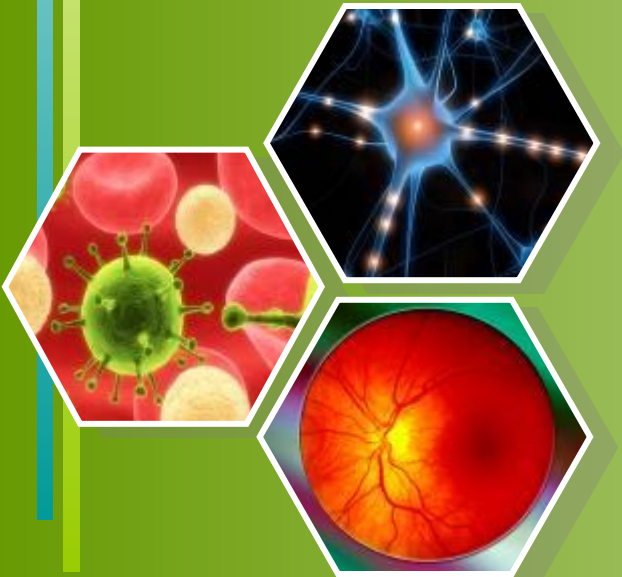
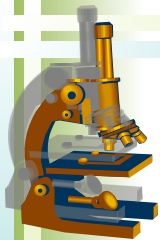




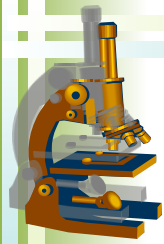
# ФОТОСИНТЕЗ

## Световая фаза





**Фотосинтез** – процесс образования из углекислого газа и воды органических веществ и высвобождения молекулярного кислорода, процесс трансформации поглощенной энергии света в химическую энергию органических соединений.



# ФОТОСИНТЕЗ

## СВЕТОВАЯ ФАЗА

(в гранах, тилакоидах  
хлоропластов)

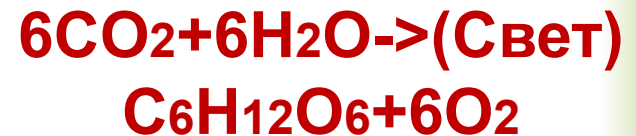
- 1) Молекулы пигментов поглощают фотоны
- 2) Передают поглощенную энергию молекулам хлорофилла
- 3) Происходит трансформация энергии света в химическую энергию АТФ и восстановленного НАДФ\*Н
- 4) Выделяется кислород в результате фоторазложения воды

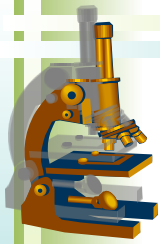
*Эти процессы происходят на мембранах хлоропластов.*

## ТЕМНОВАЯ ФАЗА

(в строме )

*В строме хлоропластов восстанавливается поглощенный CO<sub>2</sub> с образованием углеводов и других органических соединений.*

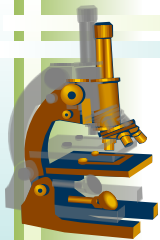




## *НАДФ\*Н*

# никотинамидадениндинуклеотидфосфат (*кофермент*)

- В живых клетках участвует в ферментативных реакциях окисления: принимает водород и электроны от окисляемых веществ.
- Его восстановленная форма (НАДФ\*Н) способна переносить их на другие вещества

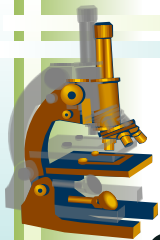


# Световая фаза фотосинтеза

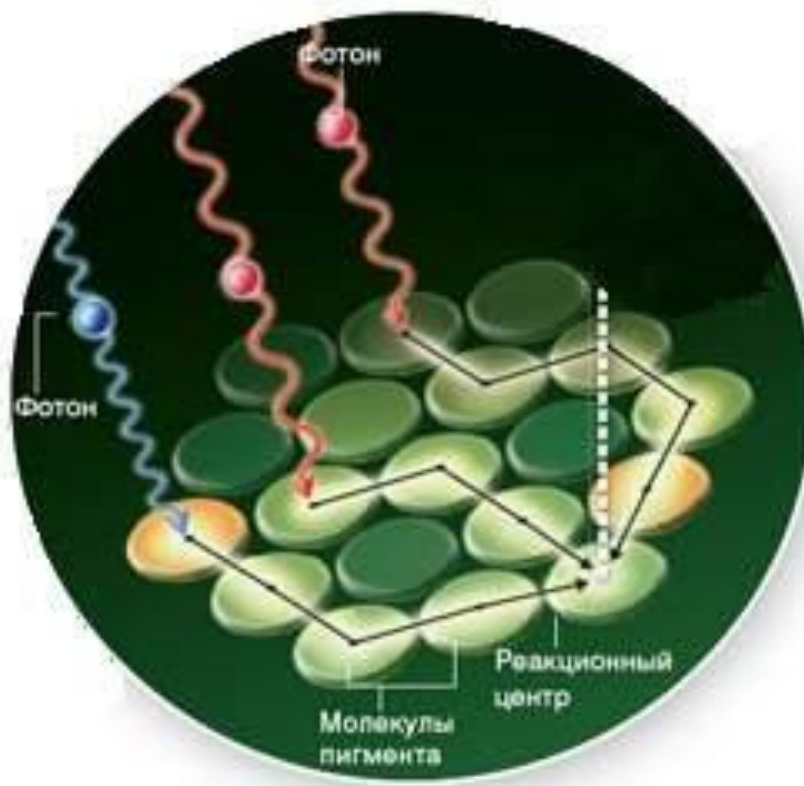
*преобразование солнечной энергии в химическую энергию органических соединений*

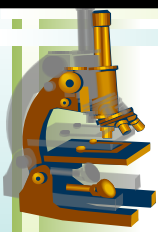
**В результате световой фазы происходят 3 основных процесса:**

- 1) Образование свободного кислорода**
- 2) Синтез АТФ**
- 3) Образование атомов водорода в форме НАДФ\*Н<sub>2</sub>**



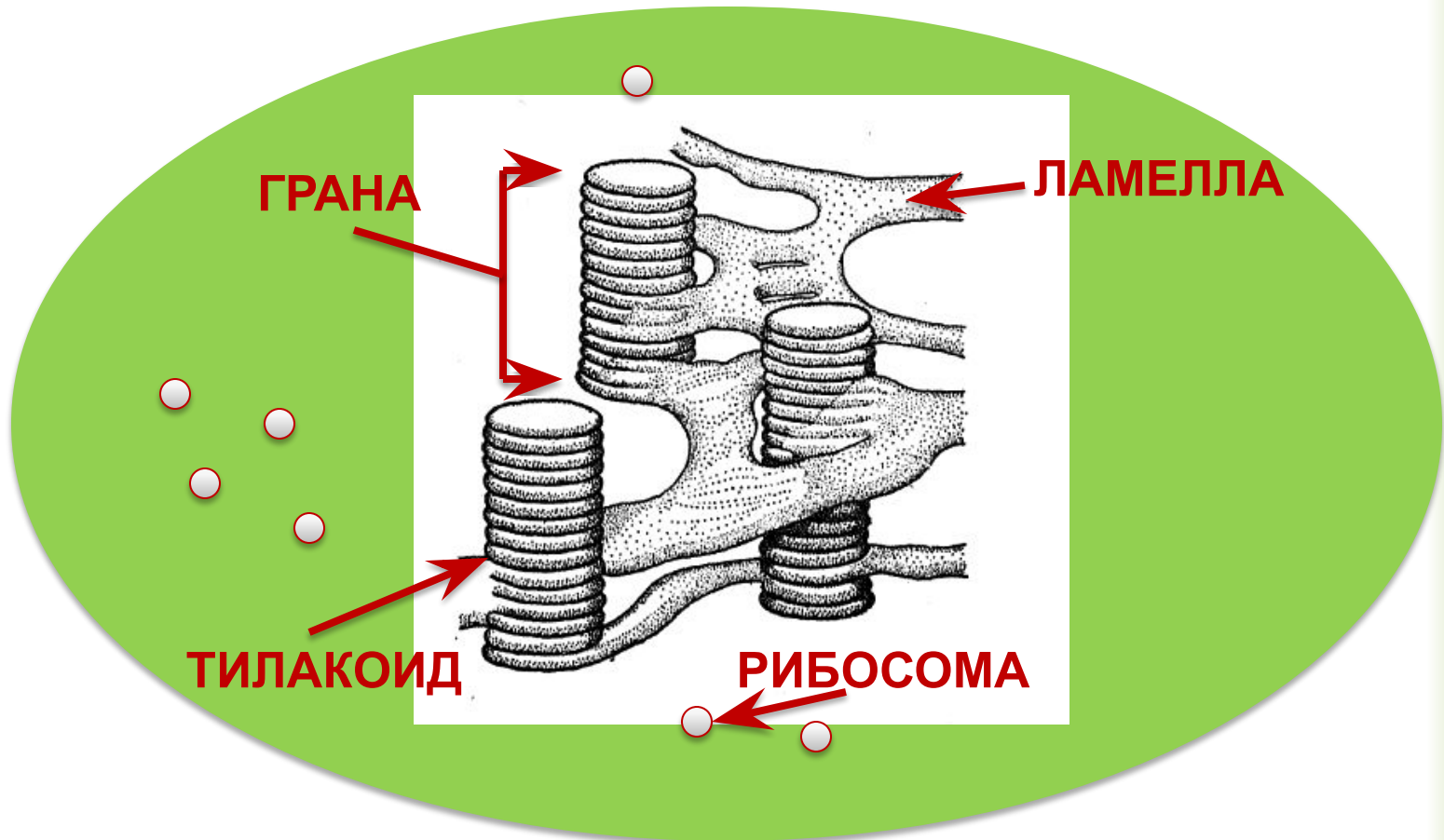
**Фотосинтез начинается с улавливания света пигментами – хлорофиллами, входящими в состав хлоропластов клеток.**

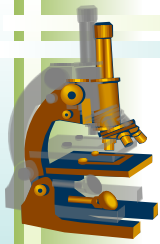




# ЦИТОПЛАЗМА

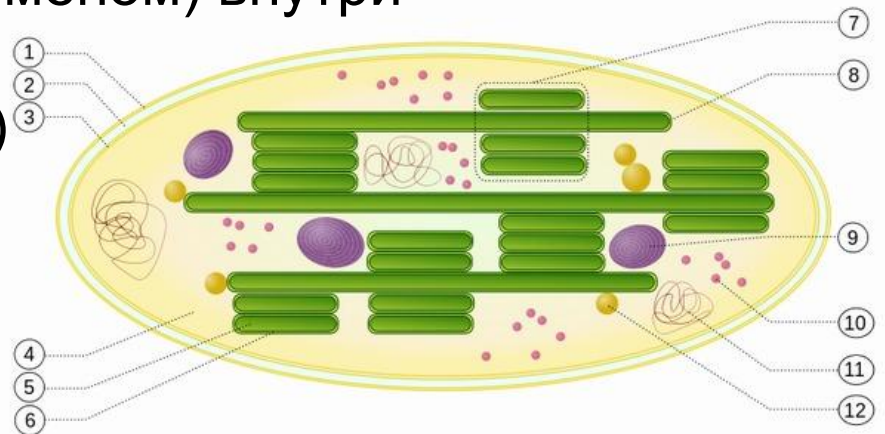
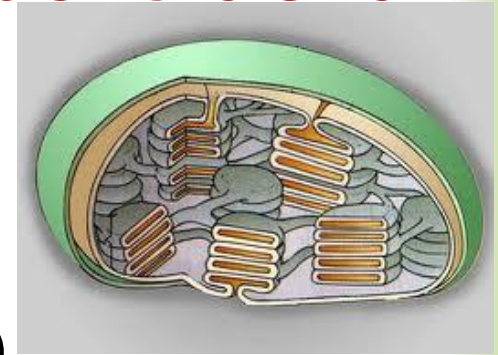
## ХЛОРОПЛАСТ



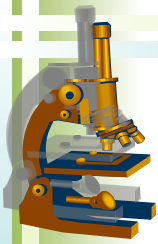


# Ультраструктура хлоропласта

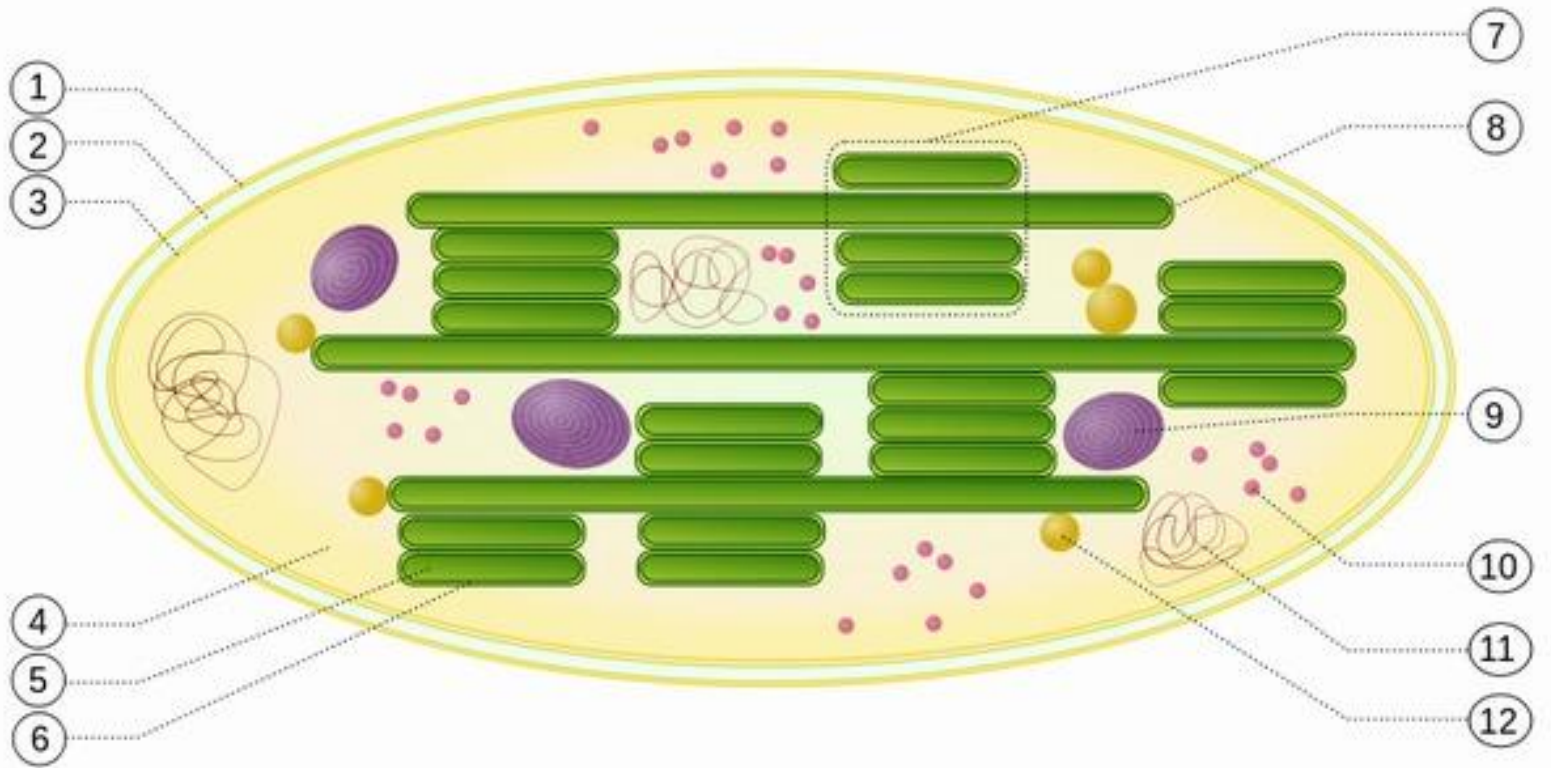
1. наружная мембрана
2. межмембранное пространство
3. внутренняя мембрана (1+2+3: оболочка)
4. строма (жидкость)
5. тилакоид с просветом (люменом) внутри
6. мембрана тилакоида
7. грана (стопка тилакоидов)
8. тилакоид (ламела)
9. зерно крахмала
10. рибосома
11. пластидная ДНК
12. пластоглобула (капля жира)

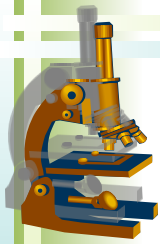




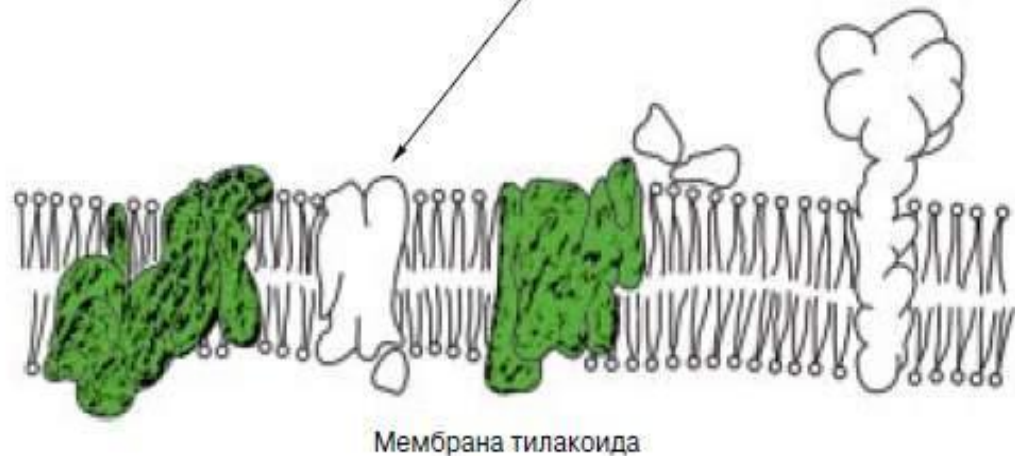
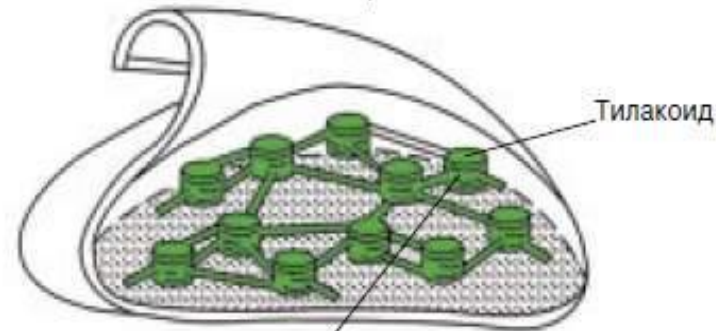
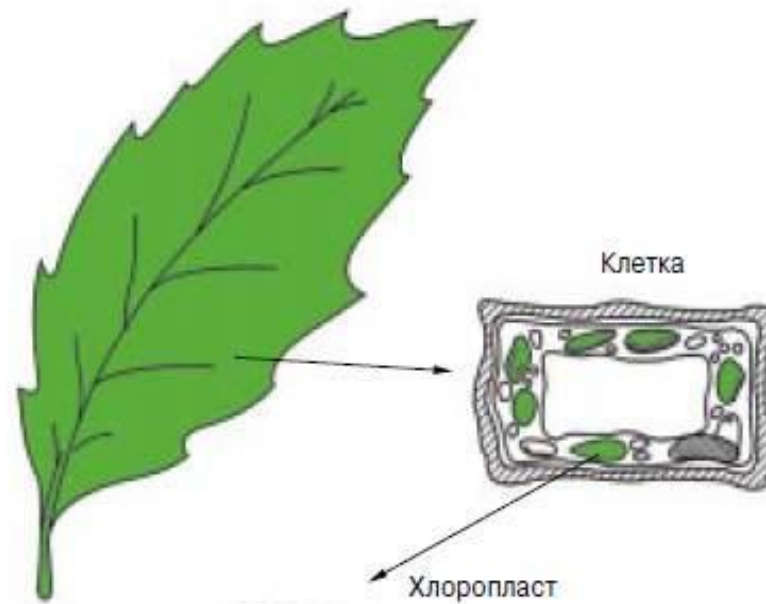


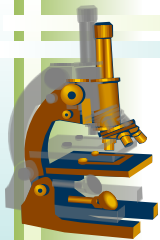
?





# Локализация фотосинтетического аппарата в клетке зеленого растения

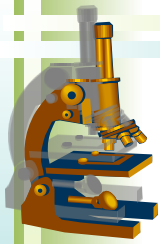




Квант света (**фотон**), падающий на лист, поглощается молекулой хлорофилла.



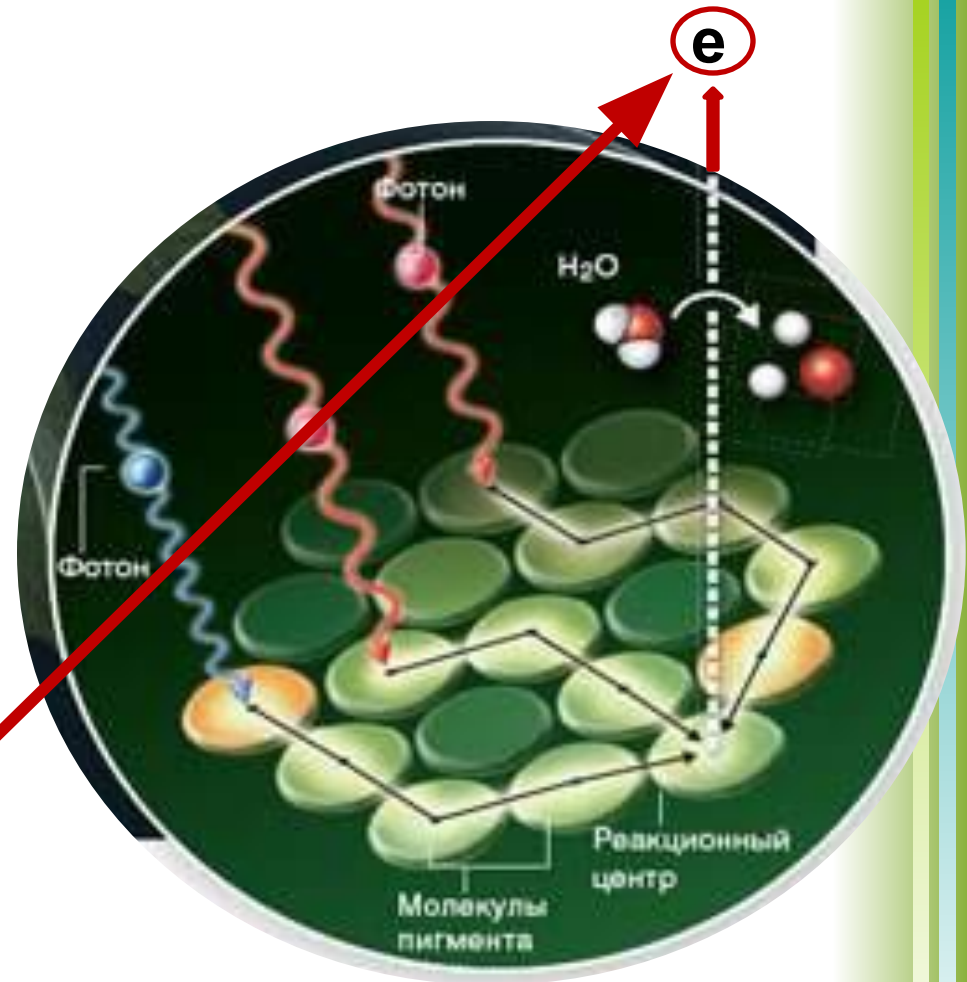
В результате этого молекула на очень короткое время переходит в возбужденное состояние: один из электронов молекулы хлорофилла (**e**) получает избыток энергии.



Поглощающие свет пигменты, захватывают фотоны определённых цветов, а остальные фотоны отражают. Энергия фотона через сеть молекул передается в реакционный центр.

**Реакционный центр** расщепляет воду. При этом расщеплении освобождается

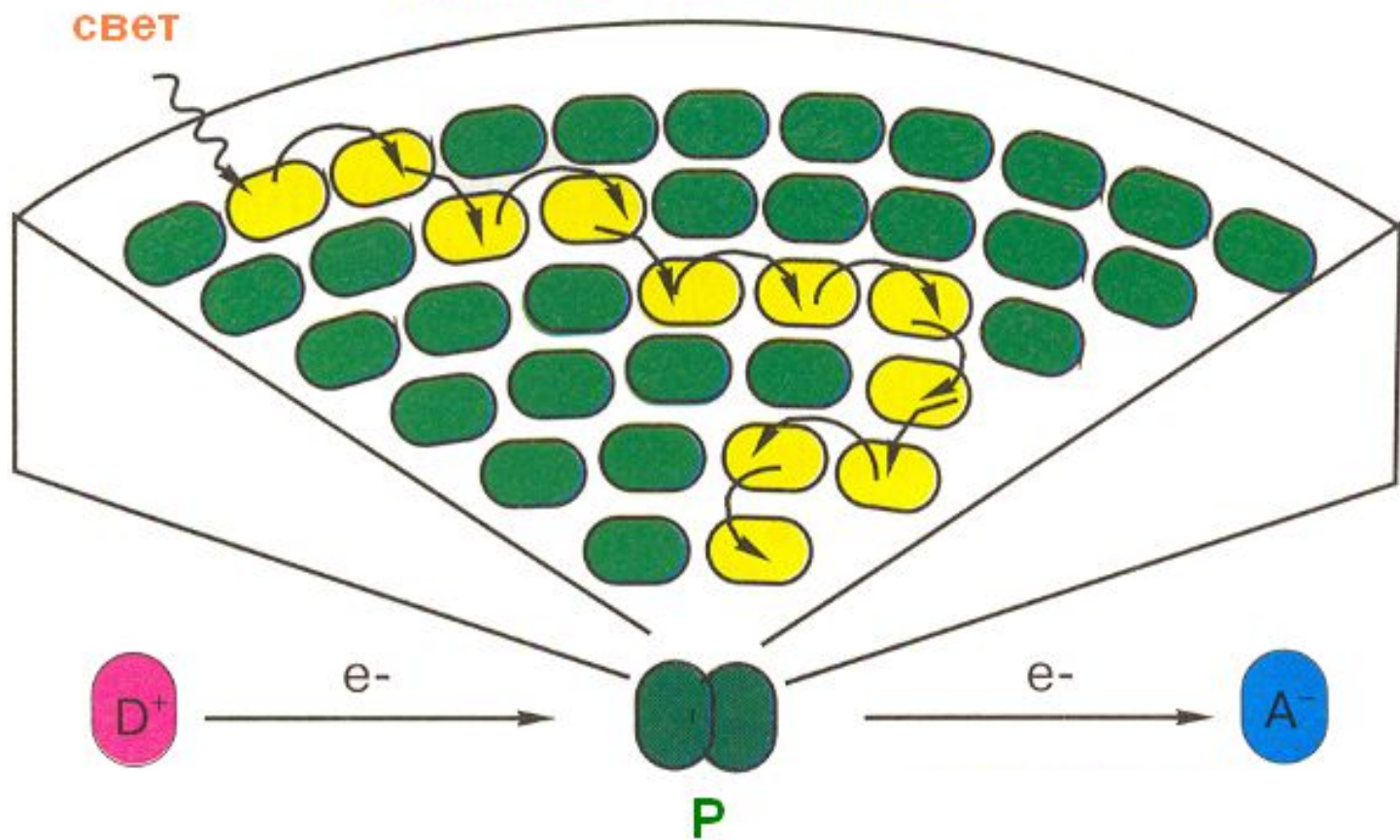
**электрон**, который необходим для других

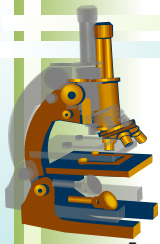


# Фотосистема

Фотосистема

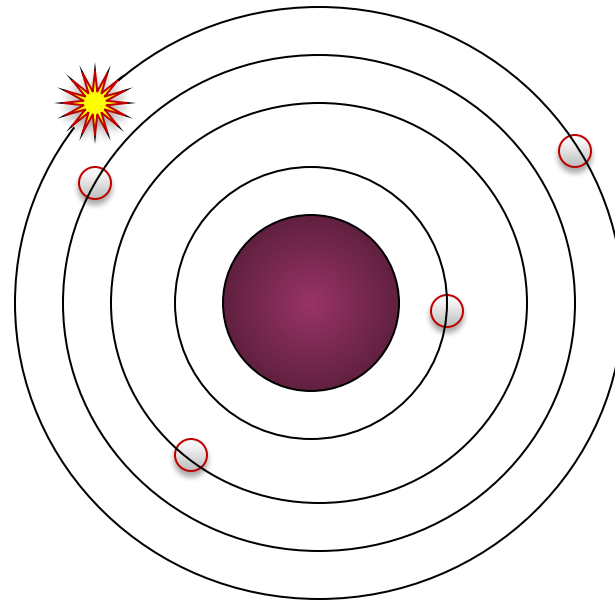
светособирающие пигменты





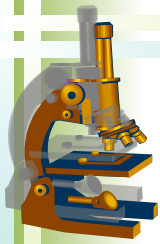
## ЭТОТ ЭЛЕКТРОН ПЕРЕДАЕТСЯ ПО ЦЕПИ ЦИТОХРОМОВ

Фотон света



Атом молекулы  
хлорофилла

Электрон, в составе молекулы хлорофилла, и энергия фотона переходит в энергию перемещения электрона на вышележащую орбиталь, т.е. на более высокий энергетический уровень.

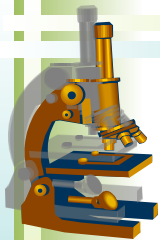


# Фотофосфорилирование

электрон переходит от одного цитохрома к другому, при этом он теряет часть энергии (солнечную энергию), и энергия преобразуется в энергию АТФ.

Посредник акцептор (принимает) электрона НАДФ. Электрон перемещается через мембрану тилакоида.

*Цитохром* — дыхательный пигмент, переносчик электронов в биологических реакциях окисления-восстановления.

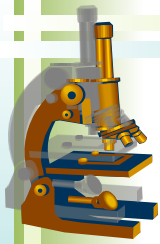


ЭЛЕКТРОН НА  
МОЛЕКУЛУ  
ХЛОРОФИЛЛА

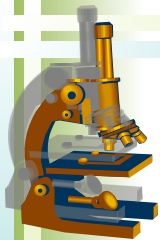
# ФОТОЛИЗ ВОДЫ







**Хлорофилл потерял свой электрон,  
но он должен его за счет чего-либо  
компенсировать –компенсацию  
оказывает анион гидроксила,  
образовавшегося при фотолизе  
ВОДЫ.**



**Остается анион  $\text{OH}^-$ . Он неустойчив, и ему тоже необходим электрон – поэтому образуется кислород и вода (это побочные продукты процесса, их условно можно назвать «отходы производства»).**





**Протоны водорода скапливаются внутри тилакоидов (люмен) на мембране, а с внешней стороны скапливаются НАДФ с электроном.**

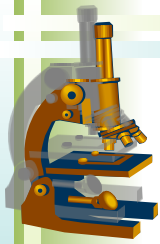
**АТФ-СИНТАЗА**

**H<sup>+</sup>**

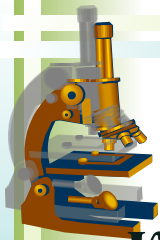
**АТФ**

**e<sup>-</sup>**

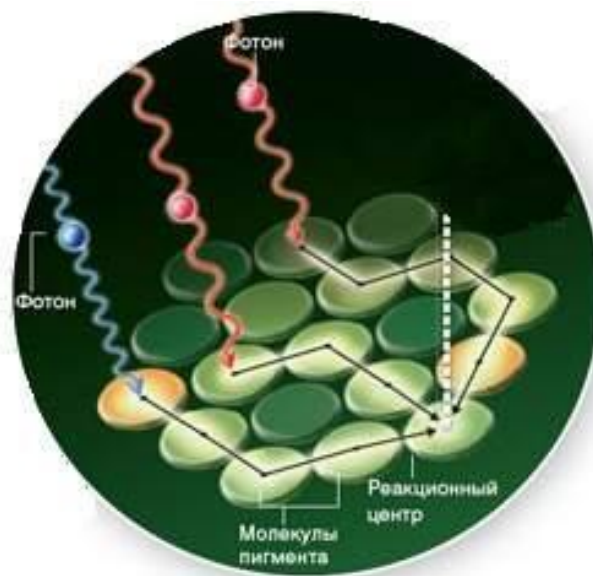
**Когда протоны (+ заряд) с одной стороны и электроны (- заряд) с другой стороны скапливаются в значительных количествах, то возникает потенциал действия: ионы водорода устремляются к электронам через мембрану тилакоида вместе с АТФ-синтетазой. Она активизируется и образуется АТФ.**



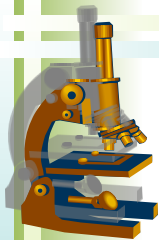
**Водород присоединяется к  
НАДФ с электроном и  
образуется НАДФ\*Н**



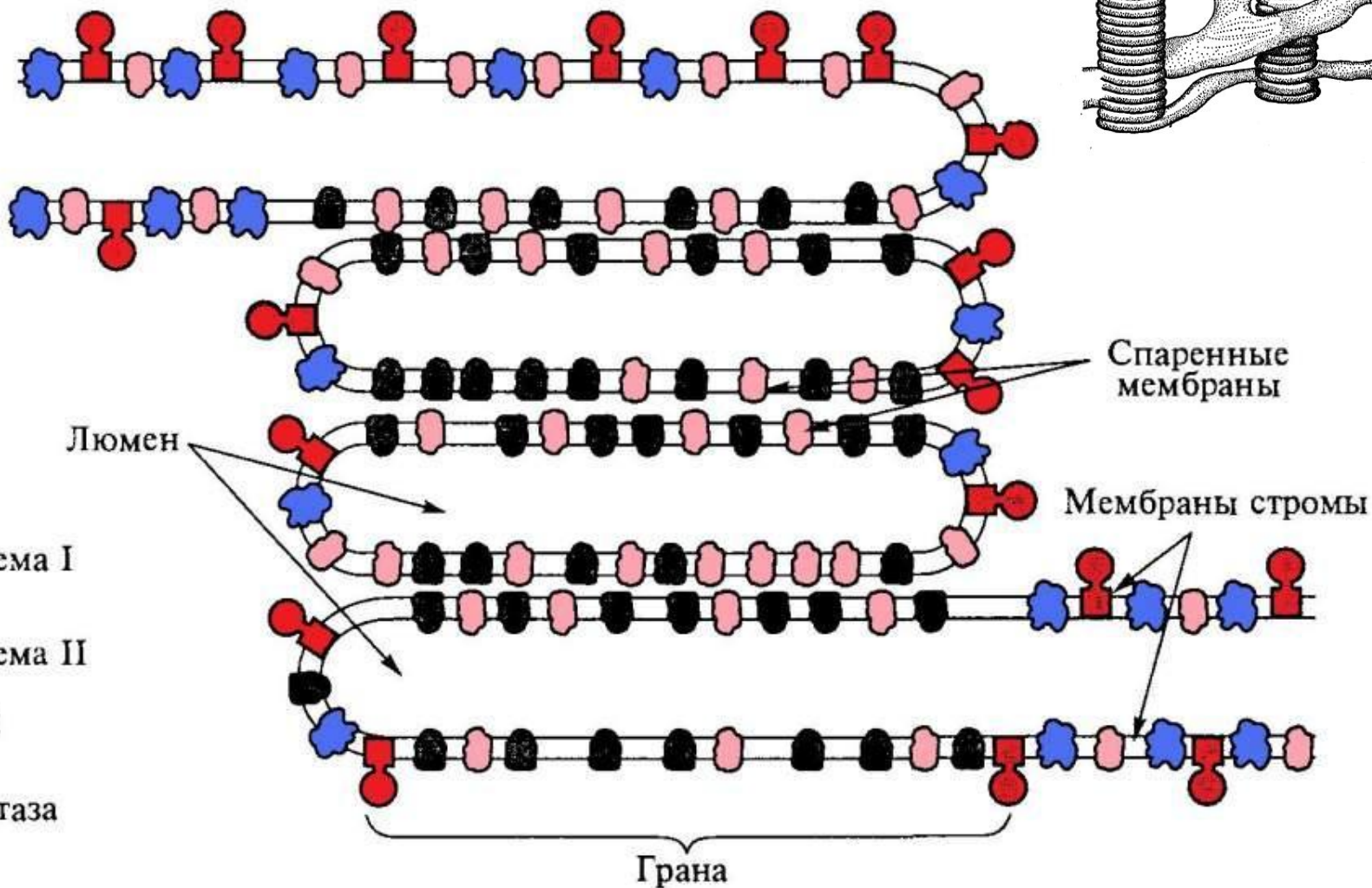
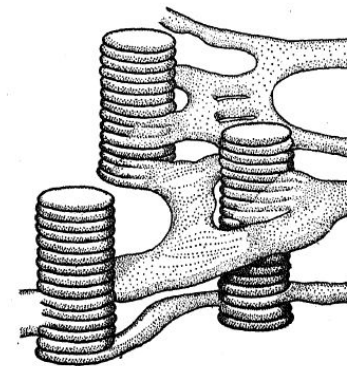
# Совокупность молекул светособирающего комплекса и реакционного центра составляет фотосистему

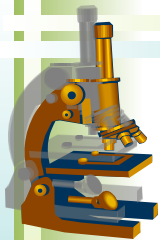


*Предположение о существовании в хлоропластах двух фотосистем высказал Р. Эмерсон в 1957 г, изучая влияние света на квантовый выход (количество выделившегося кислорода или связанного углекислого газа на 1 квант поглощенной энергии) фотосинтеза у водоросли хлореллы.*



# СХЕМА ОРГАНИЗАЦИИ ТИЛАКОИДОВ ГРАН И СТРОМЫ





- Фотосинтетические пигменты в мембранах хлоропластов имеют не беспорядочное расположение, а организованы в две пигментные системы – фотосистему I (**ФС I**) и фотосистему II (**ФС II**).
- Пигменты, входящие в состав **ФС I** и **ФС II**, отличаются по спектральным свойствам.
- В фотосинтезе участвуют обе фотосистемы одновременно.



ЛЮМЕН

ФОТОСИСТЕМА  
II

ЦИТОХРОМ

ФОТОСИСТЕМА  
I

АТФ-СИНТАЗА

МЕМБРАНА  
ТИЛАКОИДА

НАДФ

СТРОМА

