообразны, где бы они ни встречались, в растении ли, в животном или человеке, прошли через лист, произошли от веществ, выработанных листом. Вне листа или, вернее, вне хлорофиллового зерна в природе не существует лаборатории, где бы выделялось органическое вещество. Во всех других органах и организмах оно превращается, преобразуется, только здесь оно образуется вновь из вещества неорганического"



# Значение фотосинтеза



- Фотосинтез является основным источником образования органических веществ (энергия света преобразуется в энергию химических связей, доступной для всего живого )
- Благодаря фотосинтезу, ежегодно из атмосферы поглощаются миллиарды тонн углекислого газа, выделяются миллиарды тонн кислорода
- Из кислорода образуется озоновый слой, защищающий живые организмы от коротковолновой ультрафиолетовой радиации