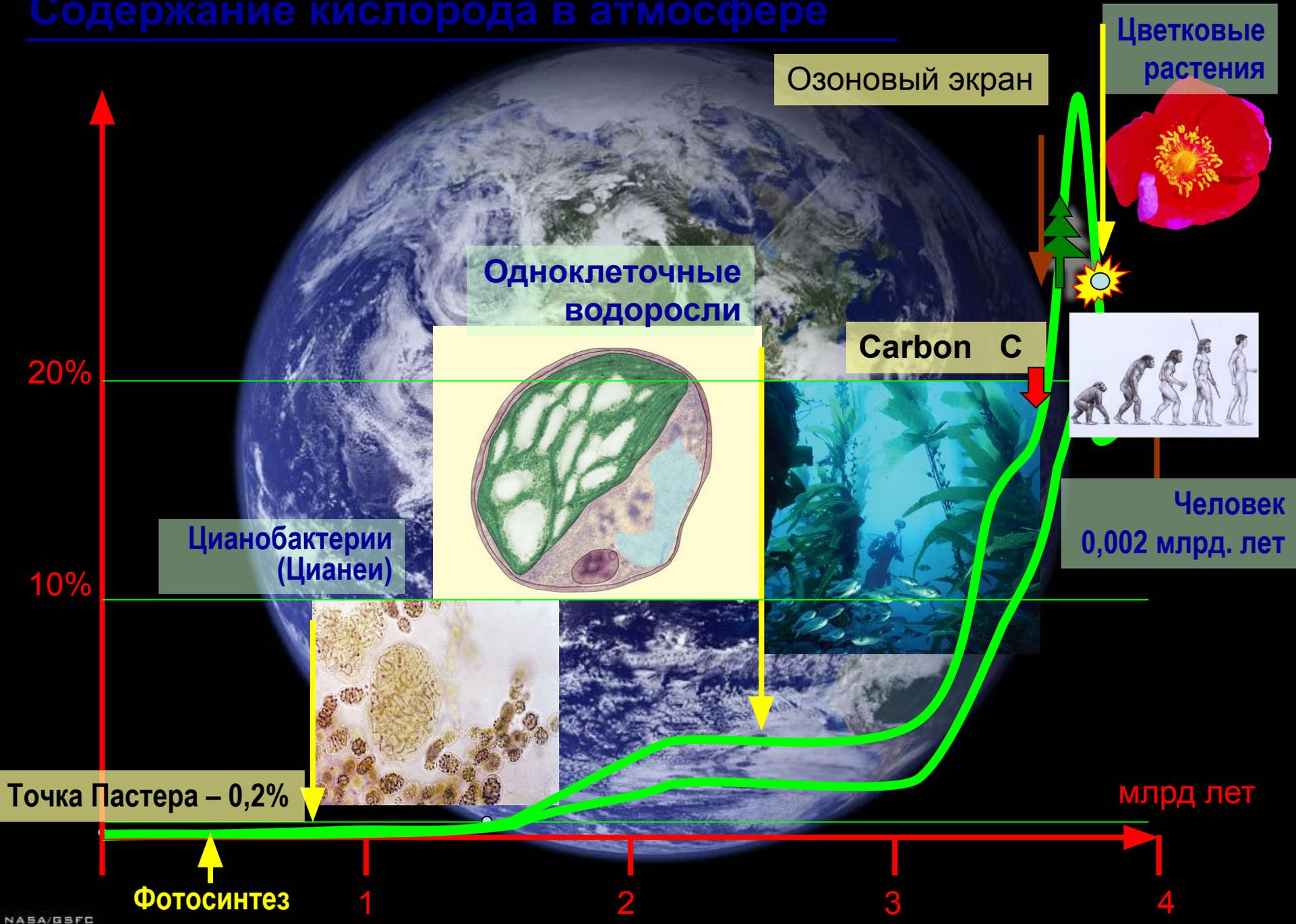


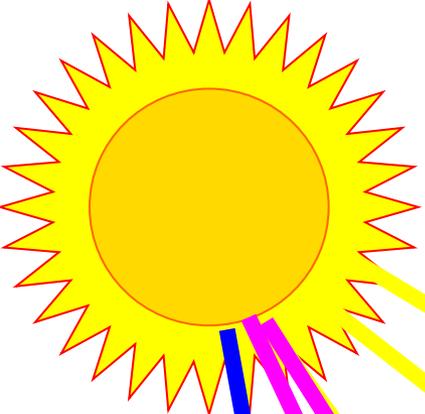


ФОТОСИНТЕЗ: КАК РАСТЕНИЯ СИНТЕЗИРУЮТ УГЛЕВОДЫ В РАЗНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Содержание кислорода в атмосфере







АНТИРАСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ

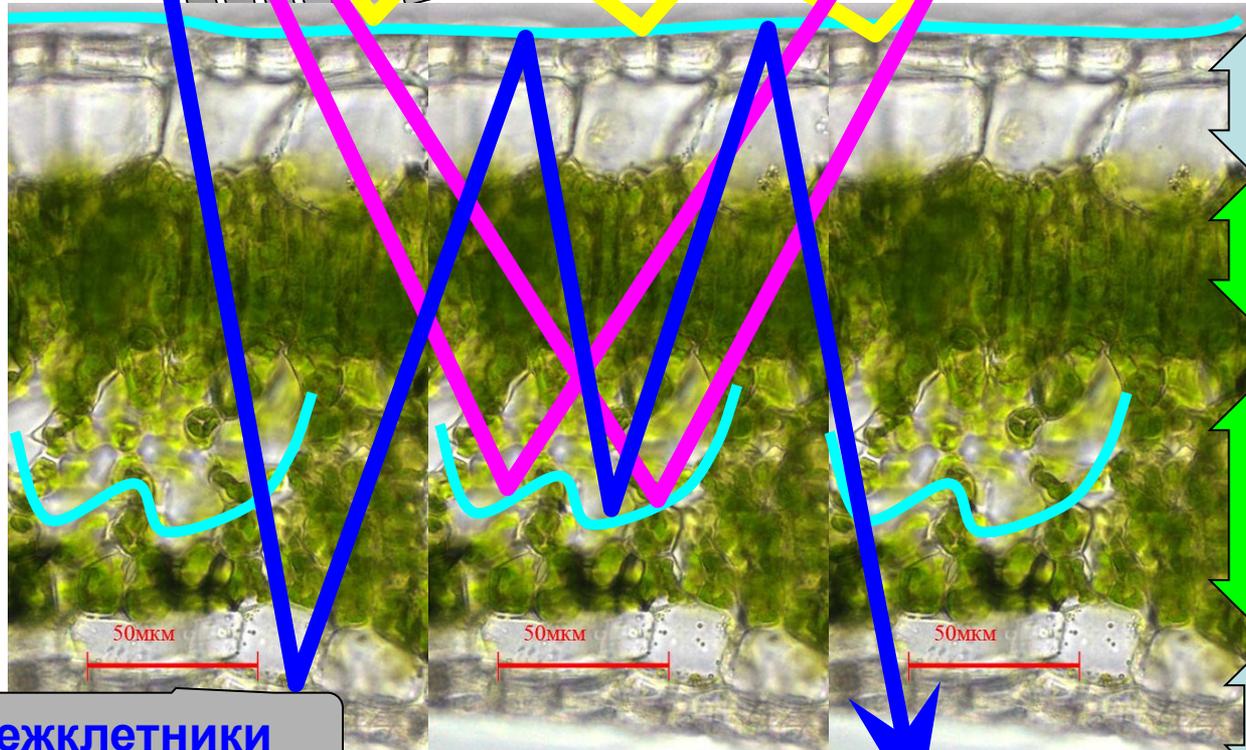
Босковой слой (кутикула)

Верхний
Эпидермис

Столбчатый
Мезофилл

Губчатый
Мезофилл

Нижний
Эпидермис



Межклетники

50µm

50µm

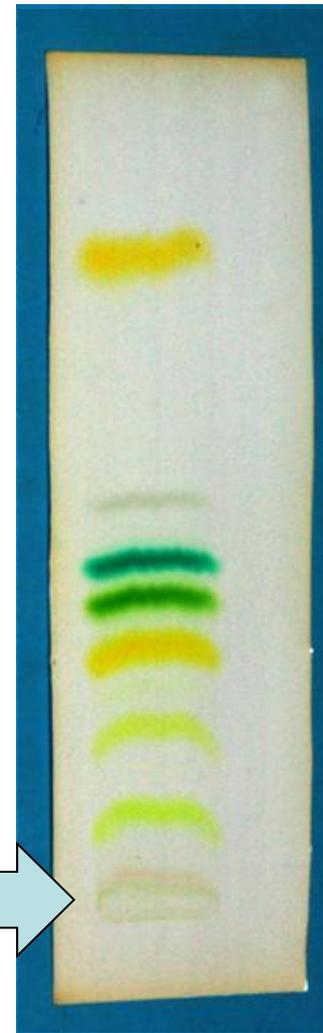
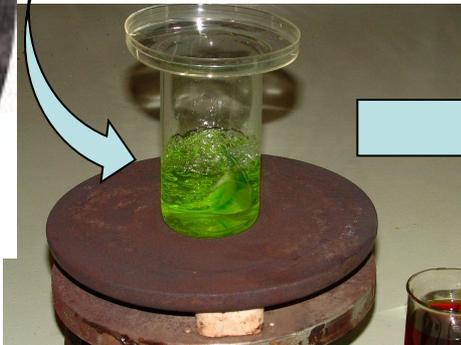
50µm



МЕТОД ХРОМАТОГРАФИИ

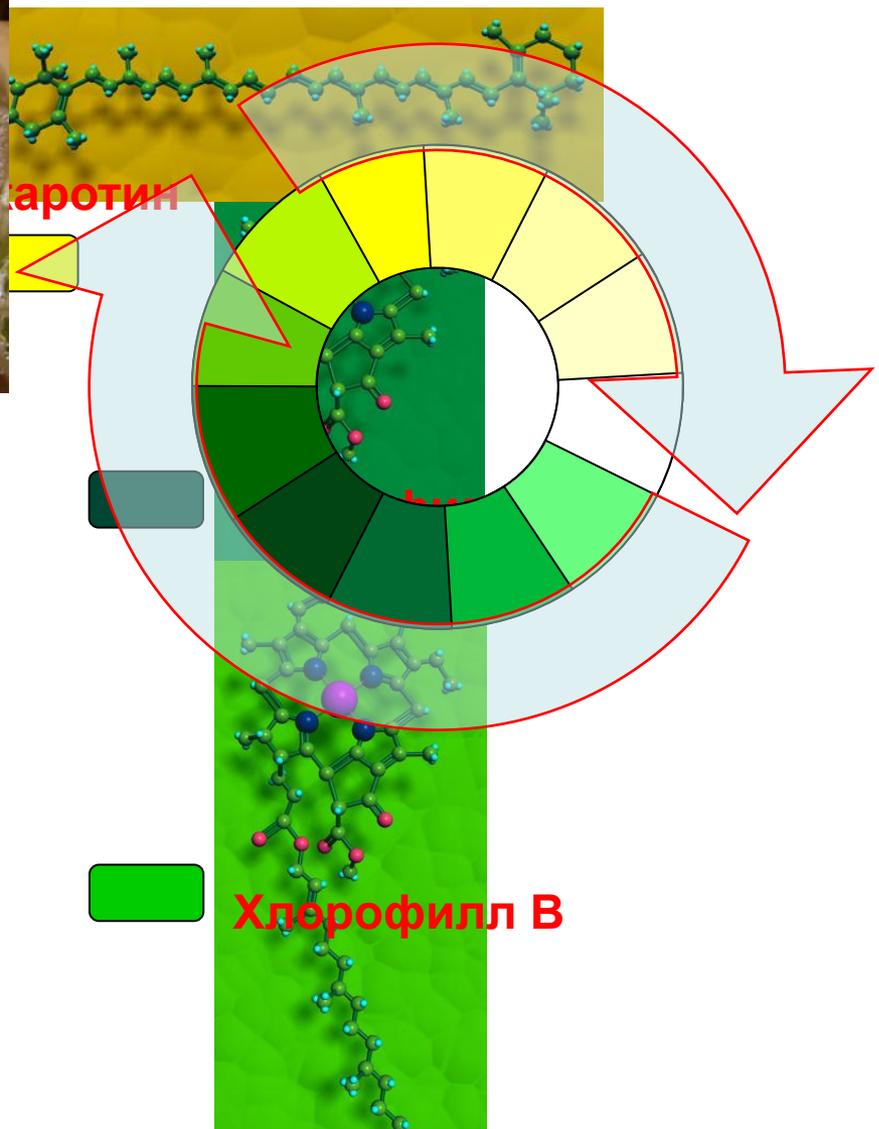


**Михаил
Семенович
Цвет**



ЕЛИ

Бесхлорофилльный
мутант
гороха



Каротин

Хлорофилл В

Хлорофиллы:

Фикобилины:

Фикоэритрин



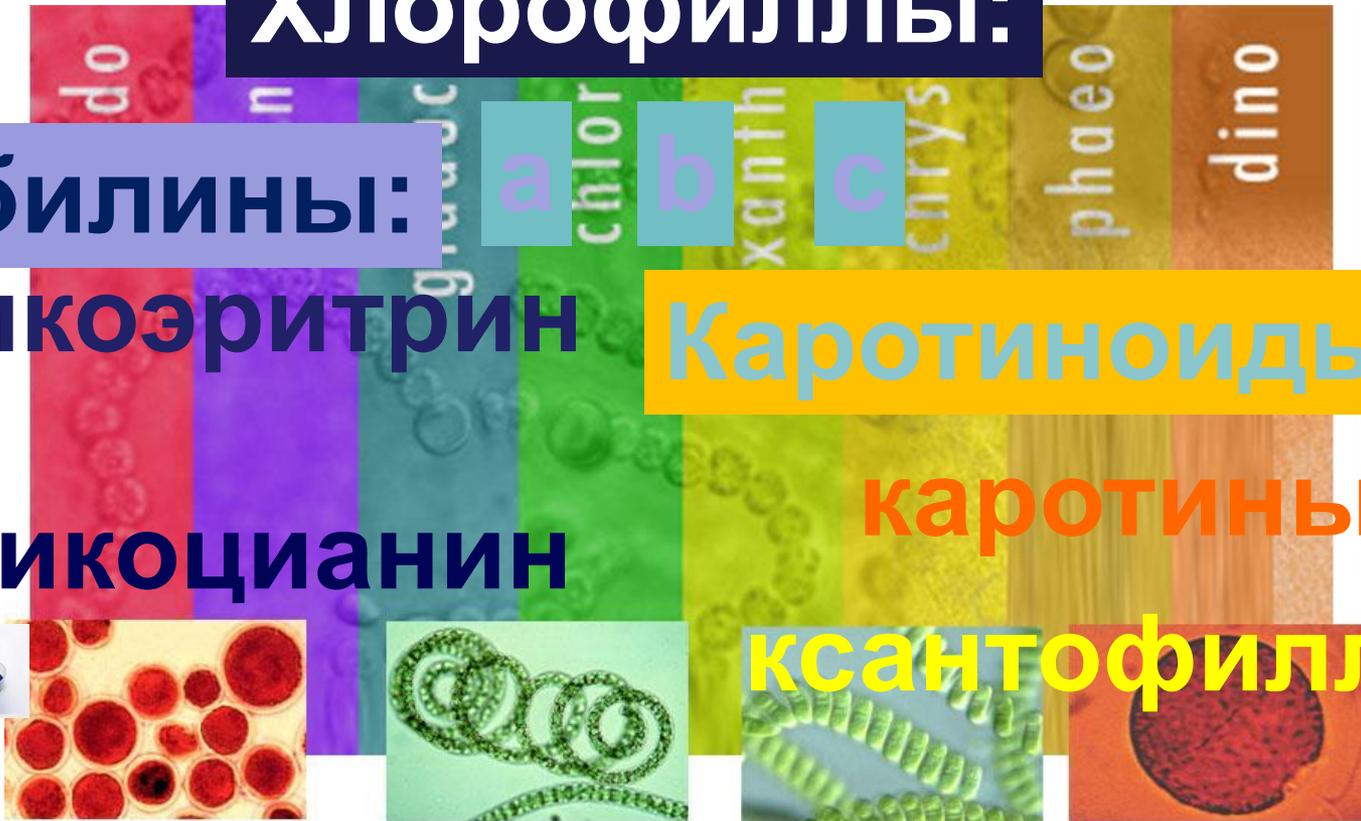
Фикоцианин



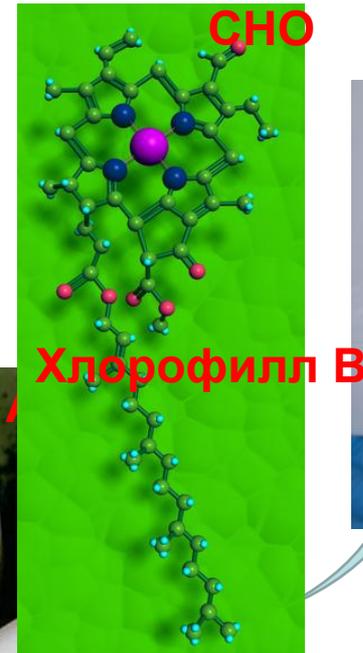
Каротиноиды

каротины

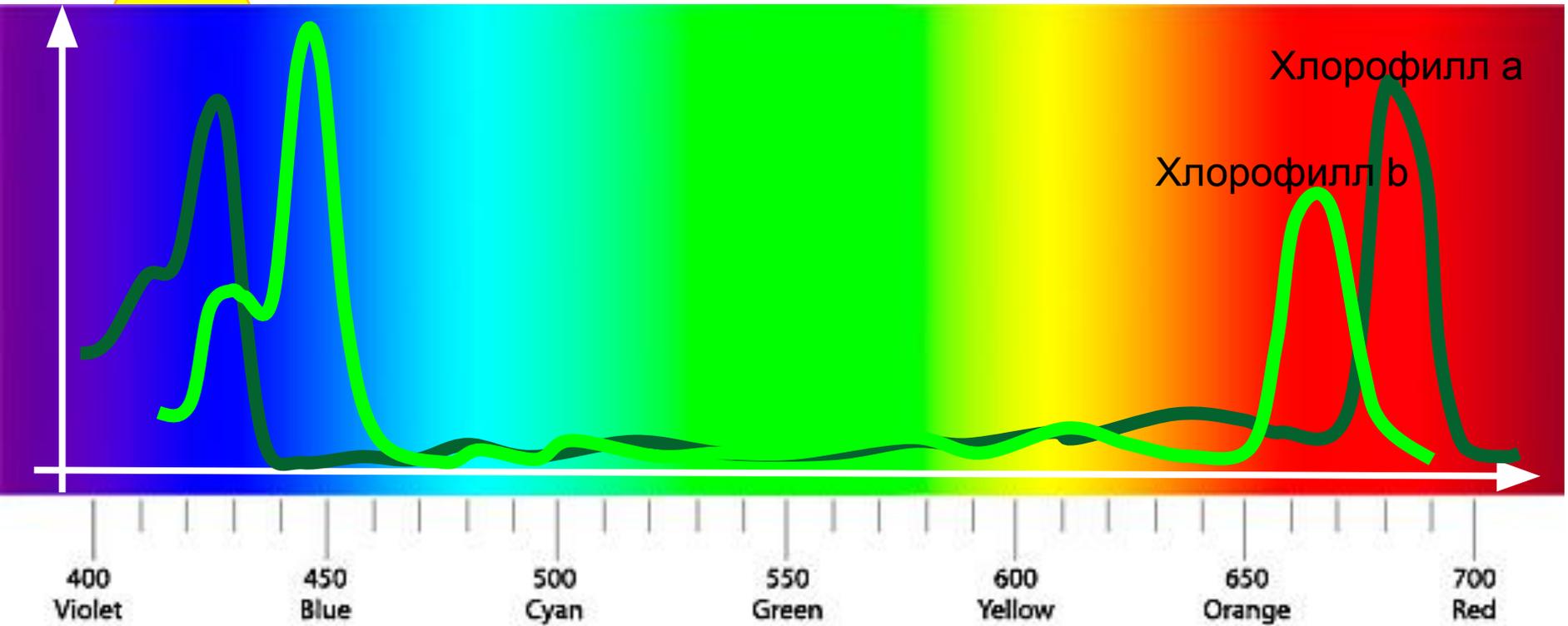
ксантофиллы



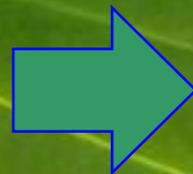
Откуда в растениях зеленый цвет?



Почему хлорофилл зеленый?



Уравнение фотосинтеза





Каротины

β-каротин

ЛИКОПИН



ЛЮТЕИН

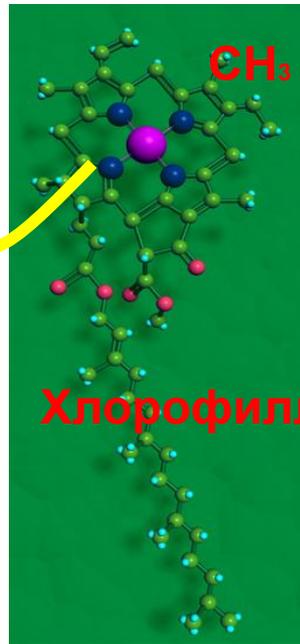
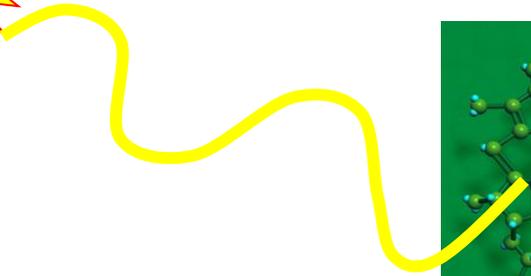
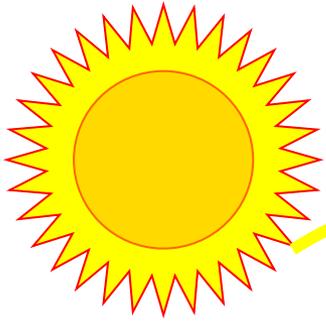


ЗЕАКСАНТИН

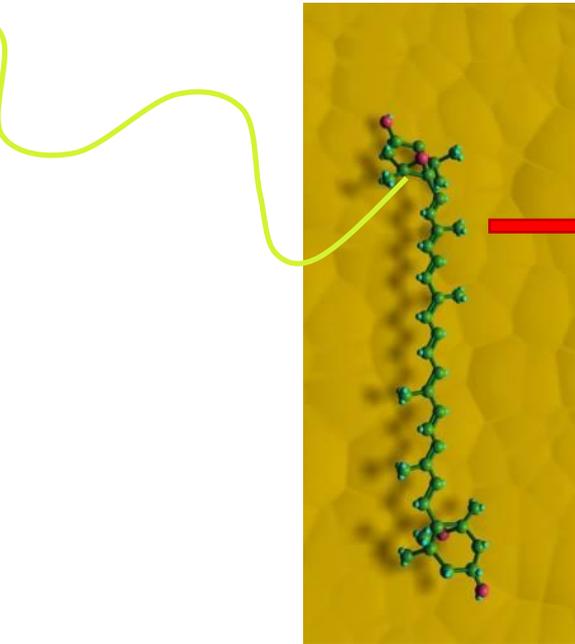
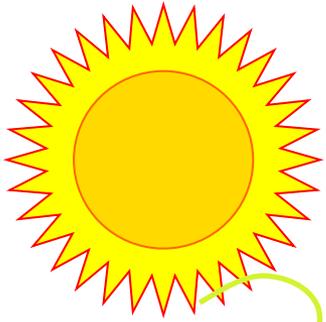


ксантофиллы

Для чего растениям каротиноиды?

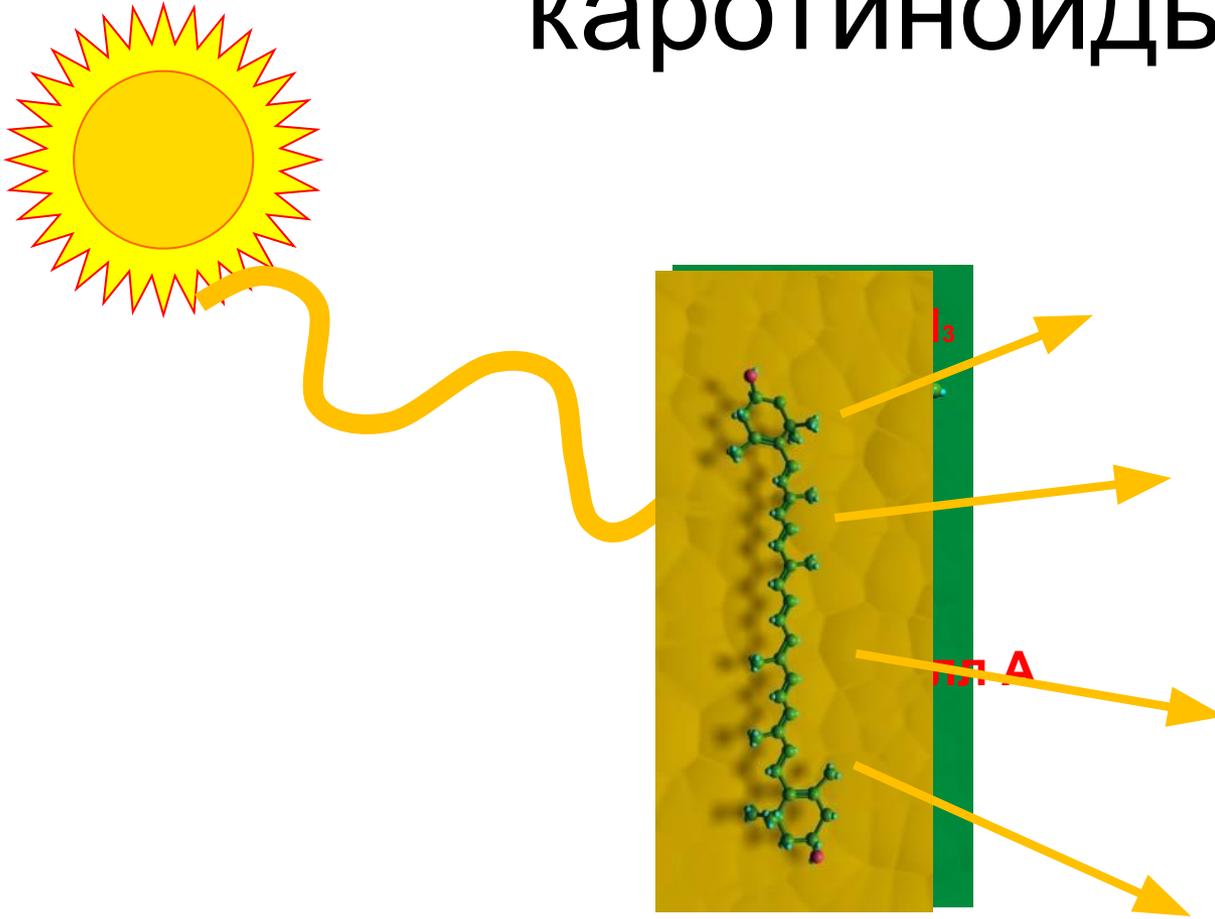


Для чего растениям каротиноиды?



Хлорофилл А

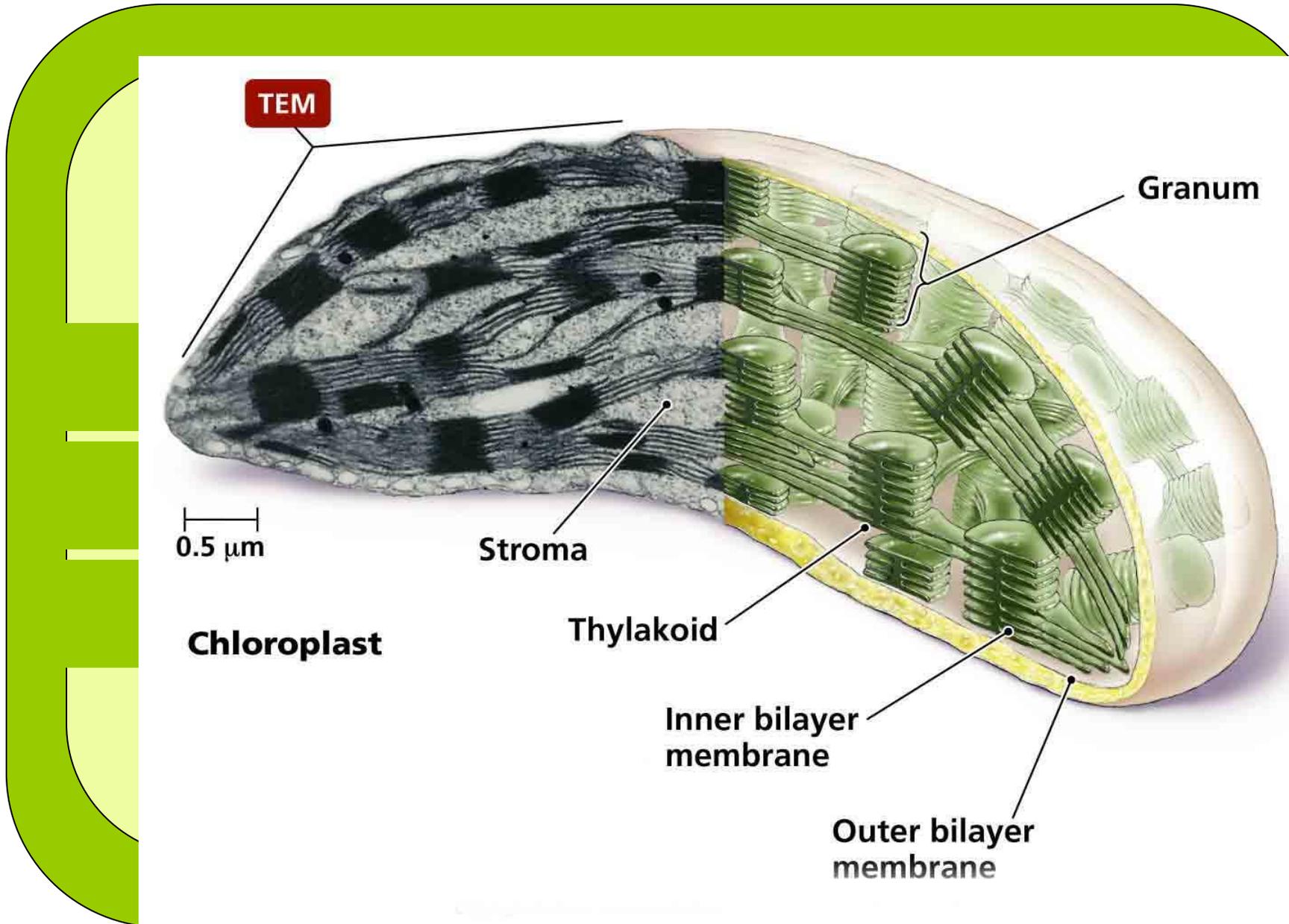
Для чего растениям каротиноиды?

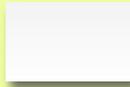
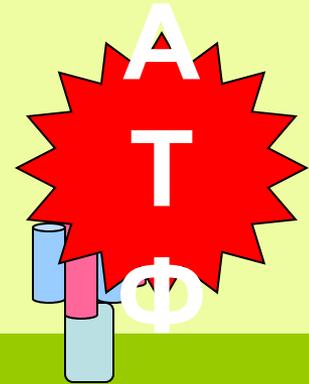


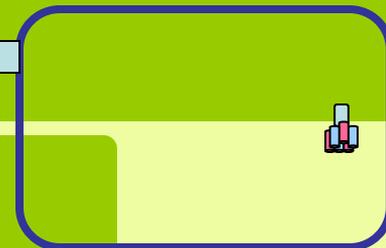
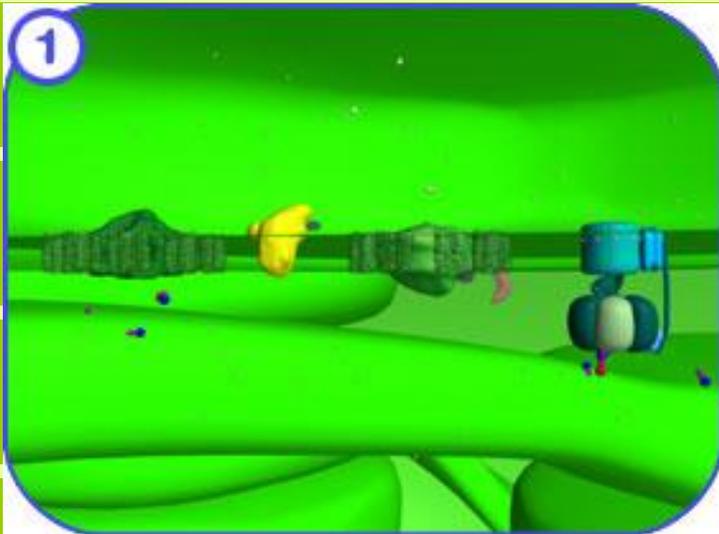
Пластиды высших растений



Этиопласт







Электронтранспортная цепь (ЭТЦ) фотосинтеза



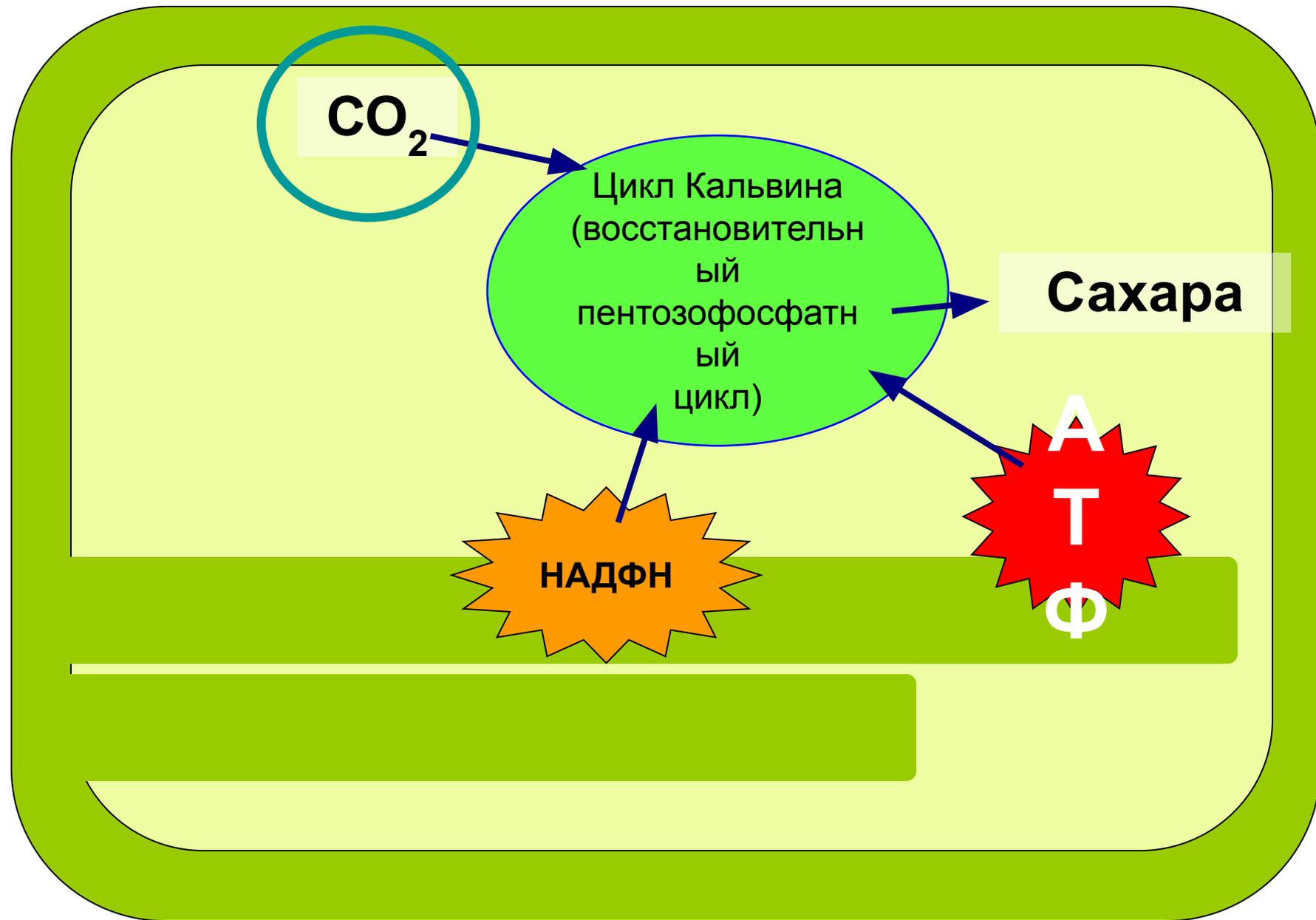
CO_2

Цикл Кальвина
(восстановительный
пентозофосфатный
цикл)

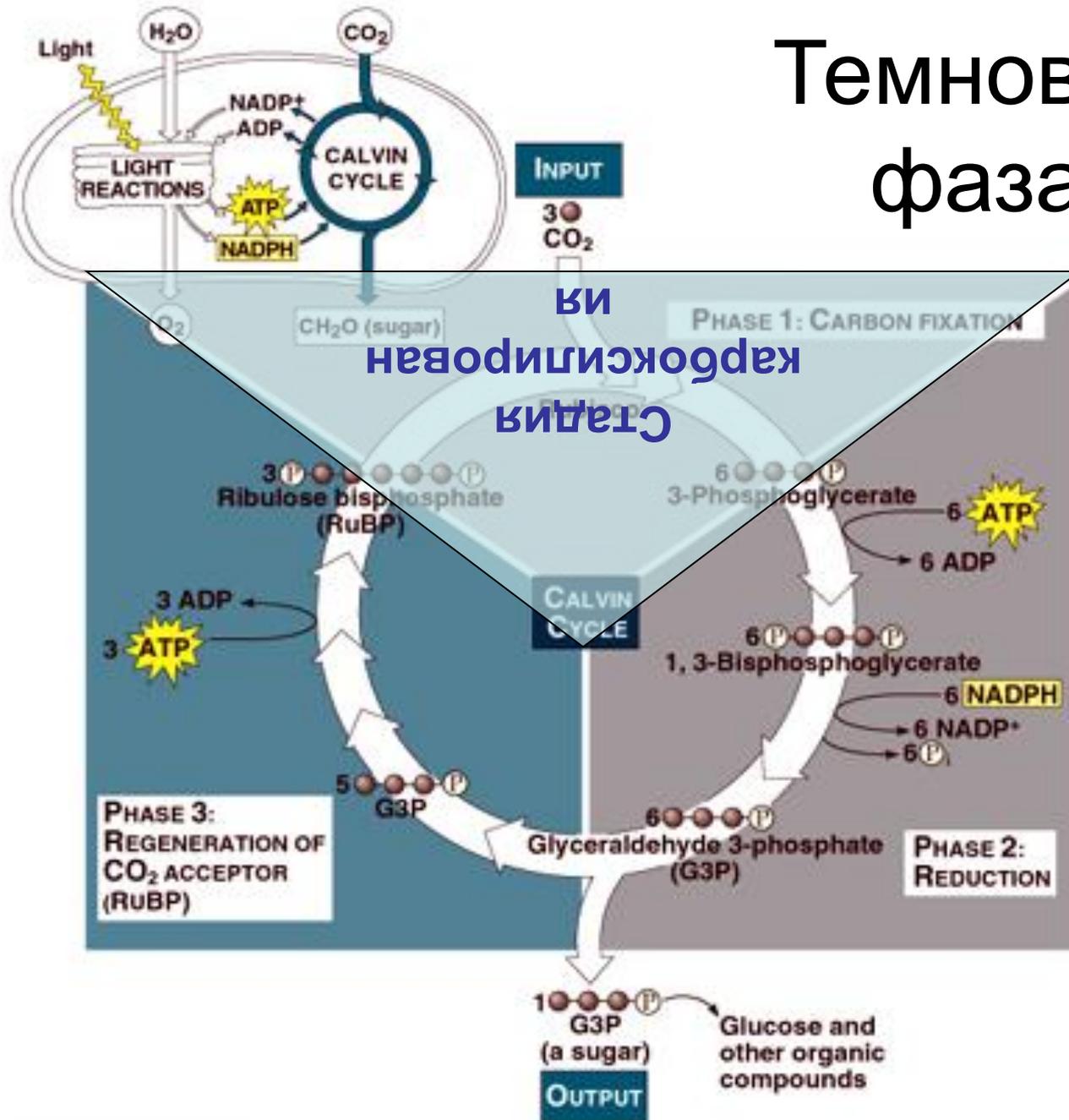
Сахара

НАДФН

А
Т
Ф

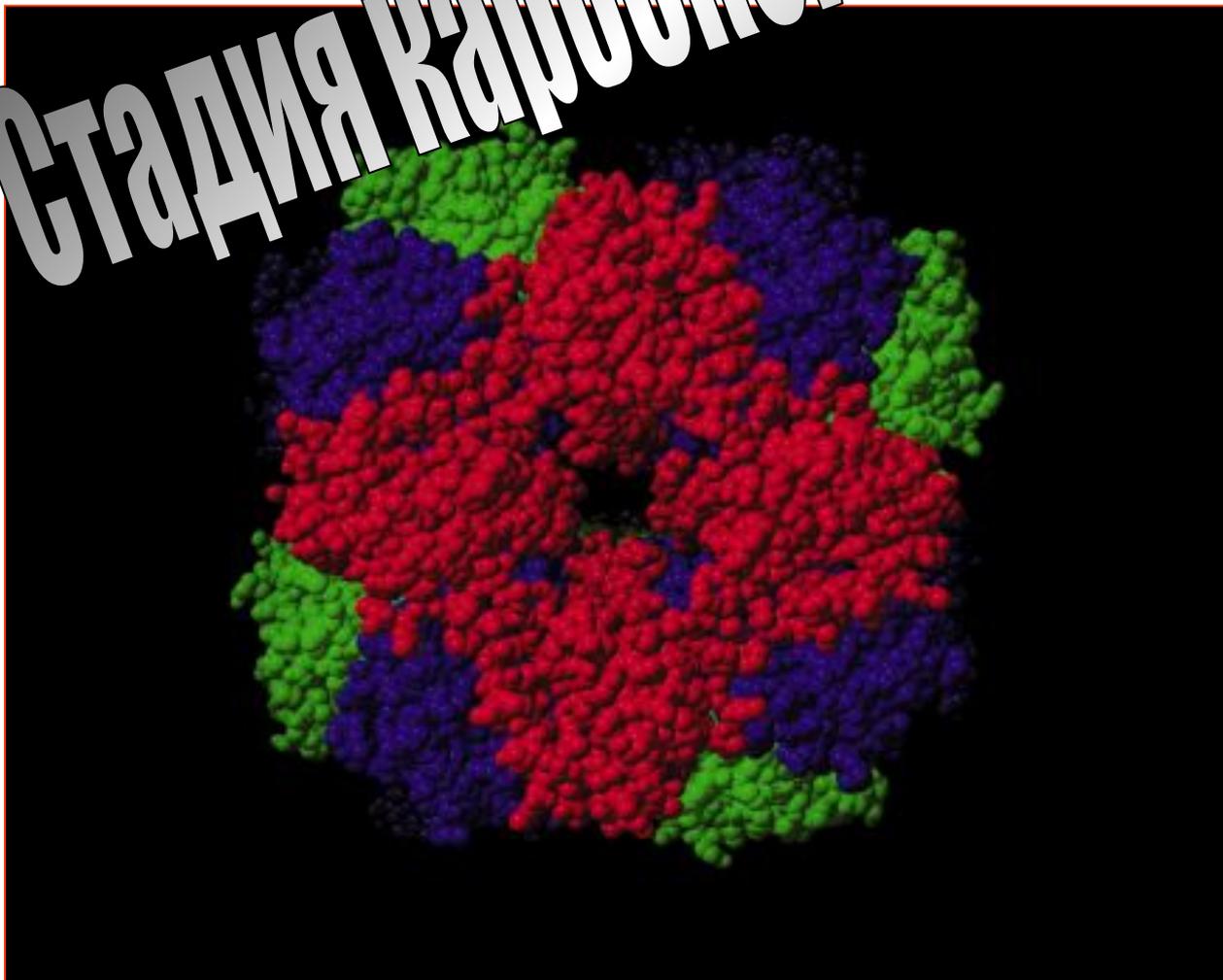


Темновая фаза



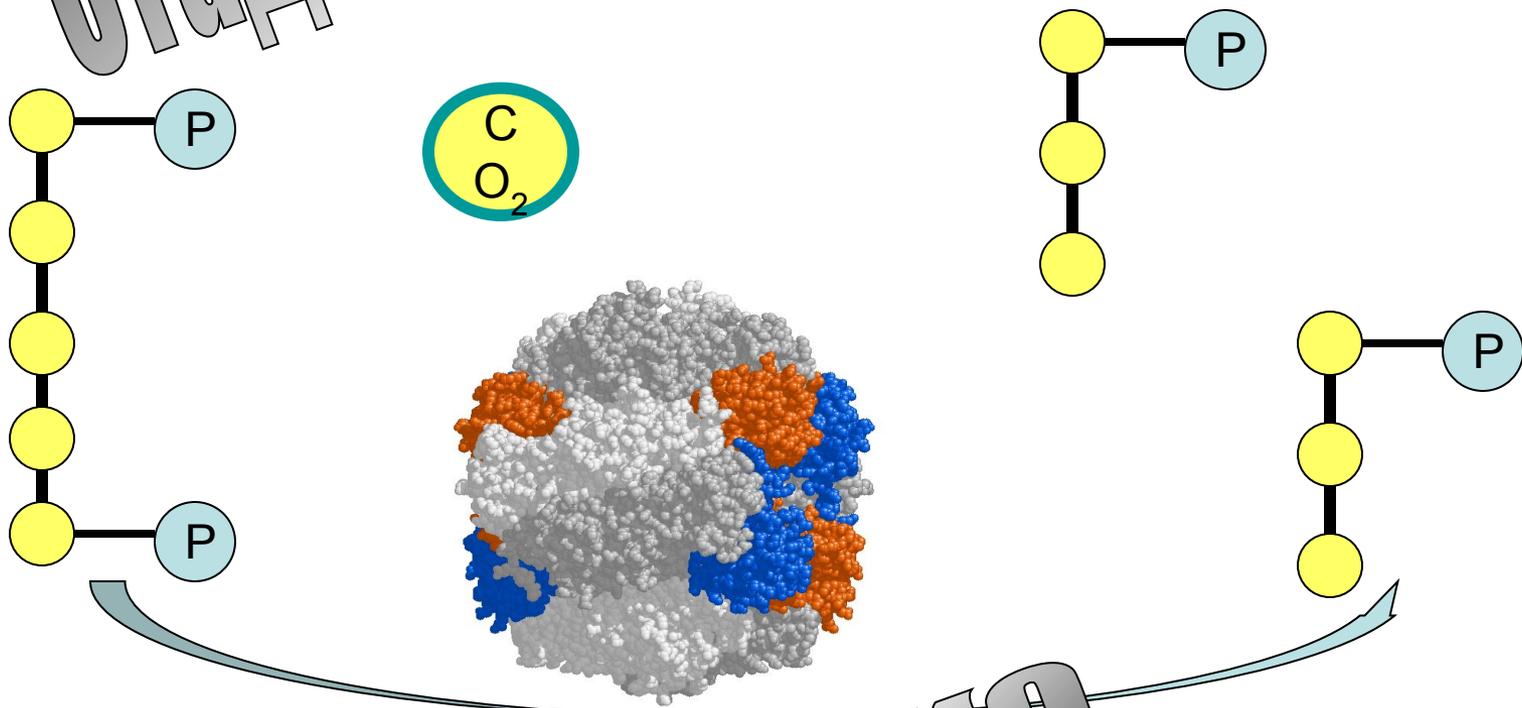
Стадия
карбонификсирован
ви

Стадия карбоксилирования



Рибулозо-бисфосфат карбоксилаза-оксигеназа (Rubisco)
самый главный фермент на планете Земля (10млн. тонн!)

Стадия карбоксилирования



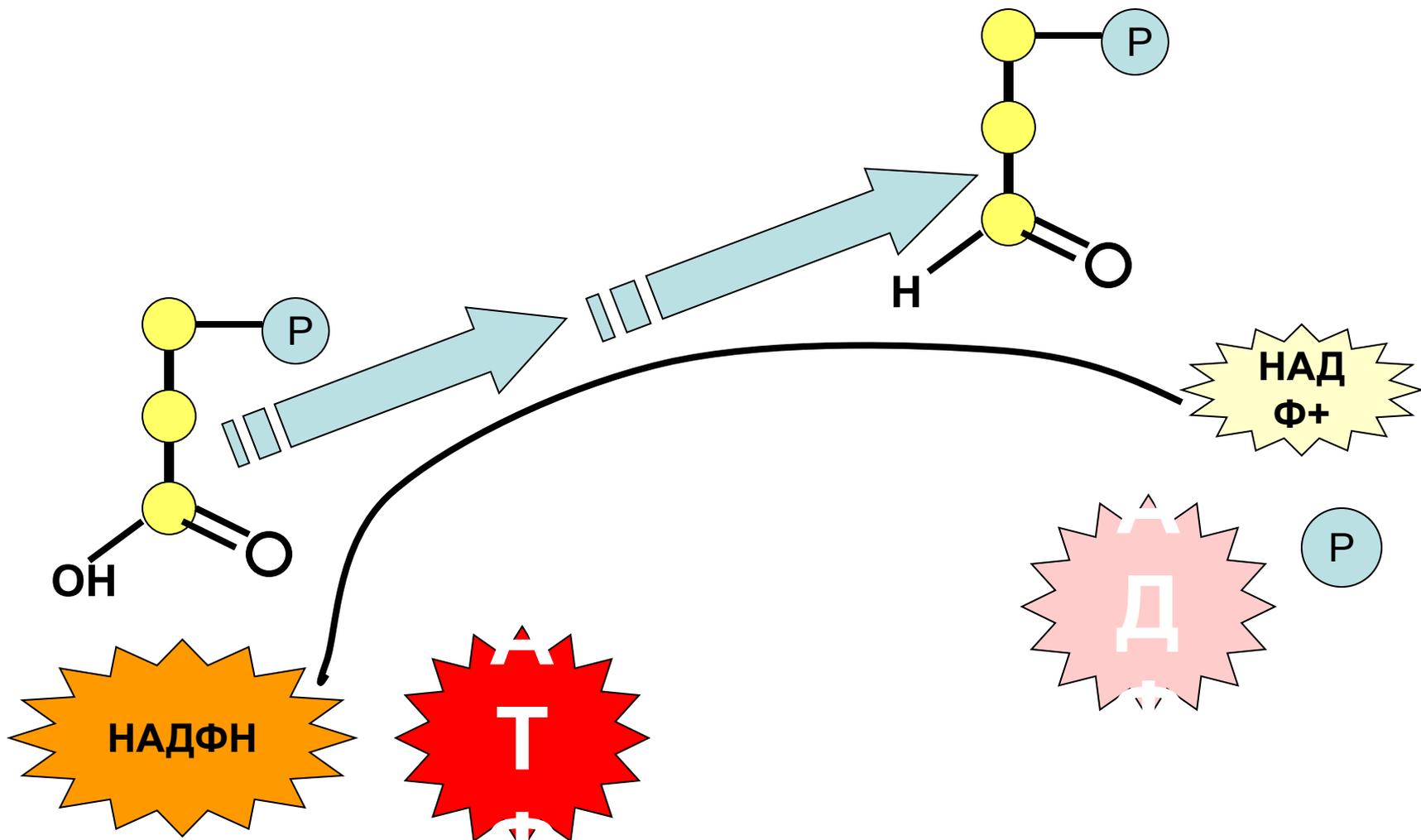
РУБИСКО

Темновая фаза

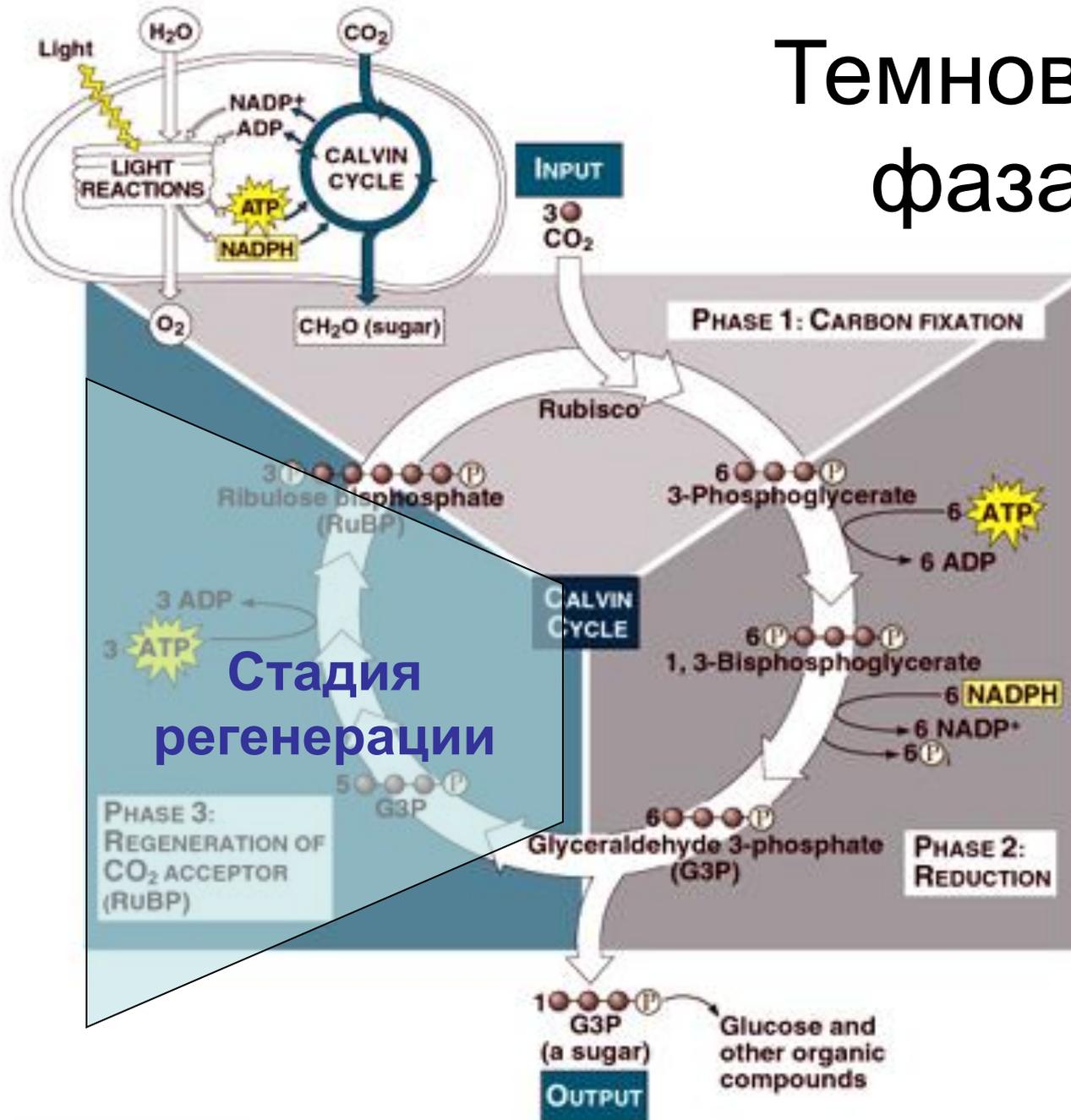


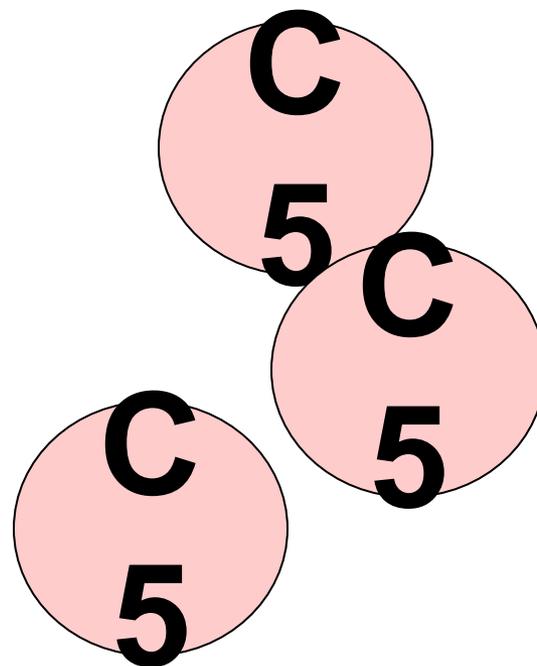
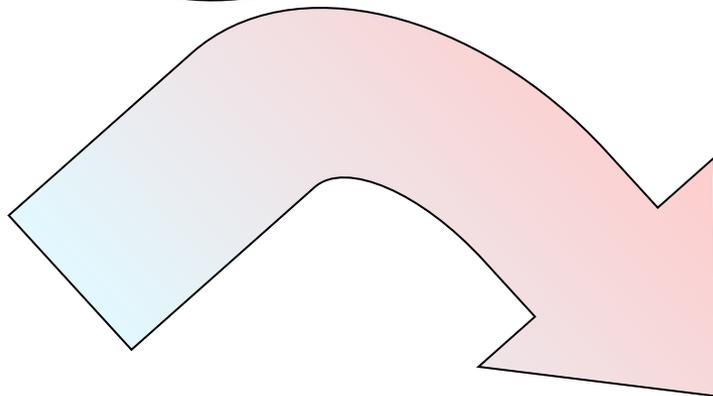
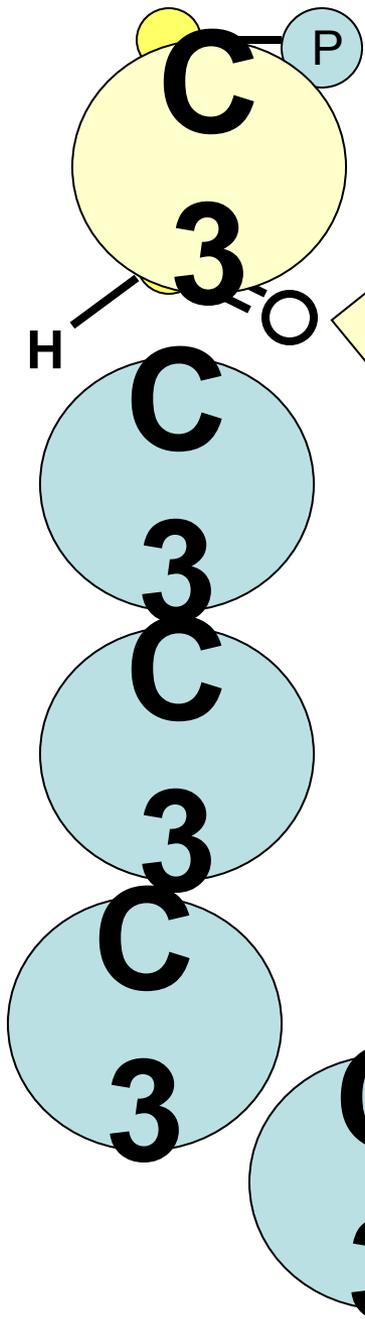
восстановление
стадия

Стадия восстановления

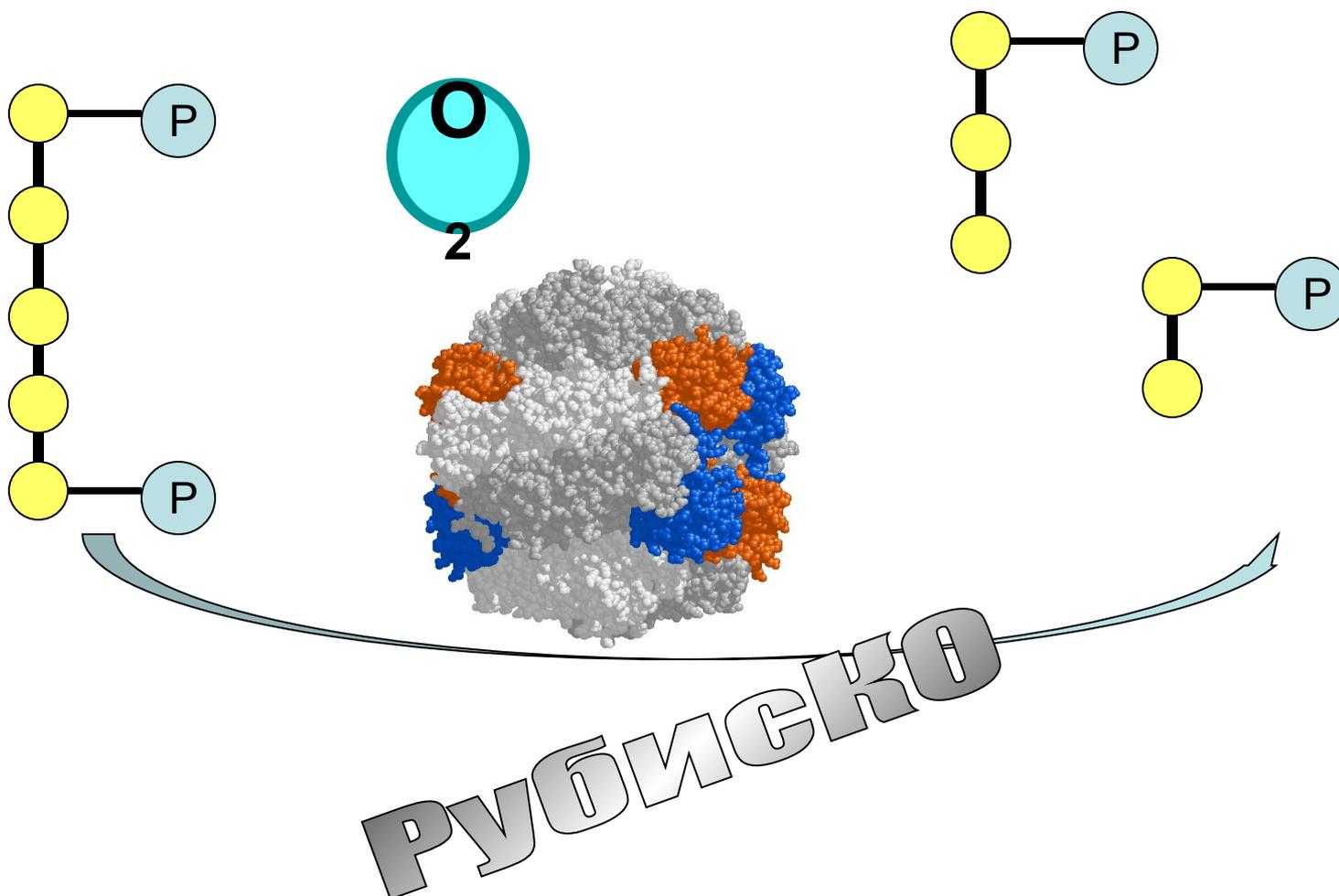


Темновая фаза





РубисКО может поглощать кислород!



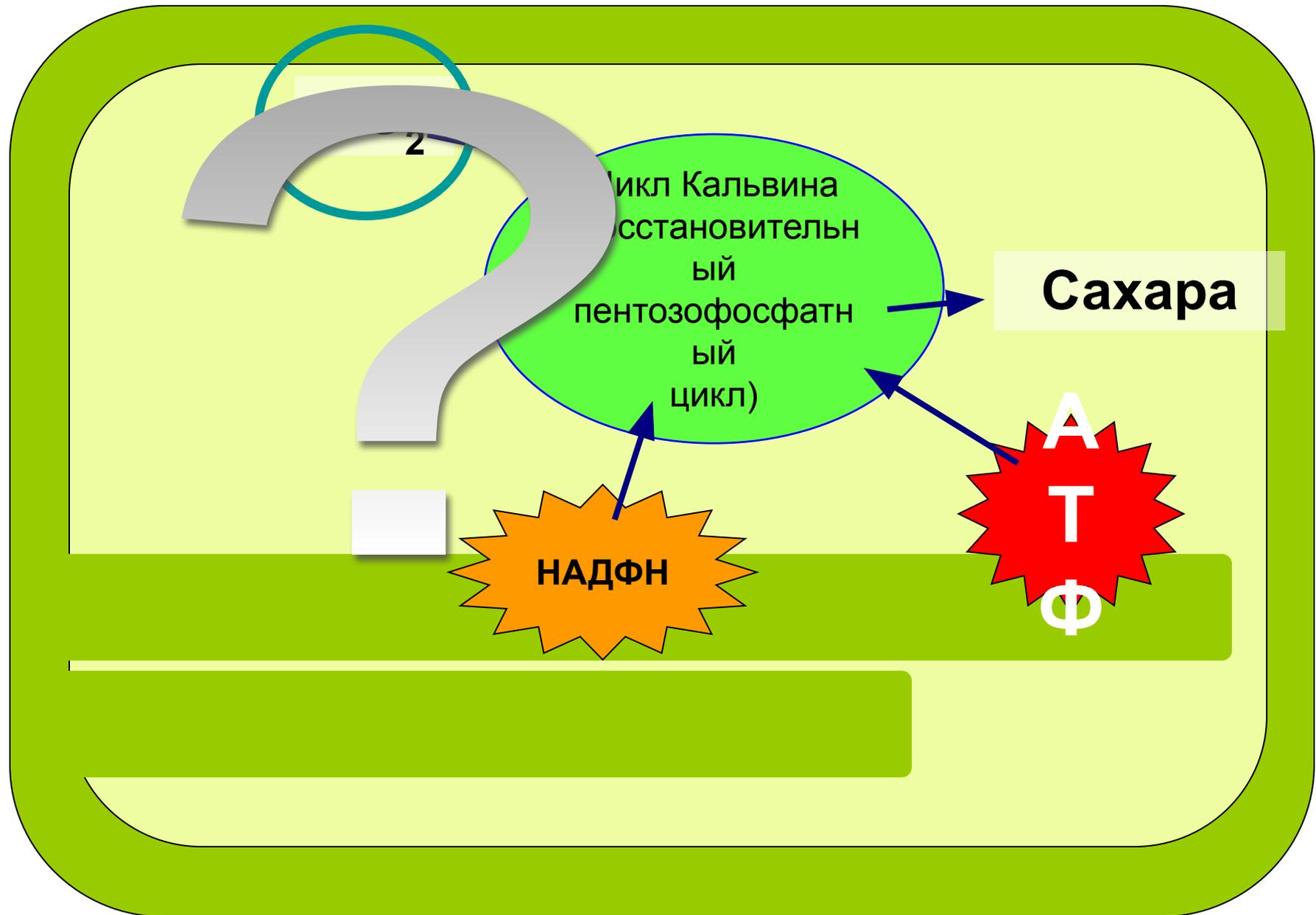
2

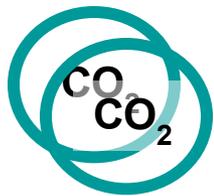
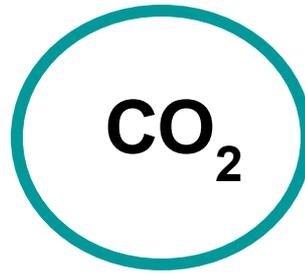
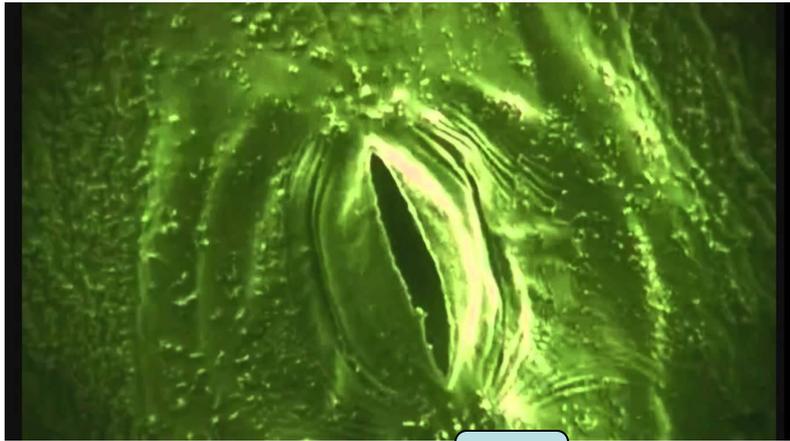
Цикл Кальвина
(восстановительный
пентозофосфатный
цикл)

Сахара

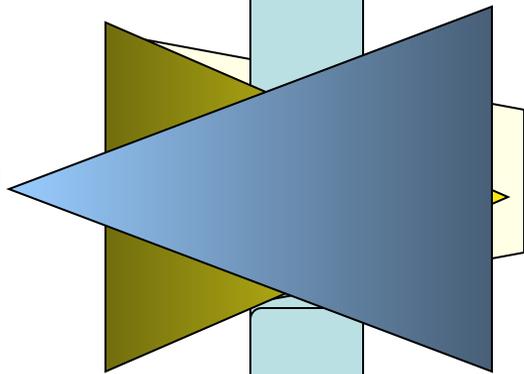
НАДФН

А
Т
Ф

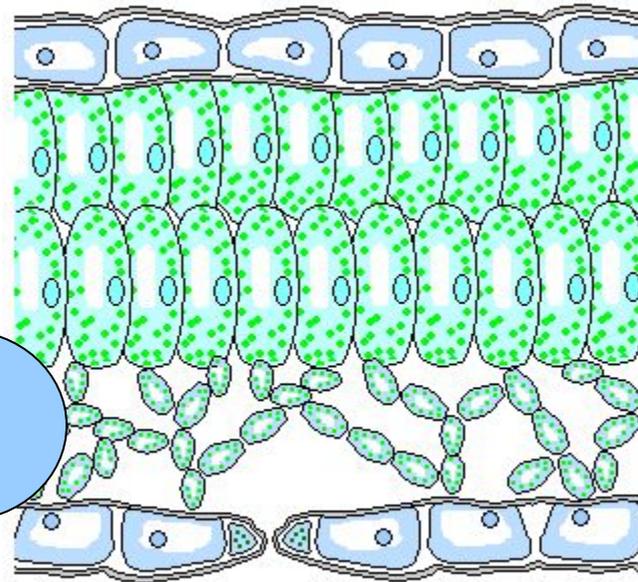
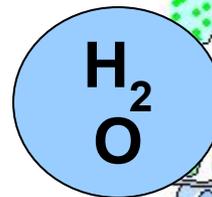
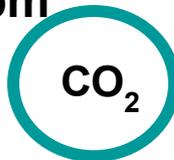




350 ppm
 CO_2



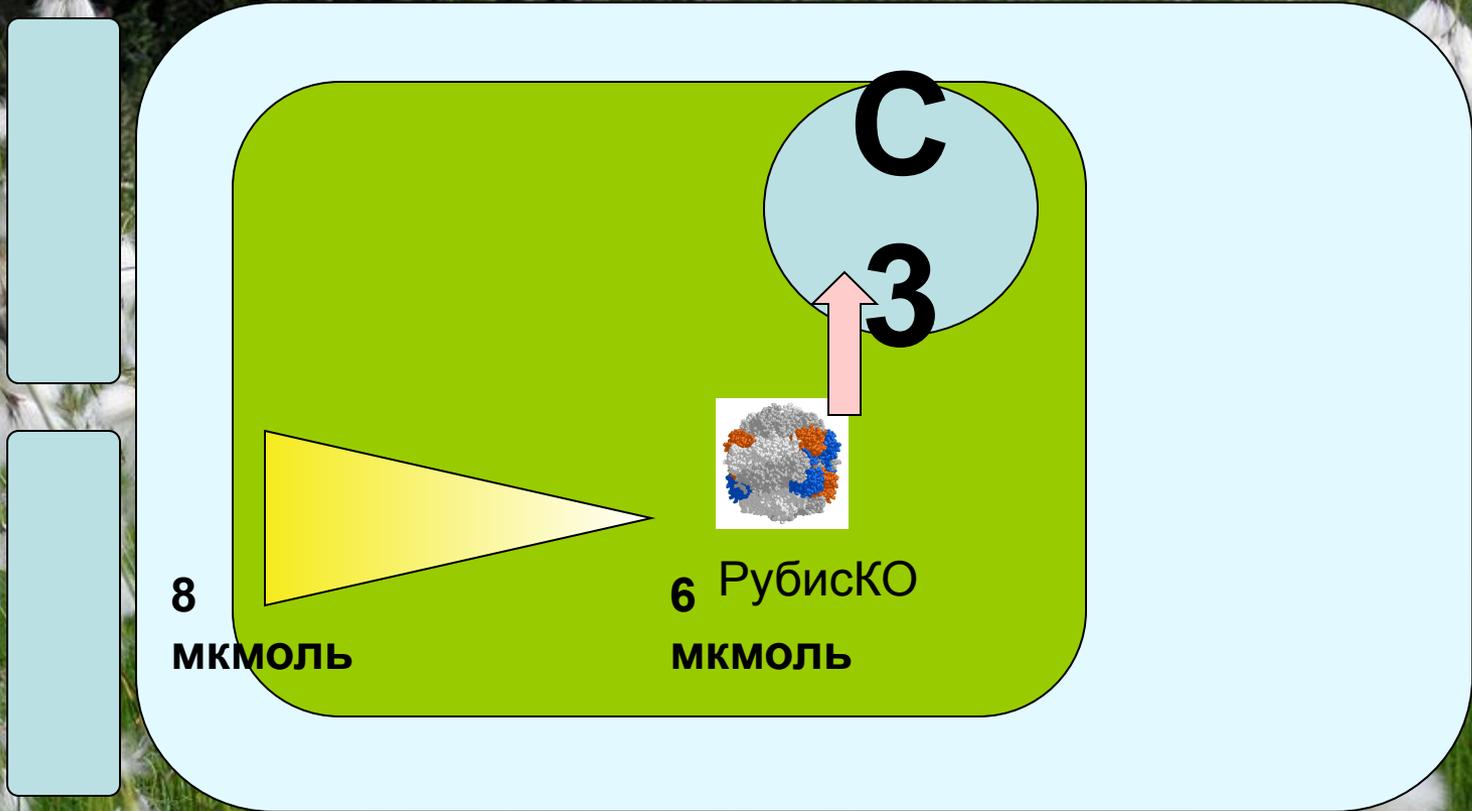
250 ppm
 CO_2

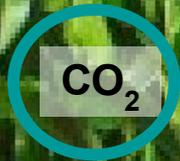


CO_2

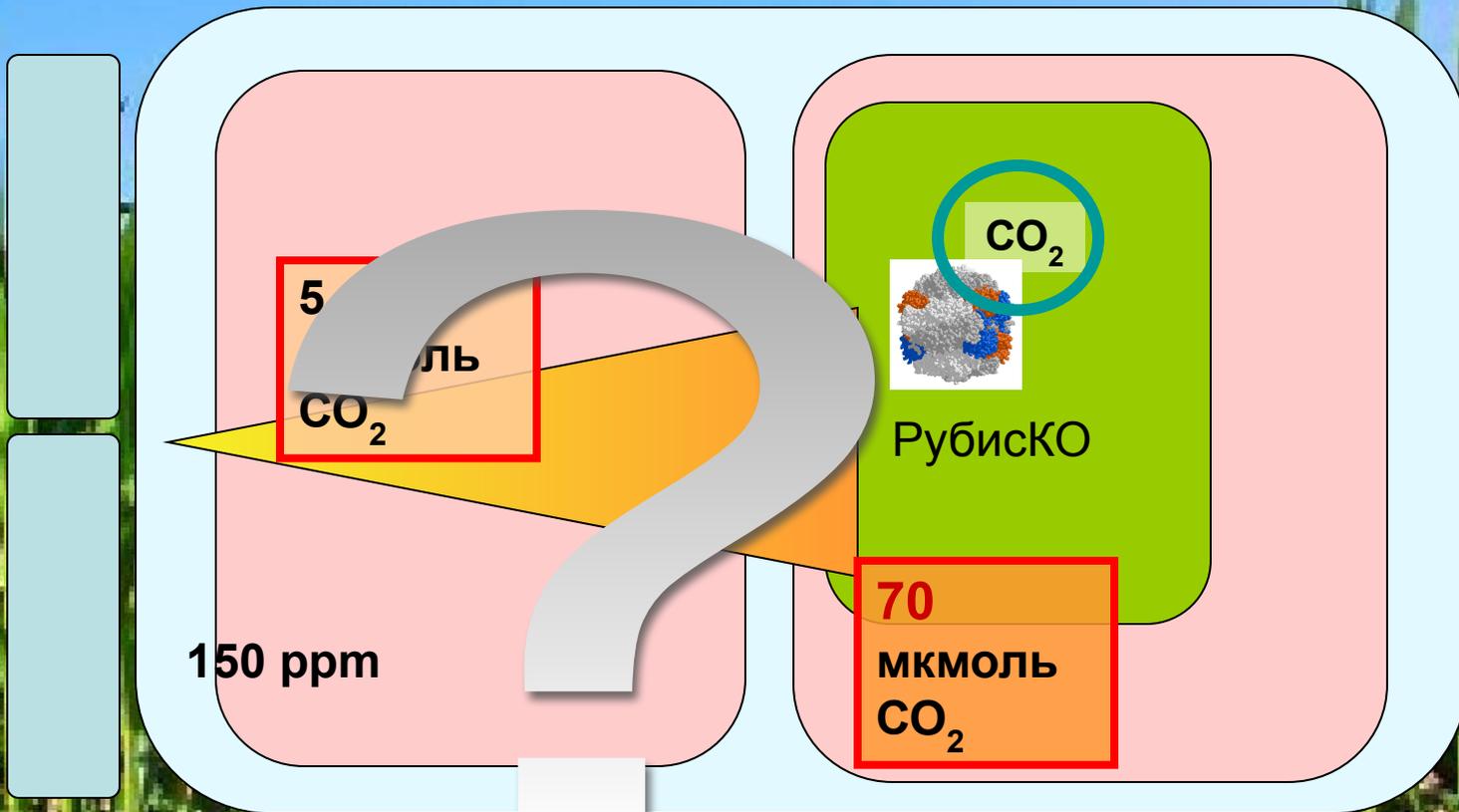
350 ppm

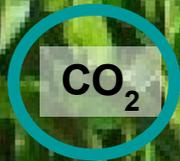
250 ppm



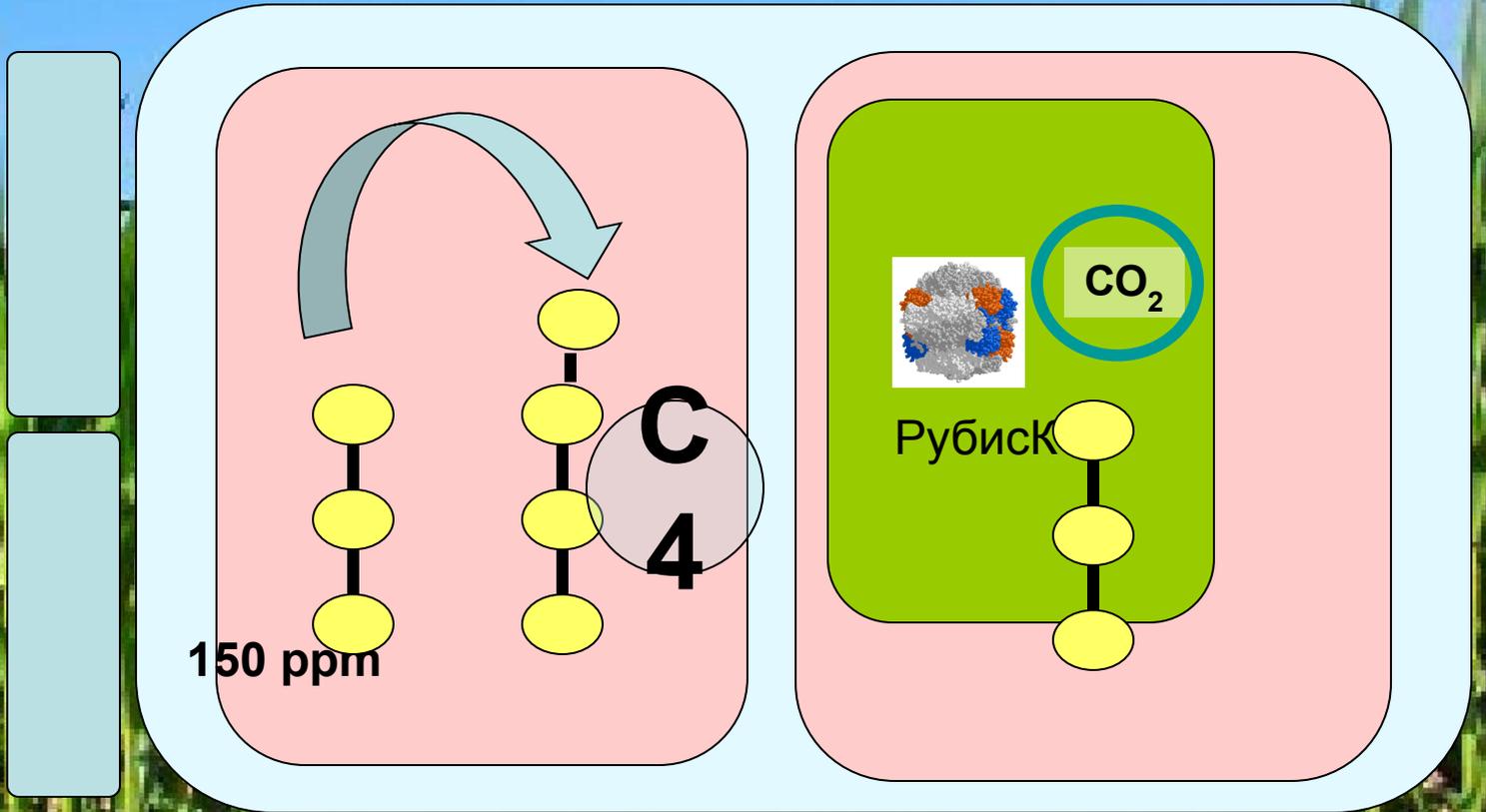


350 ppm





350 ppm



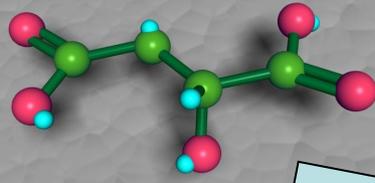
C-4 фотосинтез

Фосфоенолпируваткарбоксилаза (ФЕП-карбоксилаза)

Первое 4-х углеродное
соединение:

C - 4 !

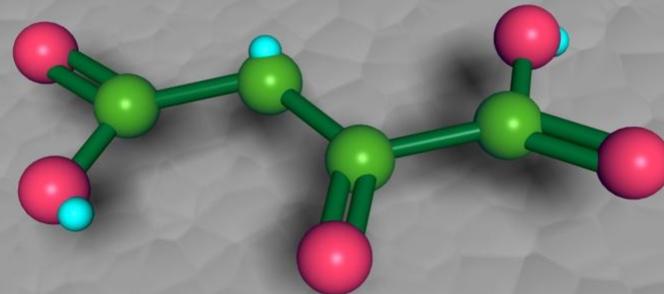
Малат



NADH

NADP⁺

Оксалоацетат (ЩУК)



C-4 фотосинтез

Открытие C-4 фотосинтеза

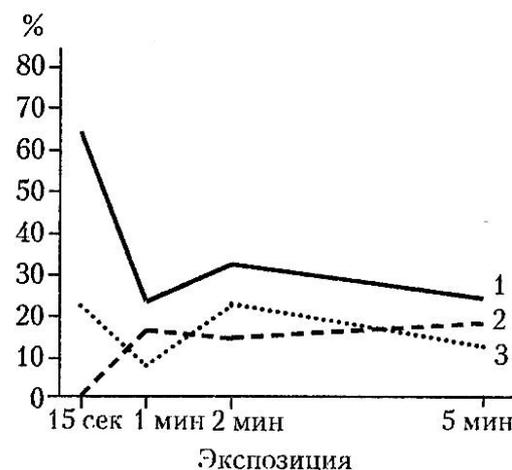
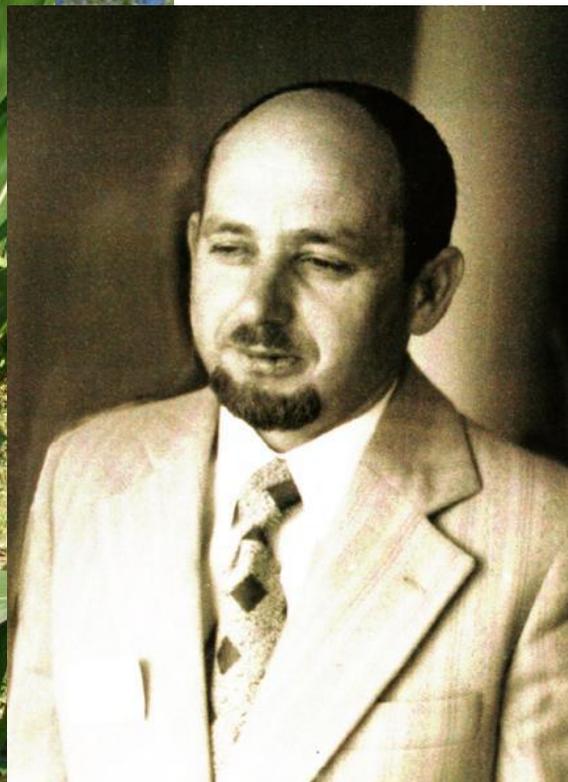


Рис. 4. Распределение C^{14} (в процентах от радиоактивности растворимой фракции) при различных экспозициях. 1 – яблочная кислота, 2 – аланин, 3 – аспарагиновая кислота.

Карпилов Юрий Семенович, 1960

кукуруза – «кооперативный фотосинтез»

М.Д. Хэтч и К.Р. Слэк 1966

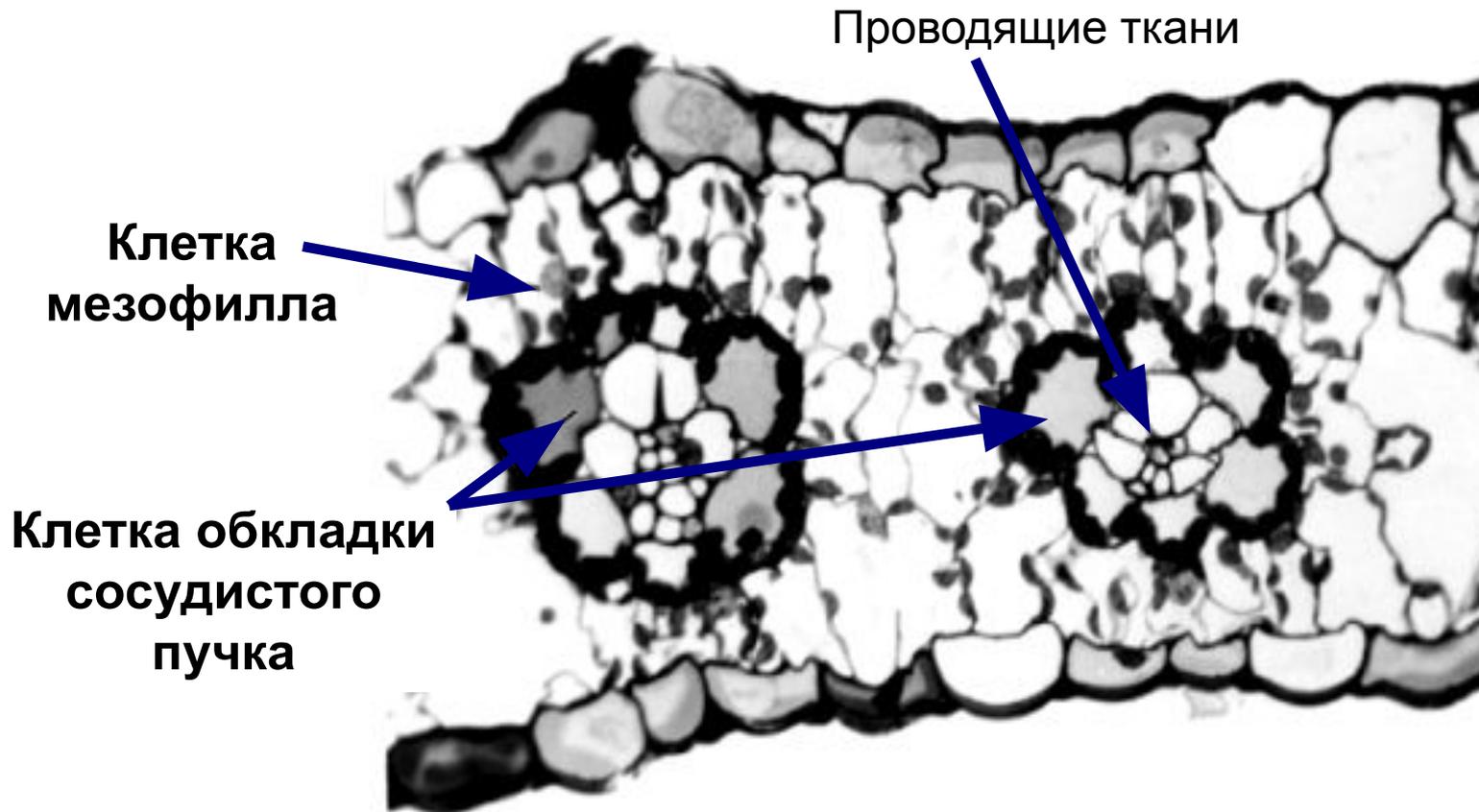
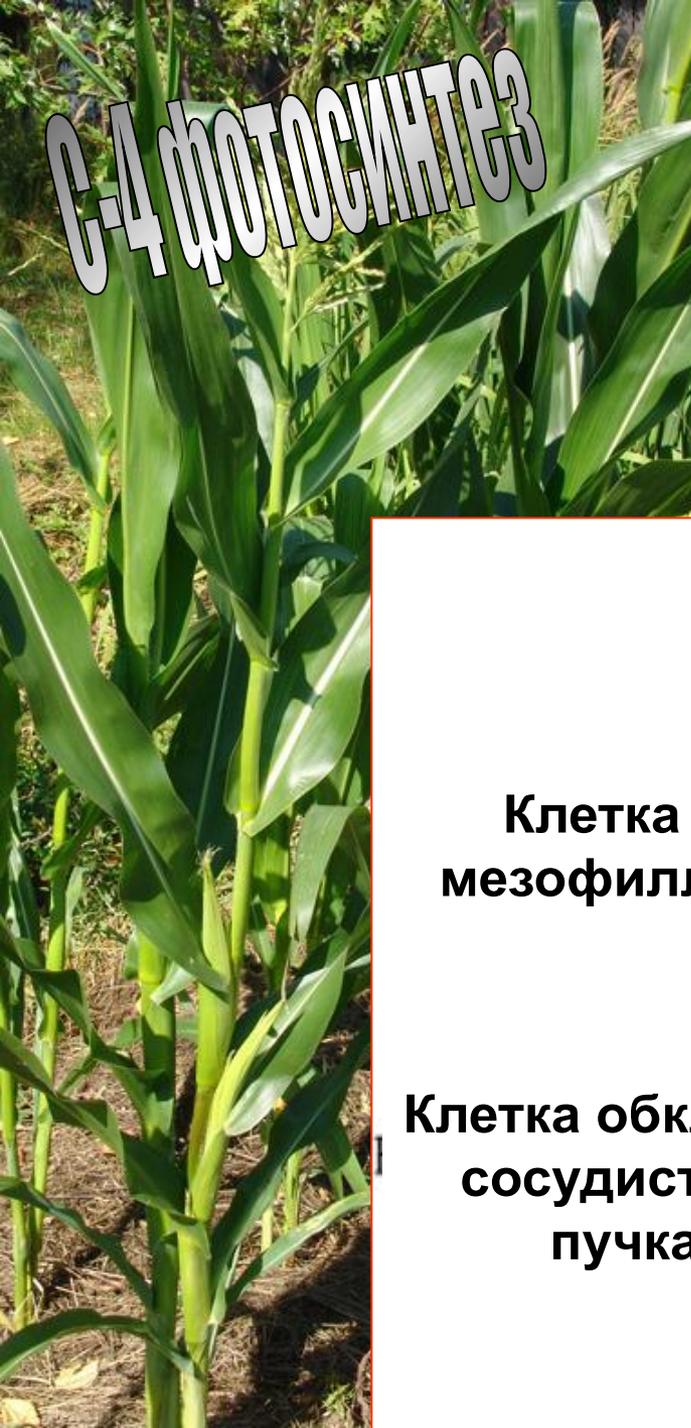
сах. тростник – «C-4 фотосинтез»

ЦИКЛ КАРПИЛОВА – ХЭТЧА - СЛЭКА

C-4 фотосинтез

Кранц-анатомия листа (кукуруза)

1. Нет дифференцировки на столбчатый и губчатый мезофилл
2. Клетки вокруг пучков увеличены (обкладка), напоминают «корону» на срезе (нем. Kranz-корона)
3. У хлоропластов клеток обкладки **нет гран**, они расположены вдоль стенок, прилежащих к мезофиллу

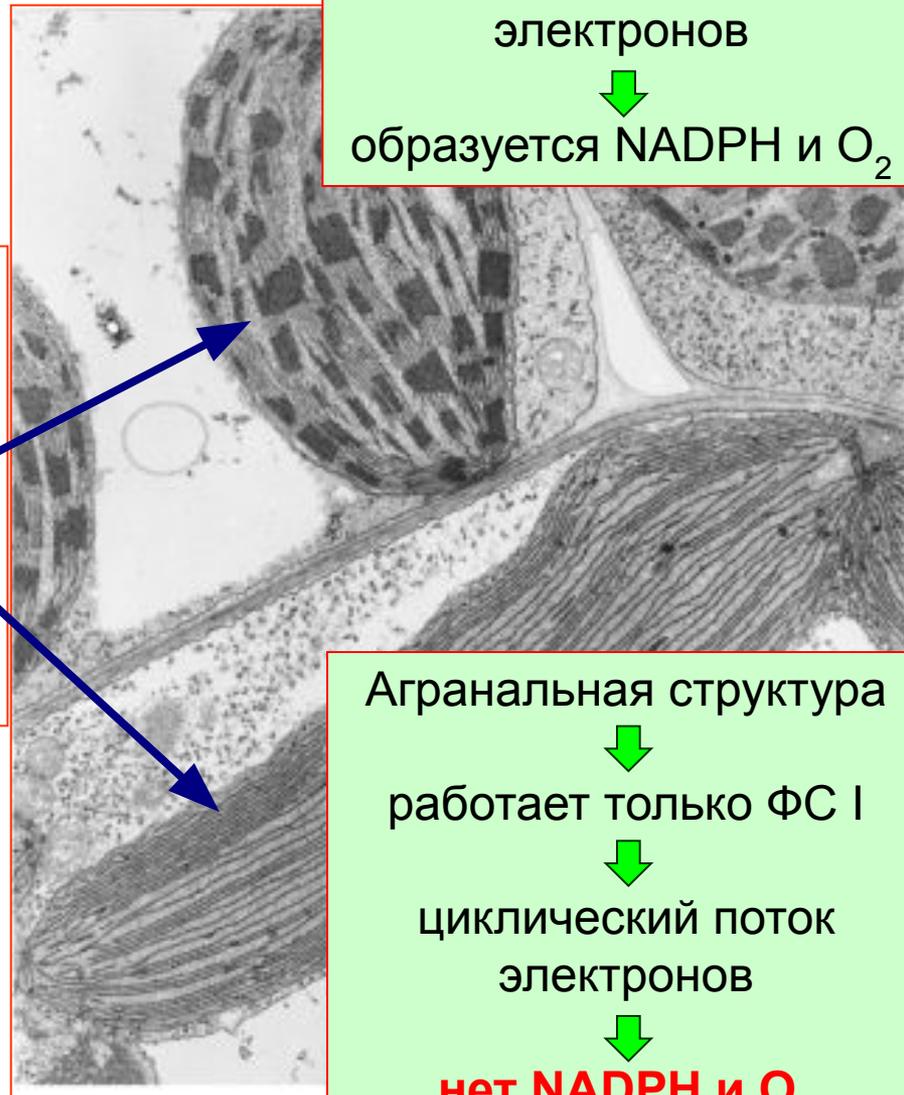


C₄ фотосинтез

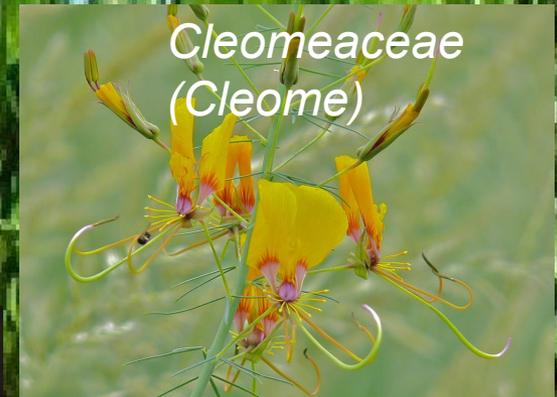
Дифференцировка хлоропластов

Гранальная структура
↓
работает ФС II и ФС I
↓
нециклический поток
электронов
↓
образуется NADPH и O₂

Электронная фотография
хлоропластов мезофилла
(вверху) и клеток обкладки
(внизу) C₄ растения (сорго)



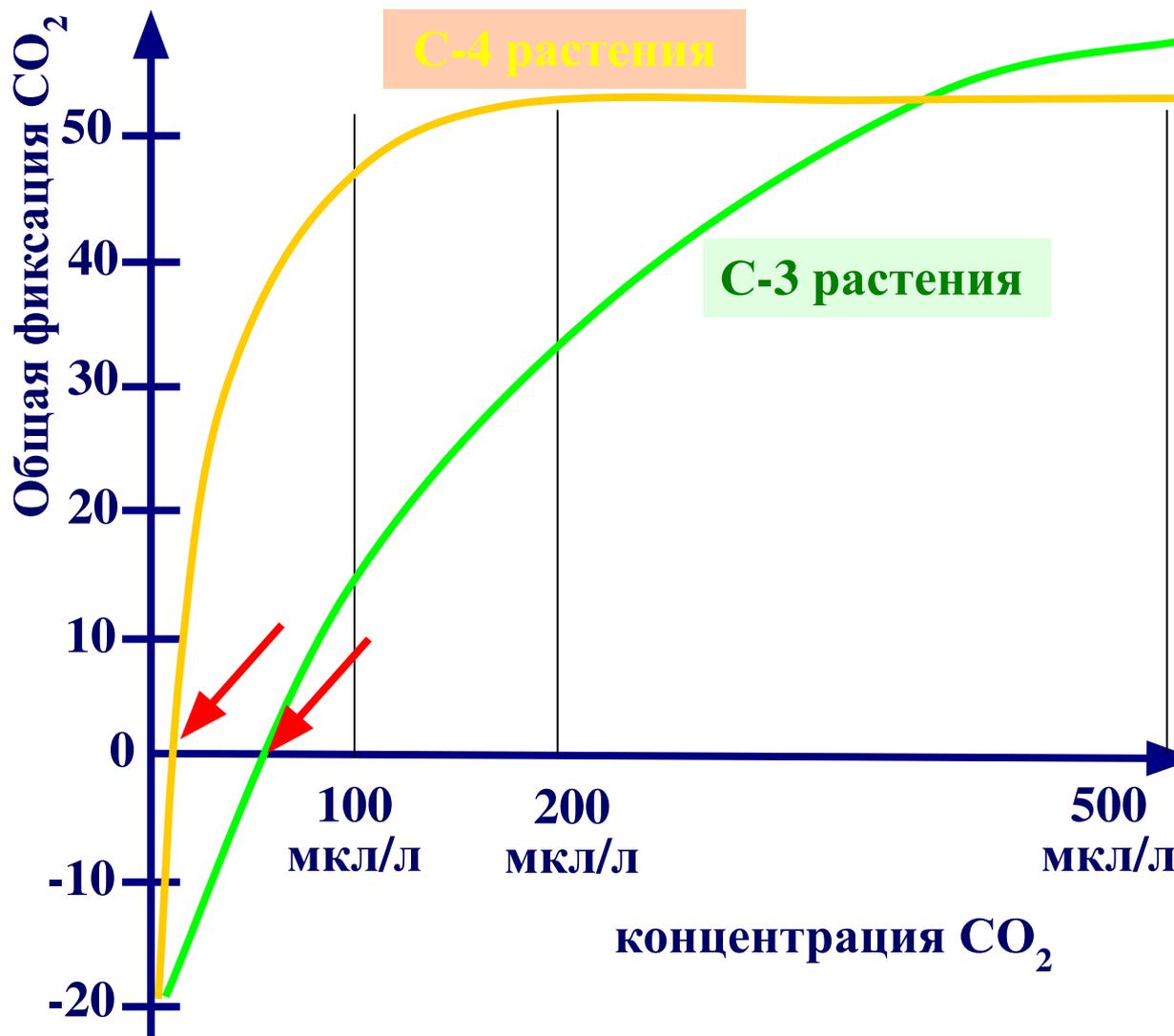
Среди каких семейств встречаются C4-растения?



C-4 фотосинтез



мкмоль CO_2 на м^2 в сек.



ДНЕВНОЙ ХОД ФОТОСИНТЕЗА

Фиксация углекислого газа (пропорциональна поступлению CO_2 через устьица)

ЕСТ ВОЗМОЖНОСТИ
открыть устьица
даже ночью!



САМ-МЕТАБОЛИЗМ



Пустыни



Неблагоприятный
ВОДНЫЙ
режим

Hawortia
a

Солончаки



Salicornia
a

**Низкая
влагоемкость
субстрата
(эпифиты,
наскальные
растения)**



Sempervivum
m



Dendrobium
m

САМ-метаболизм

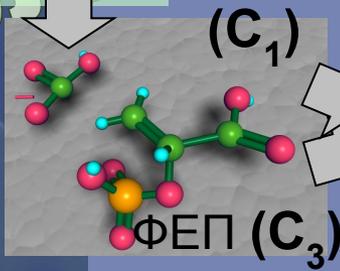


CAM
(Crassulaceae Acid
Metabolism)

Временное разделение
фиксации CO_2
ФЕП-карбоксилазой
и цикла Кальвина

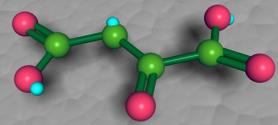


карбон-ангидрида



ФЕП-карбоксил аза

Оксалоацетат (C₄)



NADH

NADP⁺

Малат (C₄)

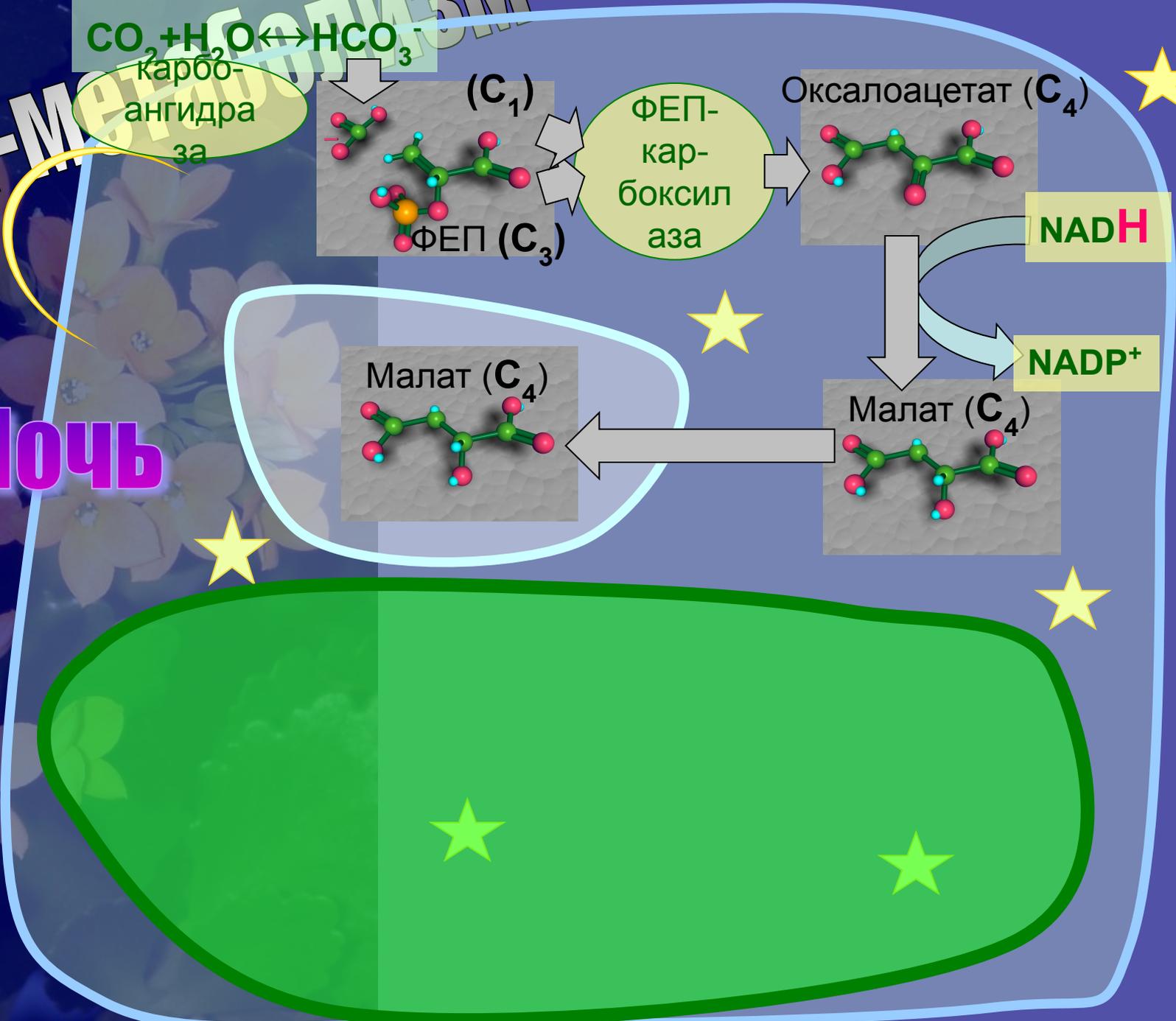


Малат (C₄)



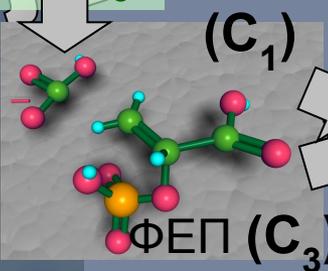
Ночь

САМ-МЕ...





карбон-ангидрида

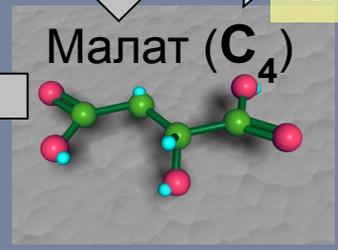
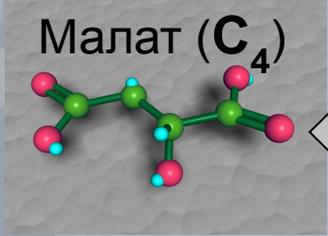


ФЕП-карбоксил аза

Оксалоацетат (C₄)

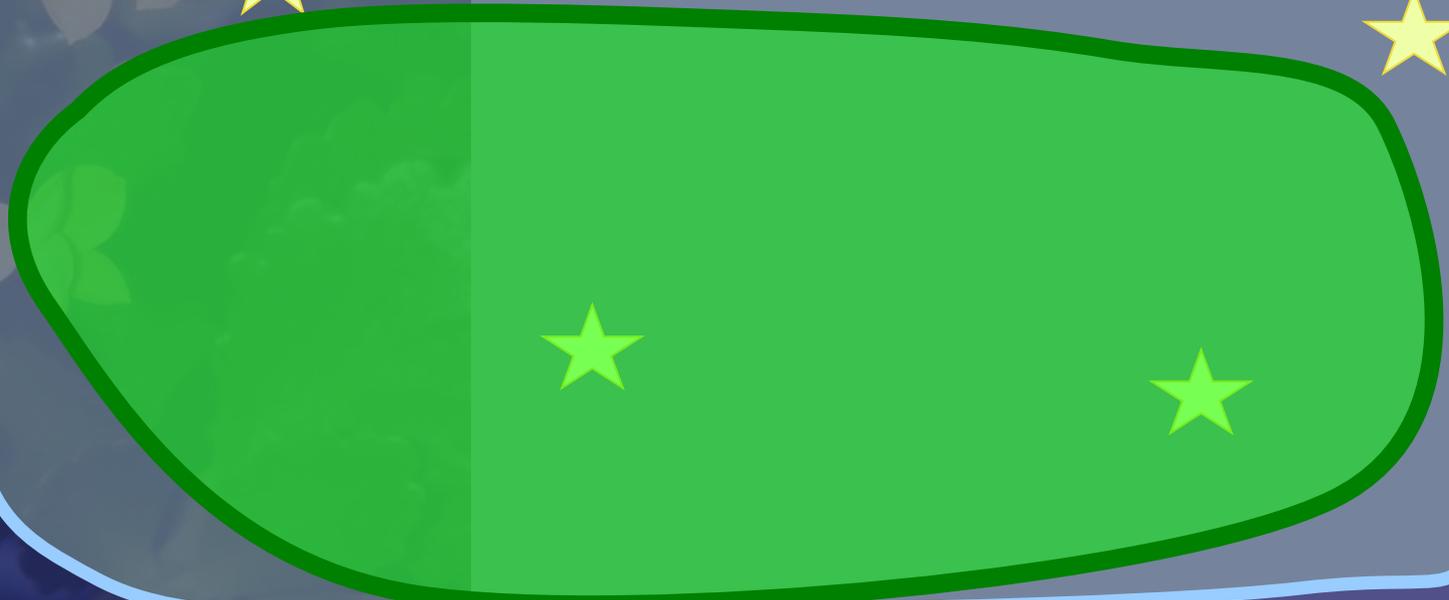
NADH

NADP⁺



День

САМ-МА...

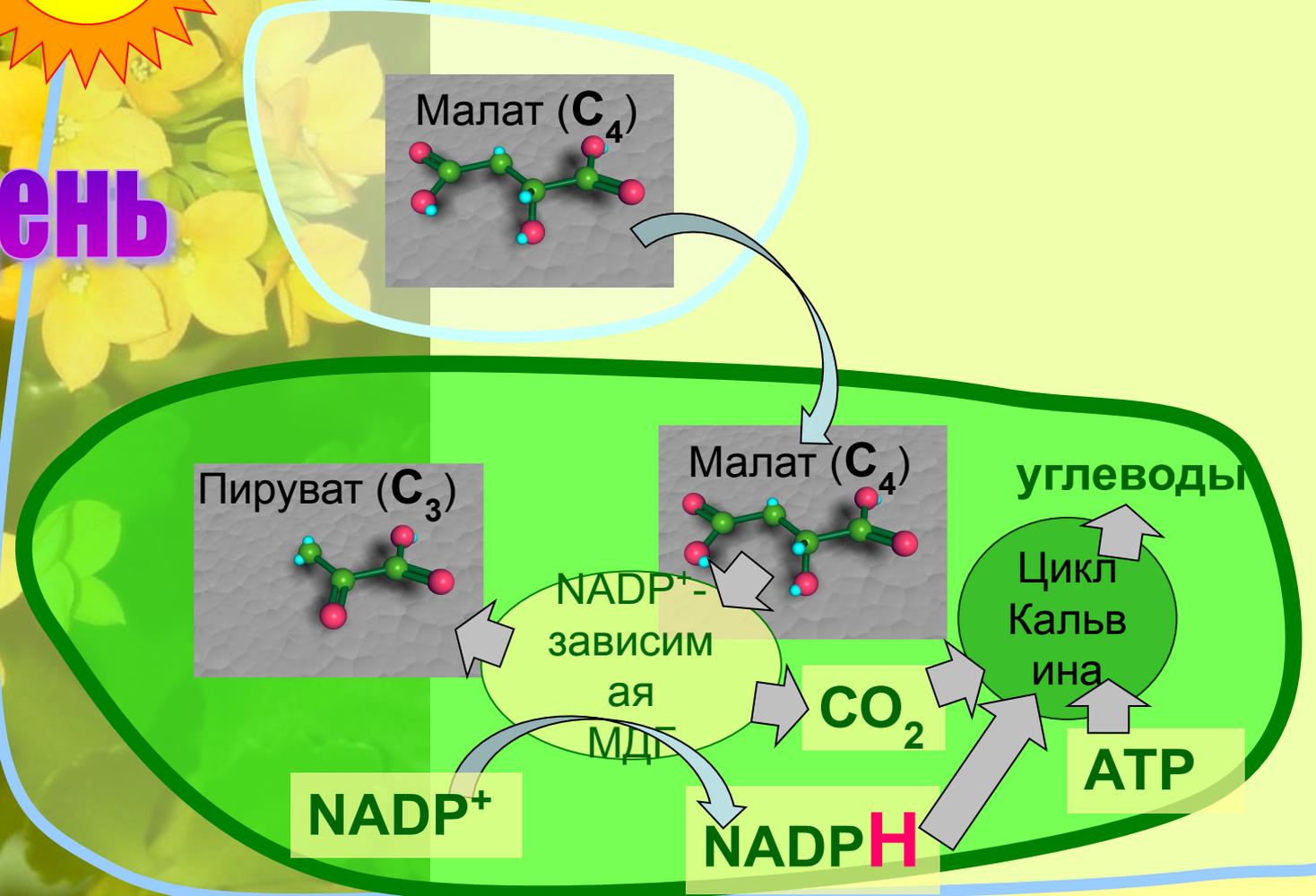


САМ-МЕТАБОЛИЗМ

NADP⁺-зависимый МДГ путь



День



САМ-метаболизм

Суточная динамика процесса

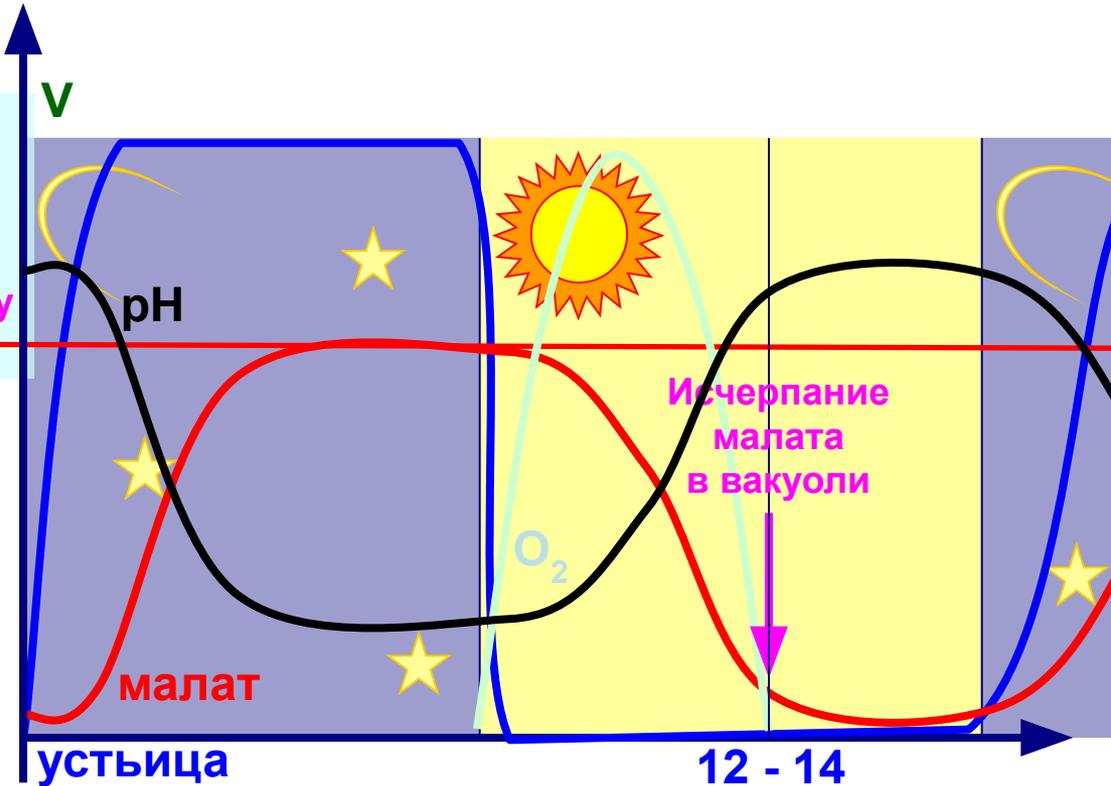
Открывание устьиц

Накопление малата

Суммарное выделение кислорода

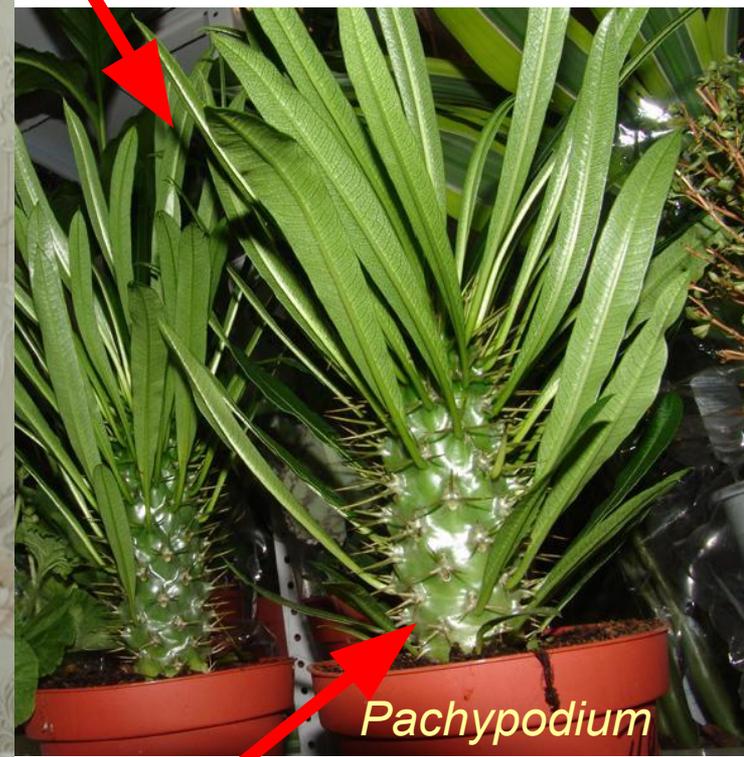


Максимум: малат выходит из вакуоли и ингибирует ФЕП-карбоксилазу



САМ-метаболизм

Факультативные и облигатные САМ-растения



C₃-листья

Euphorbia

Pachypodium

САМ-стебель