

- Благодаря этому процессу существует весь органический мир на Земле
- Это единственный процесс, когда происходит преобразование солнечной энергии в энергию органических веществ
- Этот процесс обеспечивает живой мир органическими веществами
- Это единственный процесс, который снабжает атмосферу кислородом
- Этот процесс защищает живой мир от действия губительных ультрафиолетовых лучей

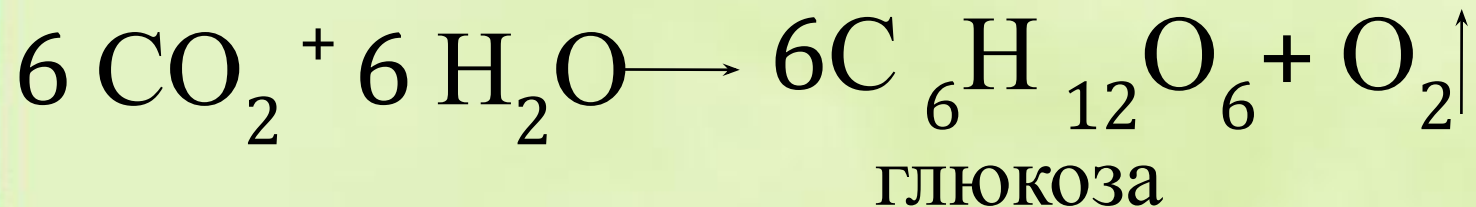
Фотосинтез



Фотосинтез

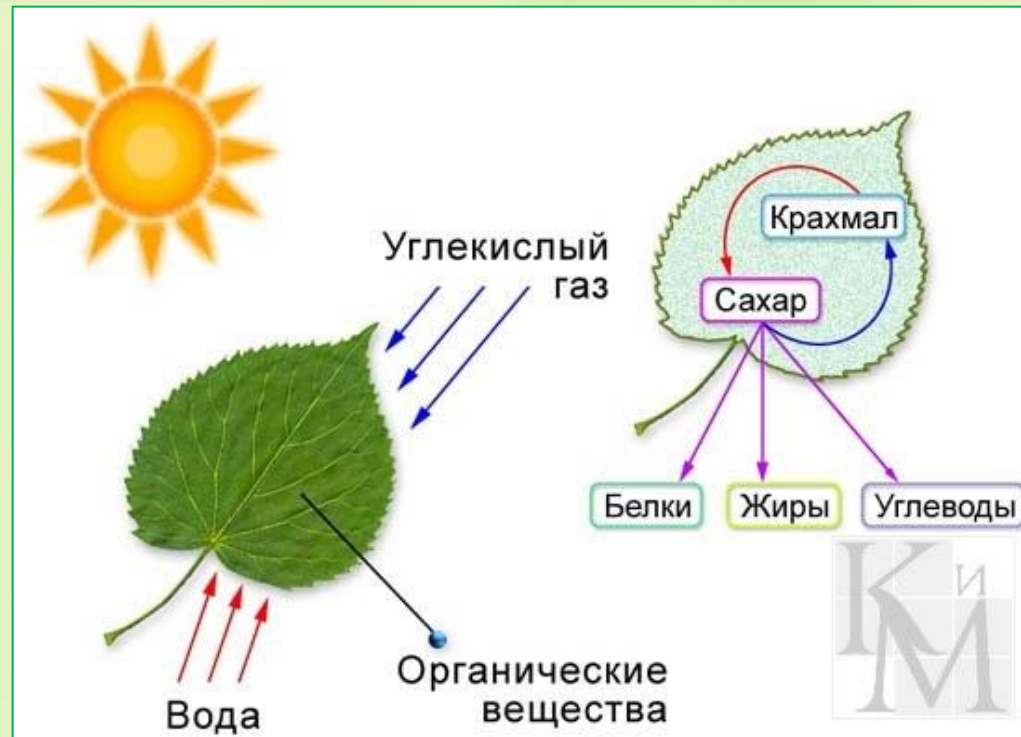
Фотосинтез – (от греч. foto – «свет» и synthesis – «соединение»)

Фотосинтез – образование (синтез) органических веществ (углеводов) из неорганических веществ (CO_2 и H_2O) с использованием энергии света



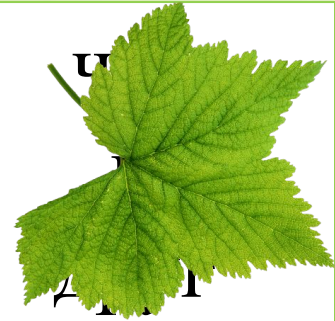
Фотосинтез

- Главным органом фотосинтеза является лист, в клетках которого имеются специализированные органоиды – хлоропласты

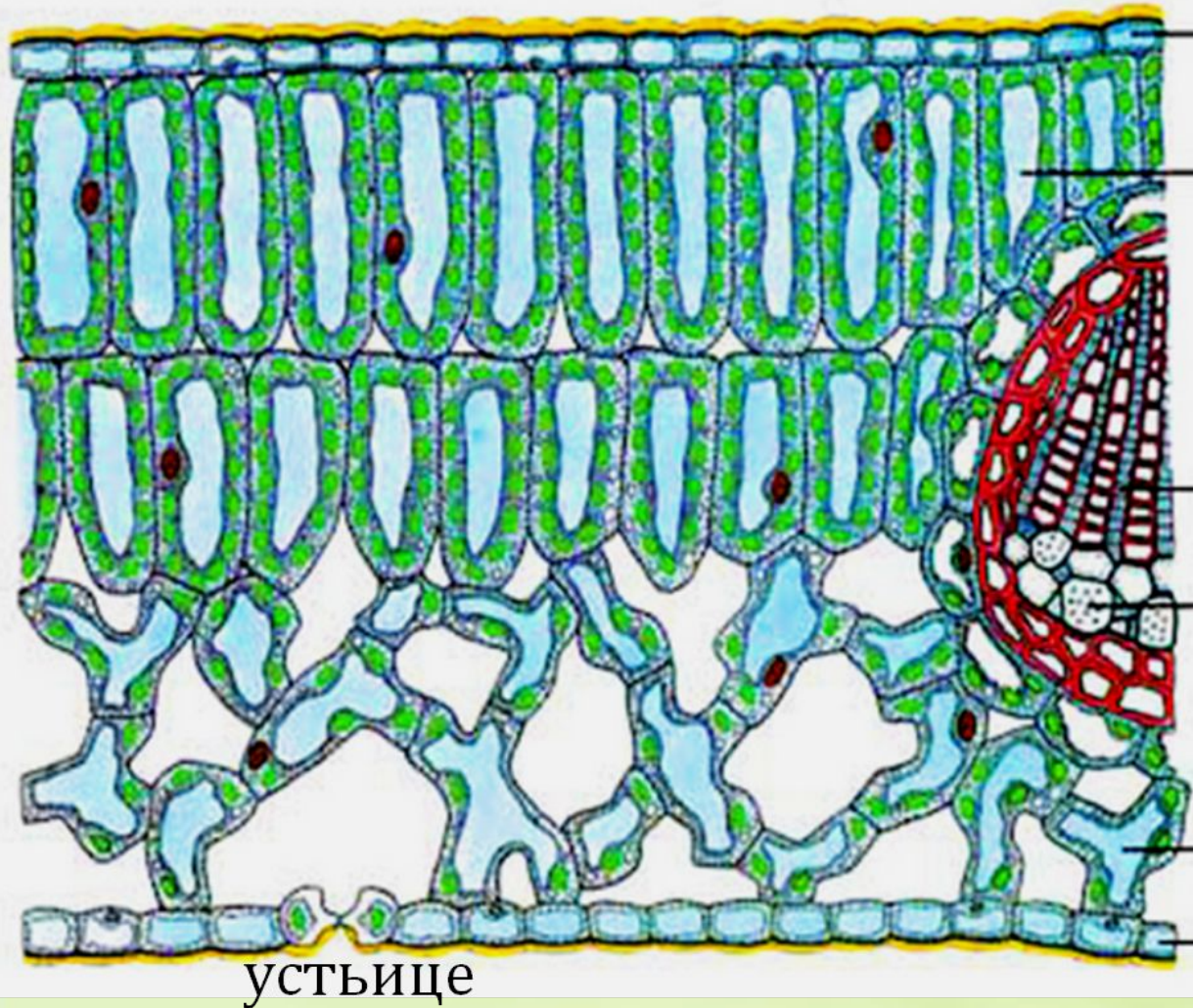


Листо́вая моза́ика

✓ Листья имеют форму пластинки, позволяет им ориентироваться плоскости практически не затеняя друга, образуя листовую мозаику



Строение листа



кожица

столбчатая
ткань

ксилема

флоэма

губчатая
ткань

кожица

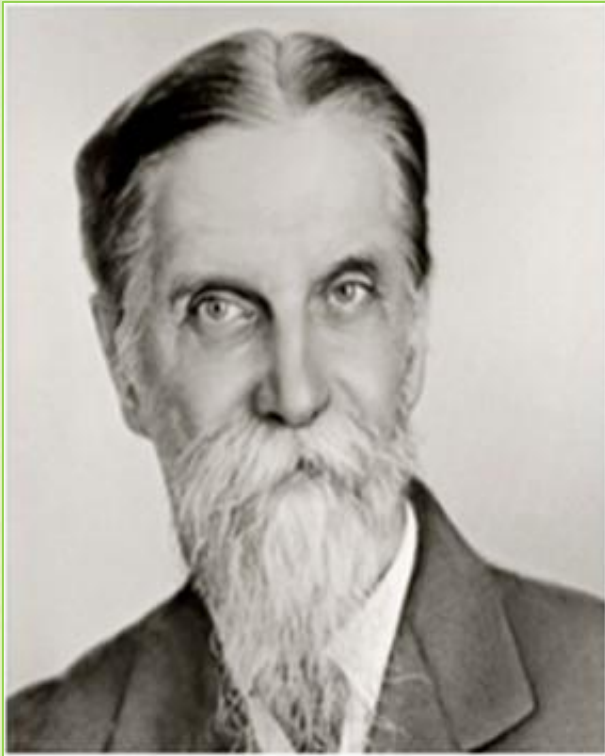
устьице

Строение хлоропласта



Хлоропласт – органоид двояковыпуклой формы, что обеспечивает лучшее поглощение света

Фотосинтез

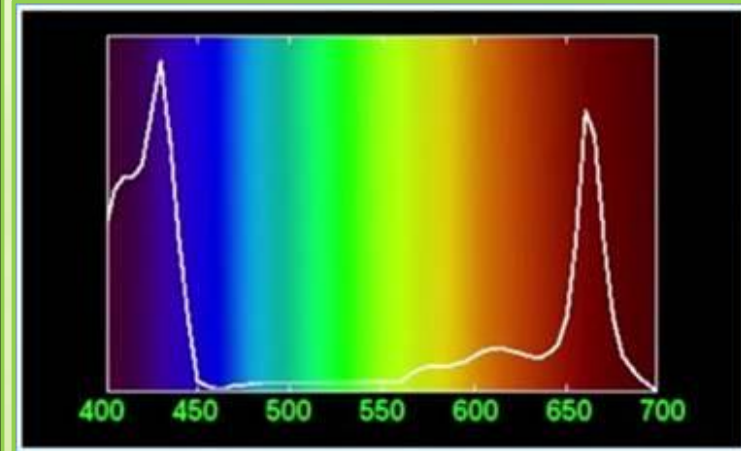
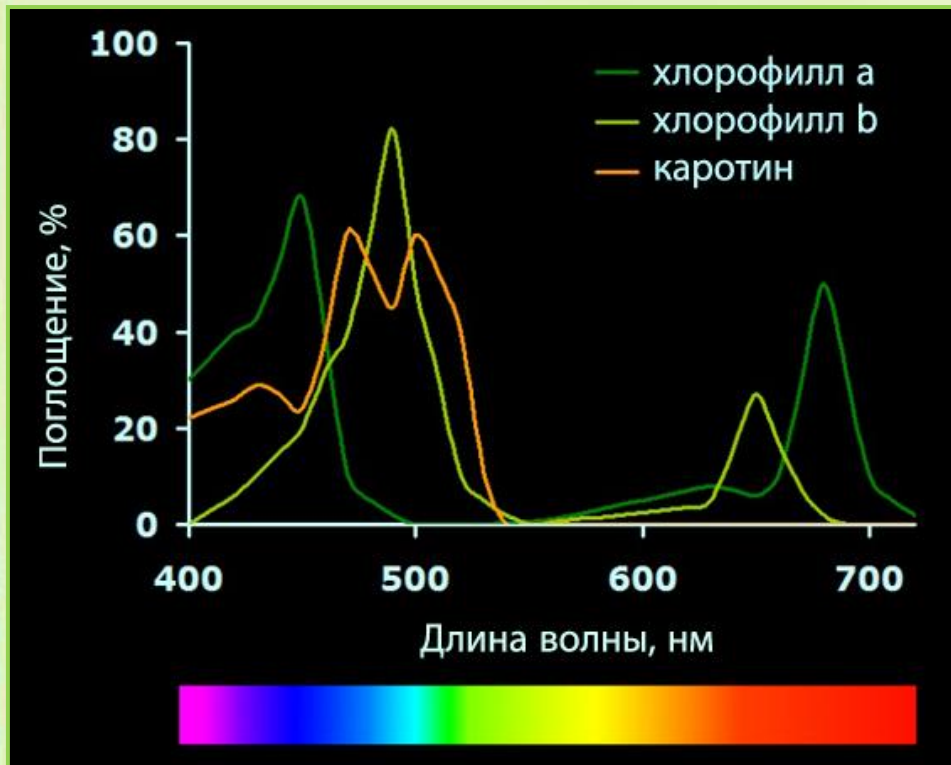


Тимирязев Климент
Аркадьевич

✓ К.А. Тимирязев (1871)
впервые высказал идею о
непосредственном участии
хлорофилла в фотосинтезе

✓ Экспериментально установил,
что фотосинтез
осуществляется
преимущественно в красных и
синих лучах видимого спектра

Фотосинтез



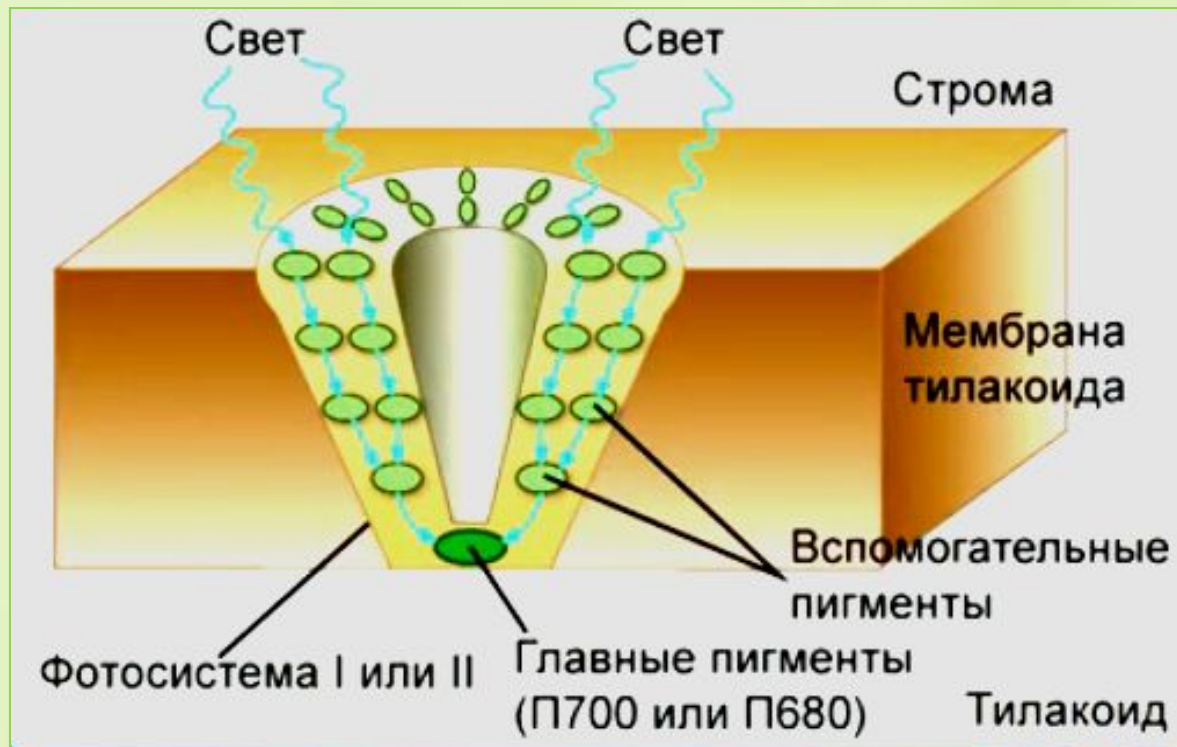
Хлорофилл поглощает красную (680 нм) и синюю (450 нм) части спектра. Зеленый цвет они отражают и поэтому придают растениям зеленую окраску

Фазы фотосинтеза:

1. Световая фаза – протекает в гранах хлоропласта под влиянием энергии света

2. Темновая фаза – протекает в строме хлоропласта, для ее реакций не нужна энергия света

Световая фаза:



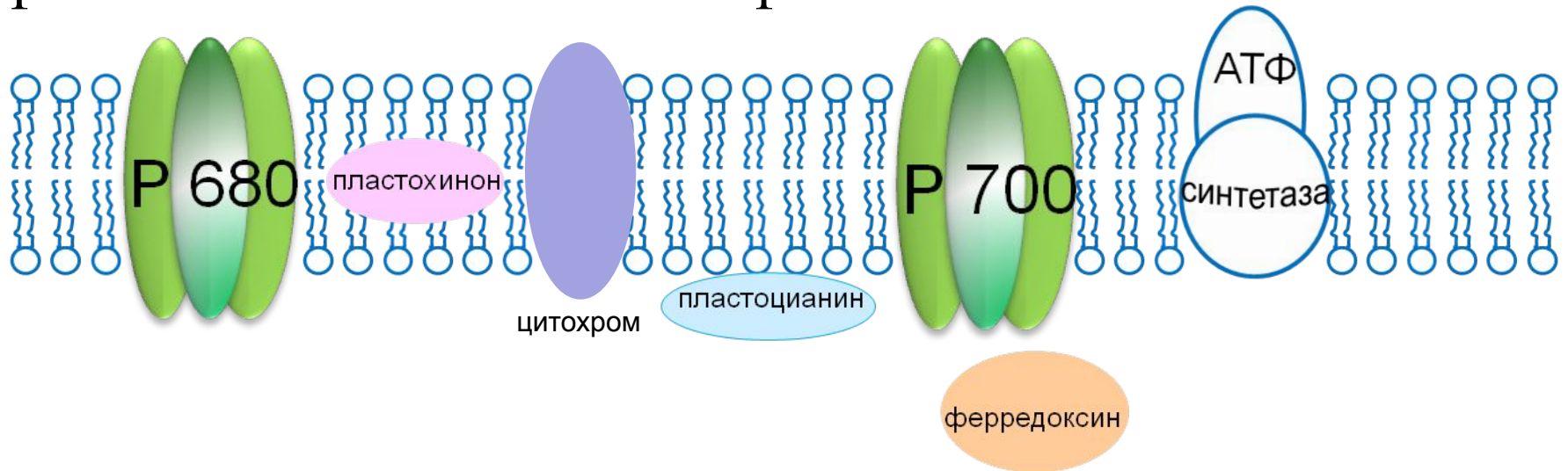
- ✓ Пигменты растений, участвующие в фотосинтезе, "упакованы" в мембранах тилакоидов в виде функциональных единиц, называемых фотосистемами

ФОТОСИСТЕМЫ:

ВНУТРИ ТИЛАКОИДА

фотосистема II

фотосистема I



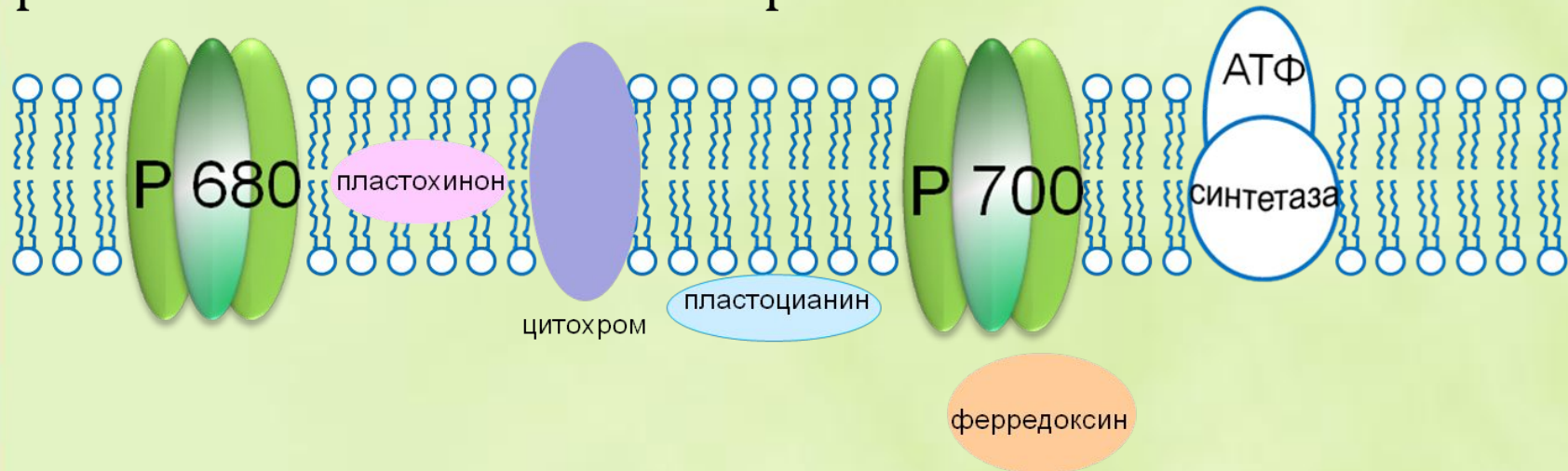
СНАРУЖИ ТИЛАКОИДА

ФОТОСИСТЕМЫ:

Основными ловцами световых частиц являются две формы хлорофилла: P_{700} и P_{680} (P – пигмент, 700 и 680 – максимум поглощения света в нм). Другие пигменты выполняют вспомогательную роль

фотосистема II

фотосистема I



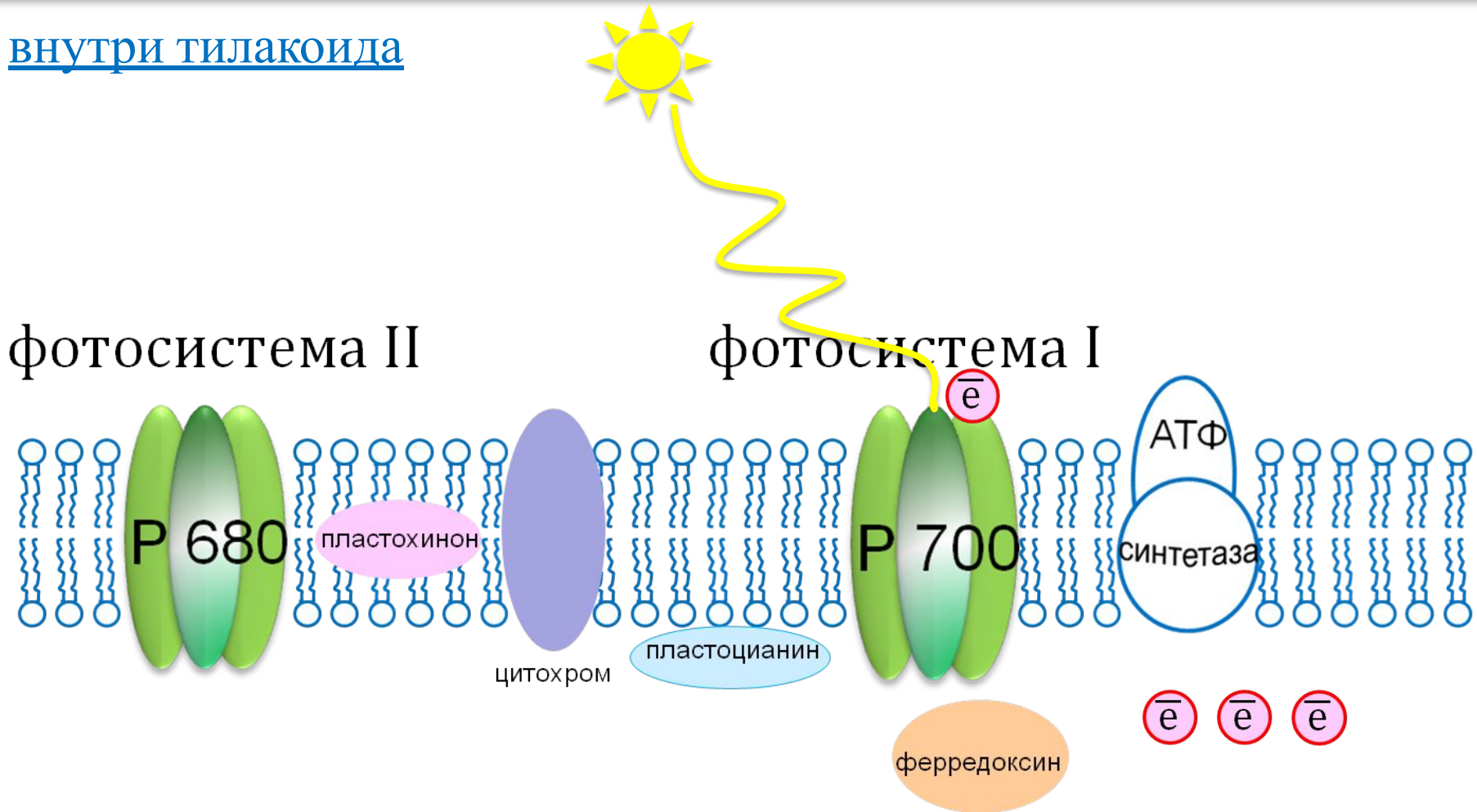
Световая фаза:

1. Молекула хлорофилла фотосистемы I поглощает квант света и переходит в возбужденное состояние. При этом электрон выбивается из молекулы хлорофилла

2. Богатый энергией электроны, поступает в особую цепь переносчиков и передаются на наружную поверхность мембраны тилакоидов, где накапливаются и мембрана заряжается отрицательно

Световая фаза:

внутри тилакоида



снаружи тилакоида

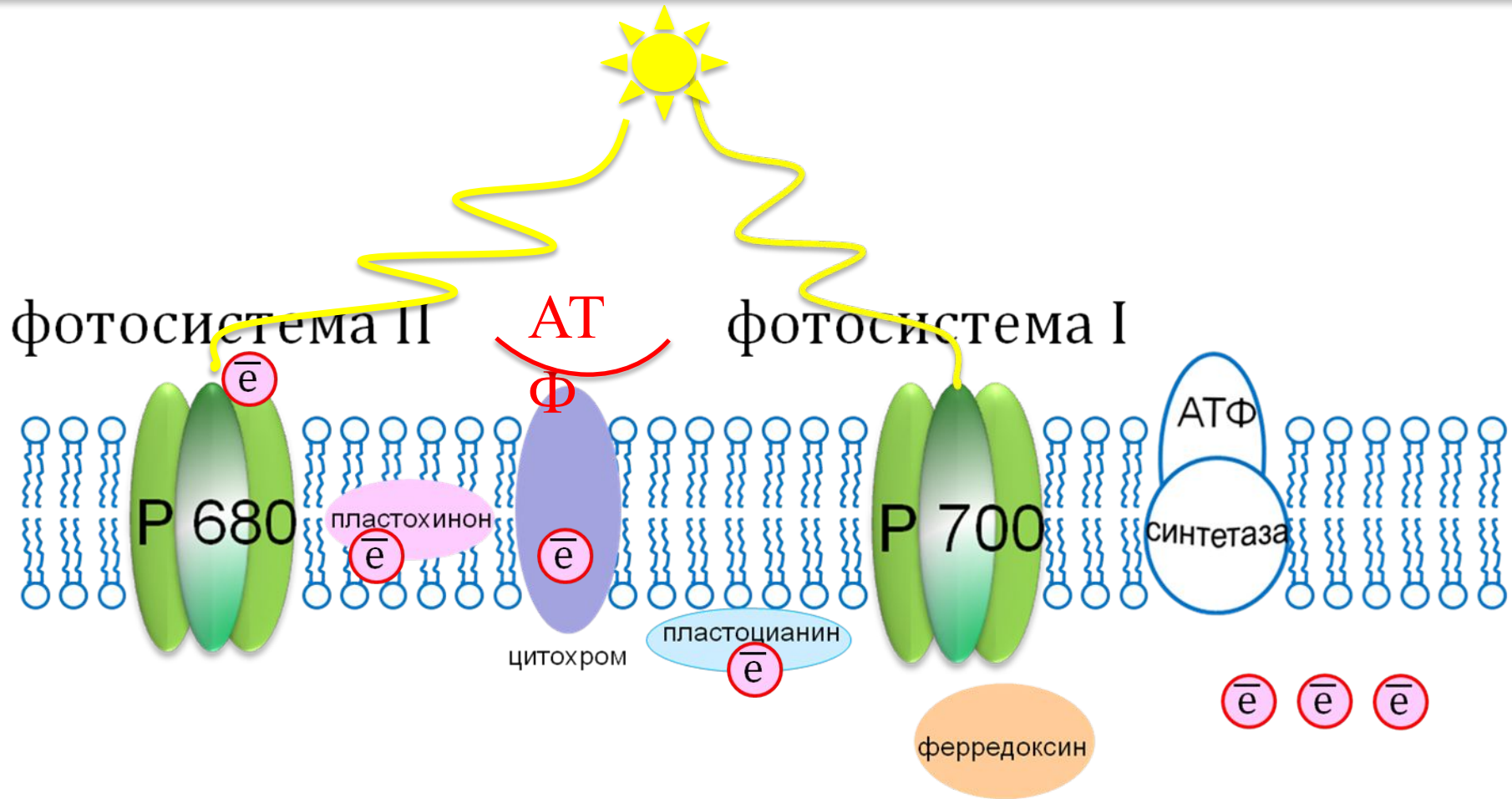


Световая фаза:

3. Квант красного света, поглощенный хлорофиллом P680 фотосистемы II, переводит электрон в возбужденное состояние и выбивает его из молекулы

4. Электрон захватывается акцепторами переносчиками, перемещаясь от одного акцептора к другому, он теряет энергию, которая используется для синтеза АТФ

Световая фаза:

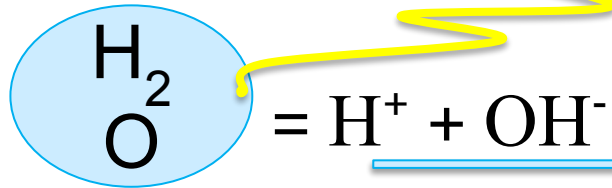


Световая фаза:

5. Электрон поступает в фотосистему I и восстанавливает молекулу P_{700} . При этом молекула P_{700} возвращается *в исходное состояние* и становится вновь способной поглощать свет

6. Молекула хлорофилла P_{680} фотосистемы II восстанавливает свой электрон за счет фотолиза воды, т.е. расщепление воды под действием энергии света на $H^+ + OH^-$

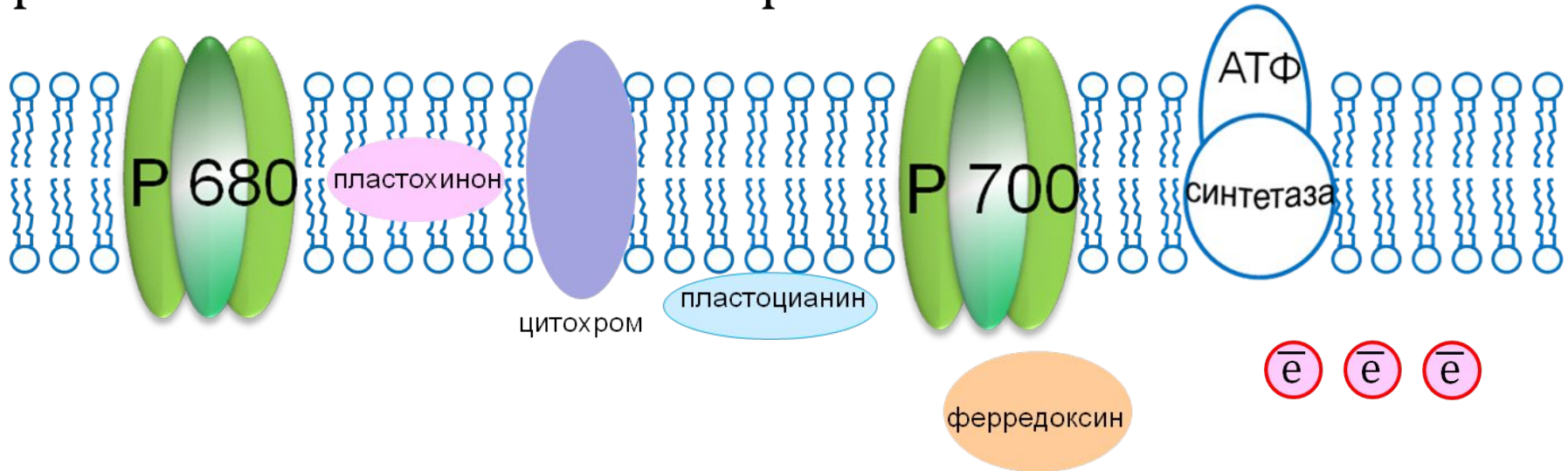
Световая фаза:



фотосистема II

фотосистема I

$\text{H}^+ \text{H}^+ \text{H}^+$

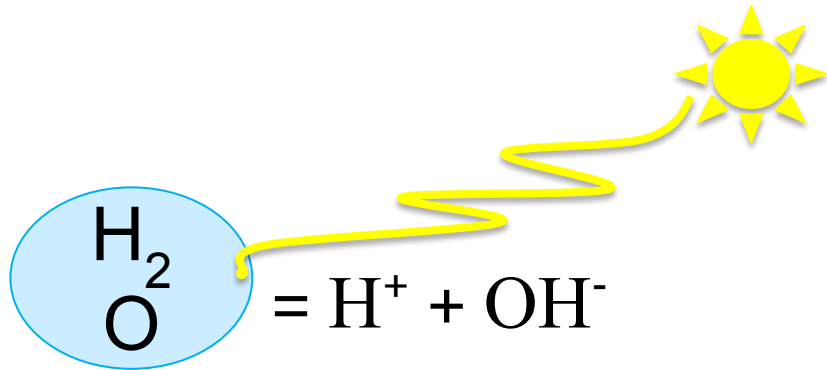


Световая фаза:

7. Протоны водорода накапливаются внутри тилакоида, создавая H^+ -резервуар. В результате внутренняя поверхность мембраны заряжается положительно

8. При достижении критической величины разности потенциалов протоны H^+ проталкиваются через канал АТФ-синтетазы. Освобождающаяся при этом энергия используется для синтеза молекул АТФ

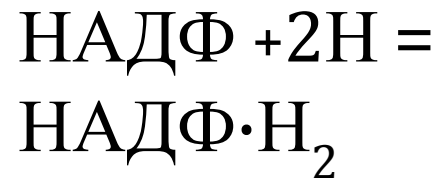
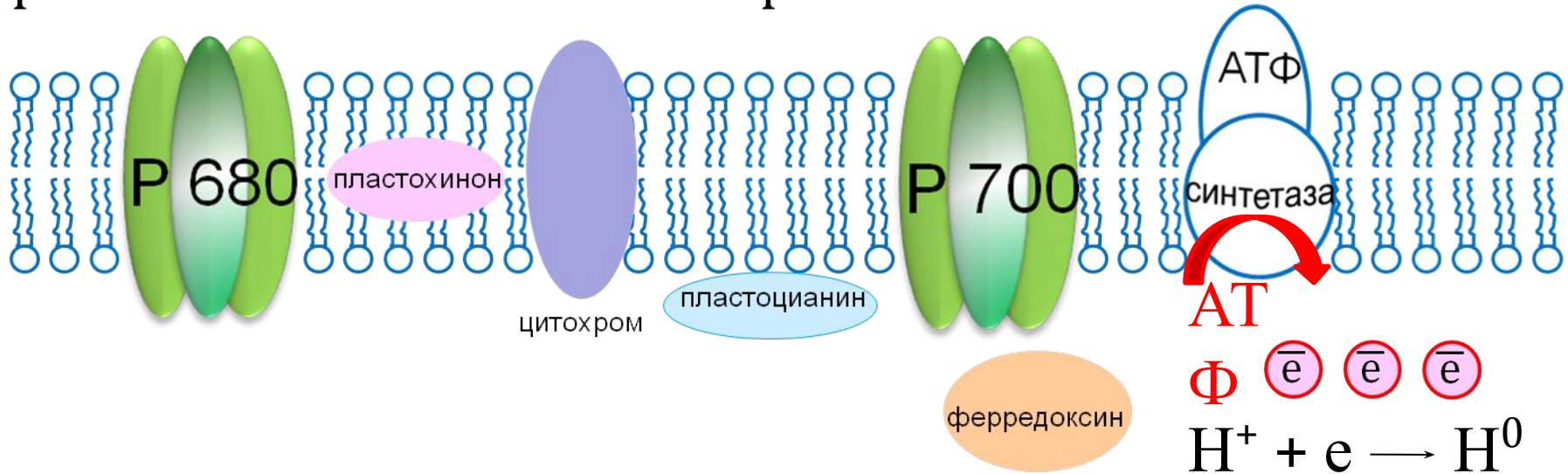
Световая фаза:



фотосистема II

фотосистема I

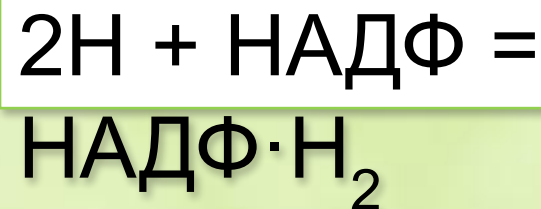
$\text{H}^+ \text{H}^+ \text{H}^+$



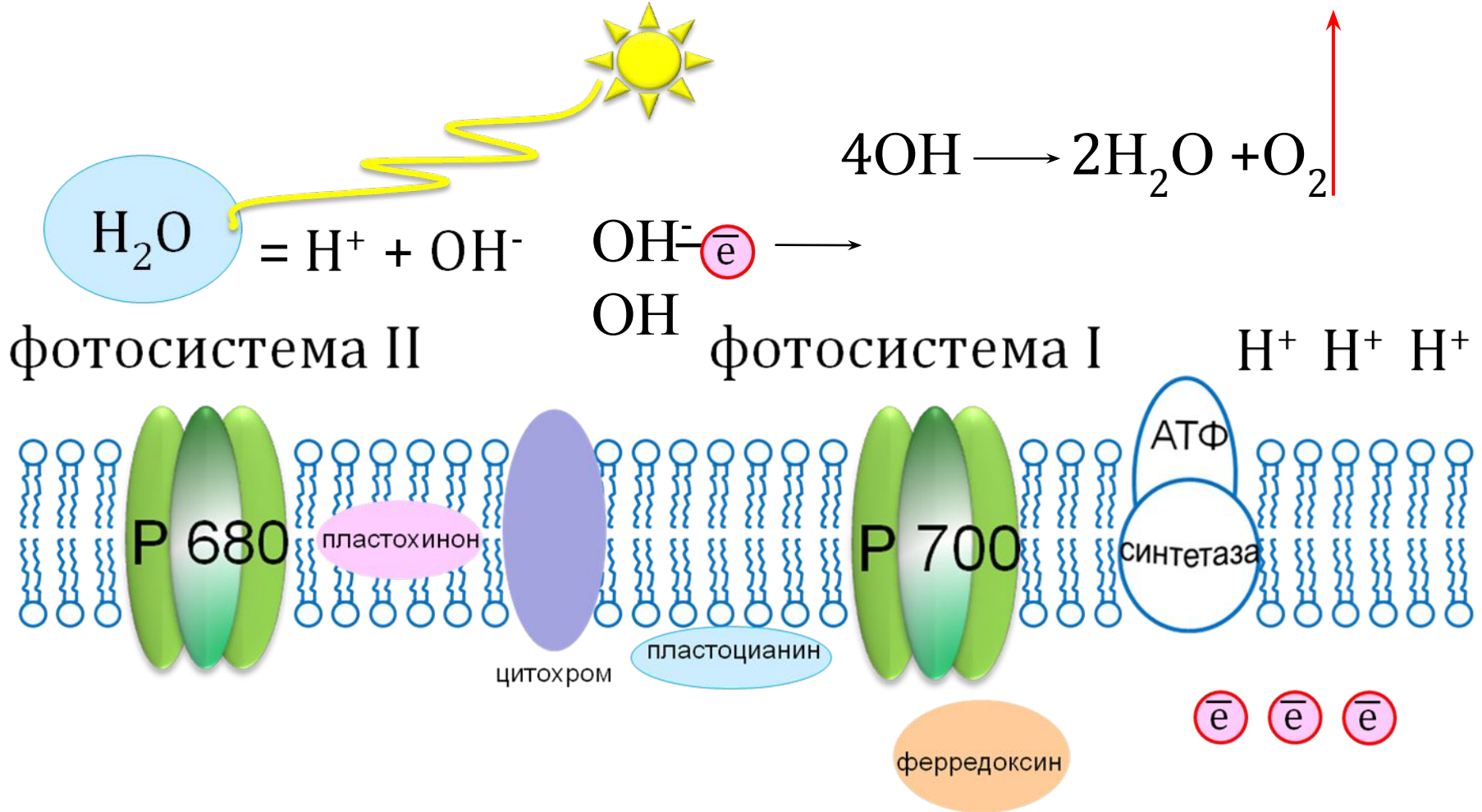
Световая фаза:

9. Катионы водорода на наружной стороне мембраны присоединяют электроны молекулы хлорофилла, образуя атомарный водород, который с помощью переносчика **НАДФ**

(никотинамидадениндинуклеотидфосфат) поступает в строму хлоропласта на синтез ГЛЮКОЗЫ



Световая фаза:

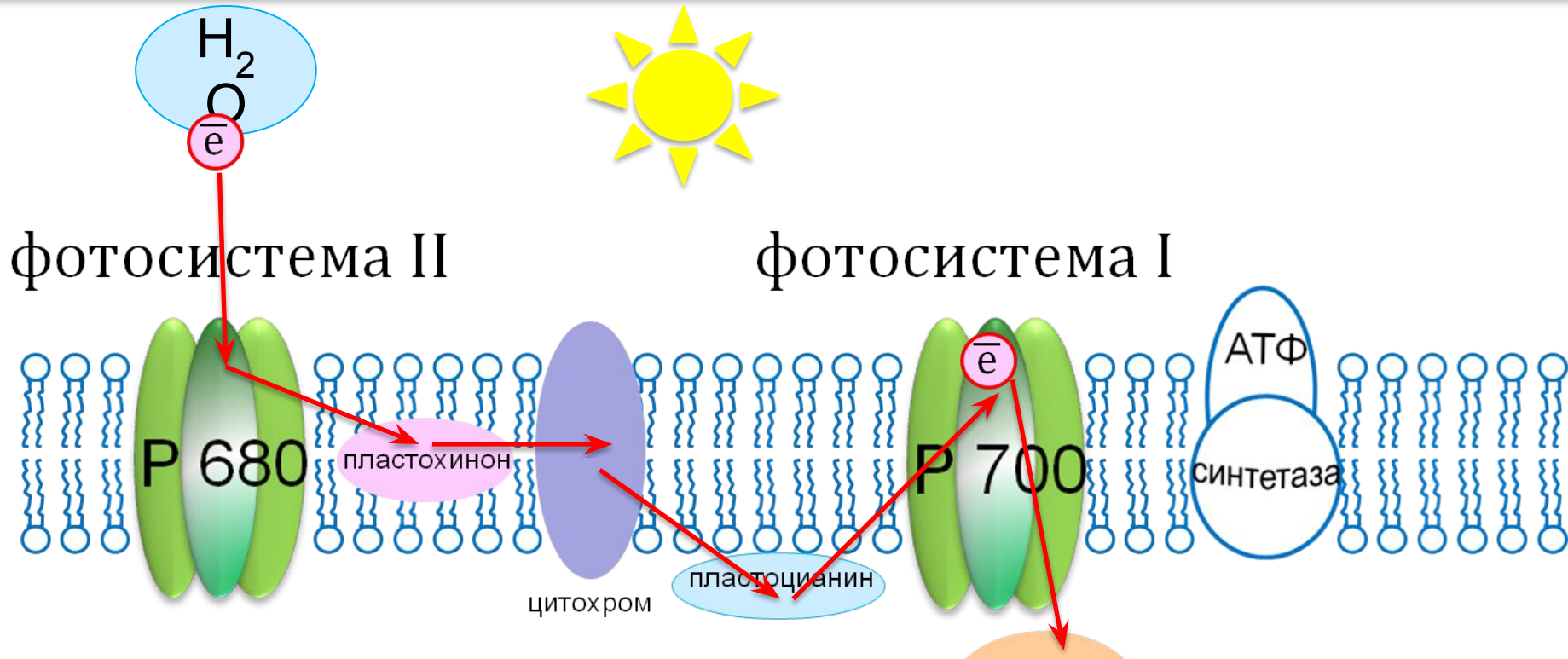


Световая фаза:

Ионы гидроксильной группы отдают свои электроны, превращаясь в радикалы:
 $\text{OH}^- \text{e}^- \longrightarrow \text{OH}\cdot$. Этот электрон закрывает «дыру» в молекуле хлорофилла фотосистемы II. $4\text{OH}\cdot \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ ↑

- Таким образом, в результате переноса электронов и протонов через мембрану происходит превращение световой энергии в химическую энергию связей молекул АТФ – фотофосфорилирование

Световая фаза:

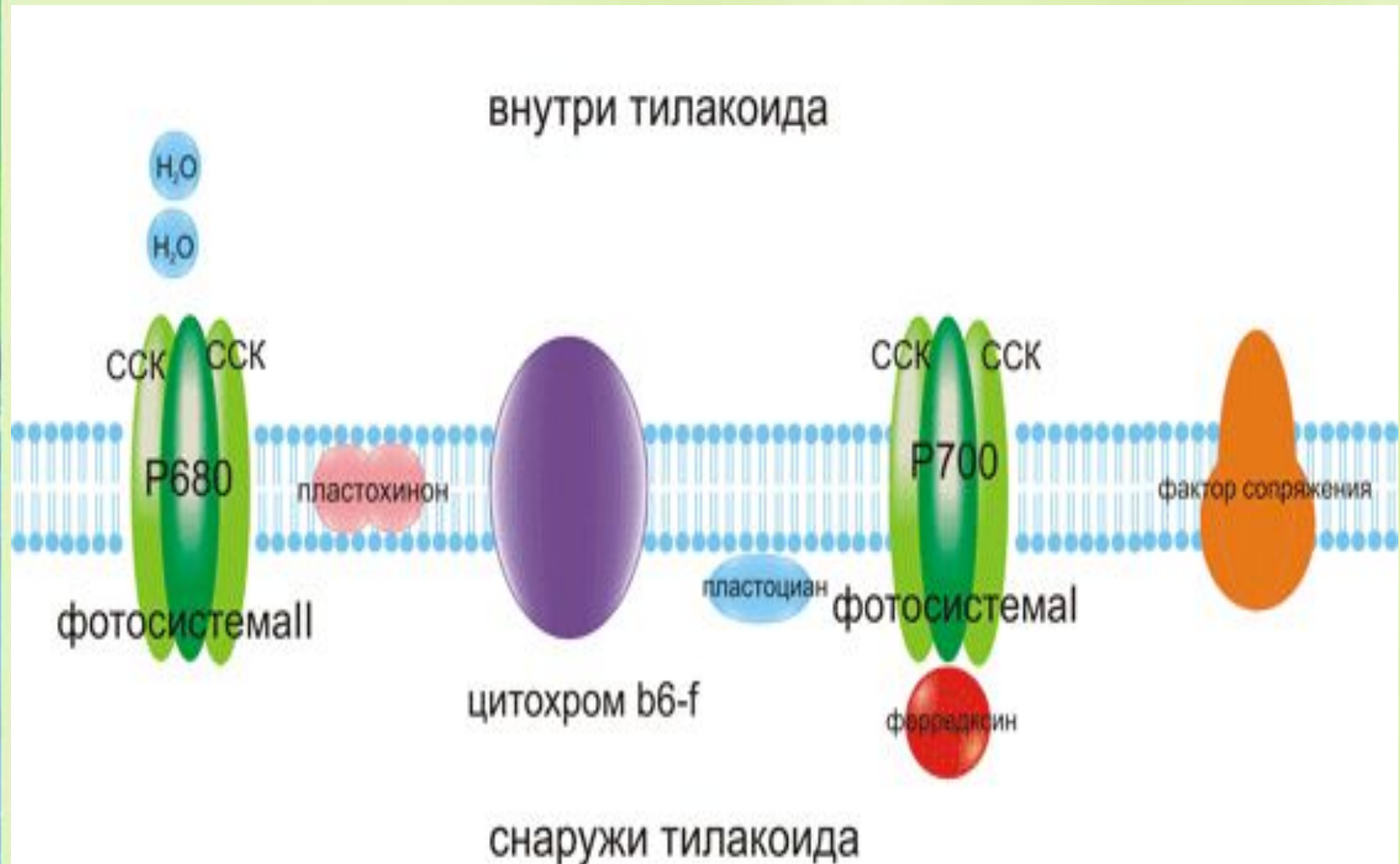


- Следовательно, на свету электроны перемещаются от воды к фотосистемам II и I, и затем к НАДФ – нециклический поток электронов

Световая фаза:

- Таким образом, энергия солнечного света порождает три процесса:
 - 1) Образование кислорода вследствие фотолиза воды
 - 2) Синтез АТФ
 - 3) Образование атомов водорода в форме НАДФ·Н₂

Световая фаза:



ХЛОРОПЛАСТ

Наружная мембрана

Световая фаза

Темновая фаза

Строма

яркий свет

O₂

Тилакоид граны

Внутренняя мембрана

$\text{Хл.}^+ + \bar{e} \rightarrow \text{Хл.}$

$\text{OH}^- - \bar{e} \rightarrow \text{OH}$

H₂O

O₂

АТФ синтетаза

H⁺-канал

H⁺ H⁺ H⁺

АДФ+Ф

АТФ

$2\text{H}^+ + 4\bar{e} + \text{НАДФ}^+ \rightarrow \text{НАДФ} \cdot \text{H}_2$

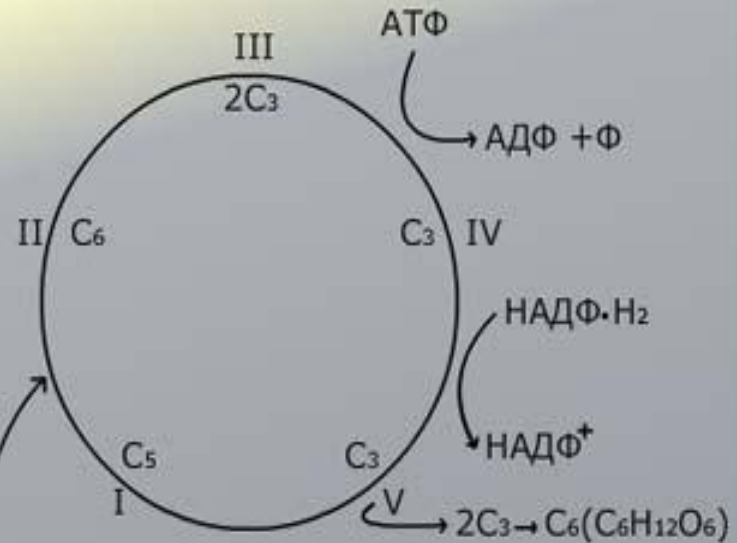
$\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$

H⁺ H⁺ H⁺-резервуар

$\text{Хл.} \rightarrow \text{Хл.}^+ + \bar{e}$

Белки-переносчики \bar{e}

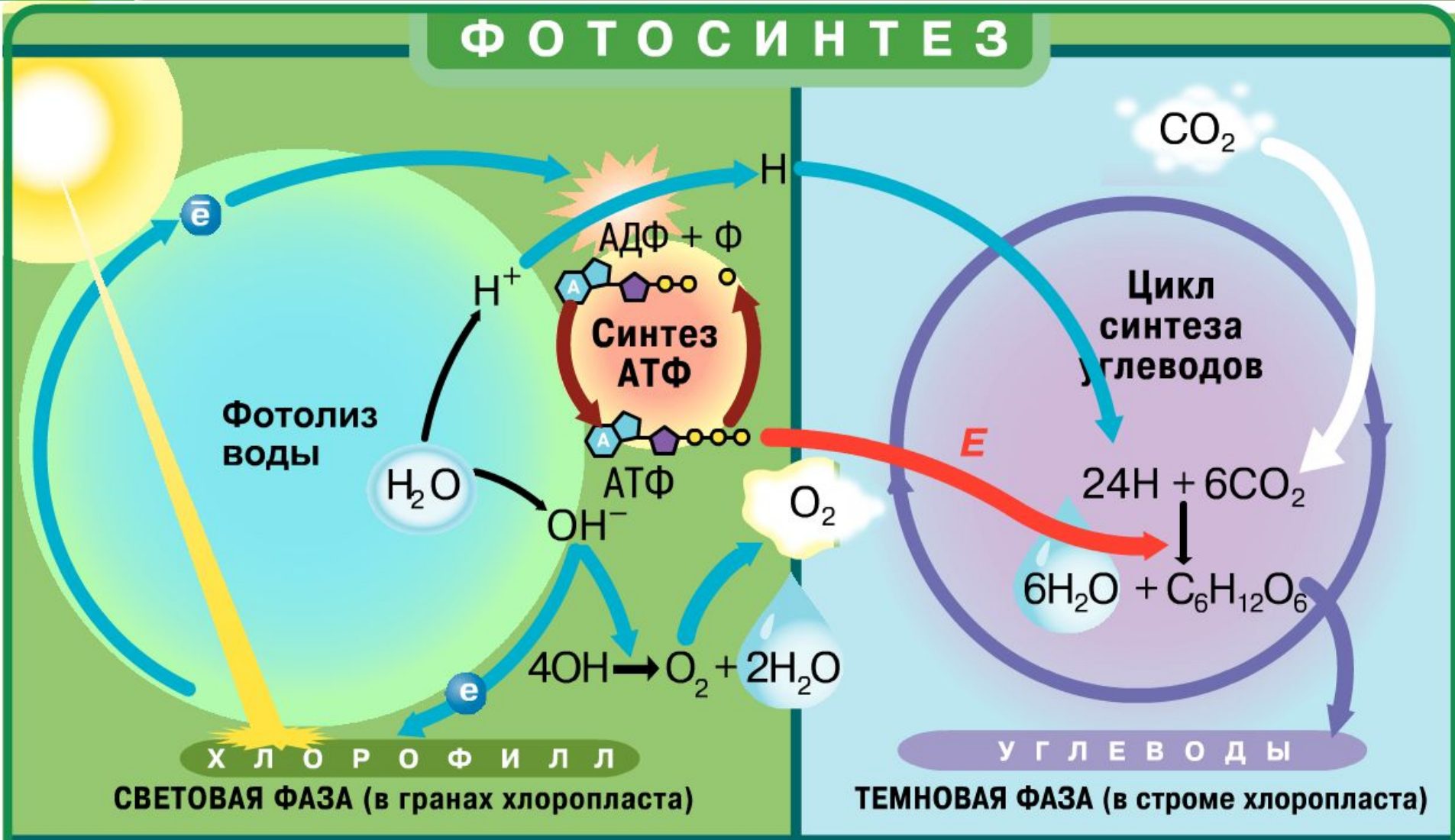
\bar{e} \bar{e} \bar{e} \bar{e}



CO₂

Темновая фаза:

ФОТОСИНТЕЗ

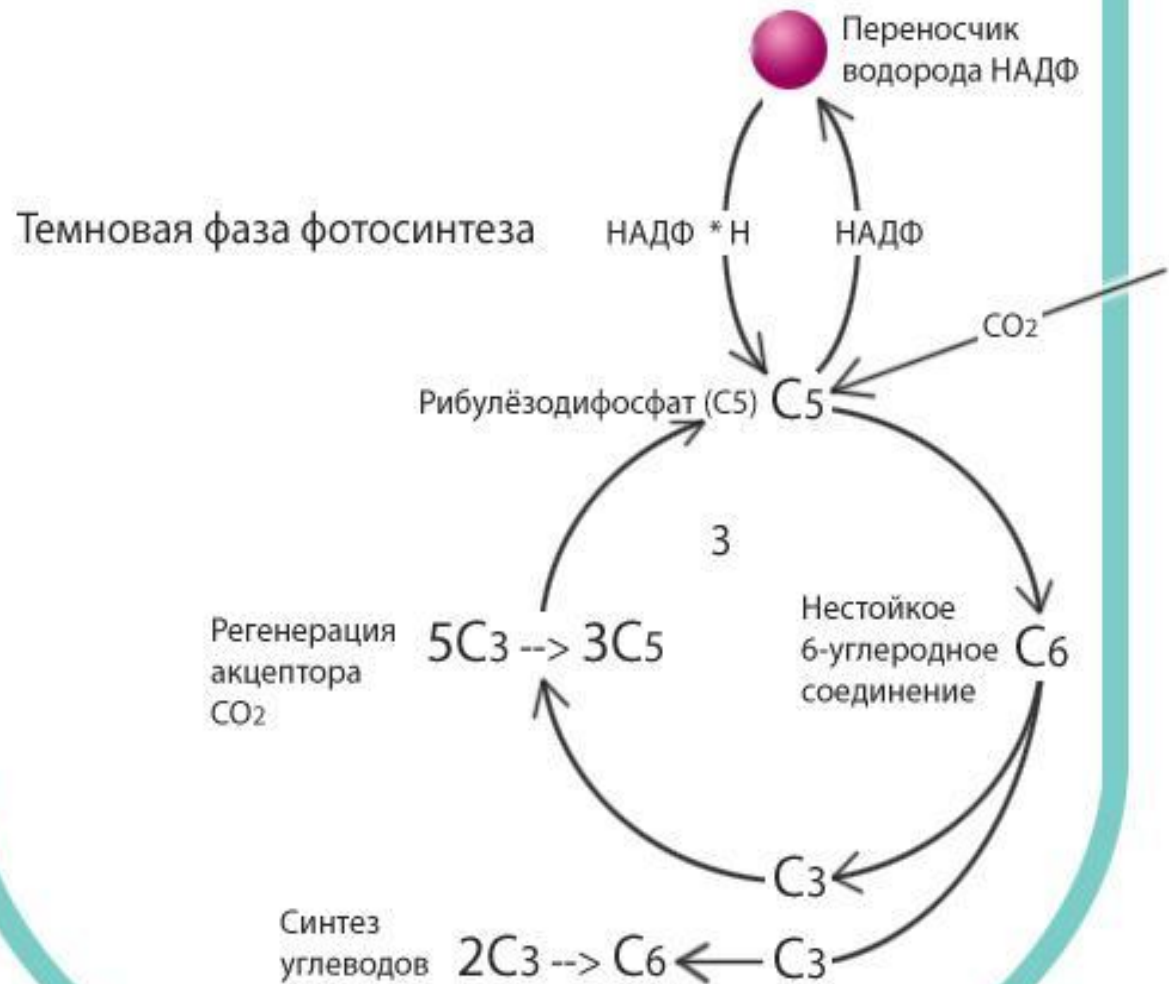


Темновая фаза:

1. Протекает в строме хлоропласта как на свету, так и в темноте и представляет собой ряд последовательных преобразований CO_2

2. Ферменты связывают пятиуглеродный сахар с углекислым газом воздуха. При этом образуются соединения, которые последовательно восстанавливаются до молекулы глюкозы

Цикл Кальвина:



Хемосинтез

Хемосинтез – это образование органических веществ из неорганических веществ за счёт энергии, полученной в результате реакций окисления неорганических соединений (сероводород, водород, аммиак)

Хемосинтез производится бактериями, не содержащими хлорофиллы

Хемосинтез был открыт в 1887 году
Виноградским С.Н.