

Обеспечение клеток энергией

10 класс профиль

метаболизм

Анаболизм

(*Anabole*- подъем)

Катаболизм

(*katabole*-разрушение)

По источнику С

автотрофы

(CO_2)

гетеротрофы

(органические вещества)

По источнику энергии

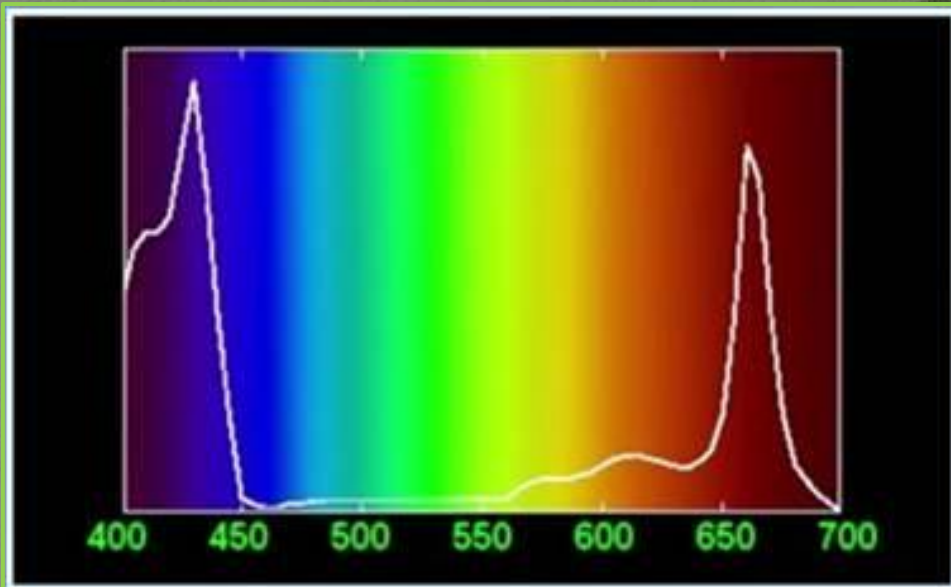
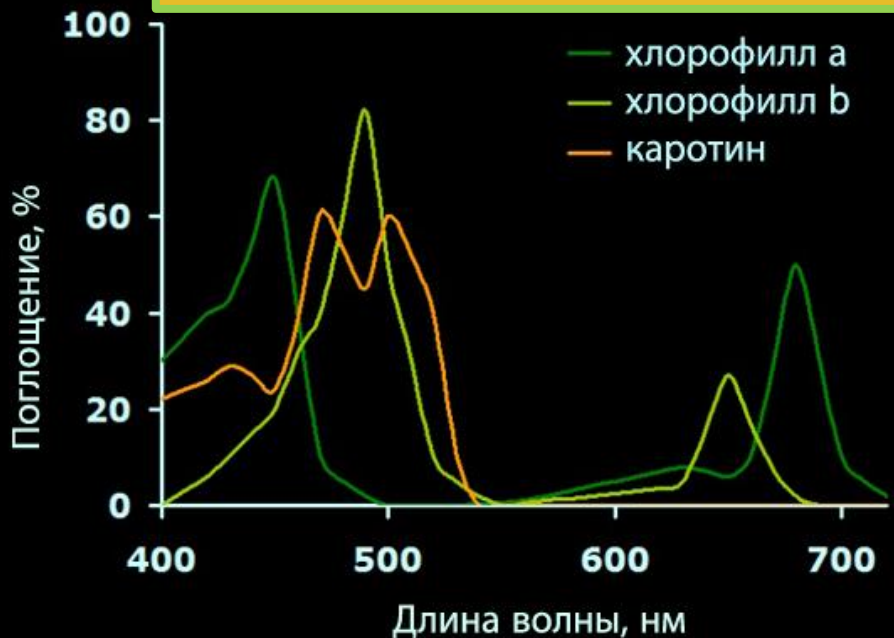
фотосинтетики

хемосинтетики

Фотосинтез



Фотосинтез



Хлорофилл поглощает красную (680 нм) и синюю (450 нм) части спектра. Зеленый цвет пигменты отражают и поэтому большинство растений имеют зеленую окраску

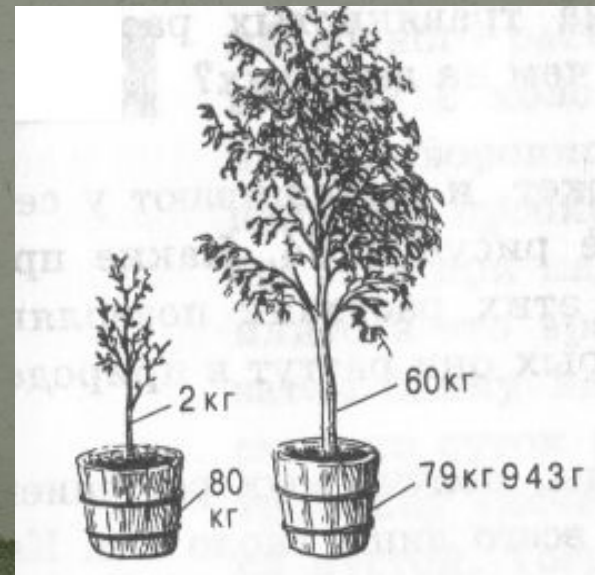
История открытия фотосинтеза

- Фотосинтез был открыт в конце 18 столетия. В изучение этого процесса внесли свой вклад многие ученые. В 1600 году Бельгийский естествоиспытатель

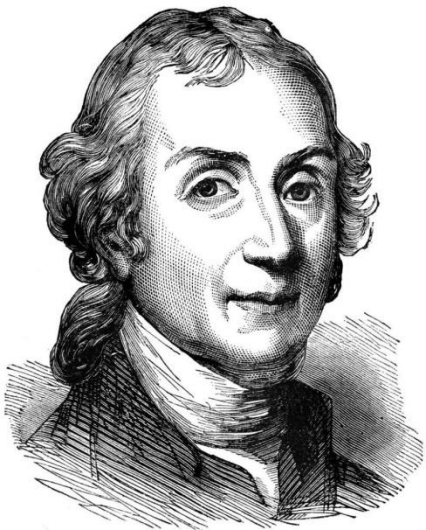
Ян ван Гельмонт поставил первый эксперимент по изучению питания растений.



Ян ван Гельмонт

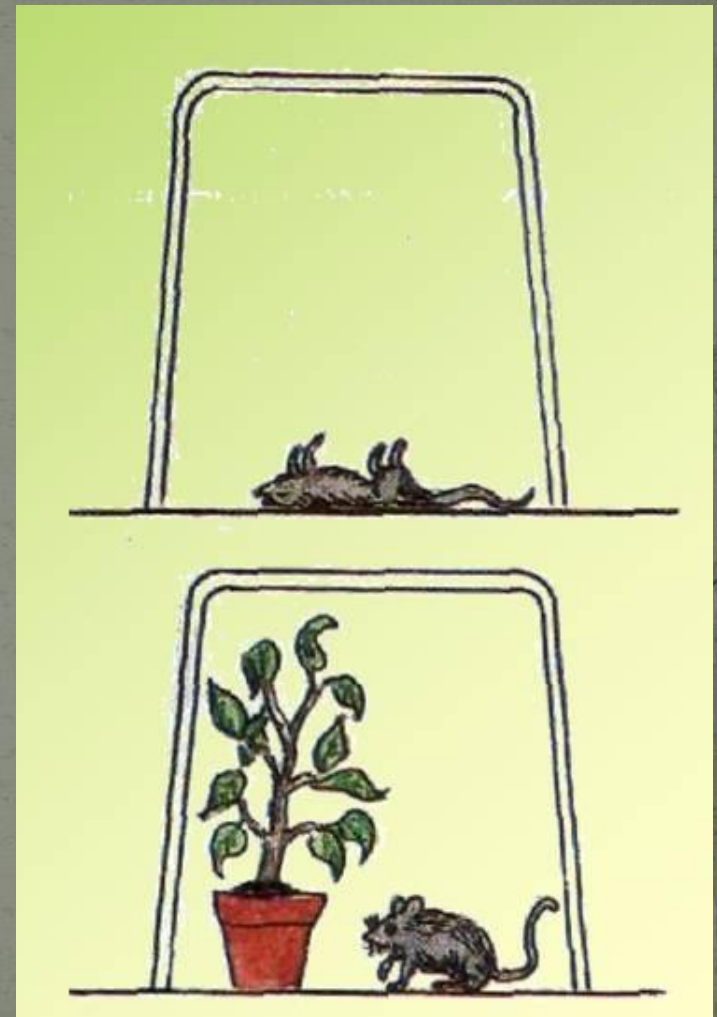


История открытия фотосинтеза



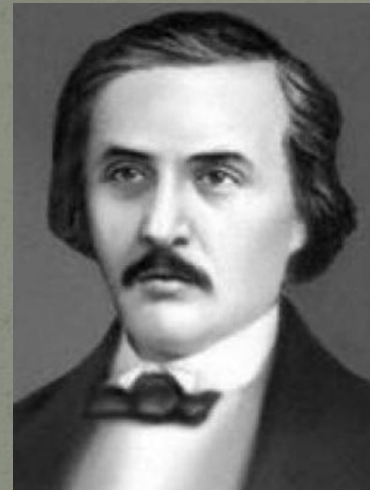
В 1771 году английский химик *Джозеф Пристли* проделал следующий опыт: он посадил мышь под стеклянный колпак, и через 5 часов мышь погибла.

При внесении же под колпак веточки мяты мышь осталась живой.



История открытия фотосинтеза

- Голландский ученый Ян *Ингенхаус* в 1779 году показал, что неизменным условием удачного опыта является наличие солнечного света.
- *Жан Сенебье* показал, что в процессе фотосинтеза происходит потребление «Фиксированного воздуха»

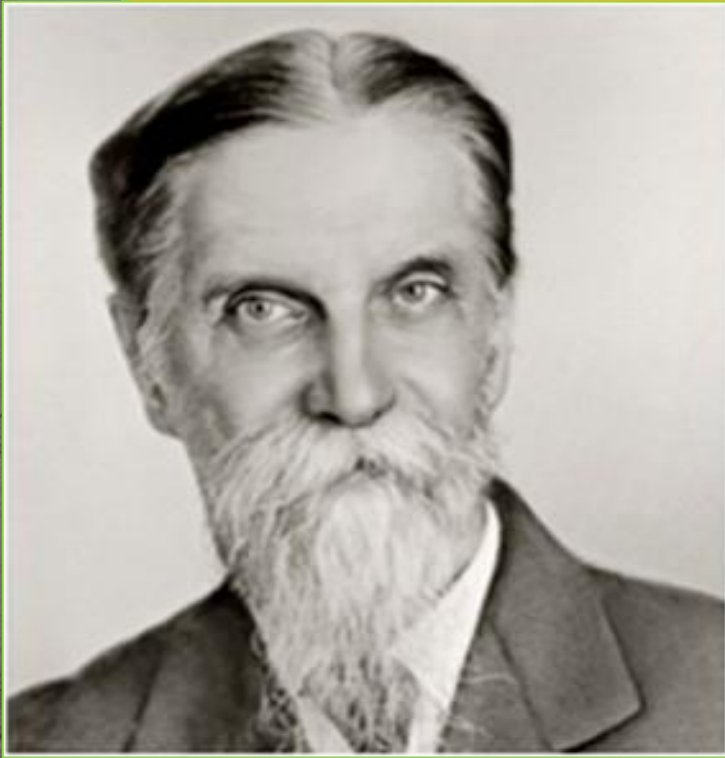


Ян Ингенхаус



Жан Сенебье

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

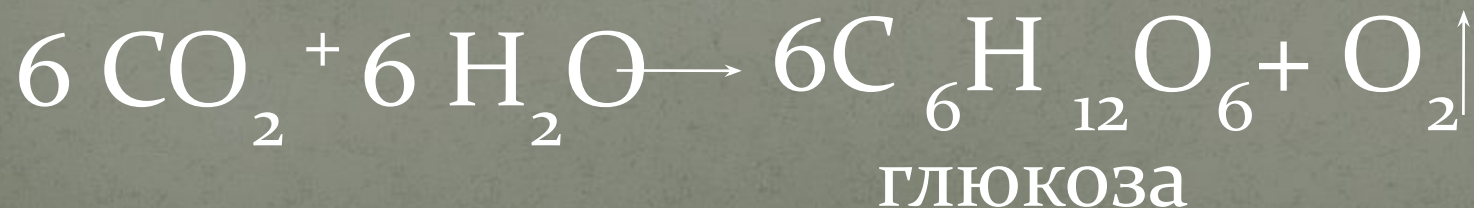
«доказать солнечный источник жизни — такова была задача, которую я поставил с первых же шагов научной деятельности и упорно и всесторонне осуществлял её в течение полувека».

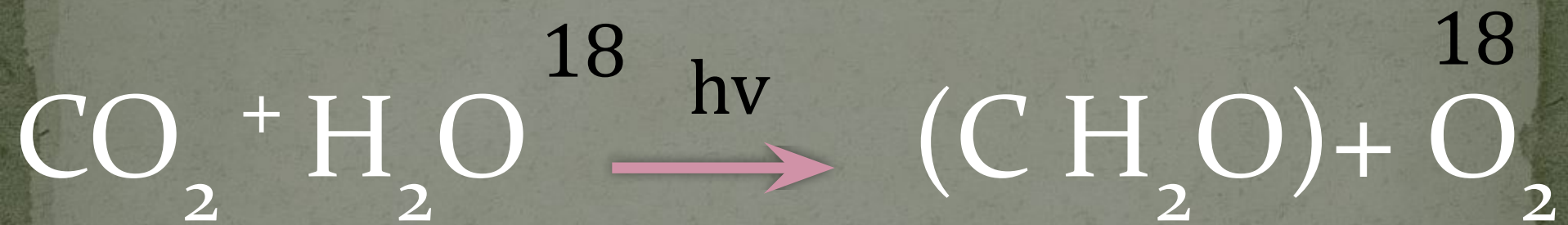
- Благодаря этому процессу существует весь органический мир на Земле
- Это единственный процесс, когда происходит преобразование солнечной энергии в энергию органических веществ
- Этот процесс обеспечивает живой мир органическими веществами
- Это единственный процесс, который снабжает атмосферу кислородом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

Фотосинтез

Фотосинтез – (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



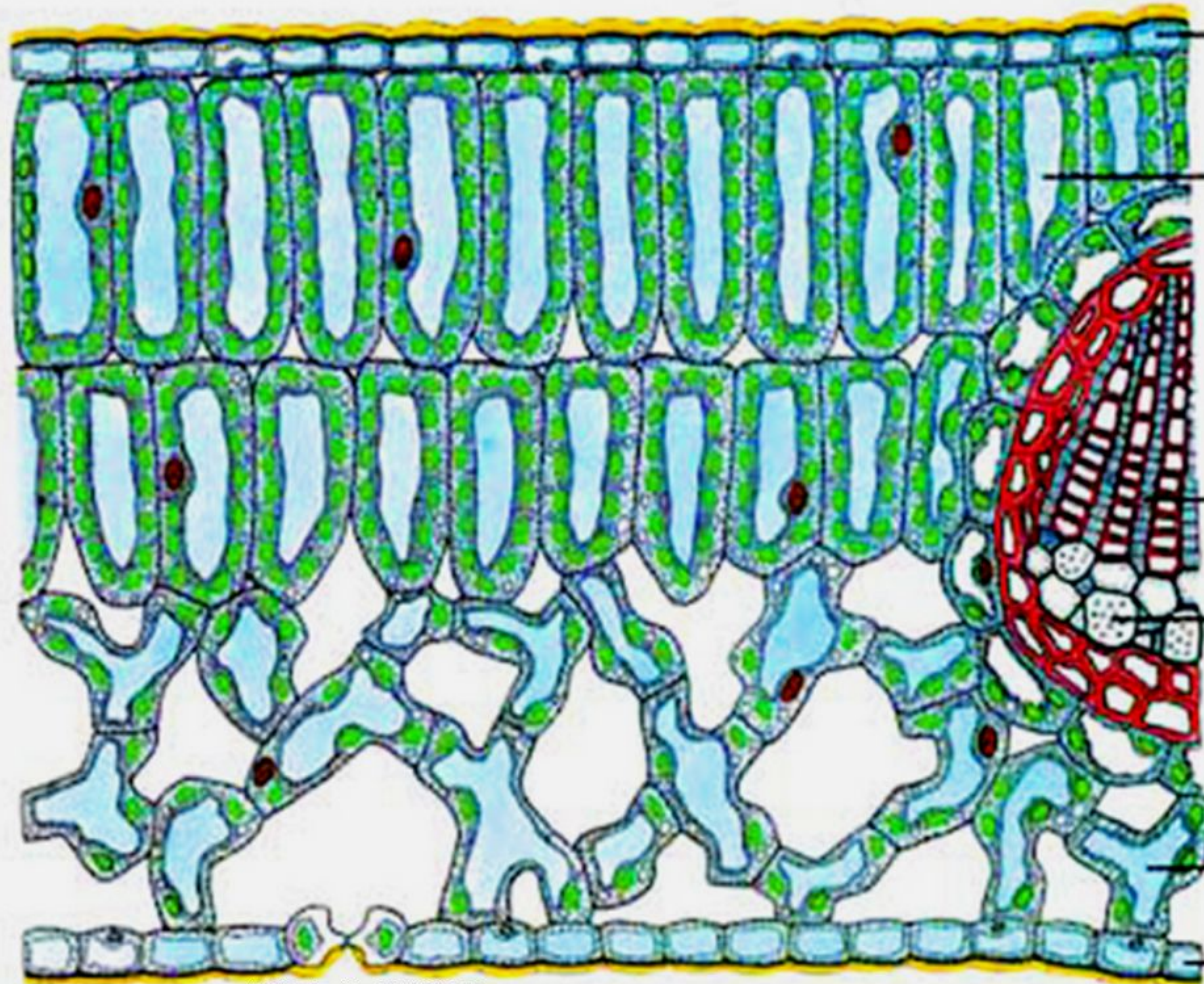


Листо́вая моза́ика

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



Строение листа



кожица

столбчатая
ткань

ксилема

флоэма

губчатая
ткань

кожица

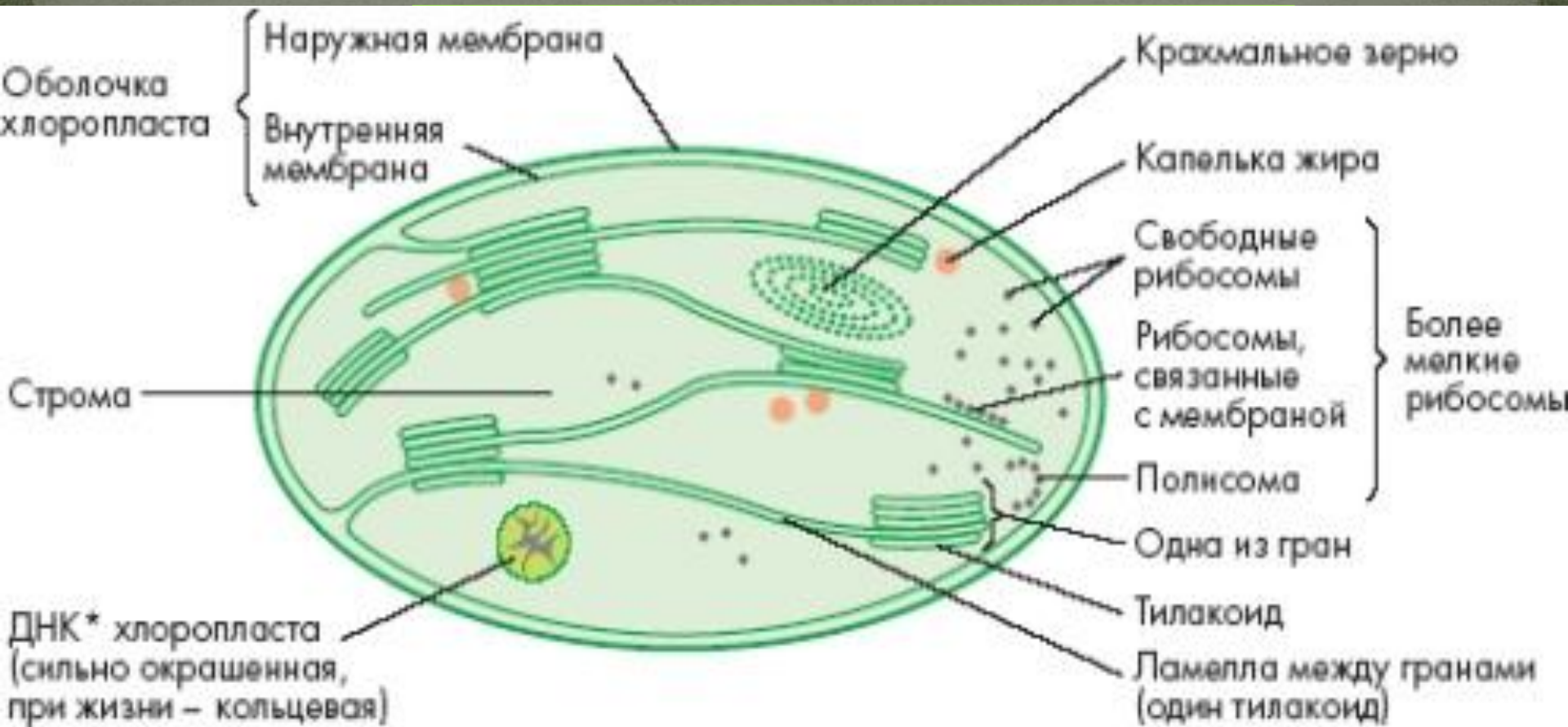
устьице

Фотосинтез

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



Строение хлоропласта



Хлоропласт – органоид двояковыпуклой формы, что обеспечивает лучшее поглощение света

Класс пигментов и примеры

Цвет

Распространение

Хлорофиллы

Хлорофилл *a*

Желто-зеленый

У всех фотосинтезирующих организмов, кроме фотосинтезирующих бактерий

Хлорофилл *b*

Сине-зеленый

У высших растений и зеленых водорослей

Хлорофилл *c*

Зеленый

У бурых водорослей и некоторых одноклеточных водорослей, включая диатомовые

Хлорофилл *d*

Зеленый

У некоторых красных водорослей

Бактериохлорофиллы *a-d*

Бледно-синий

У фотосинтезирующих бактерий

Каротиноиды (каротины и ксантофиллы)

Каротины

β -Каротин

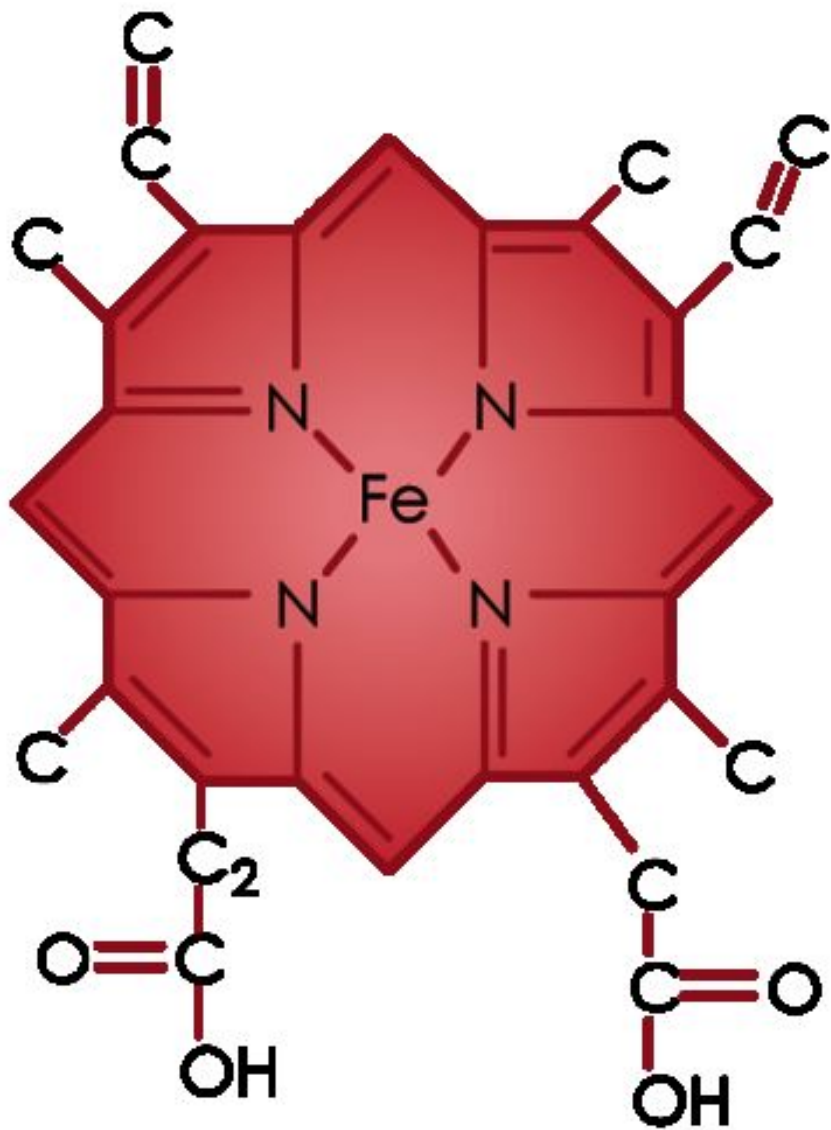
Оранжевый

У всех фотосинтезирующих организмов, кроме фотосинтезирующих бактерий

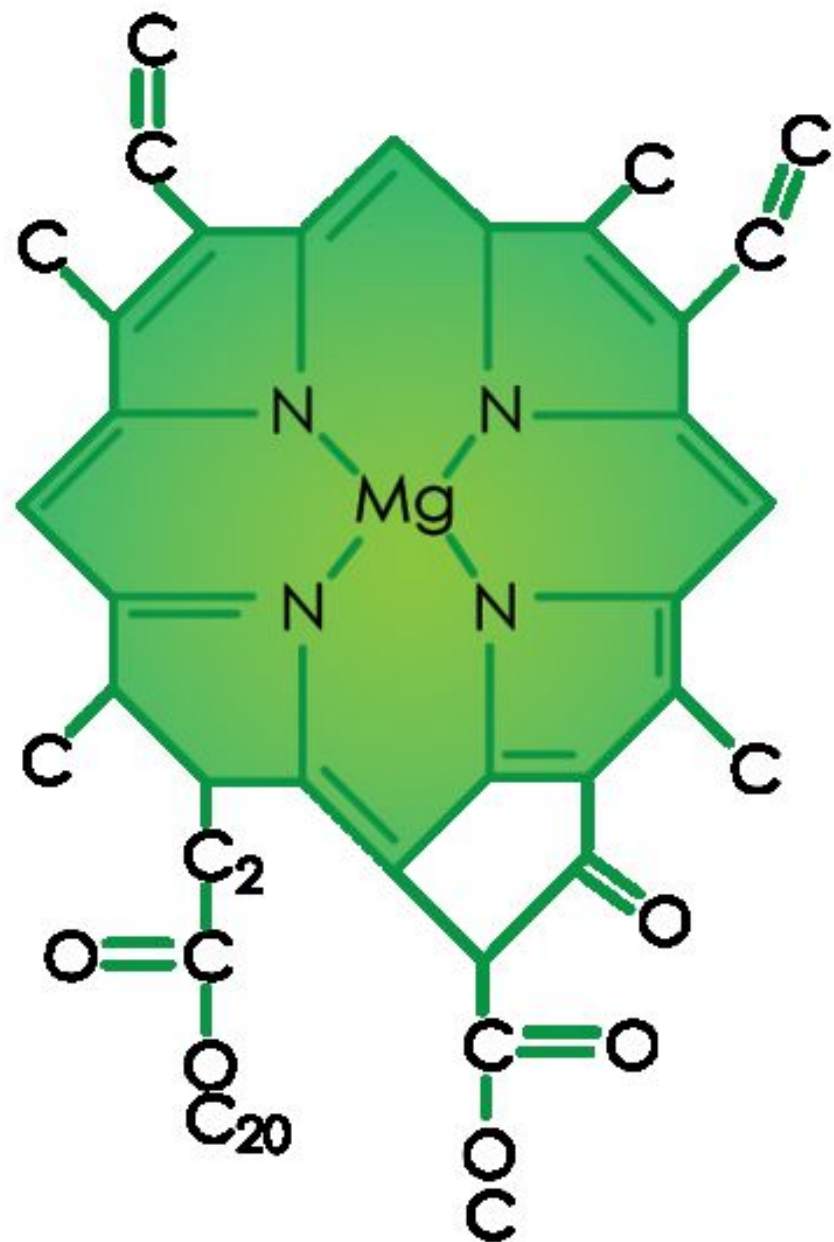
Ксантофиллы (весьма разнообразные)

Все желтые

Фукоксантин придает специфическую окраску бурым водорослям. У него очень широкий спектр поглощения

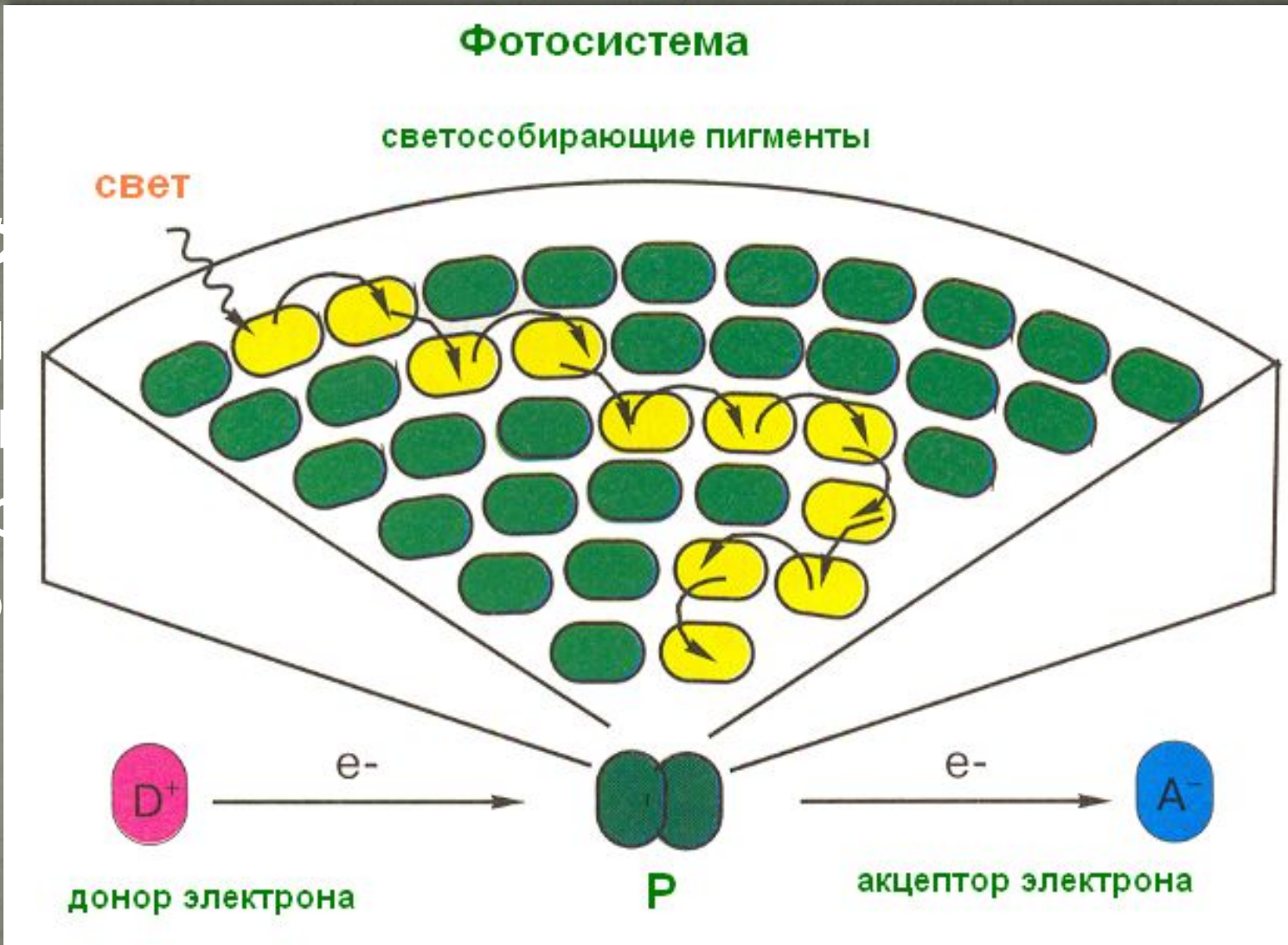


Гем



Хлорофилл

Фотосистемы



кул,

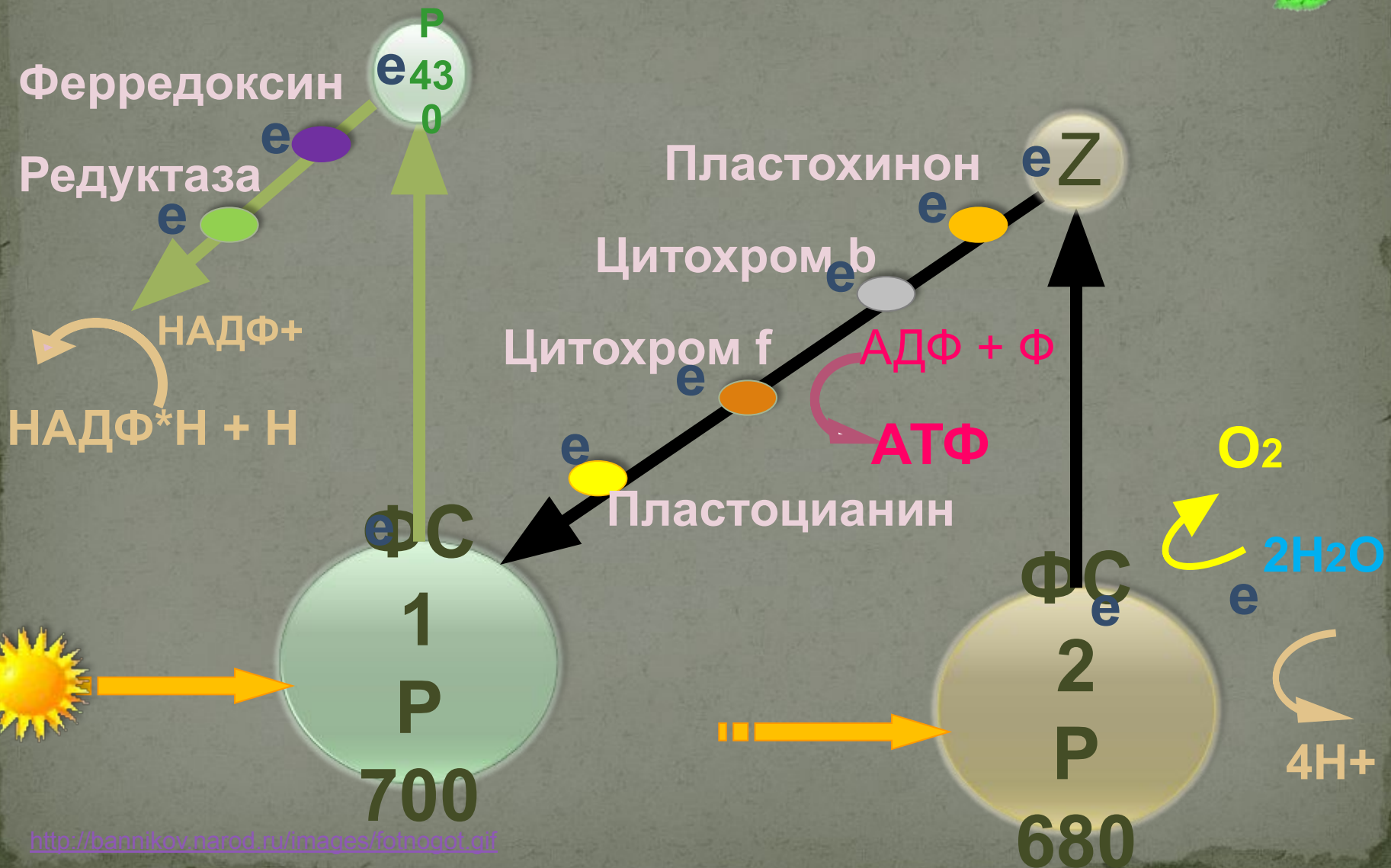
Ф
л
т
ф
б

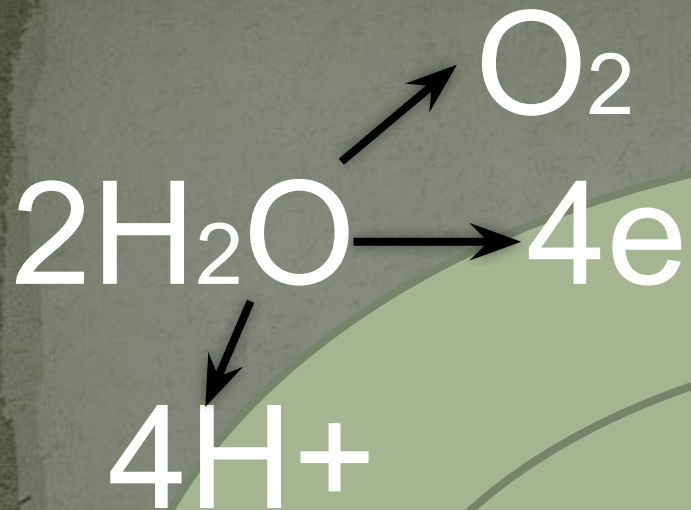
Фазы фотосинтеза:

1. Световая фаза – протекает на мембранах тилакоидов и под влиянием энергии света

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

Световая фаза фотосинтеза





pH 8

pH 4

АТФ-аза

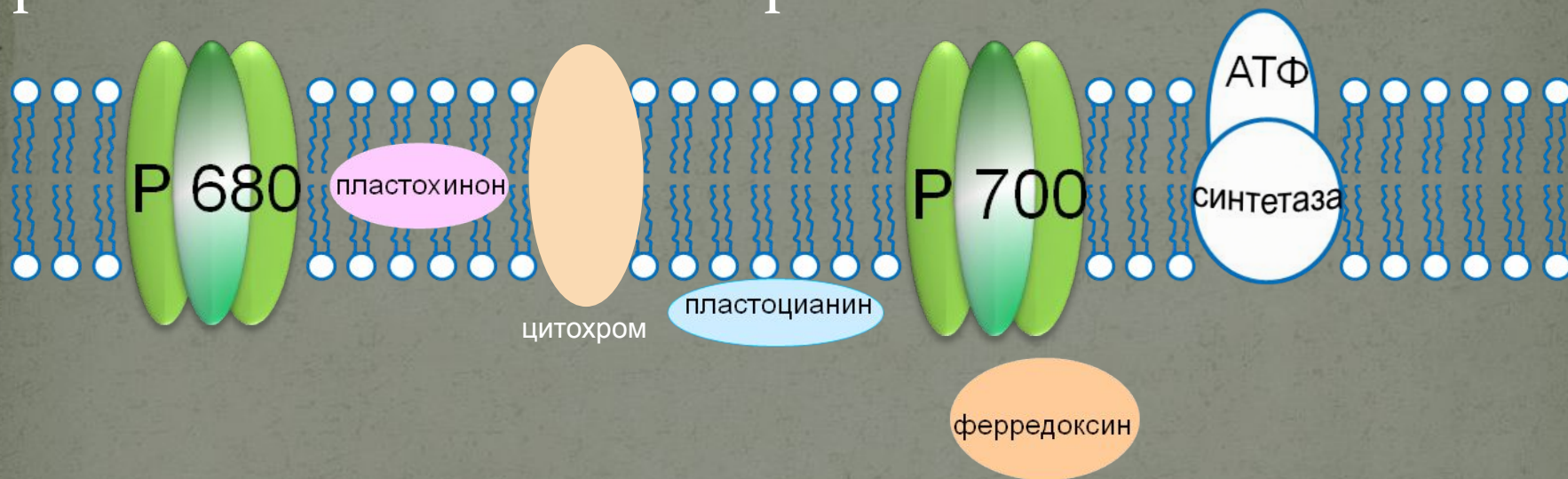


ФОТОСИСТЕМЫ:

внутри тилакоида (люмен)

фотосистема II

фотосистема I



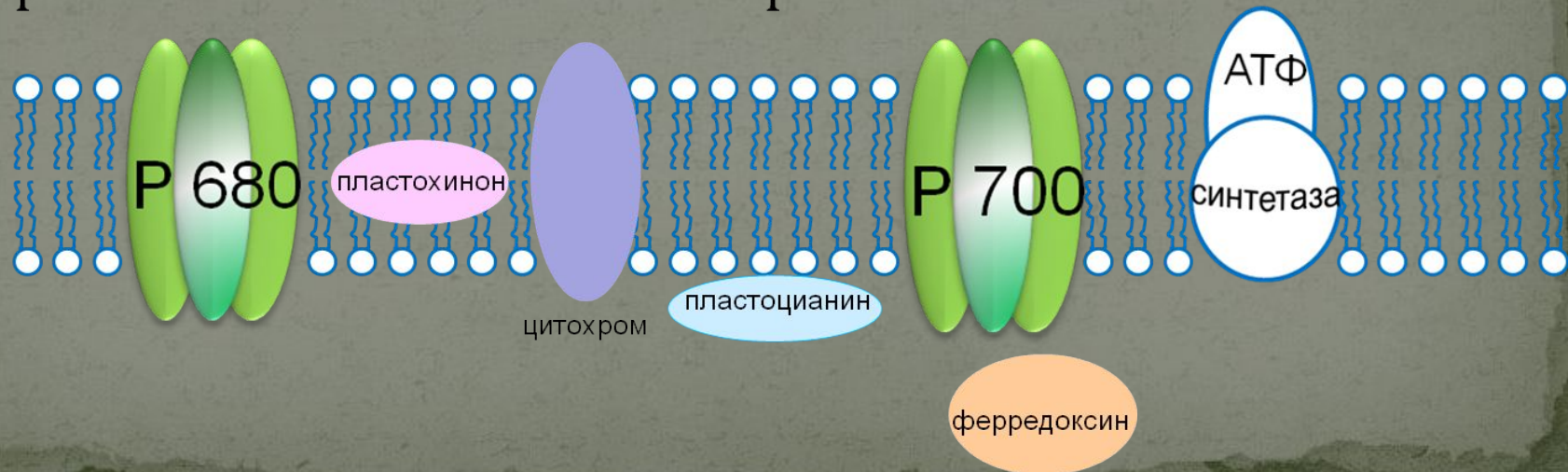
снаружи тилакоида (строма)

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



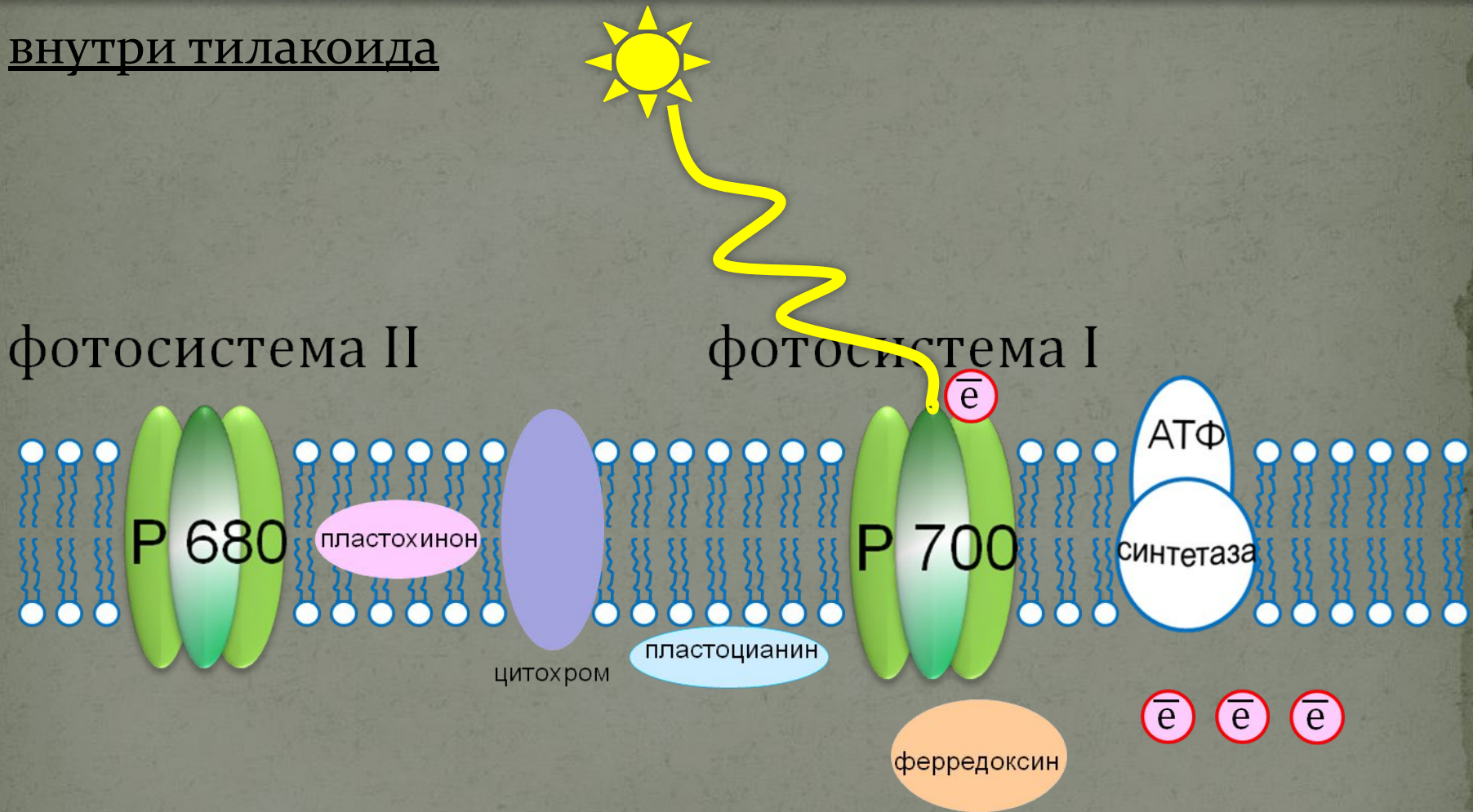
Световая фаза:

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



фотосистема II

фотосистема I

P 680

пластохинон

цитохром

пластоцианин

P 700

ферредоксин

АТФ

синтетаза

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

снаружи тилакоида

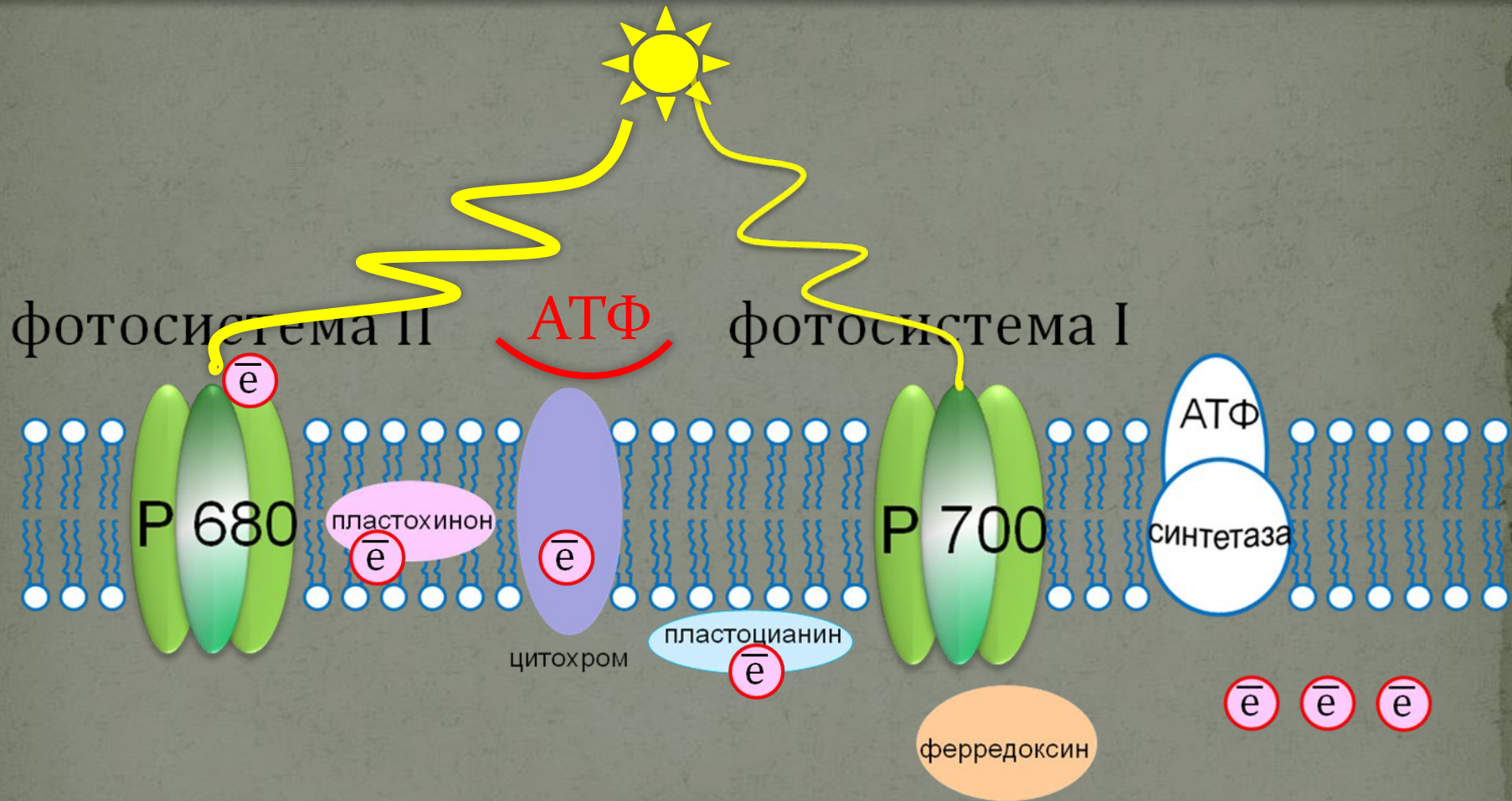


Световая фаза:

3. Квант красного света, поглощенный хлорофиллом П680 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:

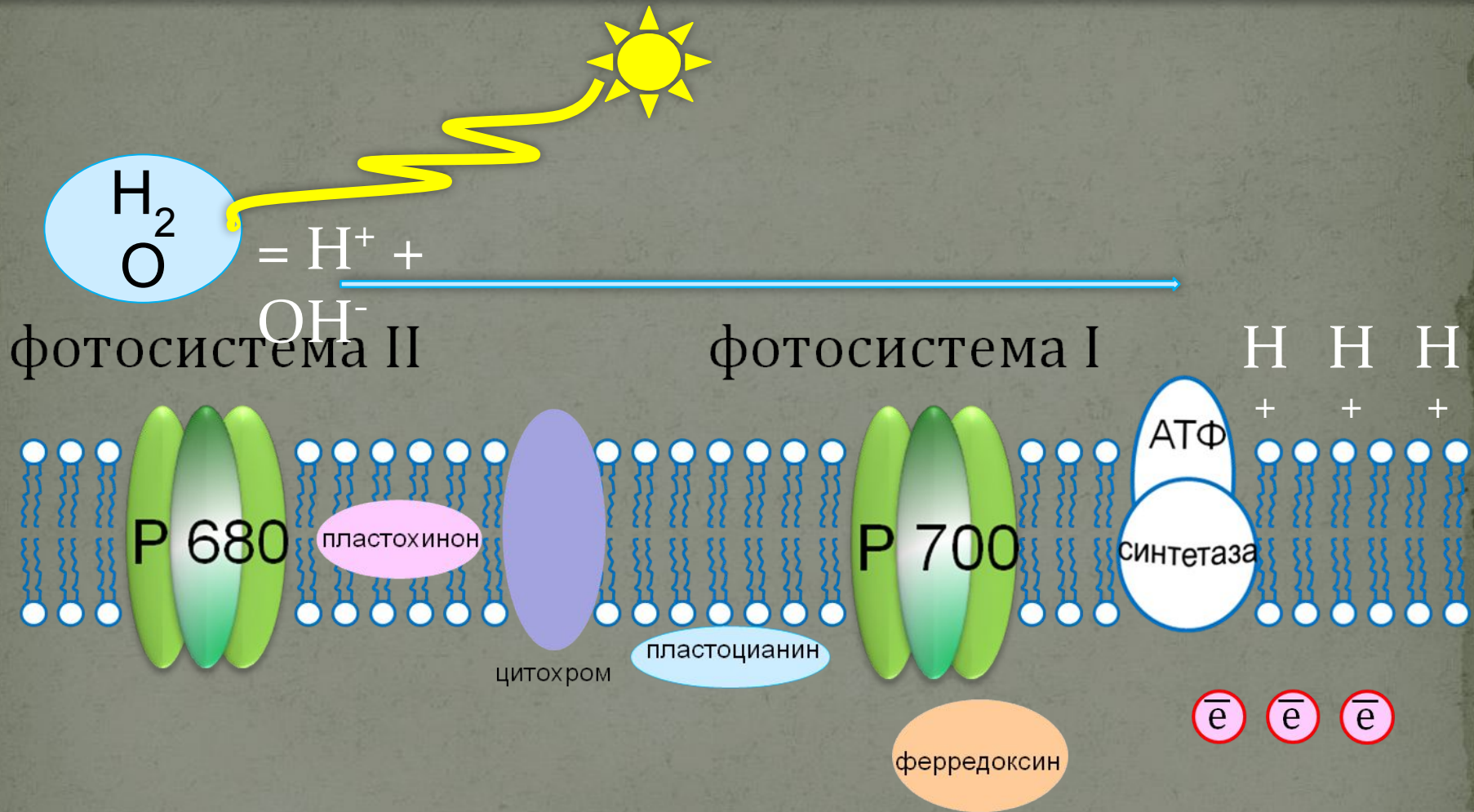


Световая фаза:

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:

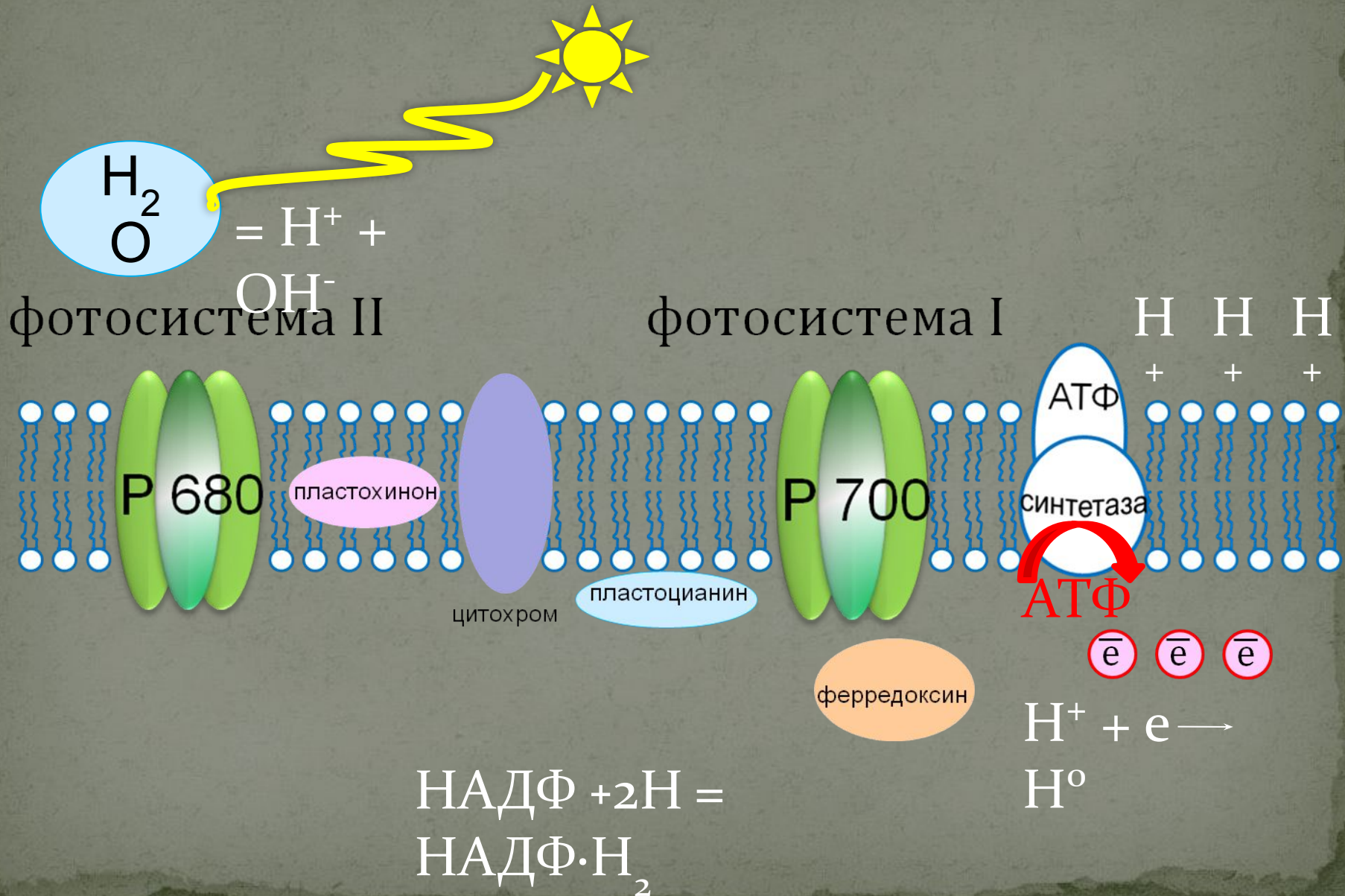


Световая фаза:

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

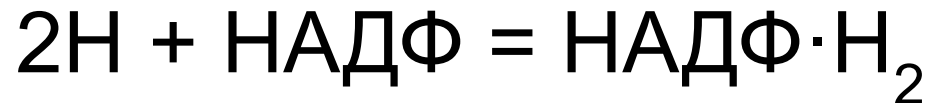
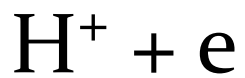
8. При достижении критической величины разности потенциалов протоны H^+ проталкиваются через канал АТФ-синтетазы. Освобождающаяся при этом энергия используется для синтеза молекул АТФ

Световая фаза:

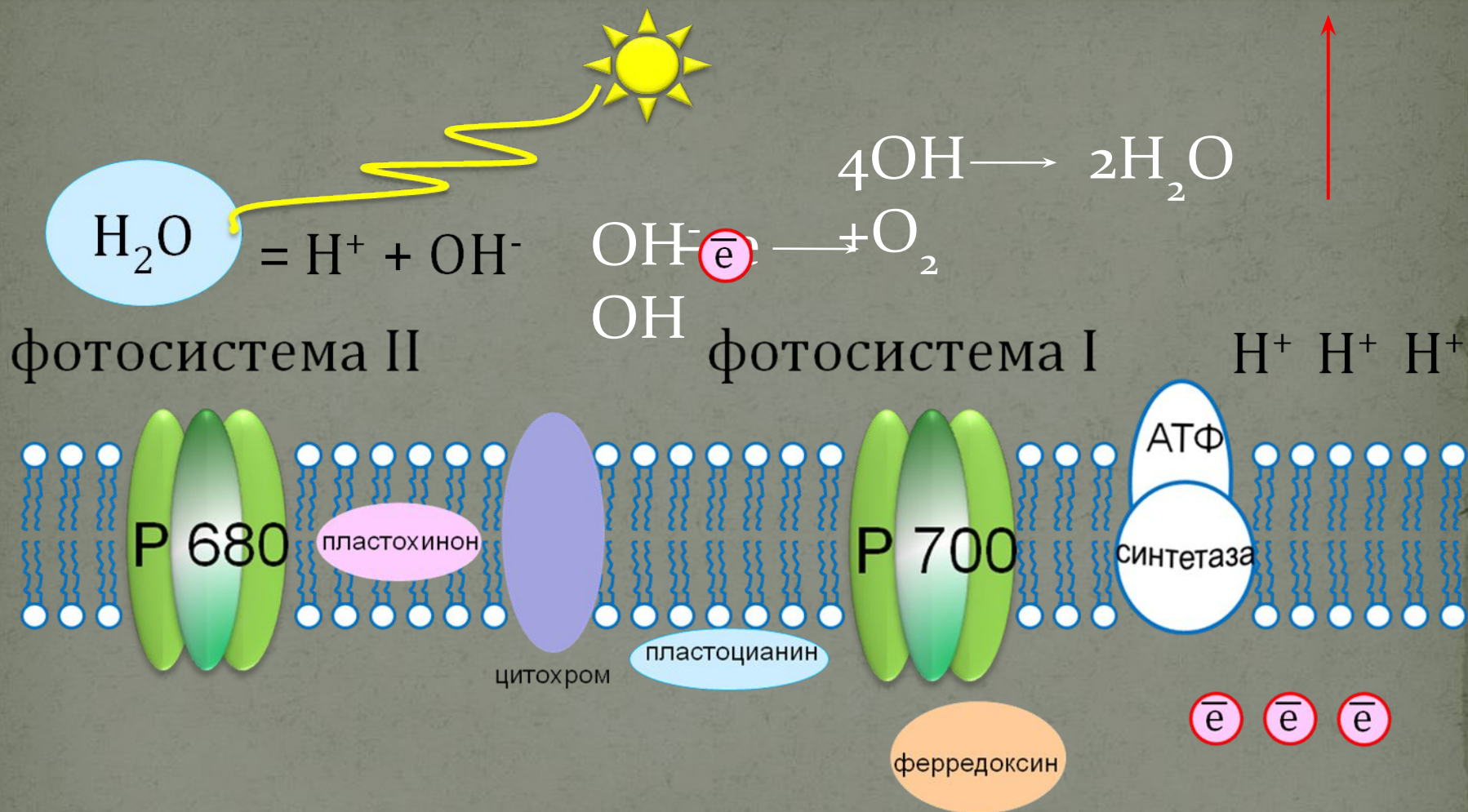


Световая фаза:

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:

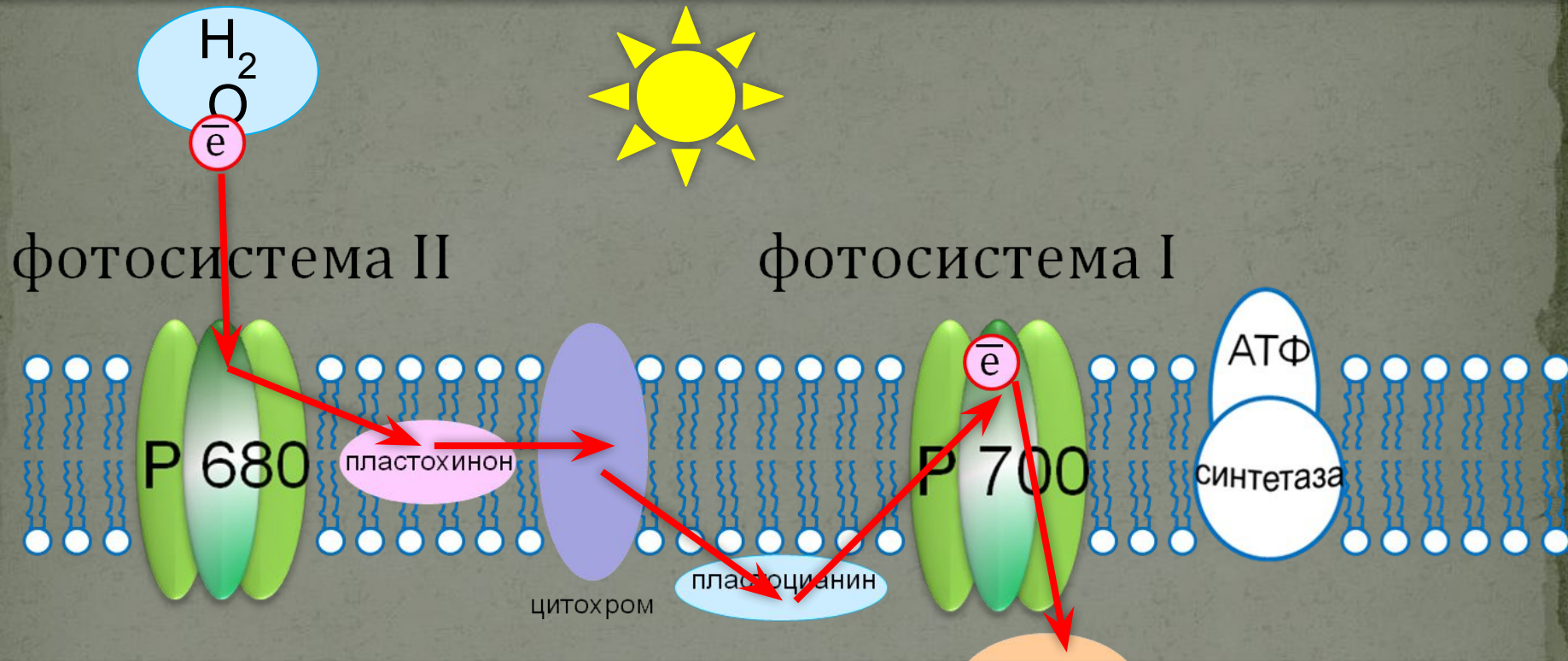


Световая фаза:

$\text{OH}^- \bar{e} \rightarrow \text{OH}$. Этот электрон закрывает «дыру» в молекуле хлорофилла фотосистемы II. $4\text{OH} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ ↑

- 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 фотосинтеза

Нециклический транспорт электронов

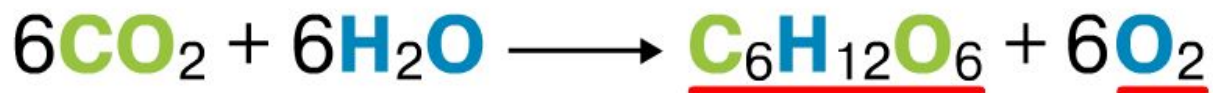
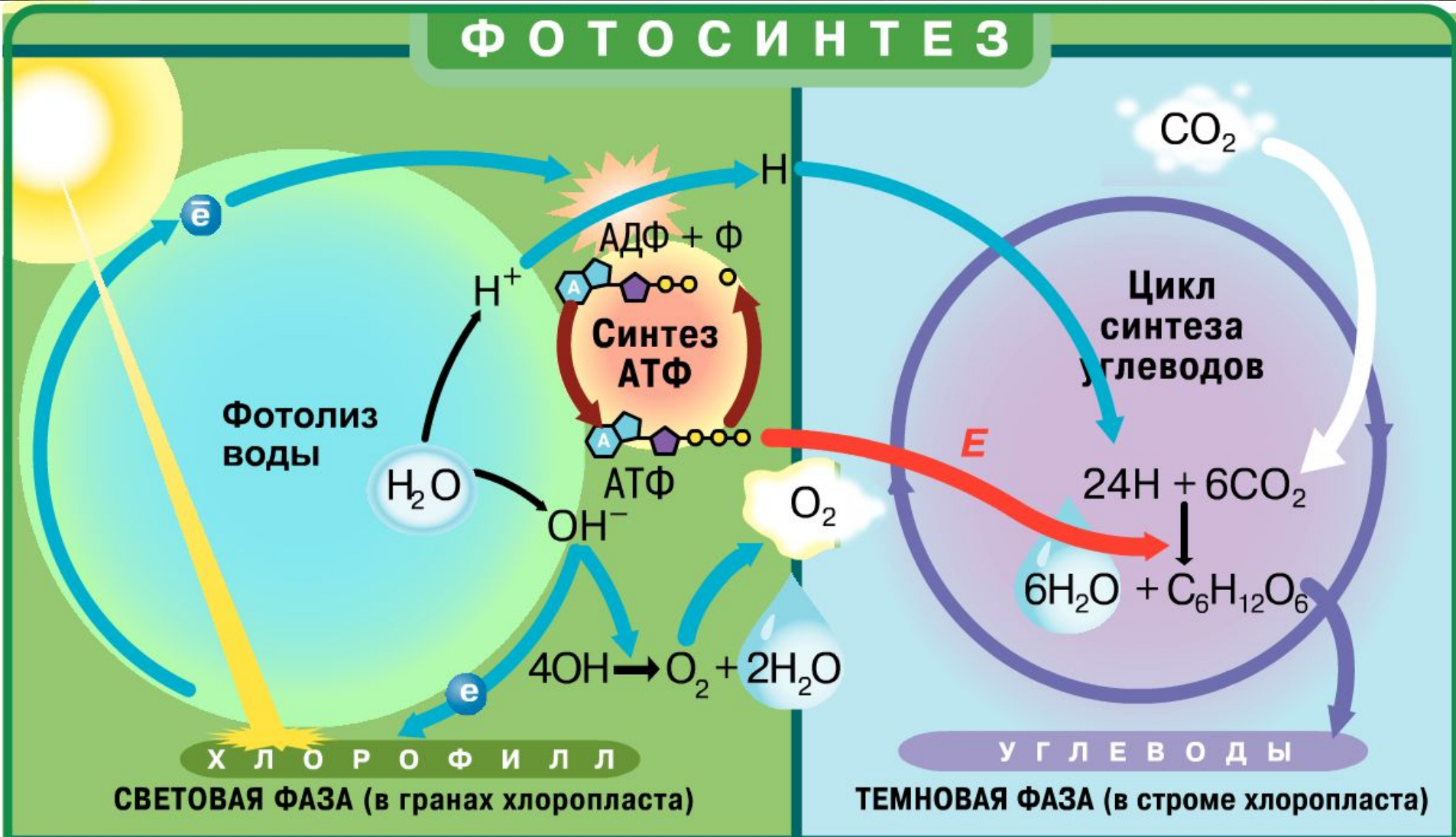


Световая фаза:

- 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

Темновая фаза:

ФОТОСИНТЕЗ



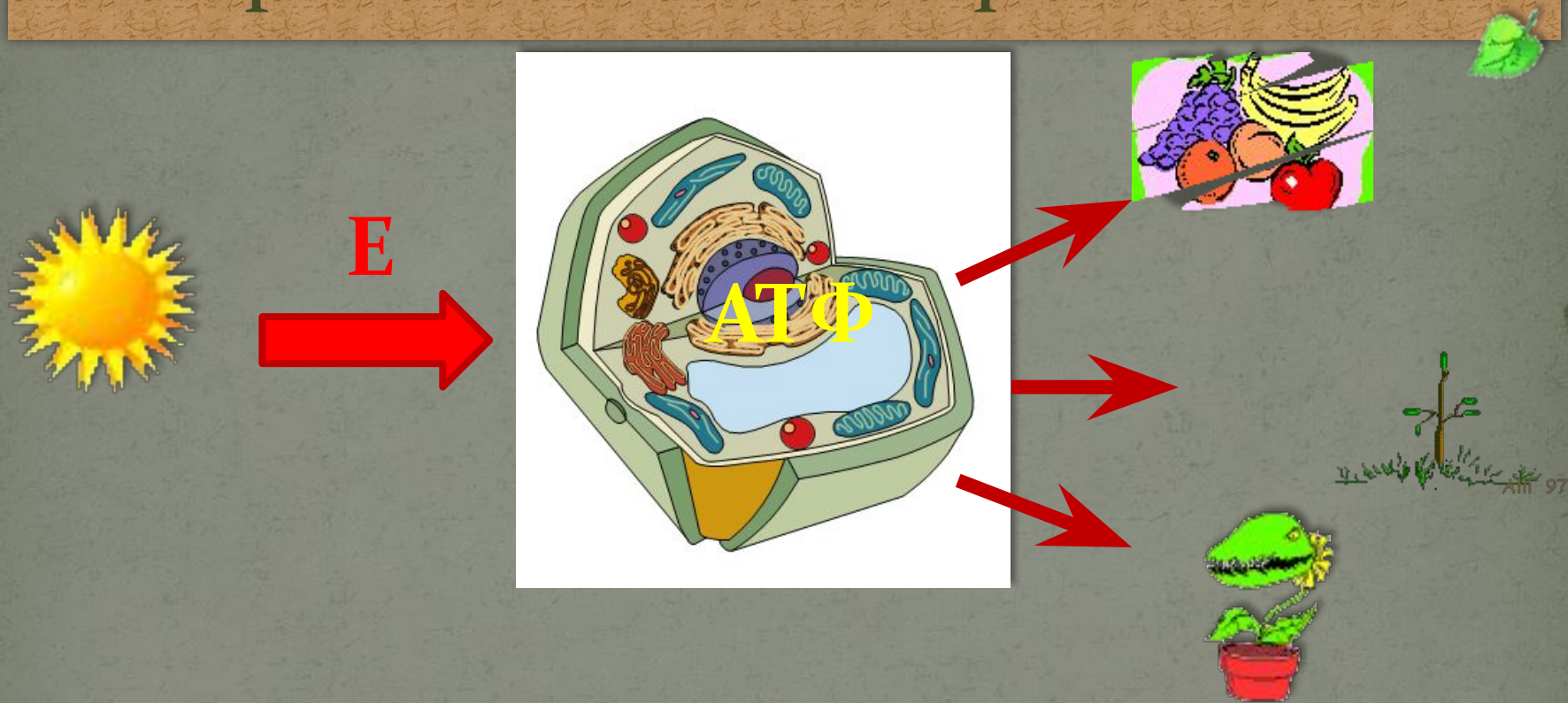
Цикл фиксации углерода или цикл Кальвина

- Первая стадия – карбоксилирование (непосредственная фиксация углекислого газа).
- Вторая стадия – восстановление (образование 3-фосфоглицеринового альдегида (ФГА)).
- Третья стадия – регенерация (восстановление первоначальных реагентов).
- Четвертая стадия – образование продуктов фотосинтеза

Темновая фаза фотосинтеза



Энергообеспечение фотосинтеза



Фотофосфорилирование:



Суммарное уравнение фотосинтеза



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

Задание 2. Заполните таблицу «Сравнение световой и темновой фаз фотосинтеза»



Критерии для сравнения	Световая фаза	Темновая фаза
Локализация		
Основные процессы		
Исходные вещества		
Образующиеся продукты		
Источник энергии		

«Сравнение световой и темновой фаз фотосинтеза»



Критерии для сравнения	Световая фаза	Темновая фаза
Локализация	Мембрана тилакоидов	Строма хлоропласта
Основные процессы	Фотолиз воды Восстановление НАДФ ⁺ до НАДФ* Н ₂ Синтез АТФ	Окисление НАДФ* Н ₂ Распад АТФ до АДФ и Ф. Фиксация СО ₂ (Цикл Кальвина)
Исходные вещества	Вода, АДФ, Ф, НАДФ ⁺	АТФ, НАДФ* Н ₂ , рибулёзомонофосфат
Образующиеся продукты	НАДФ* Н ₂ , АТФ	Глюкоза, аминокислоты и т.п.
Источник энергии	Световая энергия	Энергия АТФ

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.