

# Тема урока: «Фотосинтез»



## ФОТОСИНТЕЗ - ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ СОЛНЦА В ЭНЕРГИЮ ХИМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ

Основным источником энергии для всех живых существ, населяющих нашу планету, служит энергия солнечного света, которую аккумулируют непосредственно только зеленые растения, в том числе водоросли, редкие простейшие, зеленые и пурпурные бактерии. Их клетки за счет энергии солнца способны синтезировать органические соединения: углеводы, жиры, белки и др. Зеленый цвет фотосинтезирующих клеток зависит от наличия в них [хлорофилла](#), поглощающего свет в красной и синей частях спектра и пропускающего лучи, которые дают при смешении зеленый цвет.

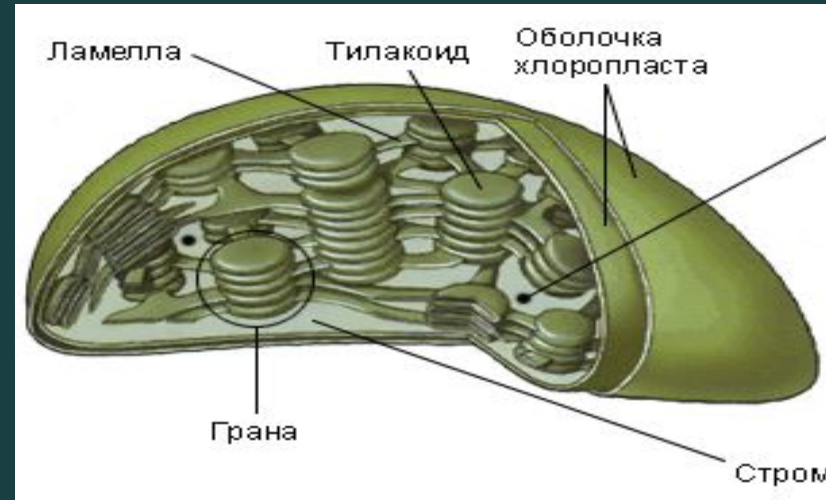
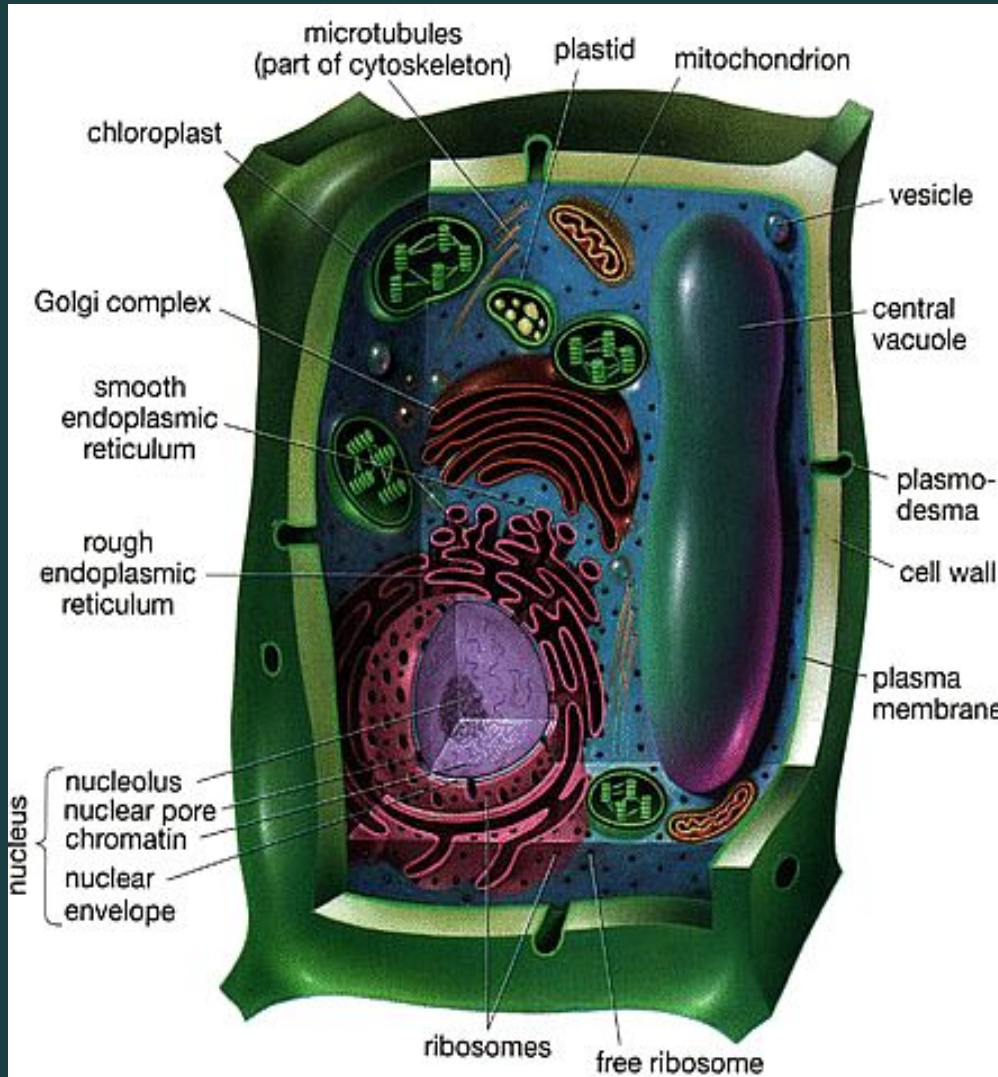
# Фотосинтез

Главным органом фотосинтеза является лист, в клетках которого имеются специализированные органоиды, ответственные за фотосинтез — хлоропласты.





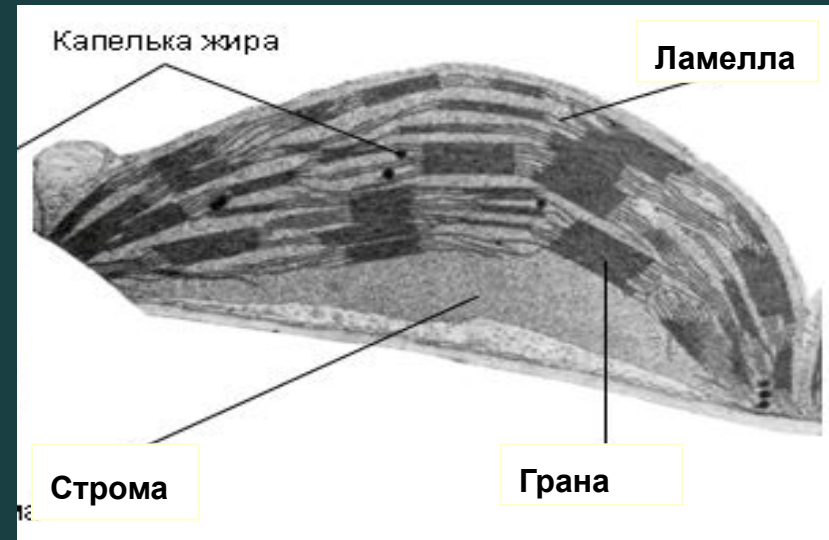
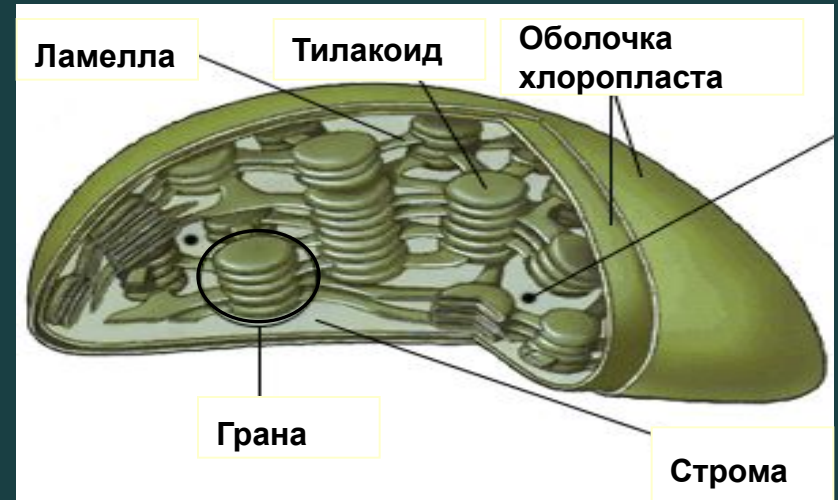
# Хлоропласты



## У эукариот фотосинтез происходит в особых органеллах, называемых хлоропластами.

Хлоропласты окружены двойной мембраной. В хлоропластах всегда содержится хлорофилл, локализованные в системе мембран, которые погружены в основное вещество хлоропласта – **строму**. Мембранная система – это место, где протекают **световые реакции** фотосинтеза. В мембранах также находятся ферменты и переносчики электронов. Вся система состоит из множества плоских, заполненных жидкостью мешков, называемых **тилакоидами**. Тилакоиды местами уложены в стопки – **граны**.

В строме происходят **темновые реакции** фотосинтеза. По своему строению строма напоминает гель; в ней находятся растворимые ферменты, в том числе ферменты цикла Кальвина, а также другие химические соединения, в частности сахара и органические кислоты. Избыток углеводов,



# Фотосинтез

Фотосинтез — это процесс образования органического вещества из углекислого газа и воды на свету при участии фотосинтетических пигментов.

Суммарное уравнение фотосинтеза:



В современной физиологии растений под фотосинтезом чаще понимается фотоавтотрофная функция - совокупность процессов поглощения, превращения и использования энергии квантов света в реакциях превращения углекислого газа в органические вещества.

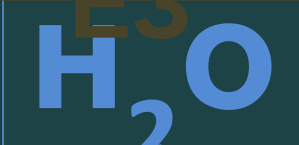
# Фотосинтез

В процессе фотосинтеза различают две фазы:  
световую и темновую.



# ФОТОСИНТЕЗ

Солнечный свет



СВЕТОВАЯ ФАЗА

АТФ  $H^+$

ТЕМНОВАЯ ФАЗА

ГЛЮКОЗА

O

2

ЗНАЧЕНИЕ  
ФОТОСИНТЕЗА

Заполни таблицу  
Фазы фотосинтеза





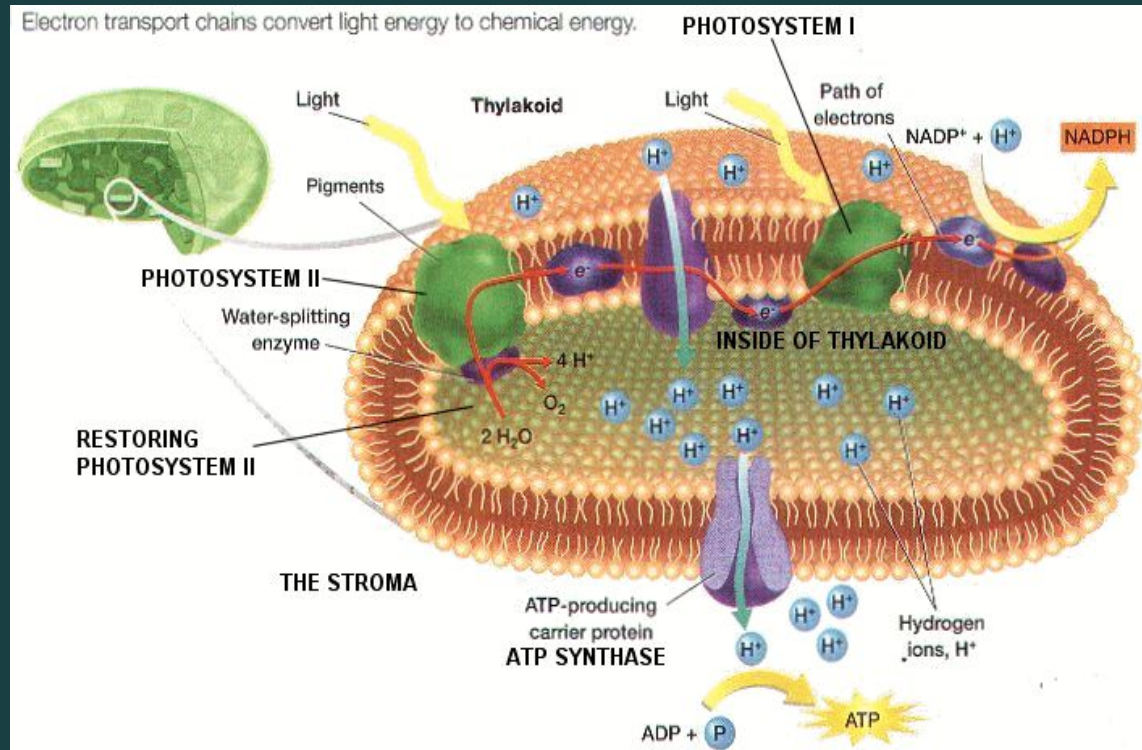
Заполните таблицу  
**Фазы фотосинтеза**

фаза	световая	темновая
место протекания реакций		
начальные продукты		
суть процесса		
конечные продукты		



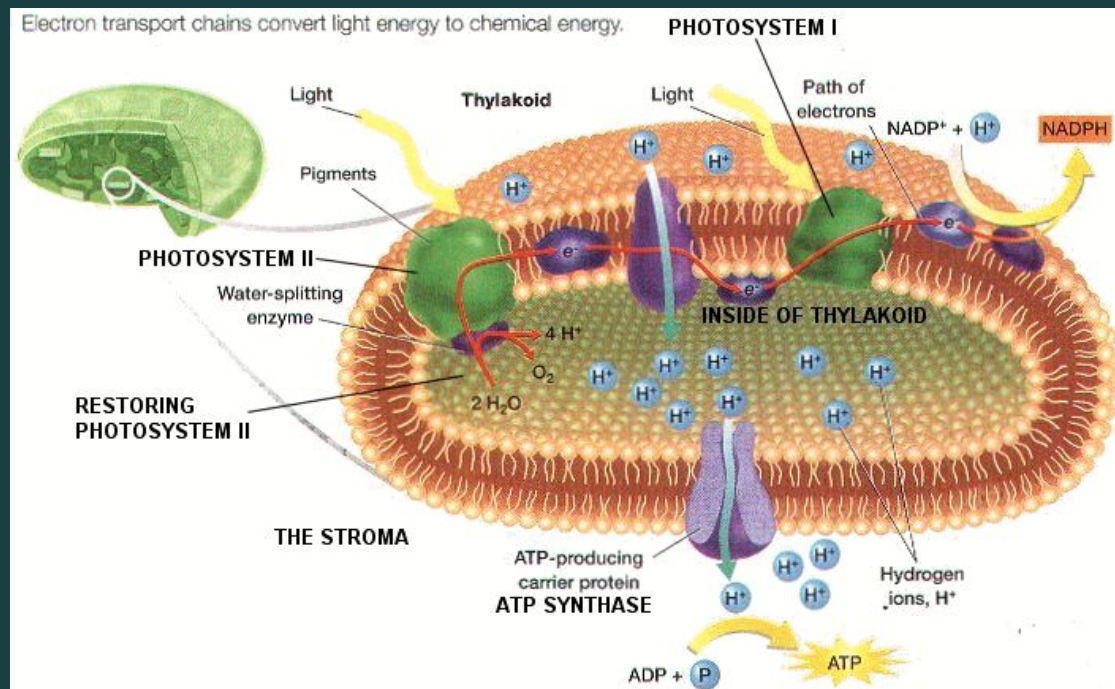
# Фотосинтез

Световая фаза происходит только на свету в мембранах тилакоидов, содержащих молекулы хлорофилла, белки цепи переноса электронов и особые ферменты – АТФ-синтетазы.



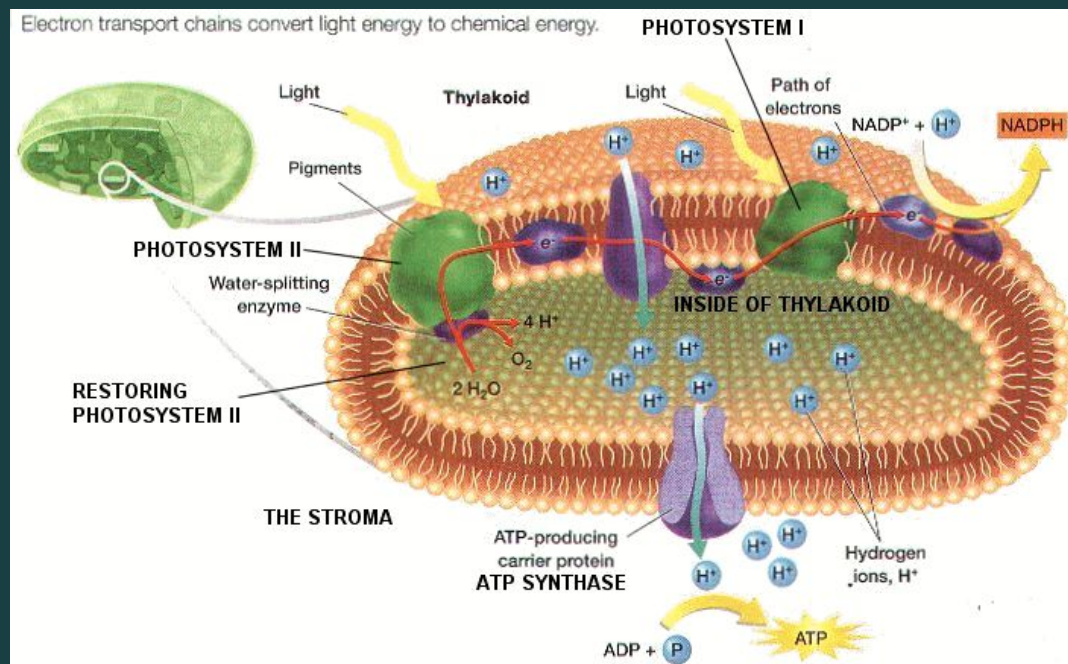
# Световая фаза фотосинтеза

Под действием энергии кванта света электроны хлорофилла возбуждаются, покидают молекулу и попадают на внешнюю сторону мембраны тилакоида, которая в итоге заряжается отрицательно.



# Световая фаза фотосинтеза

Окисленные молекулы хлорофилла восстанавливаются, разлагая воду - отбирая электроны у водорода воды с помощью особого фермента, связанного с фотосистемой-2. Кислород при этом удаляется во внешнюю среду, а протоны накапливаются в «протонном резервуаре».



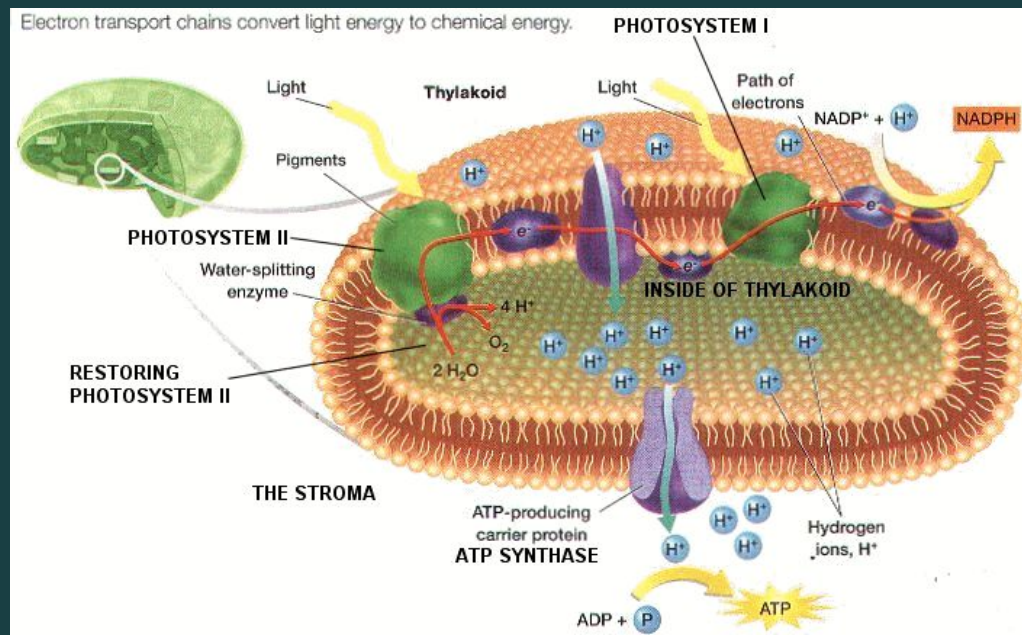






# Световая фаза фотосинтеза

Когда разность потенциалов между наружной и внутренней сторонами мембраны тилакоида достигает 200 мВ, срабатывает фермент АТФ-синтетаза, протоны проталкиваются через его канал и происходит фосфорилирование АДФ до АТФ, а атомарный водород идет на восстановление специфического переносчика  $\text{НАДФ}^+$  до  $\text{НАДФ}\cdot\text{H}_2$ .



# Световая фаза фотосинтеза

**АДФ → АТФ**

**$4\text{H}^+ + 4\text{e}^- + 2\text{НАДФ} = 2\text{НАДФ}\cdot\text{H}_2 + \text{Q}$**

2 и 1 - фотосистемы. Только 2 способна отбирать  $\text{e}^-$  у воды

Световая фаза, фотолиз воды:

1. Выделение  $\text{O}_2$
2. Образование  $\text{НАДФ}\cdot\text{H}_2$
3. Образование АТФ.

**Фотофосфорилирование АДФ до АТФ АТФ-синтетазой**

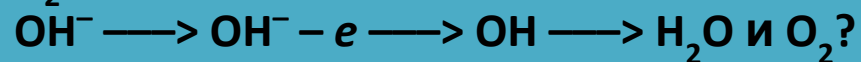
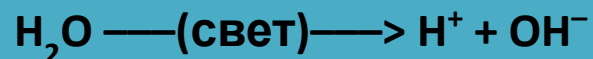
# Световая фаза

тилакоид

строма

- а) хлорофилл  $\xrightarrow{\text{свет}}$  хлорофилл<sup>\*</sup> + e
- б) e + белки-переносчики  $\rightarrow$  на наружную поверхность мембраны тилакоида
- в)  $\text{НАДФ}^+ + 2\text{H}^+ + 4e \rightarrow \text{НАДФ}\cdot\text{H}_2$

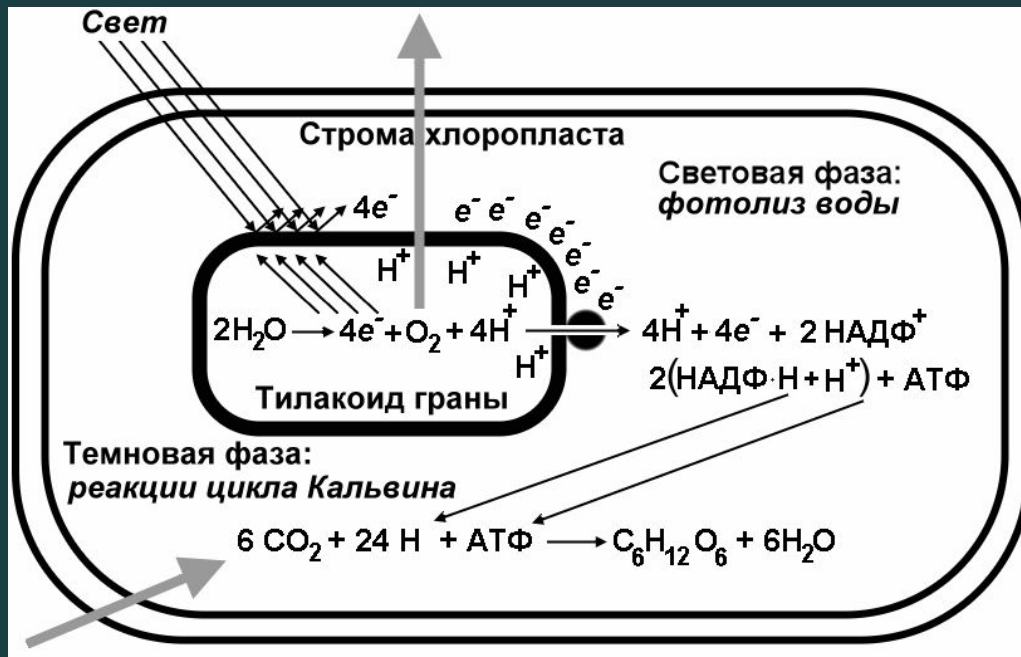
Фотолиз воды



$\text{H}^+$  – источник энергии, необходимой для синтеза АТФ из АДФ +  $\text{P}_\text{H}$

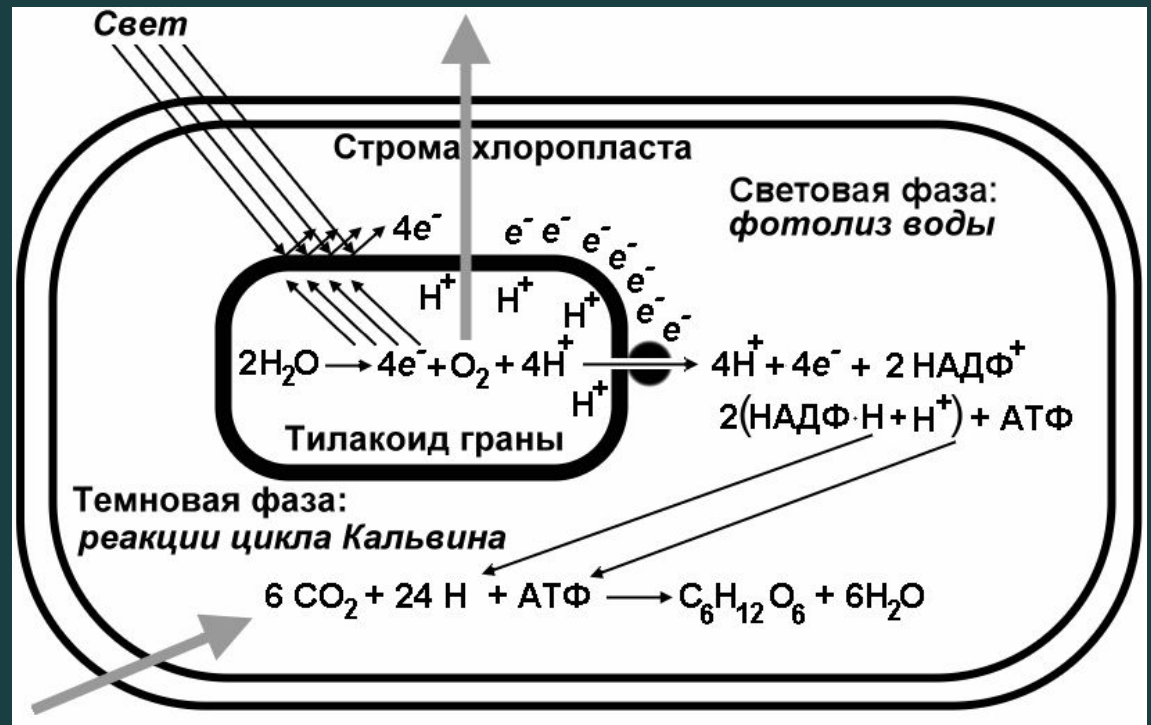
# Темновая фаза

Темновая фаза протекает в другое время и в другом месте - в строме хлоропласта. Для ее реакций не нужна энергия света. Происходит фиксация углекислого газа, содержащегося в воздухе, причем акцептором углекислого газа является пятиуглеродный сахар рибулозобисфосфат.



# Темновая фаза

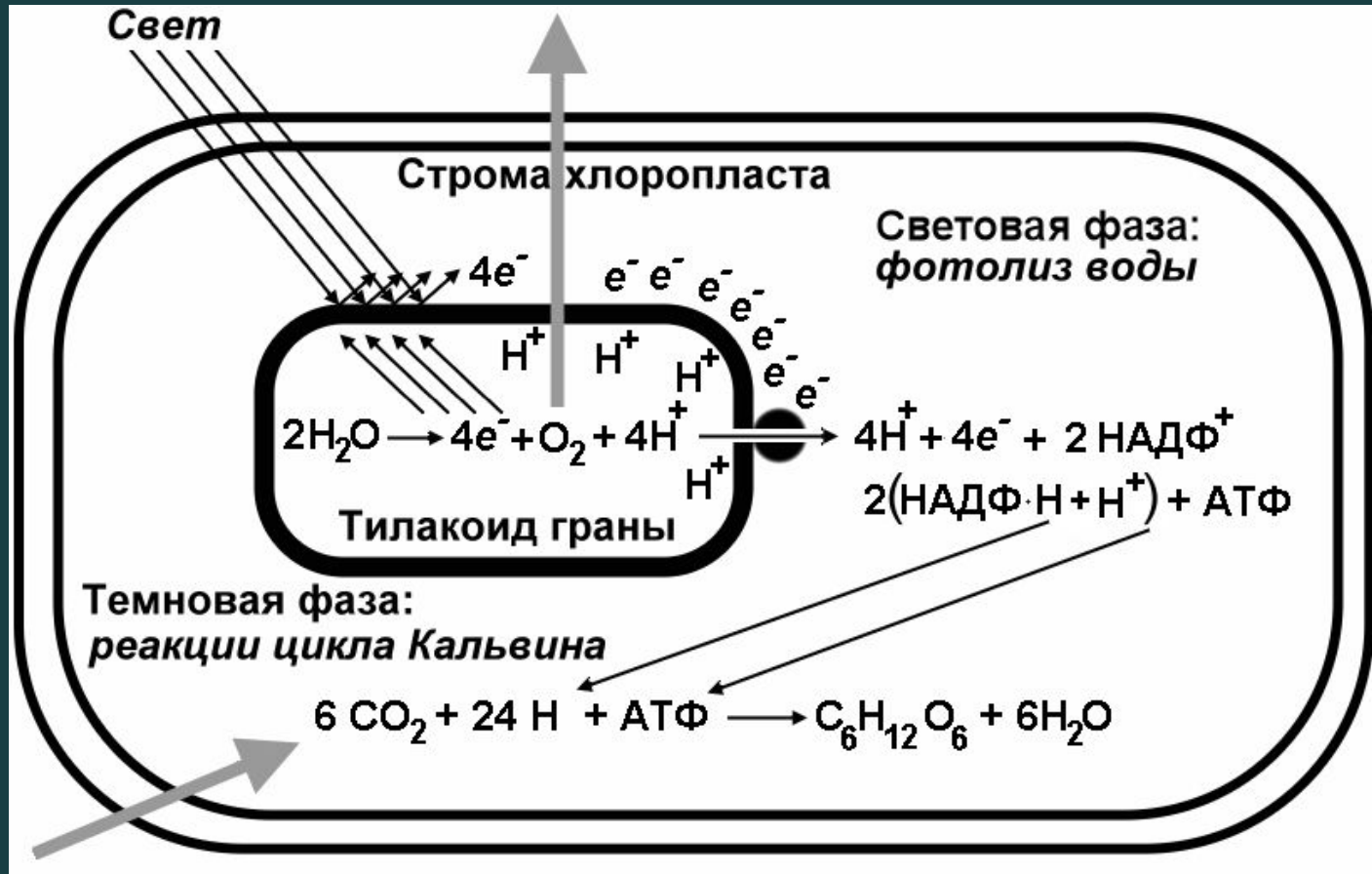
Мелвин Кальвин, лауреат Нобелевской премии, показал, как происходит образование углеводов в темновую фазу фотосинтеза. Происходит поглощение  $\text{CO}_2$  и карбоксилирование пятиуглеродного сахара рибулозобисфосфата с образованием 6-углеродного соединения.





# Темновая фаза

Затем происходит цикл реакций Кальвина, в которых через ряд промежуточных продуктов происходит образование глюкозы.



# Фотосинтез

Фотосинтез — это процесс образования органического вещества из углекислого газа и воды на свету при участии фотосинтетических пигментов.

Суммарное уравнение фотосинтеза:



В современной физиологии растений под фотосинтезом чаще понимается фотоавтотрофная функция - совокупность процессов поглощения, превращения и использования энергии квантов света в реакциях превращения углекислого газа в органические вещества.

# Фотосинтез

Проверь правильность заполнения таблицы

<b>фаза</b>	<b>световая</b>	<b>темновая</b>
место протекания реакций	в хлоропластах на мембранах тилакоидов	в строме хлоропластов
начальные продукты	$H_2O$ , АДФ, хлорофилл, энергия света	$CO_2$ , рибулозобисфосфат, АТФ; НАДФ· $H_2$
суть процесса	фотолиз воды, фосфорилирование	карбоксилирование, гидрирование, дефосфорилирование
конечные продукты	$O_2$ ; АТФ; НАДФ· $H_2$	$C_6H_{12}O_6$

# Домашнее задание

- Подготовь сообщение «История открытия фотосинтеза» или
- Карточки «Фазы фотосинтеза» или

**Заполни таблицу**  
**Сравнительная характеристика**  
**процессов дыхания и**  
**фотосинтеза**

Название процесса	Необходимые условия	Исходные вещества	Источник энергии	Конечные продукты	Когда происходит (днем, ночью)	Биологическое значение
Дыхание						
Фотосинтез						

**ИЛИ**

**Реши задачу.**

За сутки один человек массой в 60 кг при дыхании потребляет в среднем 30 л кислорода (из расчета  $200 \text{ см}^3$  на 1 кг массы в 1 ч).

Одно 25-летнее дерево – тополь – в процессе фотосинтеза за 5 весенне-летних месяцев поглощает около 42 кг углекислого газа. Определите, сколько таких деревьев обеспечат кислородом одного человека.