

10 класс

ФОТОСИНТЕЗ И ХЕМОСИНТЕЗ

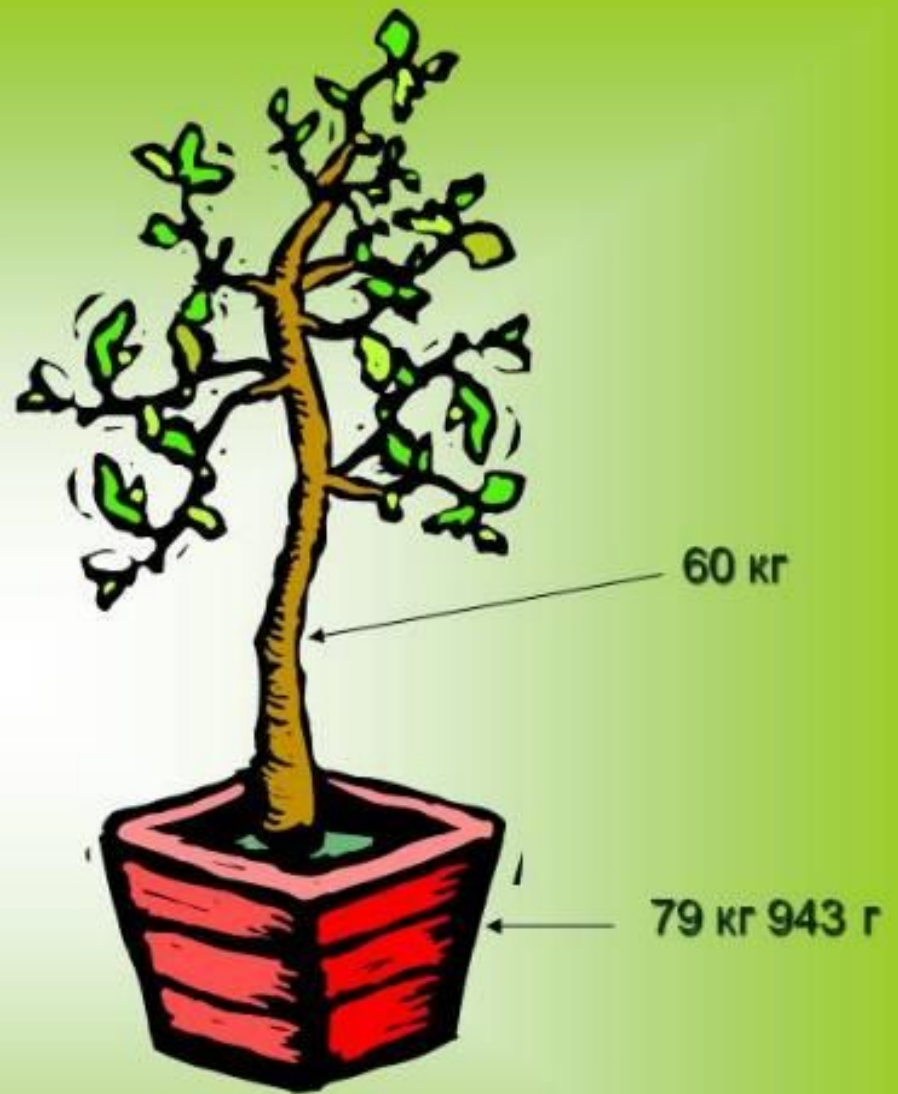
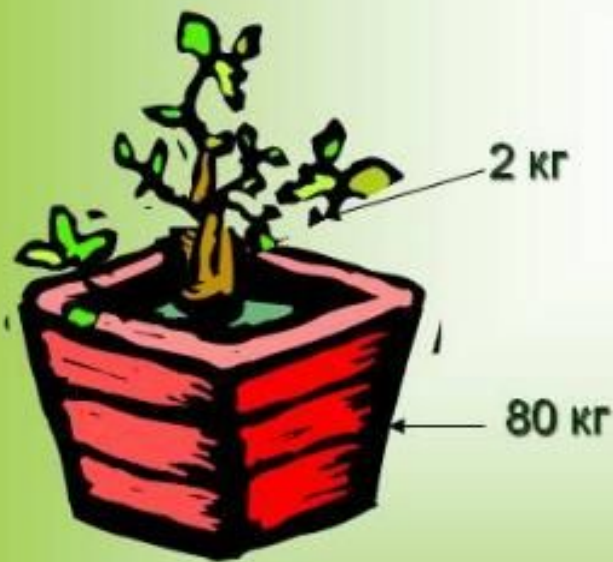
ИЗ ИСТОРИИ ФОТОСИНТЕЗА - 17 ВЕК

История изучения фотосинтеза



Ян Ван Гельмонт взвешивал горшок с землей и ивой, и отдельно само дерево, показал, что через 5 лет масса дерева увеличилась на 74кг, а почва потеряла только 57г. Он решил, что пищу дерево получает из воды.

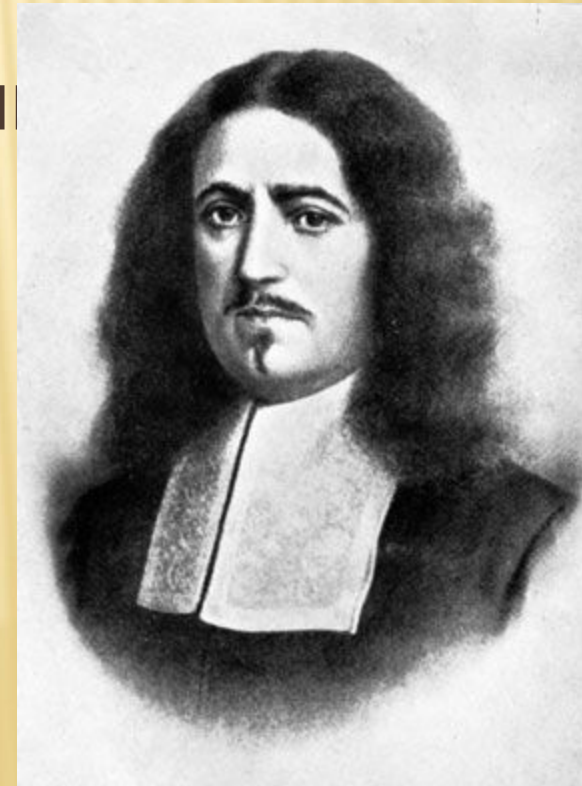
Объясните, за счет чего растение увеличилось в размерах и массе за 5 лет на 58 кг?



Опыт Ван Гельмонта.

МАРЧЕЛЛО МАЛЬПИГИ 1667 Г.

- Если оторвать у проростков тыквы зародышевые листочки, то растение перестает развиваться.
- То есть для развития растений необходим солнечный свет



ДЖОЗЕФ ПРИСТЛИ 1772 Г.

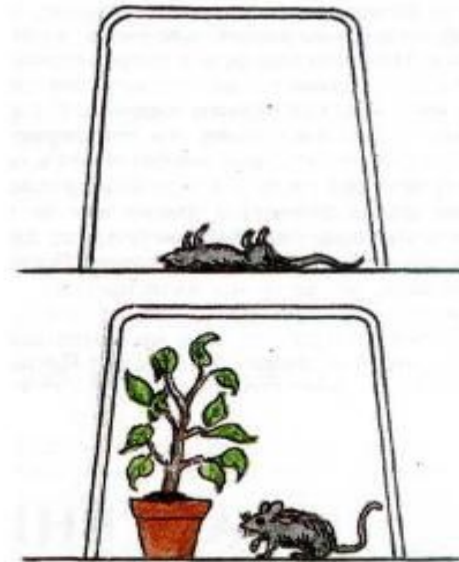
- Под стеклянный колпак, под которым потухла свеча он поместил мяту и оставил на некоторое время. Растение не погибло, а наоборот дало новые листья. Когда через некоторое время Пристли внес туда лучинку, то она ярко вспыхнула, что говорит о наличии под колпаком кислорода.

ОПЫТ ПРИСТЛИ

Как был открыт процесс фотосинтеза



*Английский химик
Джозеф Пристли
(1733-1804 гг.)*



*Опыт Джозефа Пристли
(1771г.)*

Мышь задыхается под герметичным колпаком, но остаётся жива, если под ним находится зелёное



Жан Сенебье (Senebier)
родился 06.05.1742 в Женеве, умер в
22.7.1809, там же, швейцарский
естествоиспытатель.



- В 1782 показал, что растения поглощают из воздуха CO_2 и выделяют O_2 и что это связано с фотосинтезом. В 1800 году опубликовал 5-томный трактат «Физиология растений»



Майер (Mayer) Юлиус Роберт (25.11.1814, Хейльбронн, - 20.3.1878, там же), немецкий врач и физик.



В 1842 году на основании закона сохранения энергии показал, что растения преобразуют энергию солнечного света в энергию химических связей

Климент Аркадьевич Тимирязев (1843—1920)

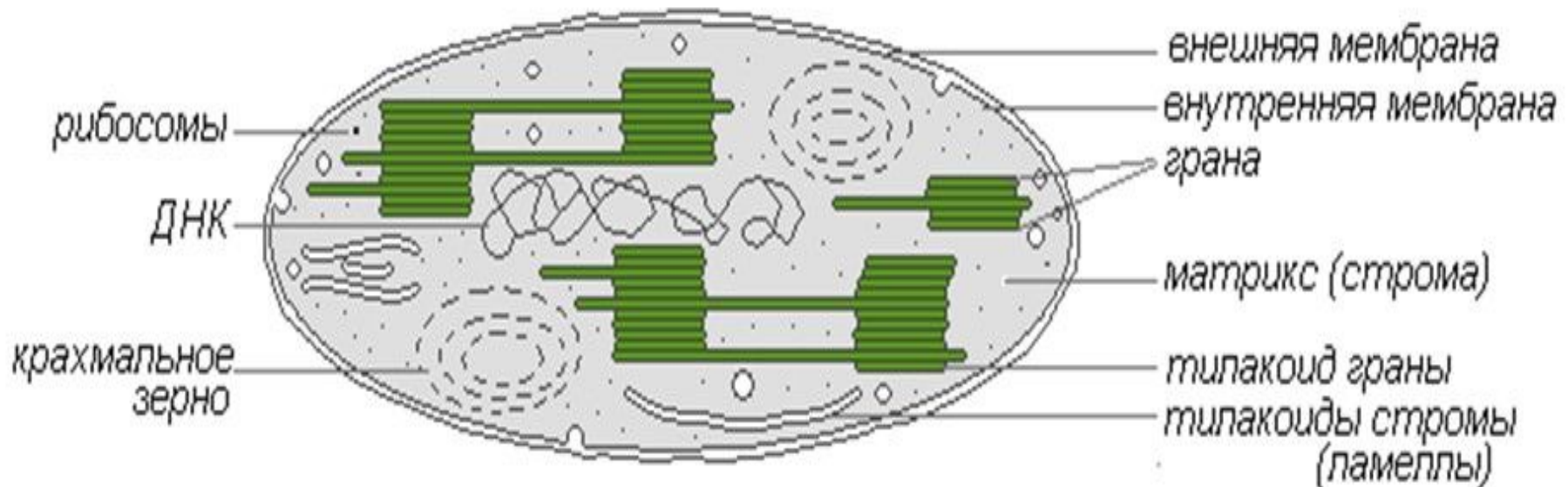


- Лист зеленого растения — чудесная «кладовая», куда оно складывает поглощенные солнечные лучи в виде ряда химических соединений, обладающих запасом потенциальной энергии (крахмал, сахар). В этом и заключается, по словам Тимирязева, космическая роль зеленого растения.

СТРОЕНИЕ ХЛОРОПЛАСТА ЛИСТА

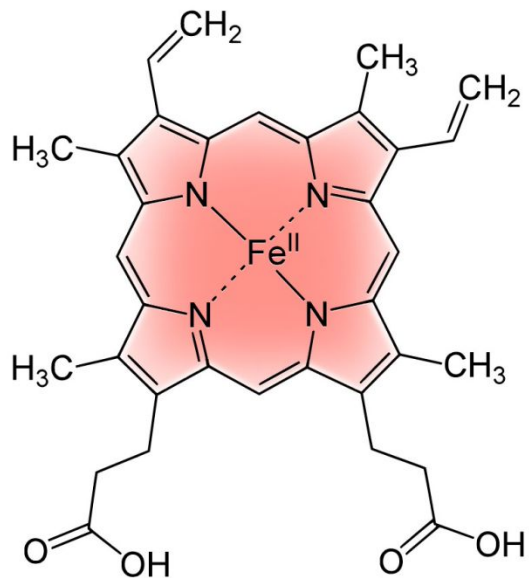
- Размер 10 мкм. Дисквидная форма. Число варьируется от 1 до 40. Внутренняя мембрана образует плоские пузырьки – тилакоиды. Стопки тилакоидов – граны. Ферменты, восстанавливающие углекислый газ до глюкозы находятся в строме.

Строение хлоропласта

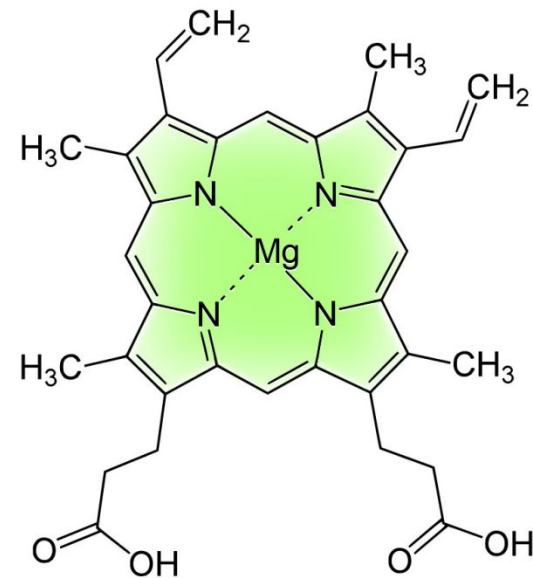


ОСНОВНОЙ ПИГМЕНТ ХЛОРОПЛАСТОВ - ХЛОРОФИЛЛ

- По структуре напоминает пигмент эритроцитов человека и животных – гем.



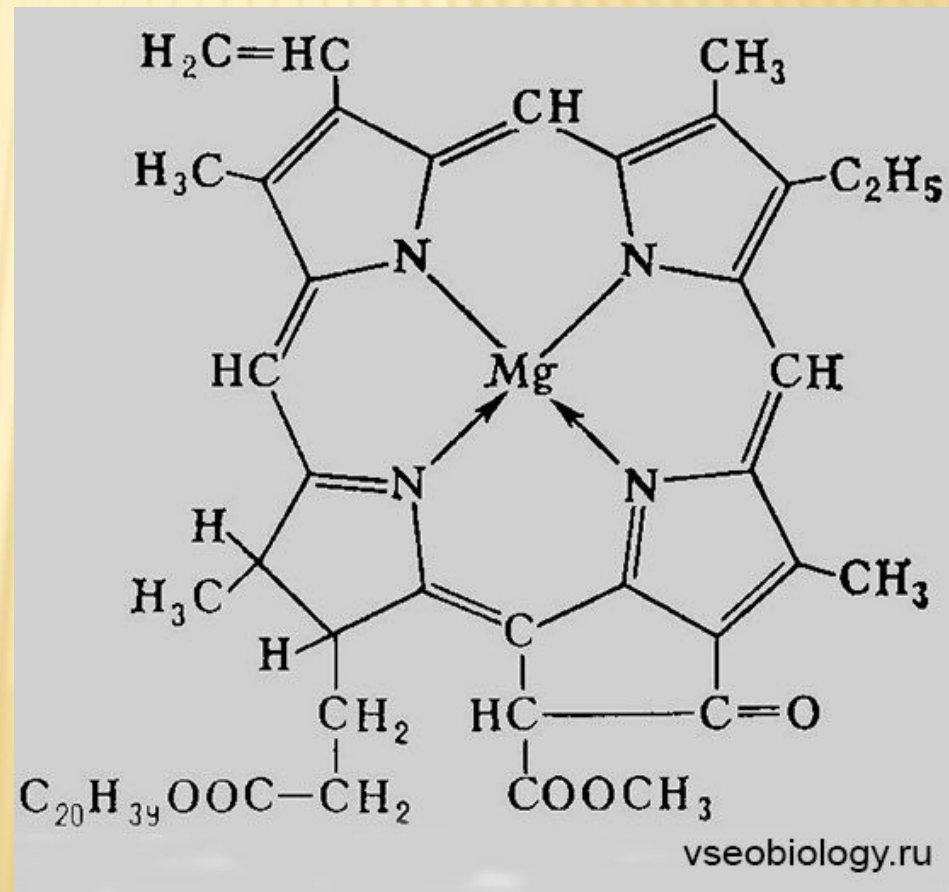
Формула гемоглобина



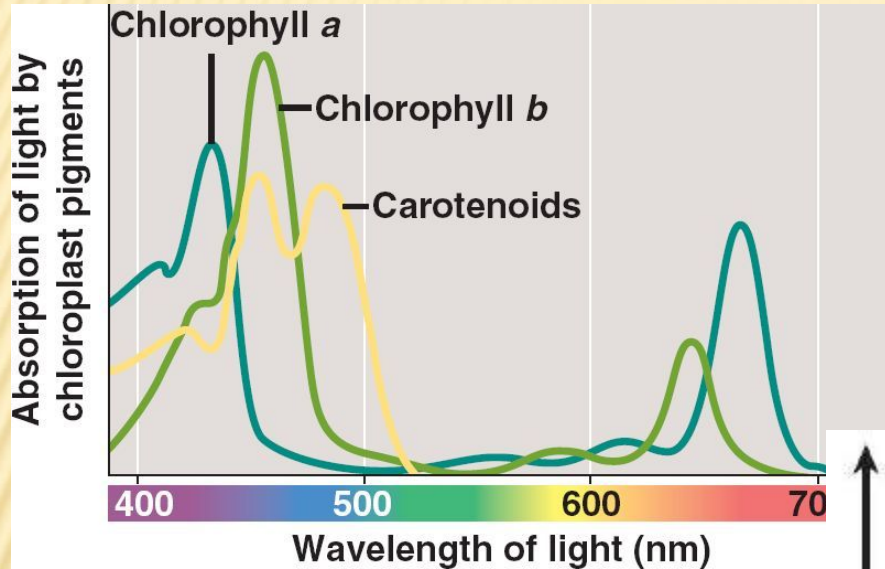
Формула хлорофилла

СТРОЕНИЕ ХЛОРОФИЛЛА

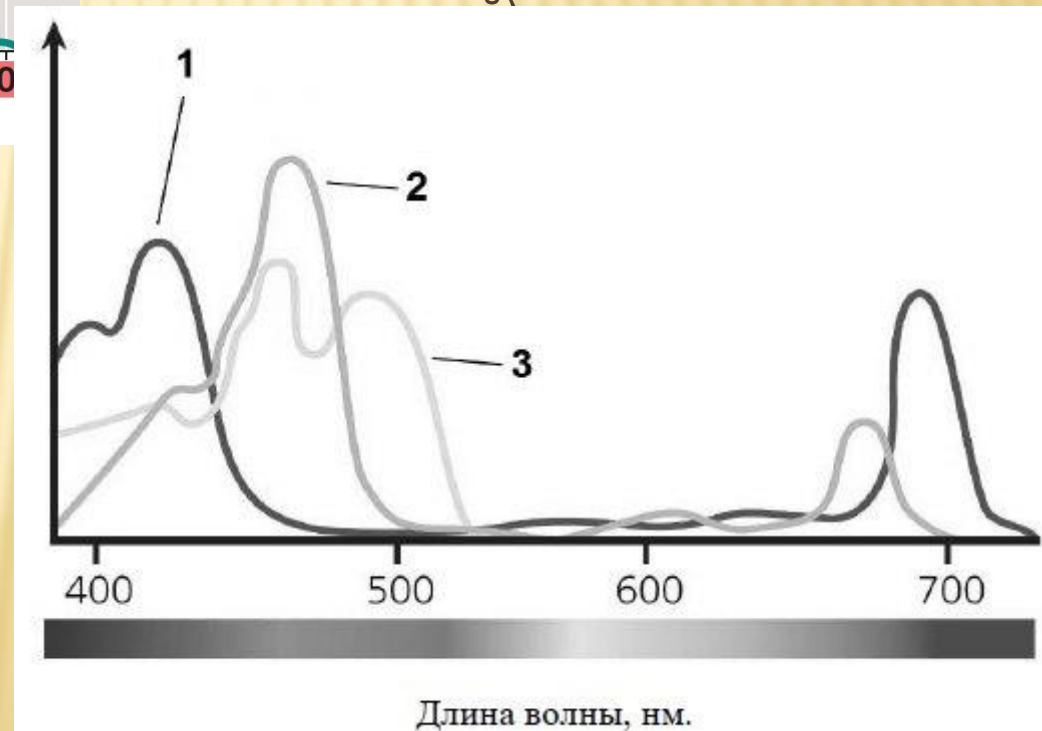
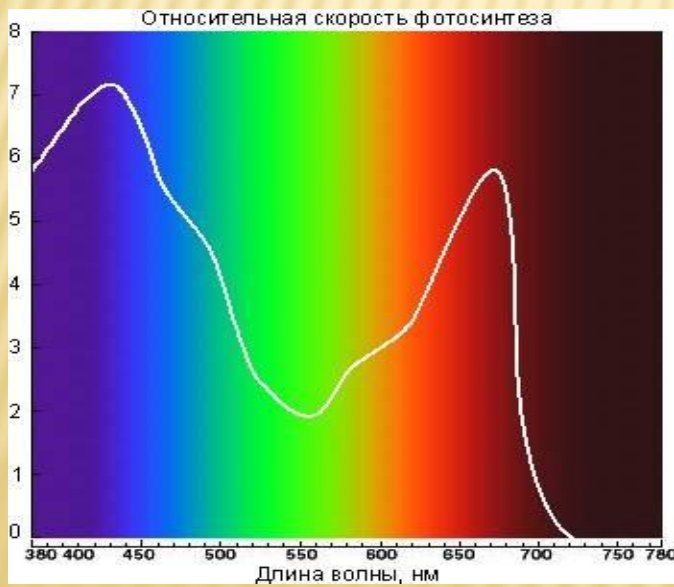
- Основой является порфириновое кольцо, в котором 4 пиррольных гетероцикла соединены между собой.
- Пиррольные кольца координированы с атомом магния.
- Длинная боковая гидрофобная цепь ($C_{20}H_{39}$) служит для закрепления молекулы в липидном слое мембраны тилакоида
- и для придания ей определенной ориентации.



ФОРМЫ ХЛОРОФИЛЛОВ



- Спектры хлорофиллов А и В находятся в разных областях.
- В фотосинтезе участвуют и каротиноиды и фикобилины
- (как вспомогательные пигменты у высших растений и



ЗАДАНИЕ ОЛИМПИАДЫ

Осуществление процесса фотосинтеза невозможно без хлоропластов. Каждый хлоропласт содержит пигментную систему, представленную двумя типами пигментов:

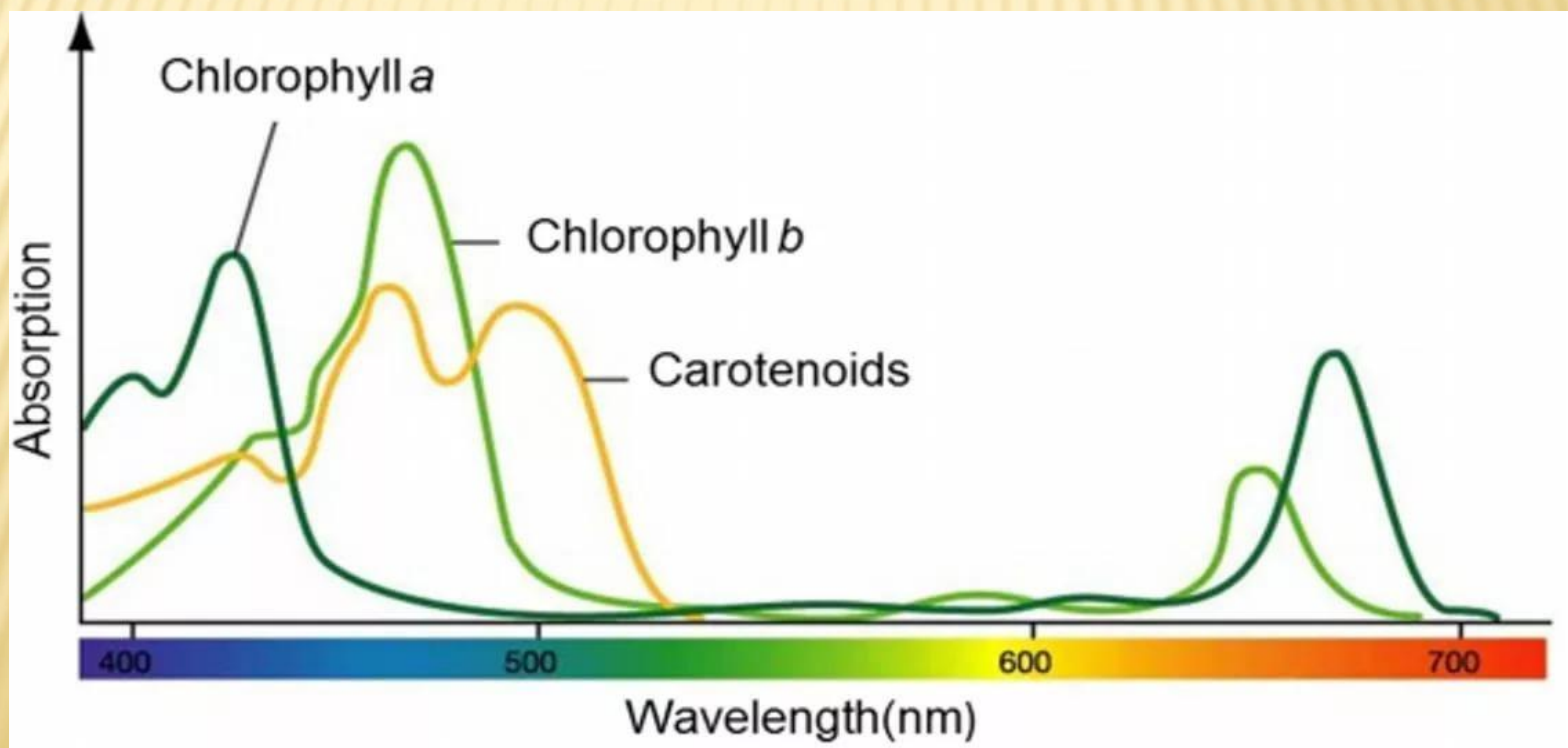
зелеными –и желтыми –

..... В процессе фотосинтеза световая энергия перед преобразованием в химическую энергию поглощается пигментами. Пигменты, локализованные в пластидах, поглощают свет видимой части спектра нм. Пигменты поглощают видимый свет не полностью, а избирательно, т.е. каждый пигмент имеет свой характерный спектр поглощения. На рисунке изображены спектры поглощения пигментов хлорофилла, укажите какой спектр - характерен для какого пигмента Длина волны, нм.

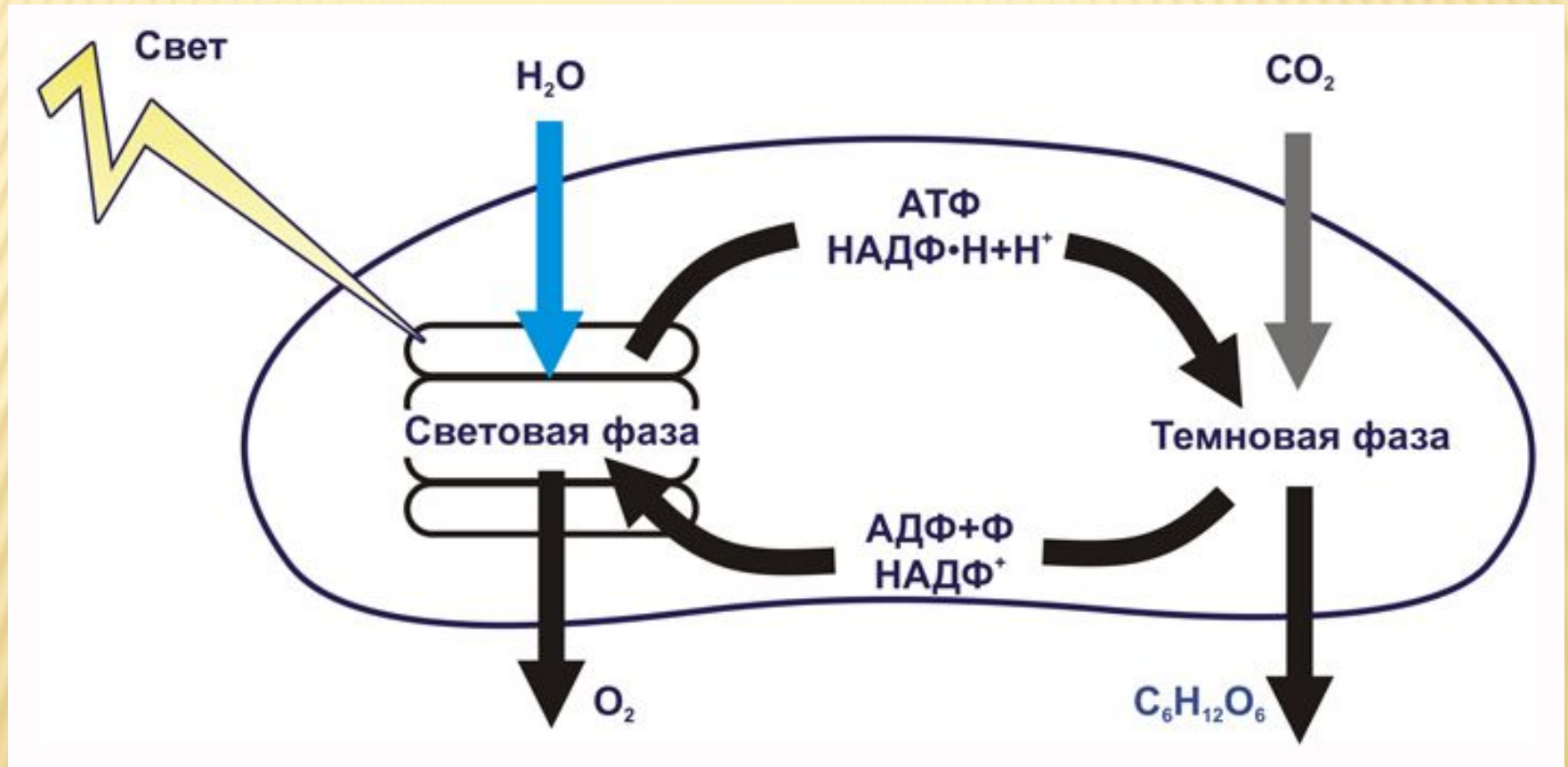
РЕШЕНИЕ ЗАДАНИЯ

- Осуществление процесса фотосинтеза невозможно без хлоропластов.
- Каждый хлоропласт содержит пигментную систему, представленную двумя типами пигментов:
- зелеными –(хлорофиллами а и b) и желтыми –(каротиноидами).
- В процессе фотосинтеза световая энергия перед преобразованием в химическую энергию поглощается пигментами. Пигменты, локализованные в пластидах, поглощают свет видимой части спектра (380-720 нм). Пигменты поглощают видимый свет не полностью, а избирательно, т.е. каждый пигмент имеет свой характерный спектр поглощения.

- На рисунке изображены спектры поглощения пигментов хлорофилла, укажите какой спектр - характерен для какого пигмента:
- 1. Хлорофилл а
- 2. Хлорофилл b
- 3. Каротиноиды



ОБЩАЯ СХЕМА ФОТОСИНТЕЗА



Световая фаза фотосинтеза

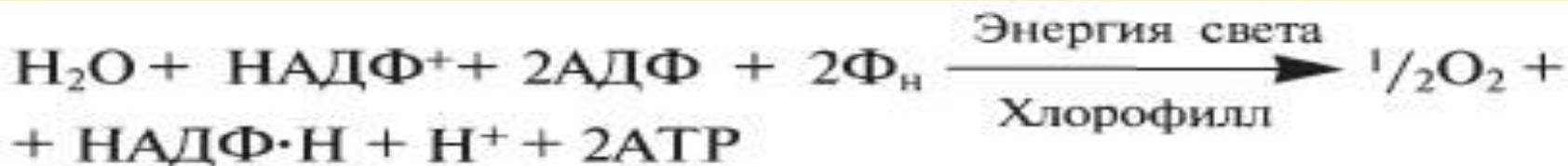
Нециклический транспорт электронов



СВЕТОВАЯ ФАЗА (ПОЯСНЕНИЯ К ПРЕДЫДУЩЕМУ СЛАЙДУ)

- ФС 1 (P700) – фотохимический центр, P – пигмент, поглощающий длину волны 700 нм
- Образовавшаяся «дыра» от электрона заполняется из ФС 2 (P680).
- ФС 2 компенсирует электроны благодаря фотолизу воды. Кислород является побочным продуктом данной реакции и выделяется в атмосферу (это тот кислород, которым мы





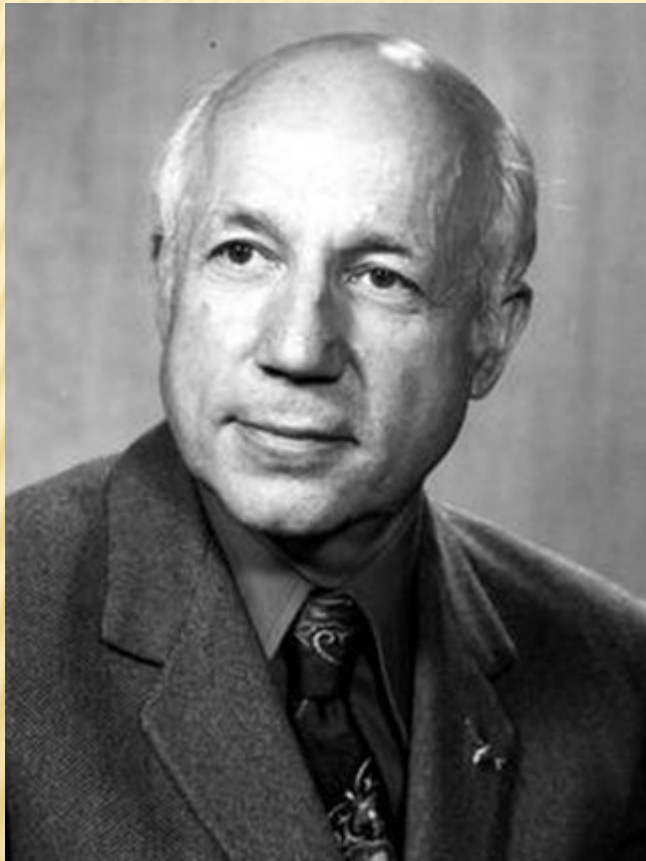
СВЕТОВАЯ ФАЗА (ПОЯСНЕНИЯ К ПРЕДЫДУЩЕМУ СЛАЙДУ)

- Фотоллиз идет на внутренней мембране тилакоида и ионы водорода скапливаются там (H^+ - резервуар)
- Через специальные протонные каналы ионы водорода переходят в строму хлоропласта
- Каналы связаны с ферментом АТФ-синтетезой, катализирующей синтез АТФ
- $НАДФ^+$ принимает ионы водорода и восстанавливается до $НАДФ * H$

В СВЕТОВУЮ ФАЗУ ПРОТЕКАЮТ ПРОЦЕССЫ

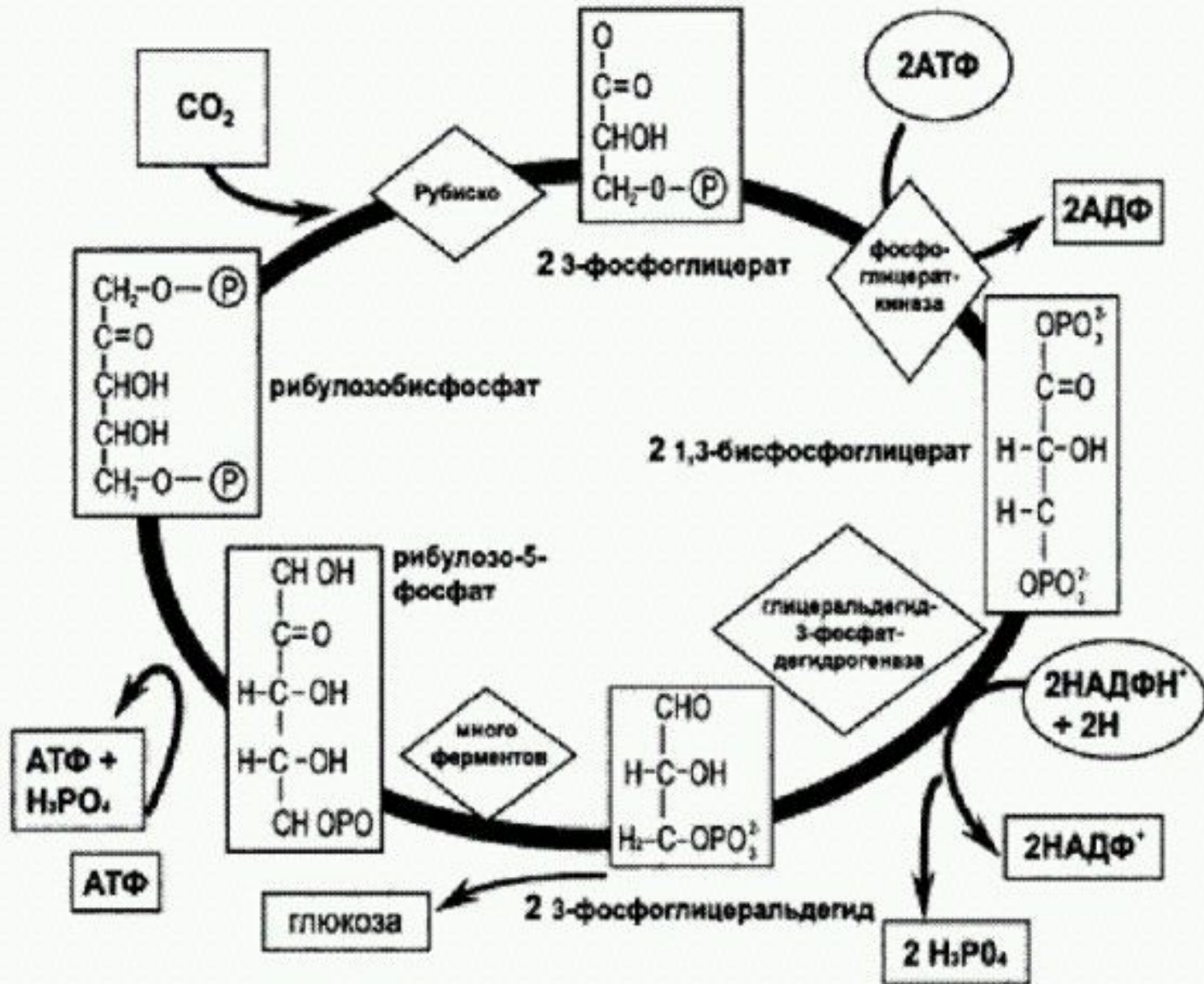
- 1. Возбуждение хлорофилла и перемещение электронов по фотосинтетическим системам
- 2. Фотолиз воды и образование кислорода
- 3. Синтез молекул АТФ (ФС II)
- 4. Соединение водорода со специальным переносчиком НАДФ⁺ и образование
- НАДФ * 2H
(никотинамидадениннуклеотидфосфат восстановленный)(ФС I)

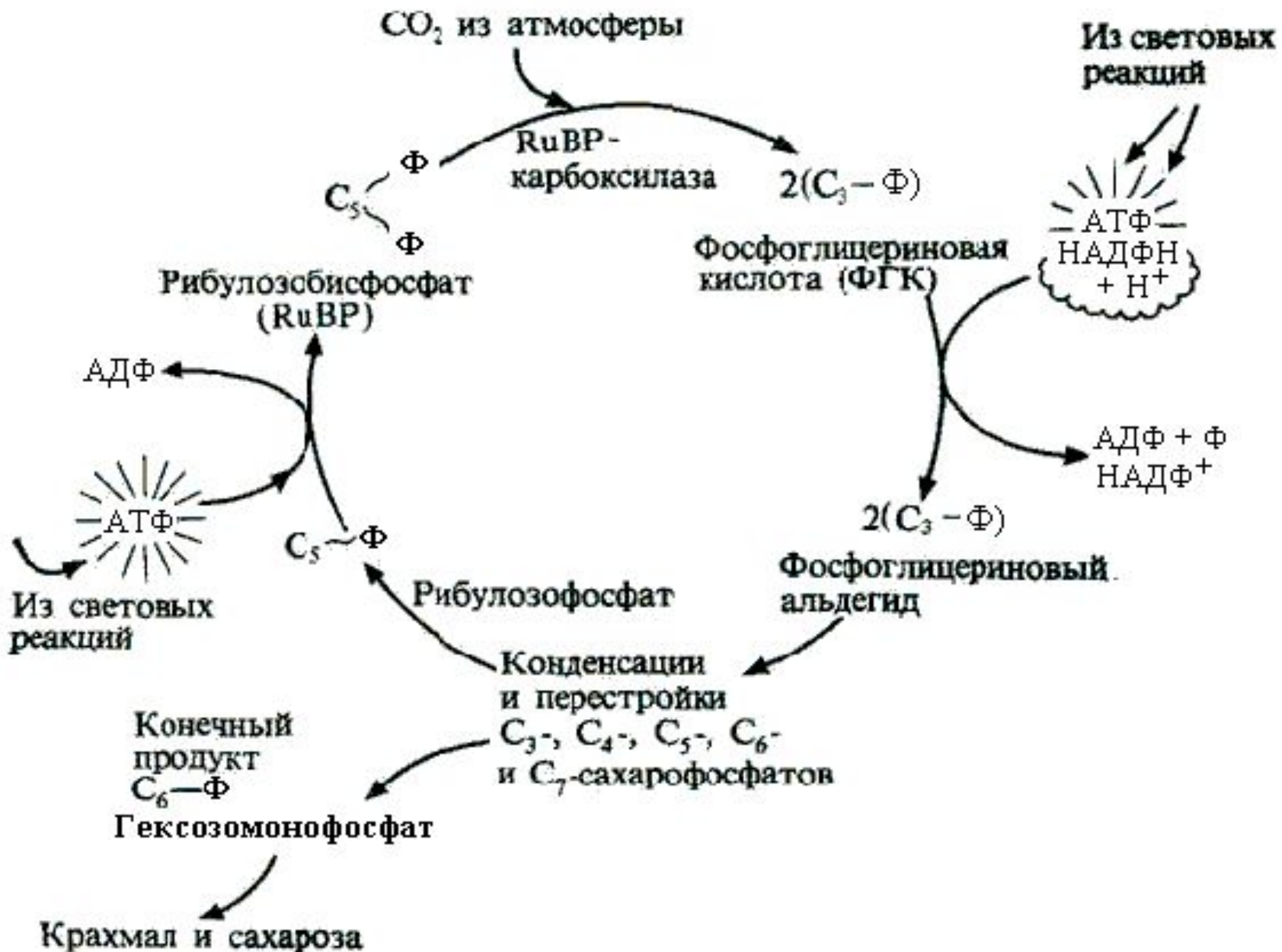
МЭЛВИН КАЛЬВИН ИЗУЧИЛ ТЕМНОВУЮ ФАЗУ ФОТОСИНТЕЗА



- процессы темновых реакций фотосинтеза открыты в 1957 г. В 1961 году – получена Нобелевская премия в области химии «за исследование усвоения двуокиси углерода растениями»

ЦИКЛ КАЛЬВИНА





ВО ВРЕМЯ ТЕМНОВОЙ СТАДИИ

- 1. Две триозы идут на синтез глюкозы
- 2. Триозы могут использоваться на синтез аминокислот, глицерина и высших жирных кислот
- 3. Часть триоз стимулируют повтор цикла Кальвина
- $6\text{CO}_2 + 12 \text{НАДФ}^*2\text{Н} + 12 \text{АТФ} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 12 \text{НАДФ}^+ + 12 \text{АДФ} + 12 \text{ФН}$

ТЕМНОВАЯ ФАЗА ФОТОСИНТЕЗА (СТРОМА)

- 1. Из углекислого газа, поступающего из атмосферы и воды осуществляются циклические процессы (цикл Кальвина)
- 2. Происходит восстановление углерода водородом НАДФ *2H за счет энергии АТФ
- 3. Синтез глюкозы

Так как в каждом цикле присоединяется только 1 молекула CO_2 , то чтобы получить глюкозу цикл должен повториться 6 раз

Суммарные уравнения и частные реакции фотосинтеза

| | |
|-----------------------------|--|
| Общая реакция фотосинтеза | $12\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2 \xrightarrow{\text{энергия света}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ |
| Фотолиз воды | $12\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{энергия света}} 6\text{O}_2 + 24\text{H}^+ + 24\text{e}^-$ |
| Образование восстановителя | $12\text{НАДФ}^+ + 24\text{H}^+ + 24\text{e}^- \xrightarrow{\text{энергия света}} 12\text{НАДФ} \cdot \text{H}_2$ |
| Фото-фосфорилирование | $18\text{АДФ} + 18\text{Ⓢ} \xrightarrow{\text{энергия света}} 18\text{АТФ}$ |
| Все световые реакции вместе | $12\text{H}_2\text{O} + 12\text{НАДФ}^+ + 18\text{АДФ} + 18\text{Ⓢ} \xrightarrow{\text{энергия света}} 6\text{O}_2\uparrow + 12\text{НАДФ} \cdot \text{H}_2 + 18\text{АТФ} +$ |
| Все темновые реакции | $6\text{CO}_2 + 12\text{НАДФ} \cdot \text{H}_2 + 18\text{АТФ} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 12\text{НАДФ}^+ + 18\text{АДФ} + 18\text{Ⓢ} + 6\text{H}_2\text{O}$ |

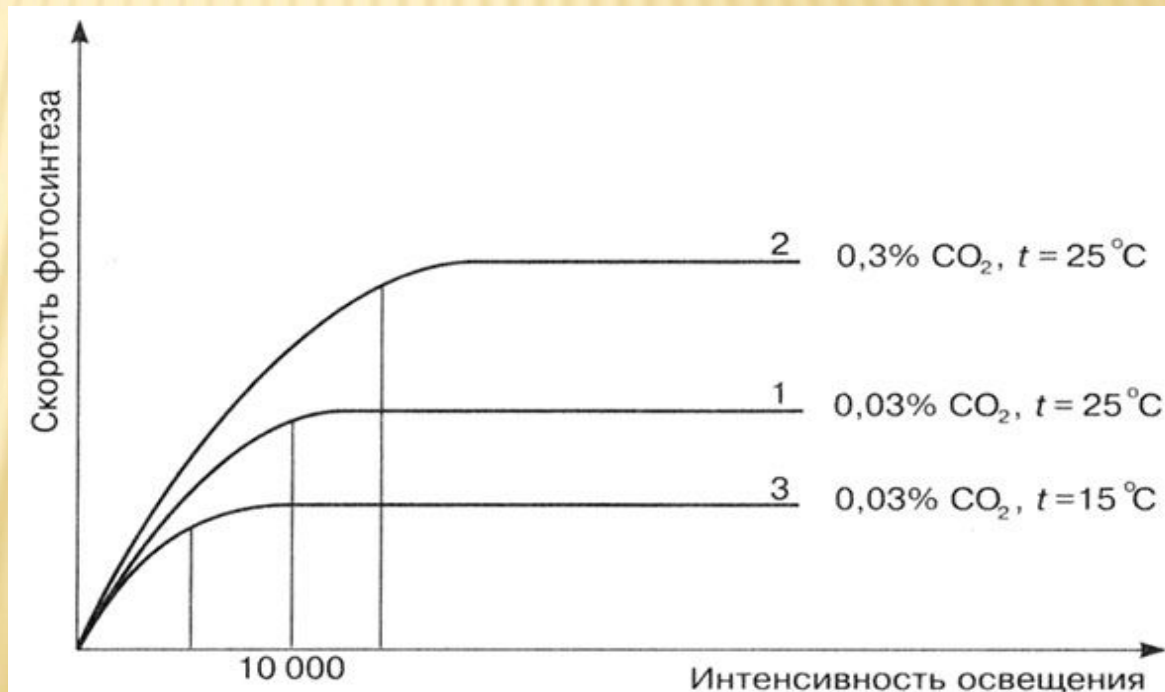
СУЩНОСТЬ ФОТОСИНТЕЗА

| Параметры | Световая фаза | Темновая фаза |
|------------------------------|-----------------------|---------------------|
| Место реакции в хлоропластах | Мембраны хлоропластов | Строма хлоропластов |
| Условия реакций | Наличие света, воды | Свет не нужен |
| Источник энергии | Солнечный свет | НАДФ*Н, АТФ |
| Исходные вещества | Вода | CO ₂ |
| Продукты реакции | НАДФ*Н, АТФ, кислород | глюкоза |

ВЛИЯНИЕ НА СКОРОСТЬ

ФОТОСИНТЕЗА

- 1. Длина световой волны (лучше всего синяя и красная части спектра)
- 2. Степень освещенности
- 3. Концентрация CO₂ (в теплицах скорость выше)
- 4. Температура (25-30 С оптимальна)
- 5. Наличие воды



Значение фотосинтеза

- ☹ При фотосинтезе зеленый лист использует лишь около 1% падающей на него солнечной энергии;
- ☹ За год на земле образуется 150 млрд. т органики и выделяется 200 млрд. т кислорода;
- ☹ процесс фотосинтеза способствует предохранению поверхности Земли от парникового эффекта;
- ☹ Фотосинтез способствует образованию защитного озонового экрана вокруг планеты;
- ☹ Благодаря фотосинтезу создается и поддерживается состав среды, необходимый для обитания всех живых организмов;
- ☹ За счет фотосинтеза поддерживается на Земле постоянный уровень газового состава атмосферы;

ЗНАЧЕНИЕ ФОТОСИНТЕЗА

- Продукты фотосинтеза – органические вещества – используются организмами:
 1. Для построения клеток
 2. Как источник энергии для процессов жизнедеятельности

Человек использует созданные растениями вещества:

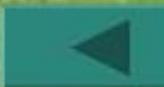
1. В качестве продуктов питания (плоды, семена и т.д.)
2. В качестве источников энергии (уголь, торф древесина)
3. Как строительный материал в производстве мебели и т.д.

Значение фотосинтеза

- Выделяется кислорода при фотосинтезе в 20-30 раз больше, чем поглощается при дыхании.

Используется 1% падающей энергии, продуктивность около 1 г на 1 кв. м.

- Без фотосинтеза запас кислорода был бы израсходован в течение 3 000 лет.



СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФОТОСИНТЕЗА И ДЫХАНИЯ ЭУКАРИОТ

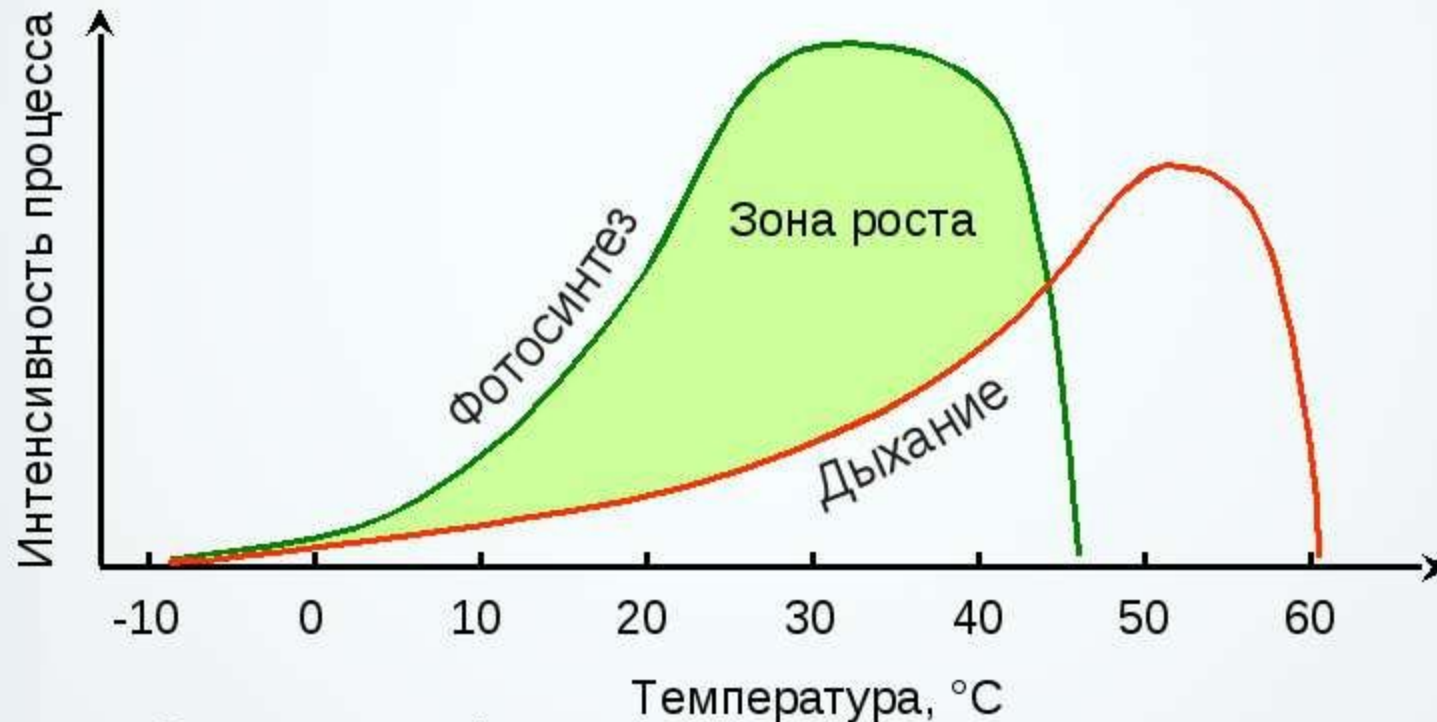
| Признак | Фотосинтез | Дыхание |
|--------------------------------|---|---|
| Уравнение реакции | $6 \text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{энергия света} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2$ | $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 = 6 \text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{энергия (АТФ)}$ |
| Исходные вещества | Углекислый газ, вода | Органические вещества, кислород |
| Продукты реакции | Органические вещества, кислород | Углекислый газ, вода |
| Значение в круговороте веществ | Синтез органических веществ из неорганических | Разложение органических веществ до неорганических |

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФОТОСИНТЕЗА И ДЫХАНИЯ ЭУКАРИОТ

| Признак | Фотосинтез | Дыхание |
|---------------------------|---|--|
| Преобразование энергии | Преобразование энергии света в энергию химических связей органических веществ | Преобразование энергии химических связей органических веществ в энергию макроэргических связей АТФ |
| Важнейшие этапы | Световая и темновая фазы (включая цикл Кальвина) | Неполное окисление (гликолиз) и полное окисление (цикл Кребса) |
| Место протекания процесса | Хлоропласты (граны и строма) | Гиалоплазма (неполное окисление) и митохондрии – кристы и матрикс (полное окисление) |

Неоднозначность действия фактора на разные функции организма

Каждый фактор неодинаково влияет на разные функции организма



Зависимость фотосинтеза и дыхания от температуры

ХЕМОСИНТЕЗ

- Процесс синтеза органических веществ из неорганических за счет энергии окисления неорганических веществ

Открыт в 1889-1890 г. русским
микробиологом
Сергеем Николаевичем
Виноградским
(в др. источниках 1887 год)



Типы хемотрофов

```
graph TD; A[Типы хемотрофов] --- B[Нитрифицирующие бактерии]; A --- C[Водородобактерии]; A --- D[Серобактерии]; A --- E[Железобактерии];
```

Нитрифицирующие
бактерии

Водородобактерии

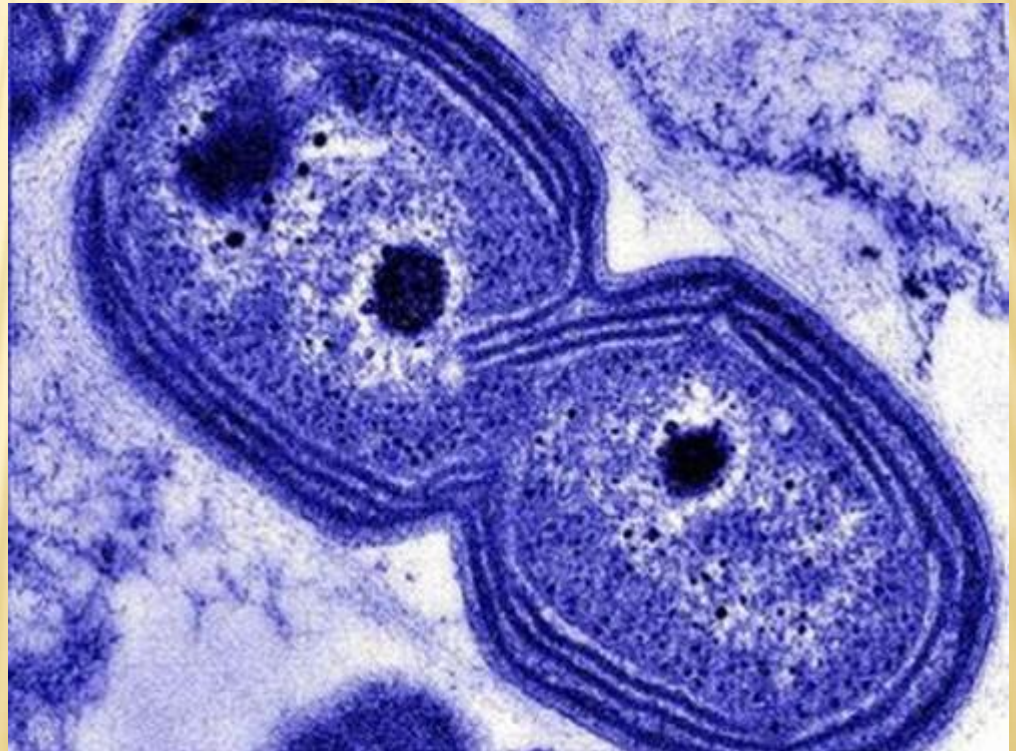
Серобактерии

Железобактерии

НИТРИФИЦИРУЮЩИЕ БАКТЕРИИ (НИТРОЗОМОНАС И НИТРОБАКТЕР)

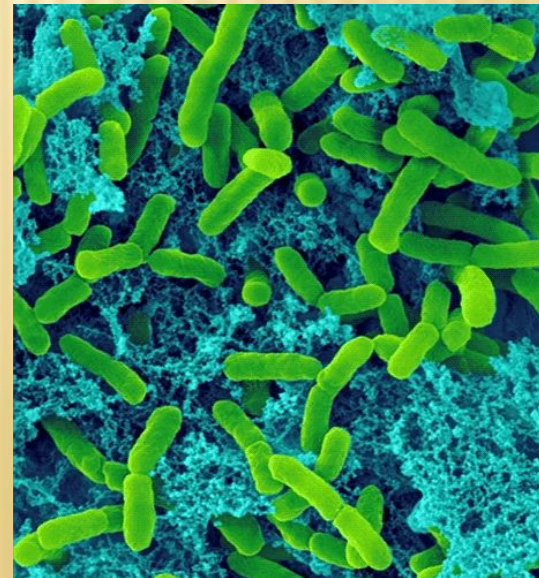
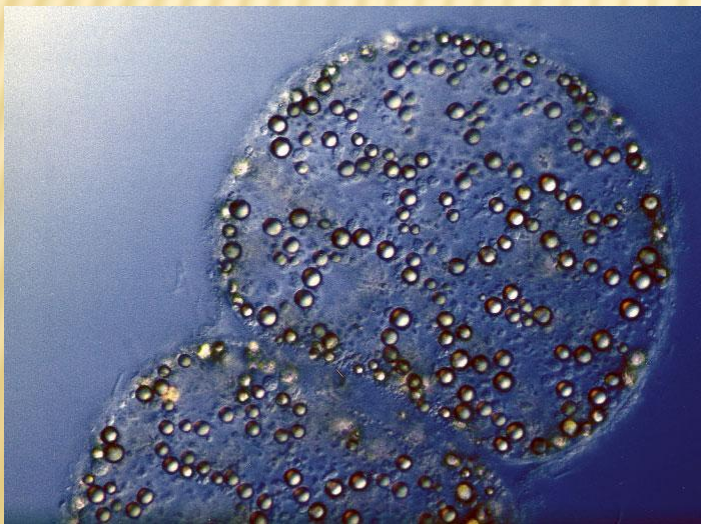
- $2 \text{NH}_3 + 3 \text{O}_2 = 2 \text{HNO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 662 \text{ кДж/моль}$
- $2 \text{HNO}_2 + \text{O}_2 = 2 \text{HNO}_3 + 101 \text{ кДж/моль}$

Данные реакции
протекают в разных
группах
нитрифицирующих
бактерий



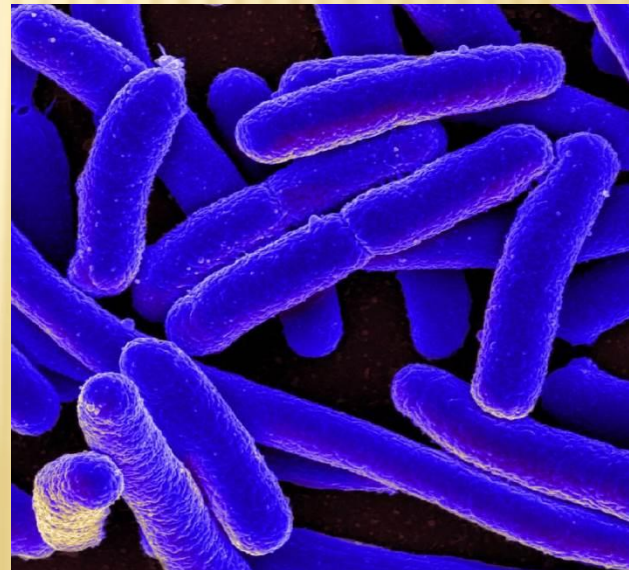
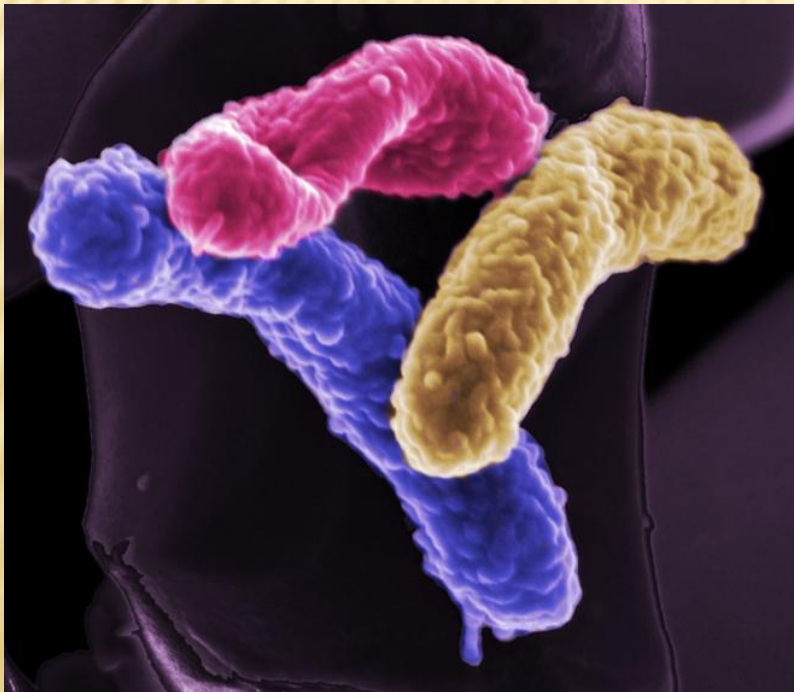
СЕРОБАКТЕРИИ (БЕЖИАТОА И ТРИОТРИКС)

- $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{S} + \text{Q}$
- $2\text{S} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Q}$
- На две реакции 666 кДж/моль.
- Серобактерии обитают в Черном море на глубине 200 м.



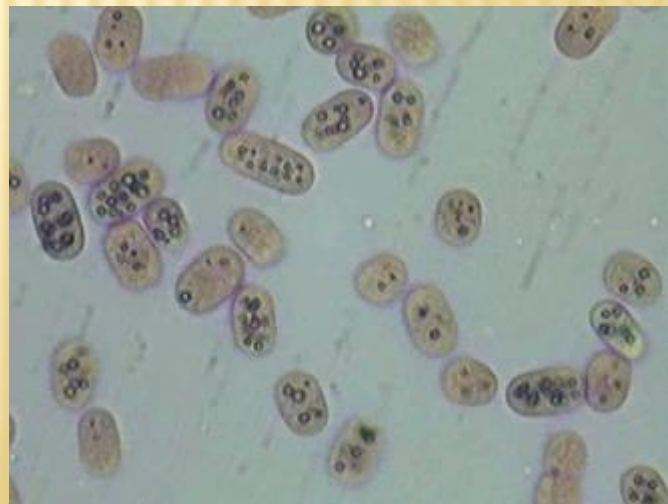
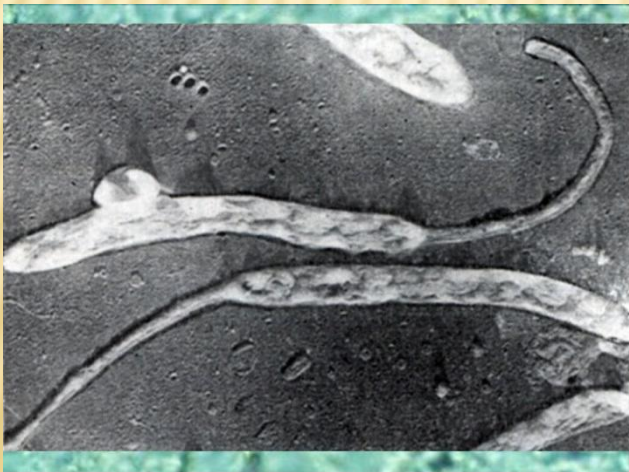
ВОДОРОДНЫЕ БАКТЕРИИ

- $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{Q}$
- Вся энергия в этих процессах запасается в виде АТФ



ЖЕЛЕЗОБАКТЕРИИ (КРЕНОТРИКС И ЛЕПТОТРИКС)

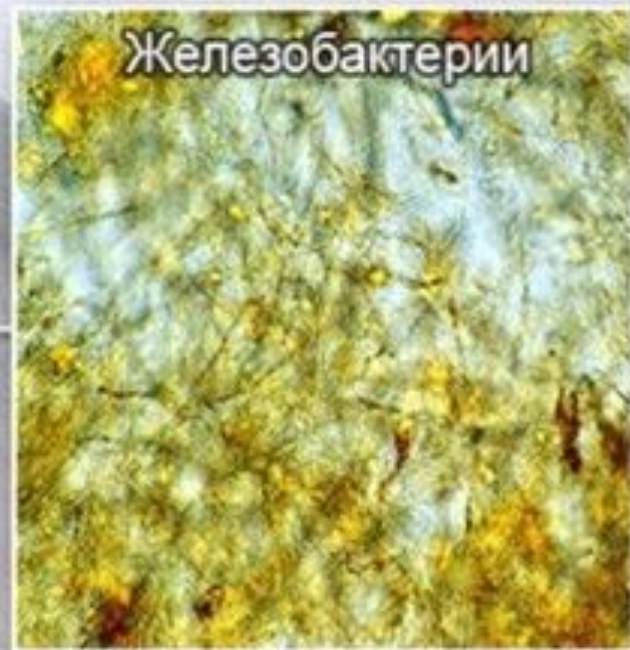
- $4\text{FeCO}_3 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}(\text{OH})_3 + 4\text{CO}_2 + \text{Q}$
- Все хемосинтетики являются облигатными аэробами, так как используют кислород воздуха



Водородные
бактерии



Железобактерии



Серобактерии



Нитрифицирующие
бактерии



Х
Е
М
О
Т
Р
О
Ф
Ы

ЗНАЧЕНИЕ ХЕМОСИНТЕЗА

1. Нитрифицирующие и денитрифицирующие участвуют в круговороте азота, повышают плодородие почвы

2. Клубеньковые бактерии (ризобиум), живущие на корнях бобовых связывают атмосферный азот



ЗНАЧЕНИЕ ХЕМОСИНТЕЗА

- ▣ **Железобактерии** участвовали в образовании железных и марганцевых руд планеты
- ▣ **Водородные бактерии** используются для получения пищевого и кормового белка
- ▣ **Водородные бактерии** используют для регенерации атмосферы (например, на водоочистительных станциях при биологической очистки воды)

ОК-У-10-13

первооткрыватель

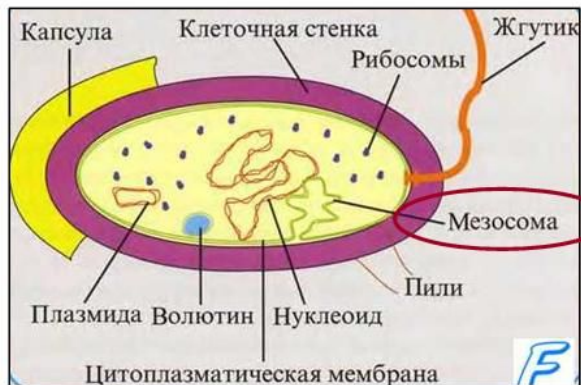
Сергей Николаевич Виноградский, 1887

значение

- круговорот азота
- повышение плодородия почвы
- залежи полезных ископаемых
- пищевой и кормовой белок (водородные)
- биологическая очистка воды

где происходит

на внутренних выростах плазматической мембраны - мезосомах



Хемосинтез

Классификация хемосинтетиков

аэробы

анаэробы

нитрифицирующие

● нитрозомонас, нитробактер



нитриты



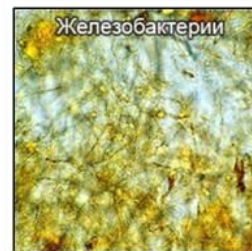
нитраты

железобактерии

● крентрикс, лептотрикс

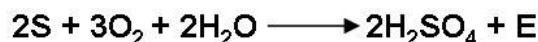
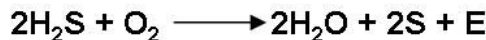


болотная железная руда

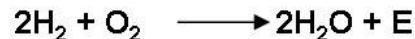


серобактерии

● бежиатоа, тиотрикс



водородные бактерии



сульфатные

денитрифицирующие

Хемосинтез – процесс образования некоторыми бактериями органических веществ из диоксида углерода за счет энергии, полученной при окислении неорганических соединений.