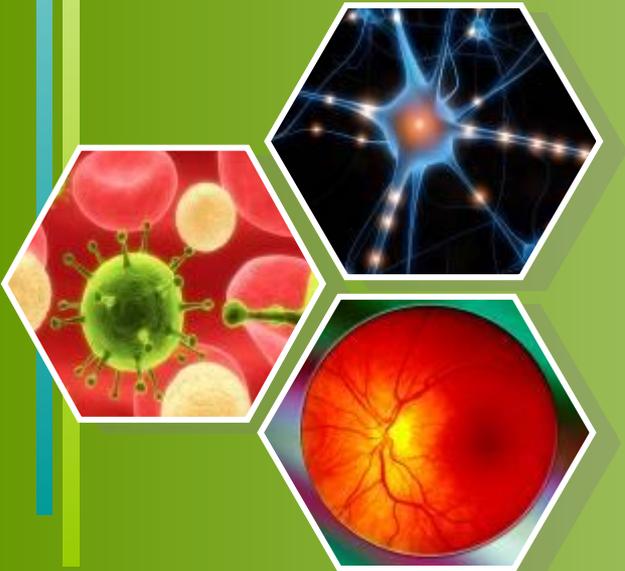
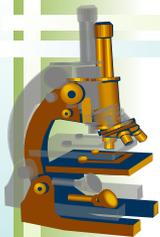




ФОТОСИНТЕЗ

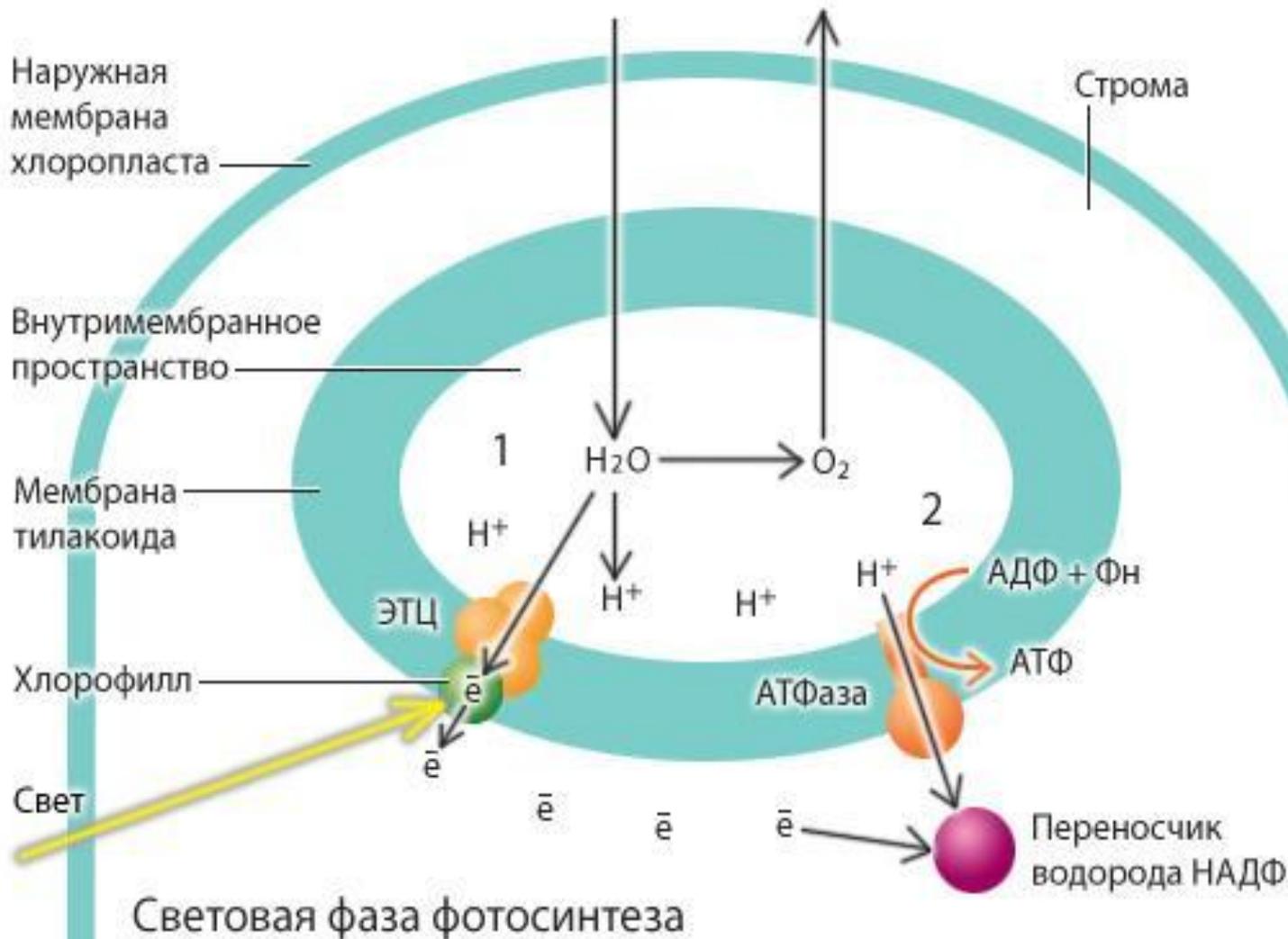
Темновая фаза

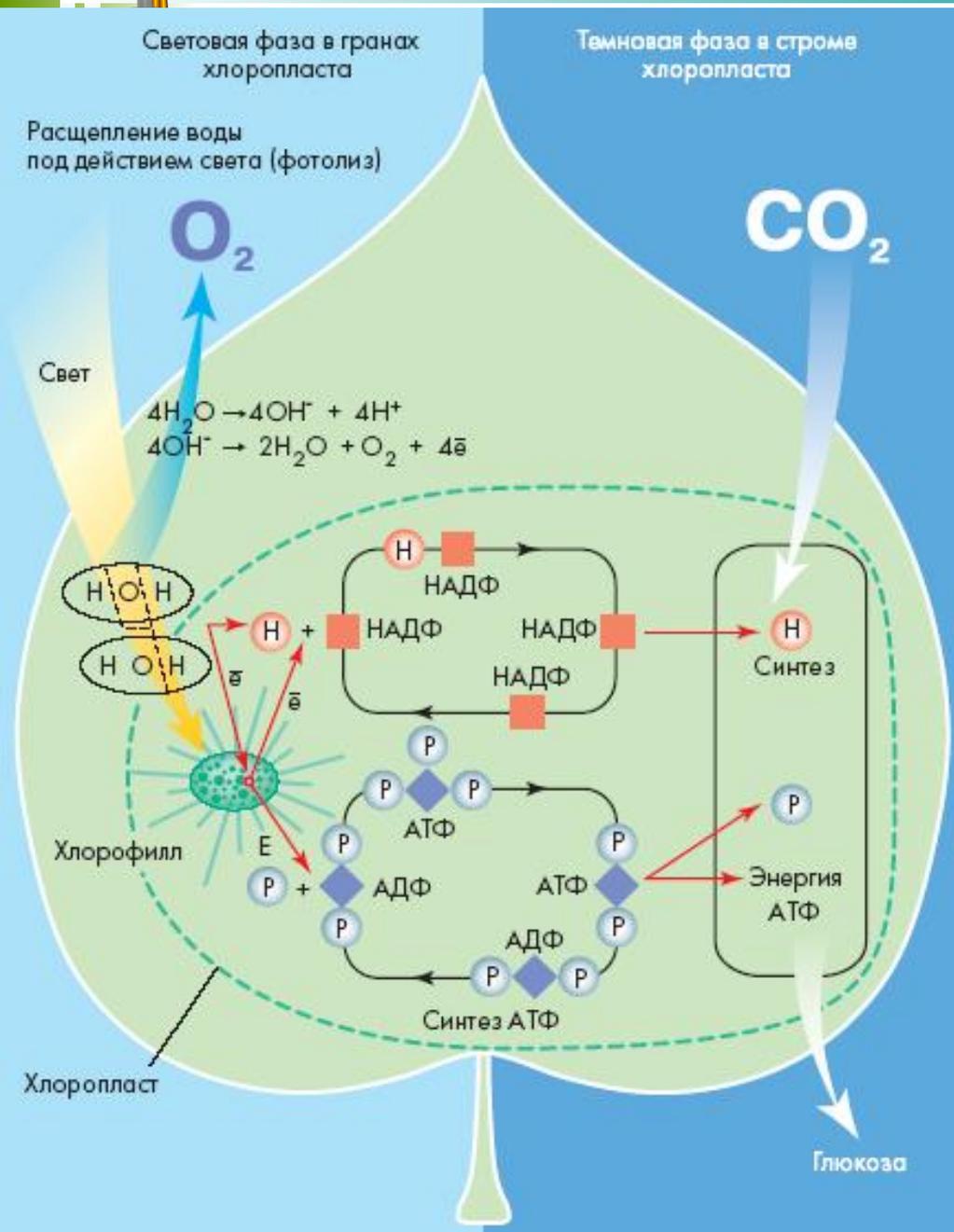




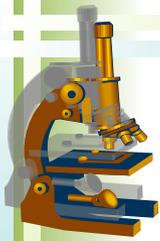
Световая фаза фотосинтеза

Процессы световой фазы идут на мембранах тилакоидов, на свету.



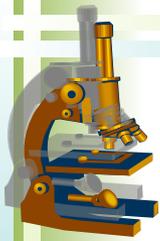


- Свет нужен только для того, чтобы в хлоропластах шел синтез АТФ и НАДФ*Н.
- У высших растений диоксид углерода (CO₂) поступает к фотосинтезирующим клеткам через устьица.
- Восстановление углерода происходит в строме хлоропласта в цикле реакций, известных как цикл Кальвина



Темновая фаза фотосинтеза – это комплекс ферментативных реакций, во время которой происходит восстановление поглощенного углекислого газа за счет продуктов световой фазы (АТФ и НАДФ*Н).

Различают несколько циклов восстановления CO_2 .

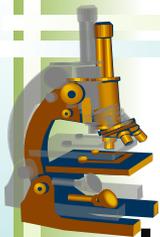


Цикл Кальвина

**Способ ассимиляции
CO₂ является
основным и присущ
всем растениям.
Он был расшифрован
американскими
учеными во главе с
М. Кальвином
в 1961 году**



Мелвин Калвин

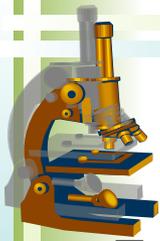


- Цикл начинается с присоединения CO_2 к акцептору – пятиуглеродному сахару **рибулозо-1,5-дифосфату (РДФ)**.

*Присоединение CO_2 к тому или ионному веществу называется **карбоксилированием**, а фермент катализирующий такую реакцию – **карбоксилазой**.*

- В данной реакции карбоксилирование происходит с участием фермента **рибулозодифосфаткарбоксилазы (РДФ-карбоксилаза)**. *Это самый распространенный в мире фермент.*

Акцептор — *вещество, принимающее электроны и водород от окисляемых соединений и передающее их другим веществам.*



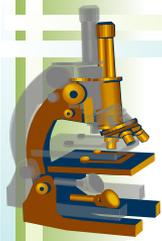
1. Фаза - карбоксилирование

Продукт реакции, содержащий 6 атомов углерода, в присутствии воды сразу распадается на две молекулы 3-фосфоглицериновой кислоты (3-ФГК)

ФГК является, по современным взглядам, первичным продуктом ассимиляции углерода.

2. Фаза - восстановления

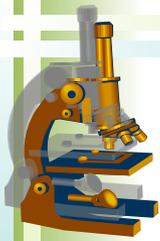
3. Фаза - регенерации первичного акцептора CO_2 и синтеза конечных продуктов фотосинтеза



Цикл Кальвина

- К 5 углеродным молекулам рибулэзодифосфата (акцептор углекислоты) присоединяются CO_2 и атомы водорода, доставляемые переносчиками НАДФ.
- Образуются 6-углеродные молекулы. Они нестойки и сразу распадаются на 3-углеродные фрагменты.
- В строме образуется множество таких фрагментов.
- Часть этих 3-углеродных молекул преобразуются в рибулэзодифосфат ($5 \text{C}_3 \rightarrow 3 \text{C}_5$). Происходит регенерация (восстановление) акцептора углекислоты.
- Другая часть преобразуется в углеводы ($2 \text{C}_3 \rightarrow \text{C}_6$)
- Цикл продолжается до тех пор, пока в хлоропласт поступают CO_2 и НАДФ*Н.

Хотя процесс и носит название "темновой фазы", но в темноте быстро прекращается из-за дефицита НАДФ*Н, так как атомы водорода образуются из воды только на свету.



Хлорофилл

Находится в мембранах тилакоидов (в ЭТЦ),
участвует в хемиосмосе.

Хемиосмос — биохимический механизм, с
помощью которого

осуществляется превращение энергии
электротранспортной цепи в энергию АТФ.

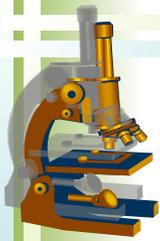
Включает изменение электрохимического
потенциала клеточной мембраны.

В состав хлорофилла входит **Mg** - важнейший
элемент для растений.

При дефиците магния у растений
развивается **хлороз** - обесцвечивание листьев.



электрон-транспортная цепь (ЭТЦ)



Хемиосмос в хлоропласте

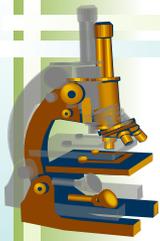
а) Протоны "утекают" из тилакоидов через фермент АТФазу.

АТФаза денатурирует и изменяет свою форму.

б) При этом АТФаза сближает молекулы АДФ и фосфата (P_n). Синтезируется АТФ.

в) Протоны и электроны присоединяются к переносчику НАДФ.

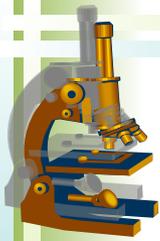
В хлоропласт поступает следующая молекула воды и процесс продолжается



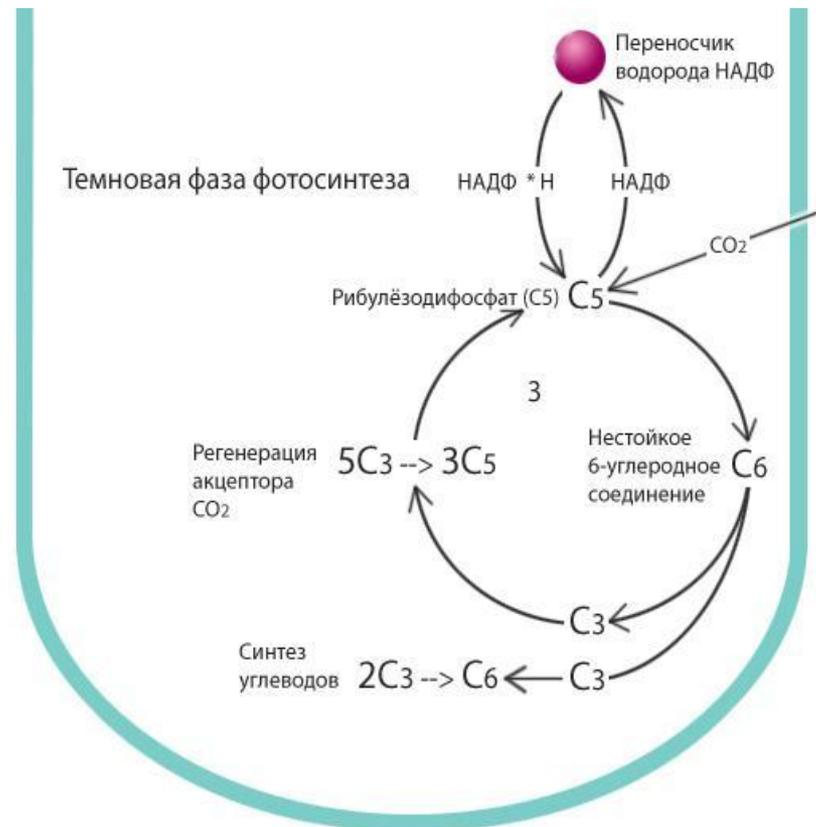
ФОТОЛИЗ ВОДЫ

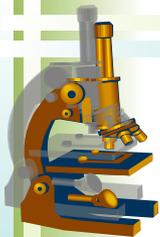
- а)** Кванты света падают на молекулы хлорофилла и "выбивают" из них электроны.
- б)** Электроны хлорофилла оказываются в строге.
- в)** Хлорофиллы отбирают электроны у молекул \wedge ЭТЦ.
- г)** В конце концов электроны отбираются у молекул воды.
- д)** Молекулы воды распадаются на протоны H^+ , электроны e^- и кислород (этот процесс называется **фотолизом воды**).
- е)** Кислород удаляется из хлоропласта, протоны остаются внутри тилакоида.
- ж)** На мембране тилакоида образуется разность потенциалов:
+ внутри, - снаружи.

ЭТЦ - электрон-транспортная цепь



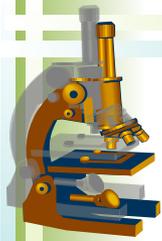
Процессы темновой фазы протекают в строме, как на свету, так и в темноте. Происходит фиксация углекислого газа в виде твёрдых углеводов.





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 , рибулёзофосфат
Образующиеся продукты	НАДФ* Н ₂ , АТФ	Глюкоза, аминокислоты и т.п.
Источник энергии	Световая энергия	Энергия АТФ



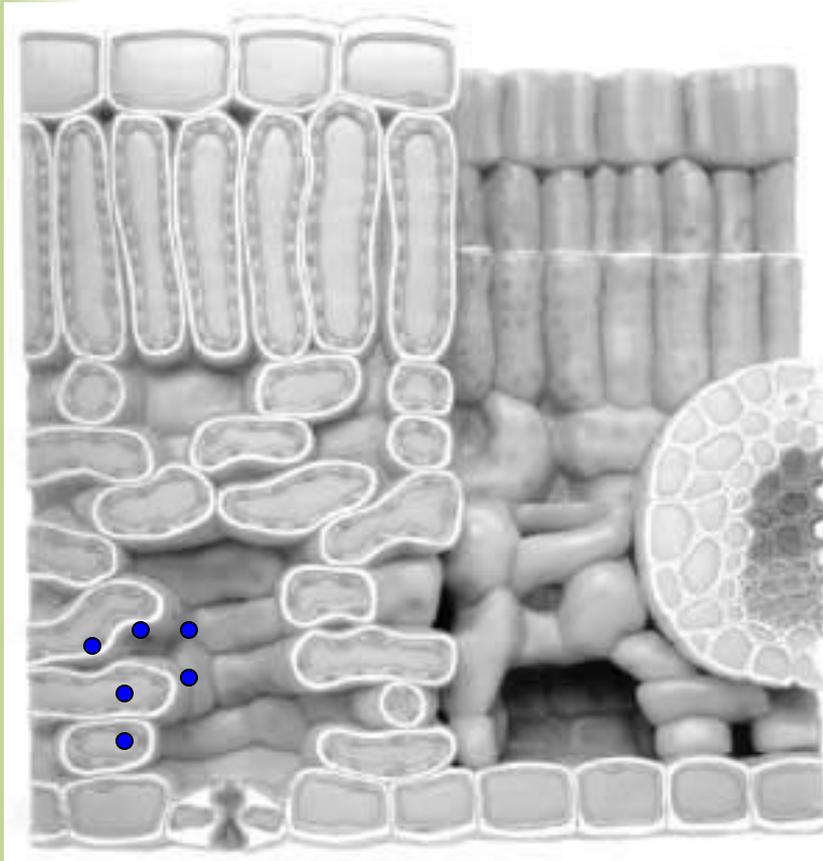
ФОТОСИНТЕЗ

АЭРОБНЫЙ

ВЫДЕЛЕНИЕ КИСЛОРОДА

АНАЭРОБНЫЙ

КИСЛОРОД НЕ ВЫДЕЛЯЕТСЯ





**Ежегодно в результате фотосинтеза на Земле
образуется:**

**1. 150 млрд. тонн органического вещества
(первичная продукция).**

**2. Выделяется около 200 млн. тонн свободного
кислорода.**

1782г.
Швейцарский ученый
Жан Сенебье

- Доказал, что органические вещества в растениях образуются из углекислого газа, который под влиянием солнечного света разлагается в зеленых органоидах растений

1804г.
Французский физиолог
растений Жак Буссенго

- В ходе лабораторных работ пришел к выводу, что вода так же потребляется растениями при синтезе органических веществ

1864г.
Немецкий ботаник Юлиус
Сакс

- Доказал, что соотношение объемов поглощаемого углекислого газа и выделяемого кислорода равно 1:1. продемонстрировал образование зерен крахмала при фотосинтезе

Факт

- Фотосинтез- это процесс образование органического вещества.

Причина

- Необходимость растений в питательных веществах.

Повод

- Наличие в листьях воды и углекислого газа, поглощение солнечного света.

Сопутствующие события

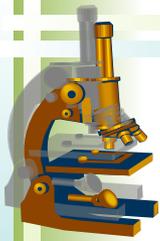
- **Образование и выделение кислорода.**

Аналоги и сравнения

- **«Живая фабрика в листьях»**

Последствия

- **Рост и развитие растений, накопление органического вещества.**



Решить биологические задачи:

- 1. В сочных яблоках находится запас органических веществ. Объясните, как произошло образование и накопление органических веществ в яблоке.**
- 2. Учёные установили, что днём растение выделяет кислород, чего не происходит в темноте, а углекислый газ растение выделяет и ночью, и днём. Почему в разное время суток наблюдается разный газовый обмен?**
- 3. Растение, растущее в сосуде с дистиллированной водой, плохо развивается, но долго не погибает. Почему?**