

# Фотосинтез и дыхание растений

Железова Светлана Дмитриевна,  
Биологический факультет МГУ имени М.В.  
Ломоносова

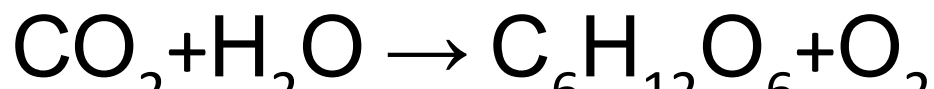
Коалиция, 2020

# Вопросы

- К какому типу обмена веществ относится фотосинтез? А дыхание?
- Сформулируйте определение фотосинтеза
- Зачем растения занимаются фотосинтезом? А дыханием?
- Кому присущ фотосинтез?
- Что необходимо, чтобы фотосинтез прошёл?

# ФОТОСИНТЕЗ

- Процесс образования органических веществ (глюкозы) из воды и углекислого газа в хлоропластах на свету



# Виды фотосинтеза

- Хлорофилльный
- Бесхлорофилльный
  
- Оксигенный
- Аноксигенный
  
- С разными типами фиксации  $\text{CO}_2$

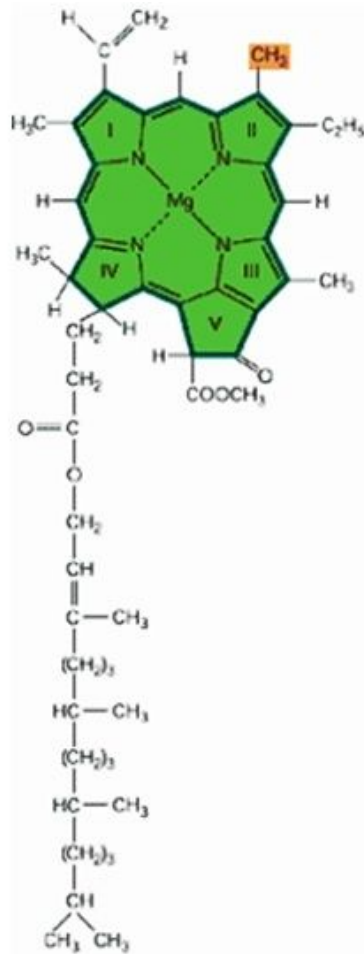
# Пигменты

В 1967 г учёные смогли установить структуру хлорофилла а.

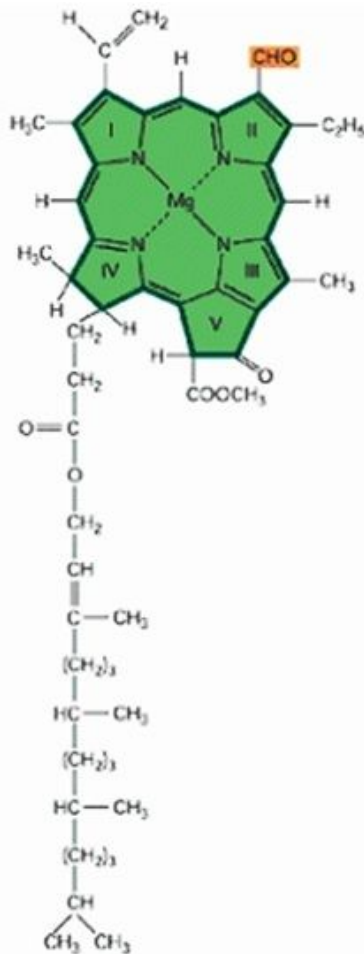
Сколько видов хлорофилла бывает?

	<u>Хл. а</u>	<u>Хл. b</u>	<u>Хл. c1</u>	<u>Хл. c2</u>	<u>Хл. d</u>	<u>Хл. f</u>
Формула	$C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$	$C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$	$C_{35}H_{30}O_5N_4Mg$	$C_{35}H_{28}O_5N_4Mg$	$C_{54}H_{70}O_6N_4Mg$	$C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$
Где?	Везде	Большинство наземных растений	Нек-ые водоросли	Нек-ые водоросли	Цианобактерии	Цианобактерии

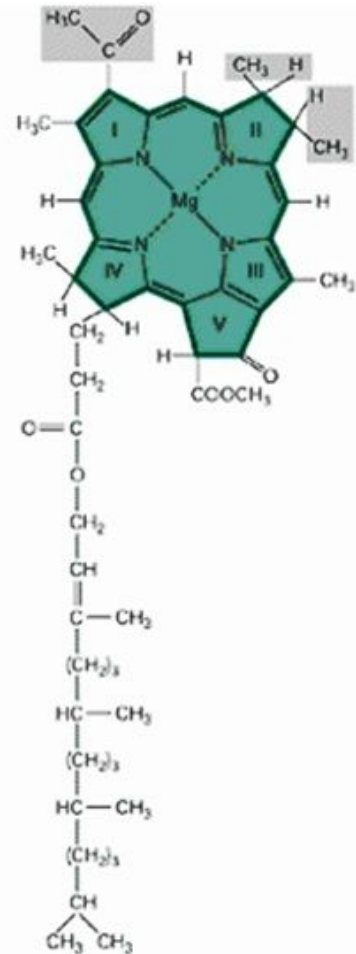
# Формула пигментов



Clorofila *a*

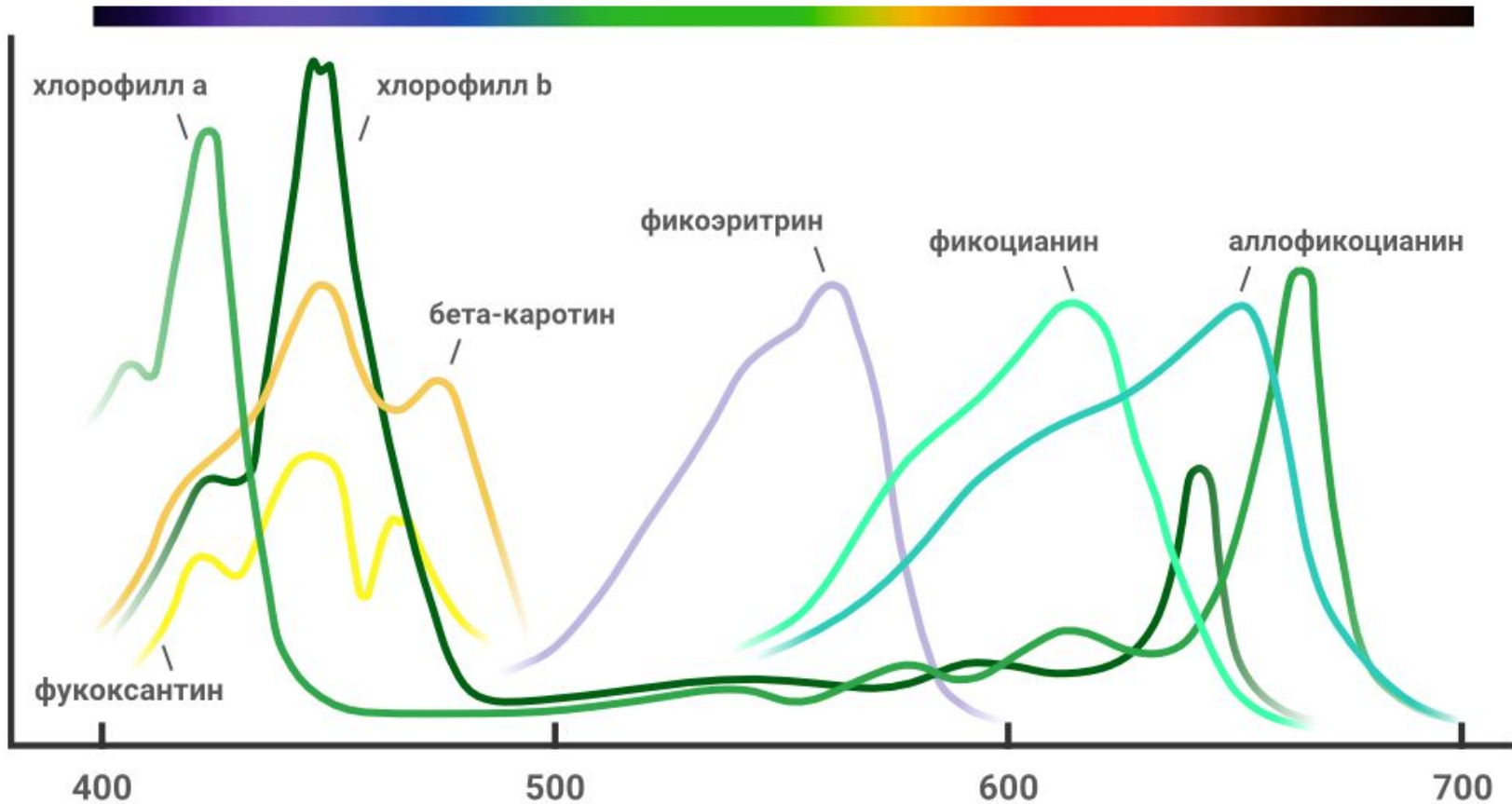


Clorofila *b*

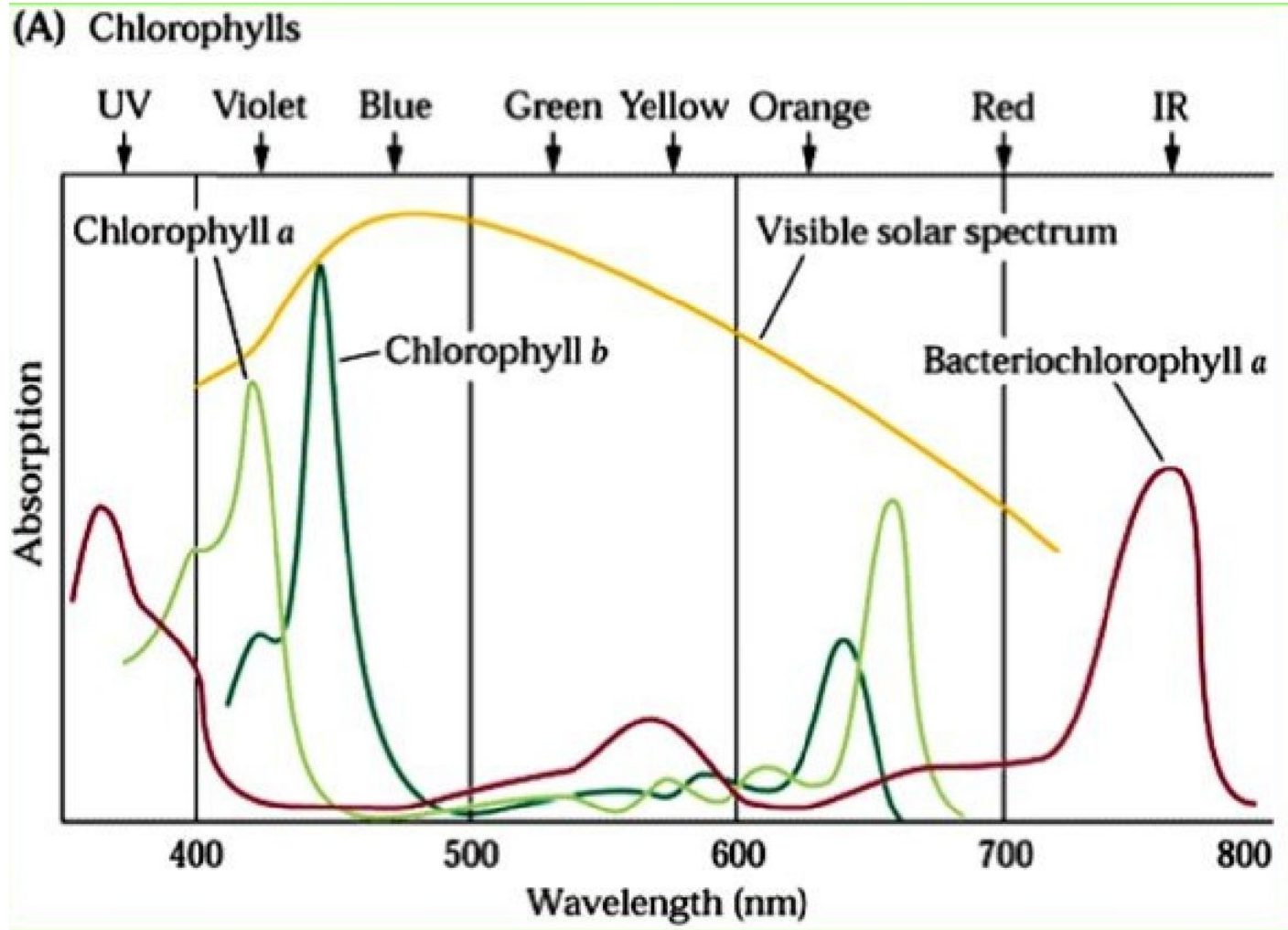


Bacterioclorofila *a*

# Спектры поглощения



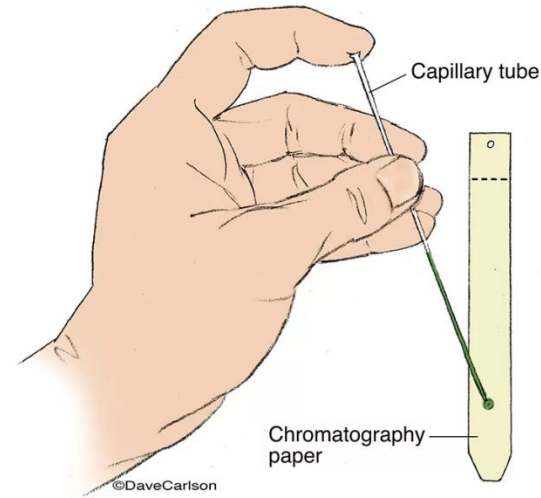
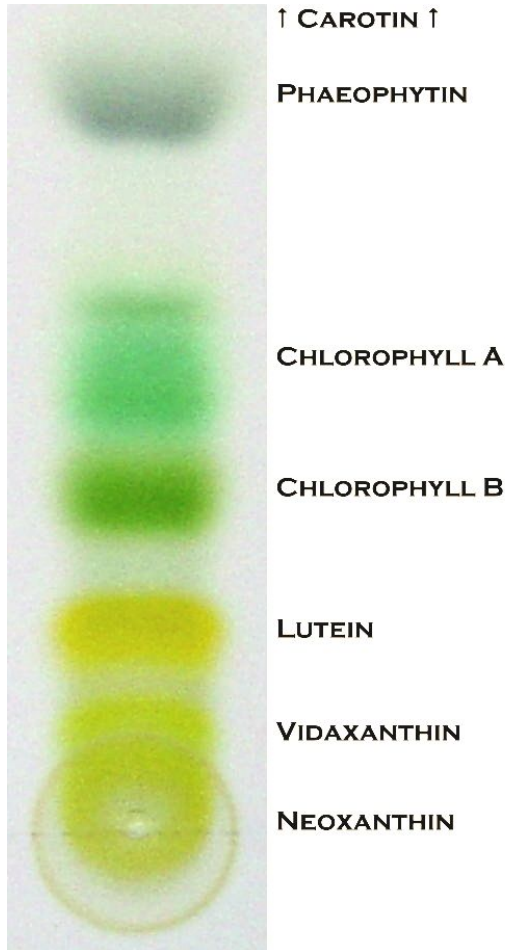
# Сравним с бактериохлорофиллом



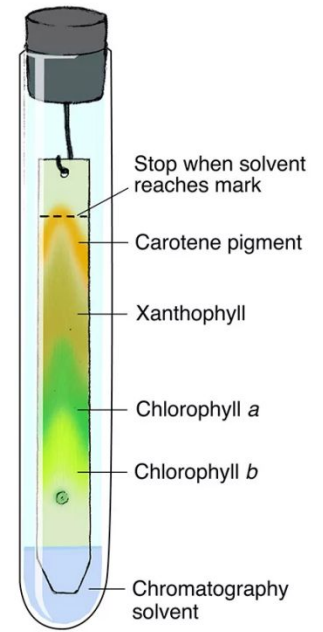


# Хроматографи

Я



A. Applying spot of chlorophyll pigment



B. Final chromatogram

- Метод разделения пигментов или аминокислот из смеси
- Вещества движутся по абсорбенту с разной скоростью

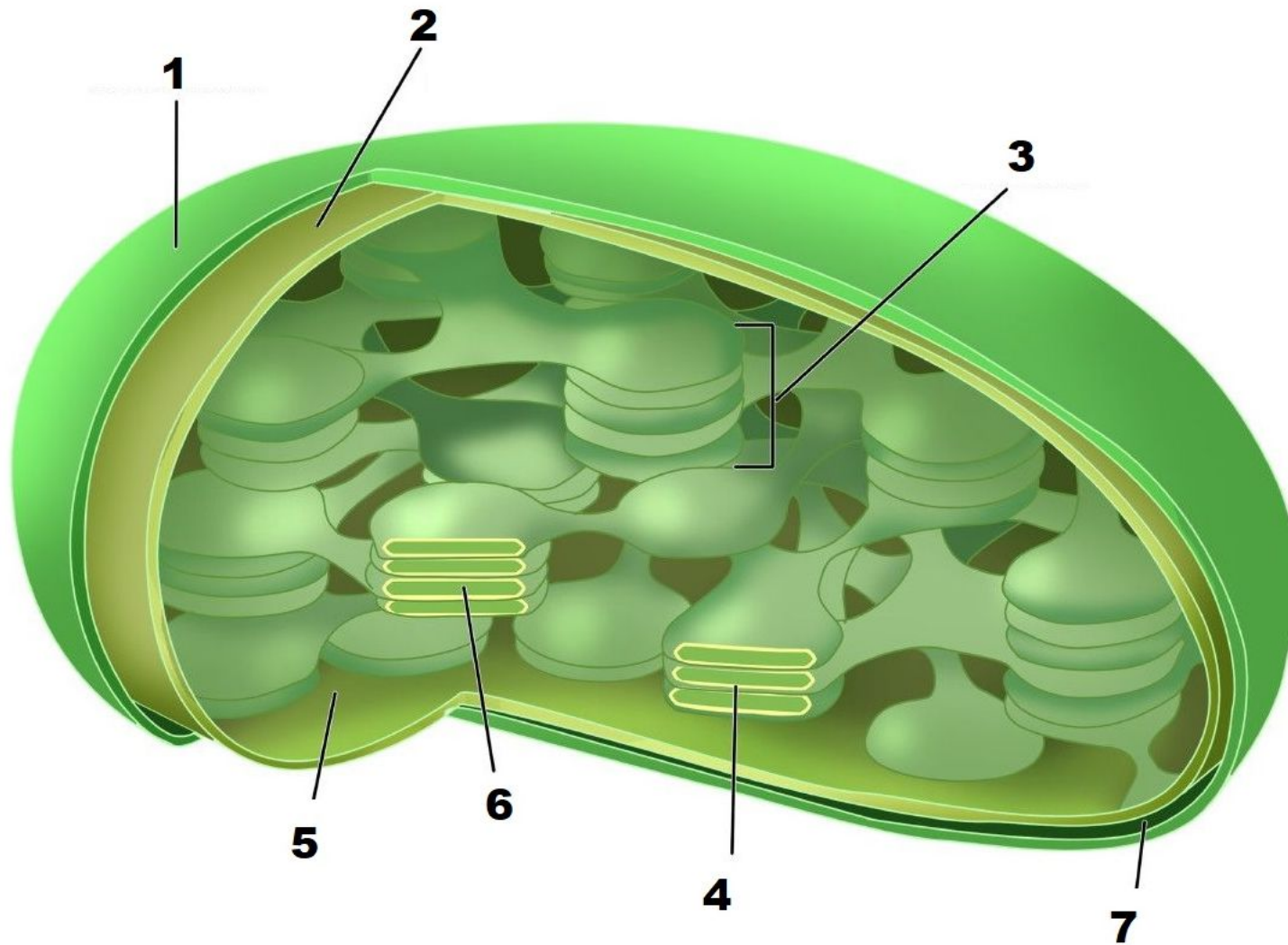
# Ах они паразиты!

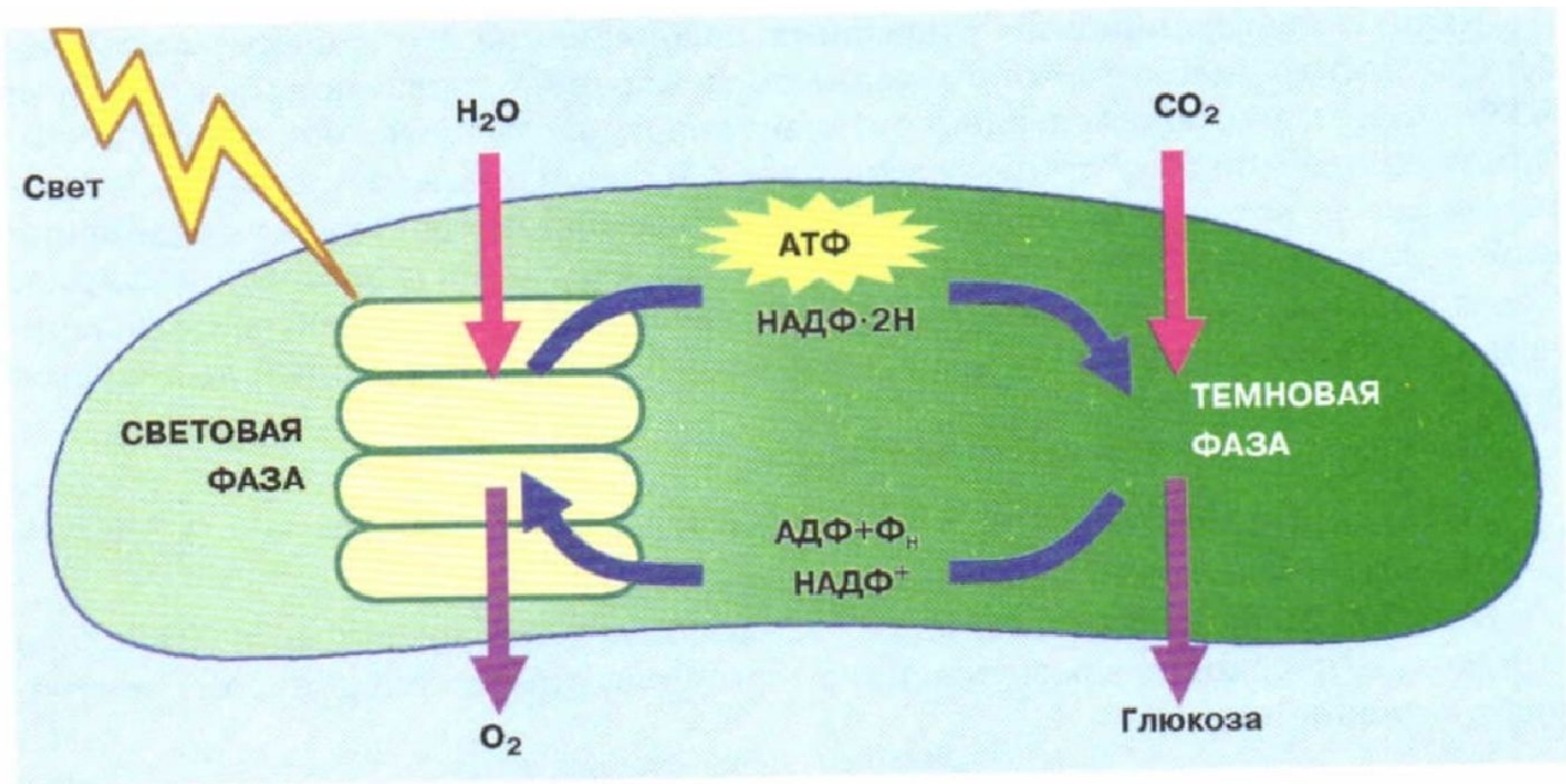


# Фазы фотосинтеза

- Световая – идёт на свету при определённой температуре
- Темновая – не зависит от света. НО! Зависит от продуктов световой фазы. Поэтому ночью идёт не долго (по времени). И может идти днём, при свете.

# Строение хлоропласта





Здесь и далее- иллюстрации из учебника Петросовой для 10 класса, «Мнемозина», 2010

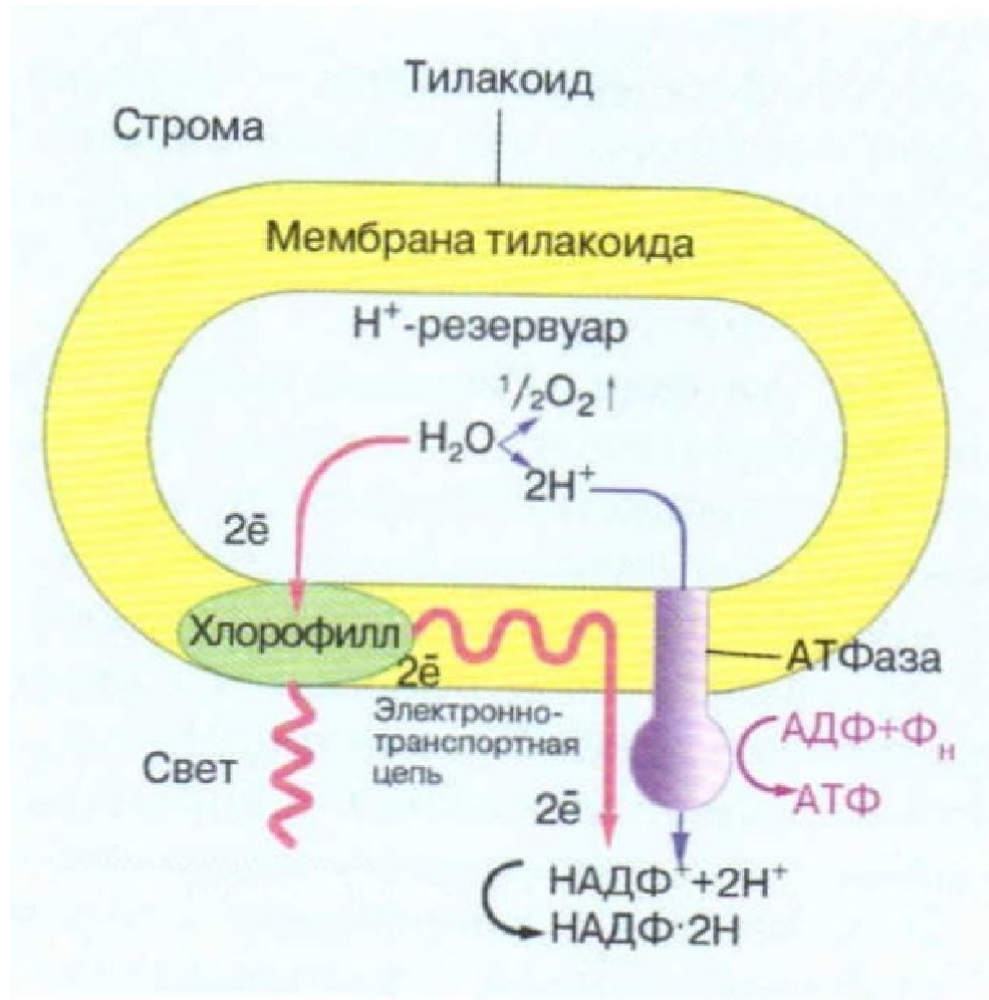
# Световая фаза

Где? – на мембранах тилакоидов

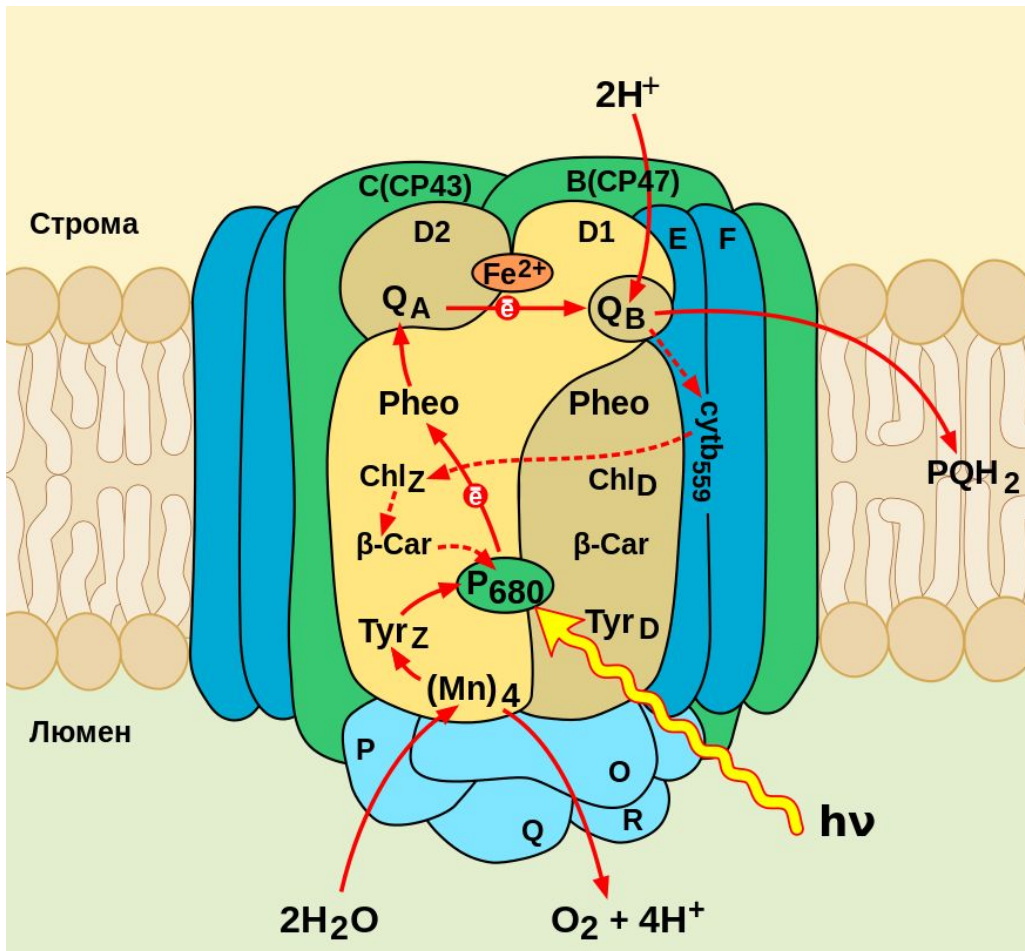
Условия? – на свету

- Возбуждение молекул хлорофилла светом
- Передача электрона по цепи
- Фотолиз воды
- Образование кислорода
- Синтез АТФ
- Образование фермента НАДФ\*Н<sub>2</sub>

# Суммарная схема



# Фотосистема II



- Комплекс из 20+ белков, которые передают электрон по цепи (ЭТЦ)

Есть у растений, водорослей и цианобактерий

Детально описана у цианобактерии в 2001 году



# Особенности фотосистемы II

- Функция: создание сильного окислителя (димер хлорофилла а), чтобы окислить воду ( $P_{680}^+$ )
- Запускает передачу электрона по цепи
- Фотолиз воды (выделение кислорода и создание протонного градиента для синтеза АТФ)
- Защита от активных форм кислорода
- Расположена на спаренных мембранах тилакоидов

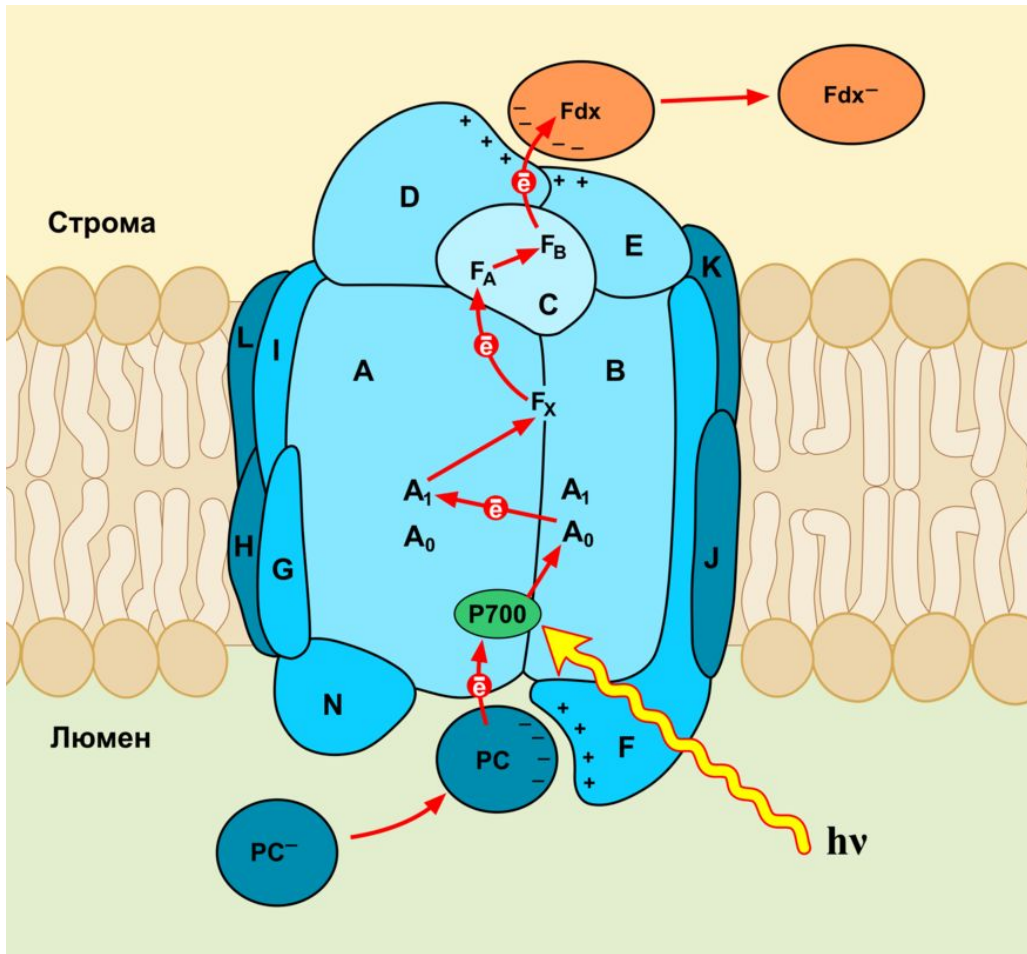
# ЭТЦ

- P680 - Пара молекул хлорофилла с максимумом поглощения в 680нм
- Центр передаёт электрон феофитину
- Феофитин – пластохинонам
  
- Цитохром b восстанавливает окисленный P680 (циклический транспорт электрона)

# Оксигенный/аноксигенный

- Есть ли кислород?
- Аноксигенный – у пурпурных бактерий и зелёных бактерий, а также архей. У них нет фотосистемы II, где должен происходить фотолиз воды. Фотосинтетический пигмент у таких организмов – бактериохлорофилл или бактериородопсин

# Фотосистема I



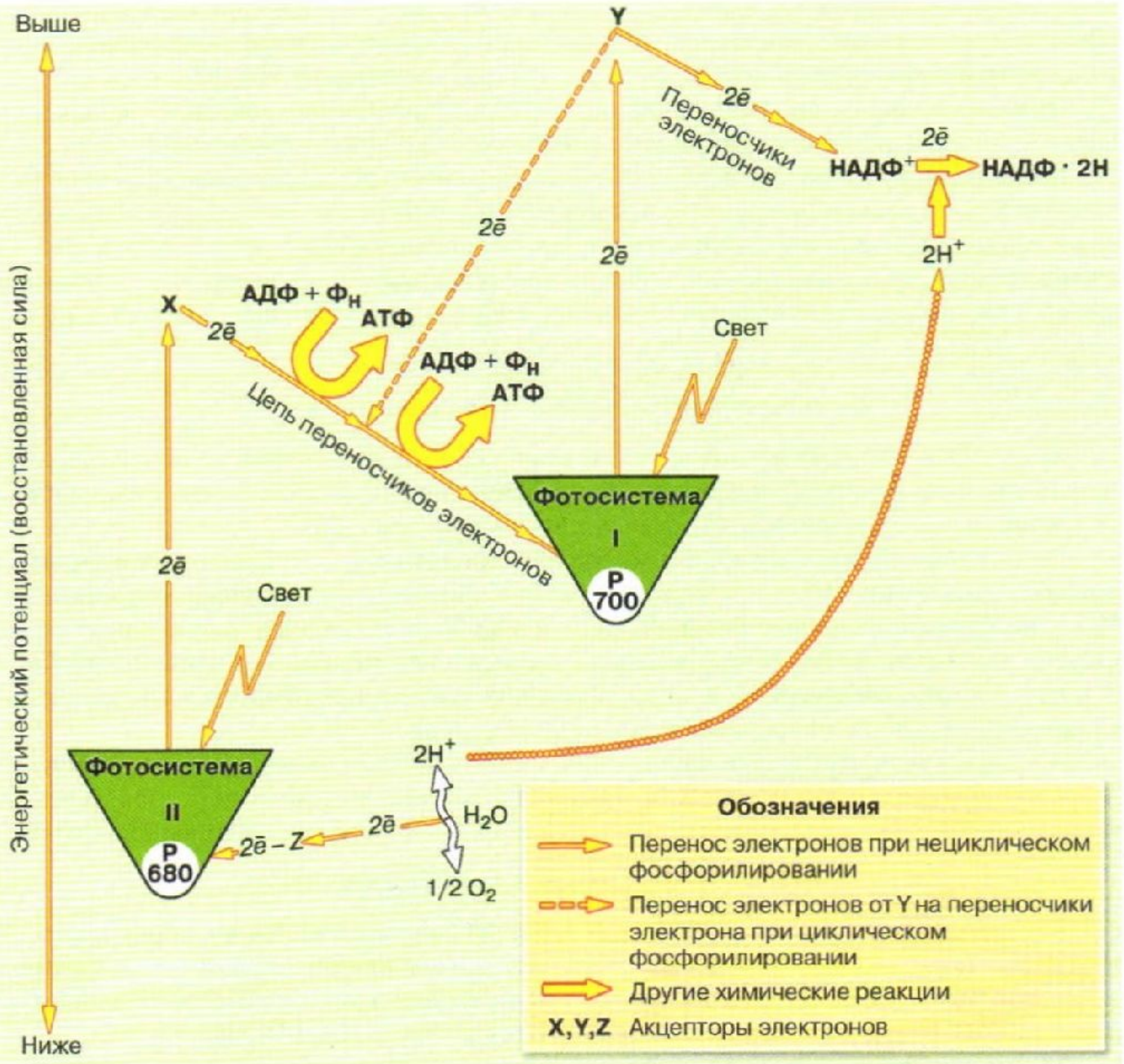
Второй функциональный комплекс ЭТЦ

Принимает электрон от пластоцианина

Создаёт сильный восстановитель P700, который восстанавливает НАДФ<sup>+</sup> до НАДФ\*Н<sub>2</sub>

# Особенности фотосистемы I

- Может дополнительно осуществлять циклический транспорт электронов, выполняя синтез АТФ
- 2 ветви электронного транспорта (быстро)
- Расположена равномерно по всем мембранам тилакоидов



# Темновая фаза

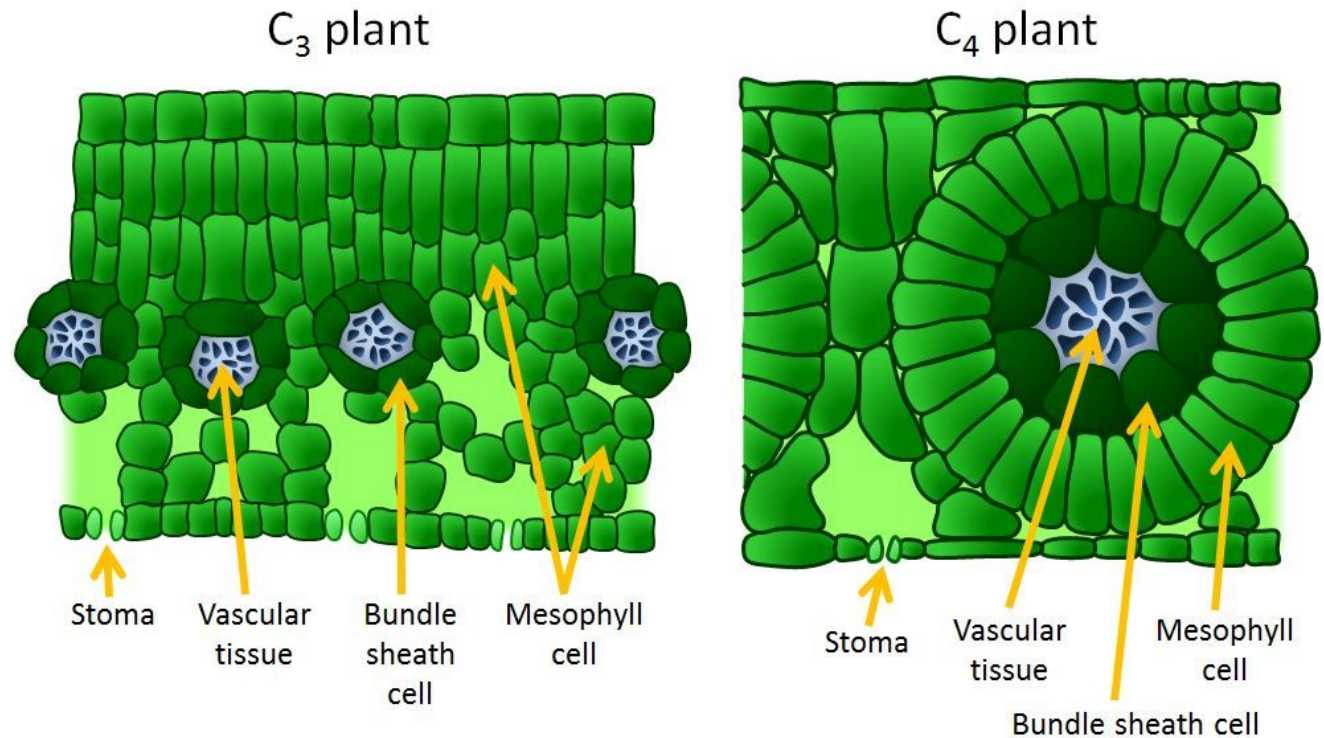
Где? – строма хлоропласта

Условия? – не требуют энергии света

- Фиксация  $\text{CO}_2$
- Образование НАДФ<sup>+</sup>
- Всё АТФ тратится
- Образуется глюкоза

# Типы фиксации $\text{CO}_2$

- $\text{C}_3$  – фиксируется из воздуха
- $\text{C}_4$  – } из малата
- CAM }



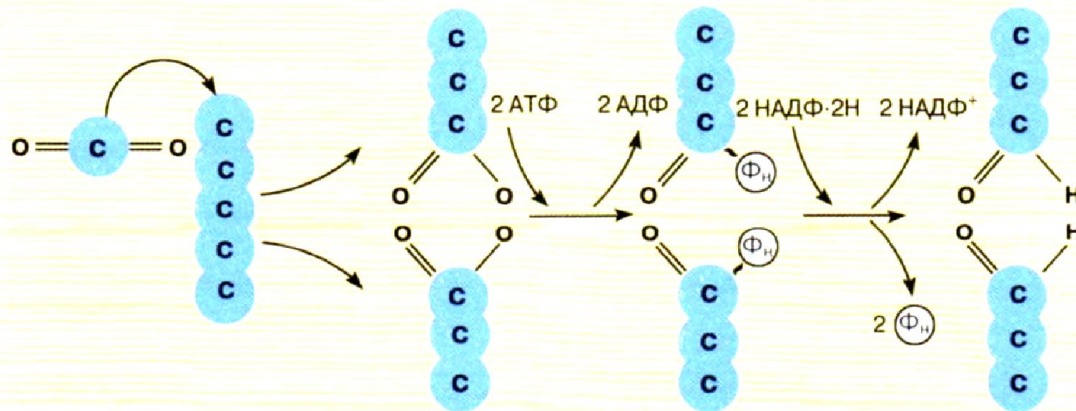


# Особенности СЗ - растений

- Растут в районах с обилием грунтовых вод, умеренным солнечным излучением, умеренной температурой
- 95% массы растений Земли
- Теряют много воды при транспирации
- Изменяется соотношение  $\text{CO}_2:\text{O}_2$  – усиливается фотодыхание
- Арабидопсис, рис, ячмень

# Цикл Кальвина

= Восстановительный пентозофосфатный цикл  
 = цикл Кальвина-Бенсона  
 = цикл Кальвина-Бенсона-Бассама



Целый Ананас И Кусочек Суфле Сегодня Фактически Мой Обед,



цитрат,  
цис-аконитат,  
изоцитрат,  
(альфа-)кетоглутарат,  
сукцинил-СоА,  
сукцинат,  
фумарат,  
малат,  
оксалоацетат.

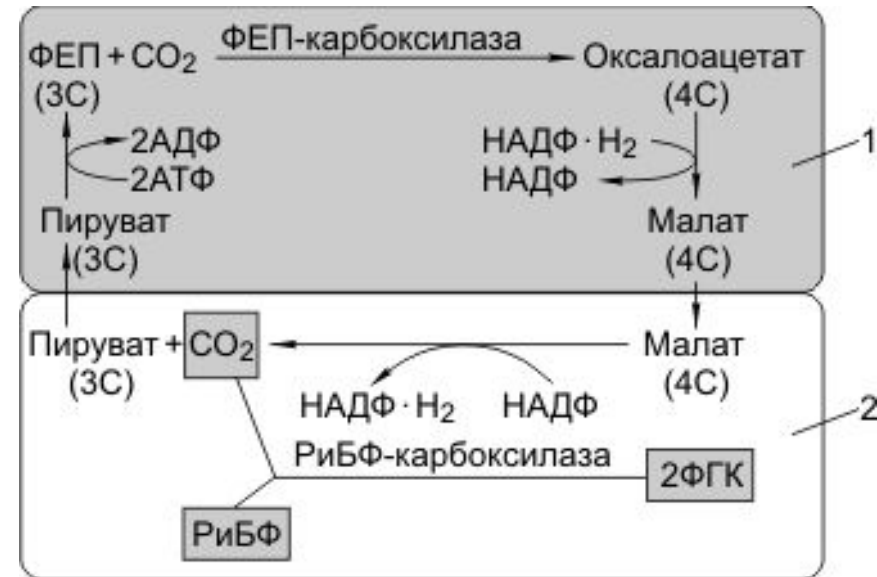
## Мнемонические правила

**Щуку ацетил лимонил,**  
Но нарцисса конь  
боялся,  
Он над ним **изолимонно**  
**Альфа-кетоглутарался.**  
**Сукцинился коэнзимом,**  
**Янтарился фумарово,**  
**Яблочек** припас на зиму,  
Обернулся **щукой** снова.

**ЩУ**Ка съела ацетат, получается цитрат  
через **цис-аконитат** будет он **изоцитрат**  
водороды отдав НАД, он теряет CO<sub>2</sub>  
этому безмерно рад **альфа-**  
**кетоглутарат**  
окисление грядет — НАД похитил  
водород  
ТДФ, коэнзима забирают CO<sub>2</sub>  
а энергия едва в **сукциниле** появилась  
сразу ГТФ родилась и остался **сукцинат**  
вот добрался он до ФАДа — водороды  
тому надо  
**фумарат** воды напился, и в **малат** он  
превратился  
тут к **малату** НАД пришел, водороды  
приобрел  
**ЩУ**Ка снова объявилась и тихонько  
затаилась  
Караулить ацетат...

# C4 фотосинтез

- Первые продукты – четырёхуглеродные соединения
- Путь фиксации  $\text{CO}_2$  назван **путём Хэтча-Слэка**
- Все проводящие пучки листа окружены двойным слоем клеток: наружный — клетки мезофилла, внутренний — клетки обкладки.



# Особенности C4 растений

- Способны расти в более засушливых местообитаниях, при высоких температурах, в условиях засоления и недостатка  $\text{CO}_2$
- Эффективнее поглощают  $\text{CO}_2$
- Необходим высокий уровень инсоляции и больше АТФ для фиксации углерода
- Тропические злаки (сахарный тростник)

# САМ- фотосинтез

- Свойственнен для Толстянковых
- Растут в районах с засушливым климатом
- Ночью устьица открыты

# Что влияет на фотосинтез?





# Значение фотосинтеза

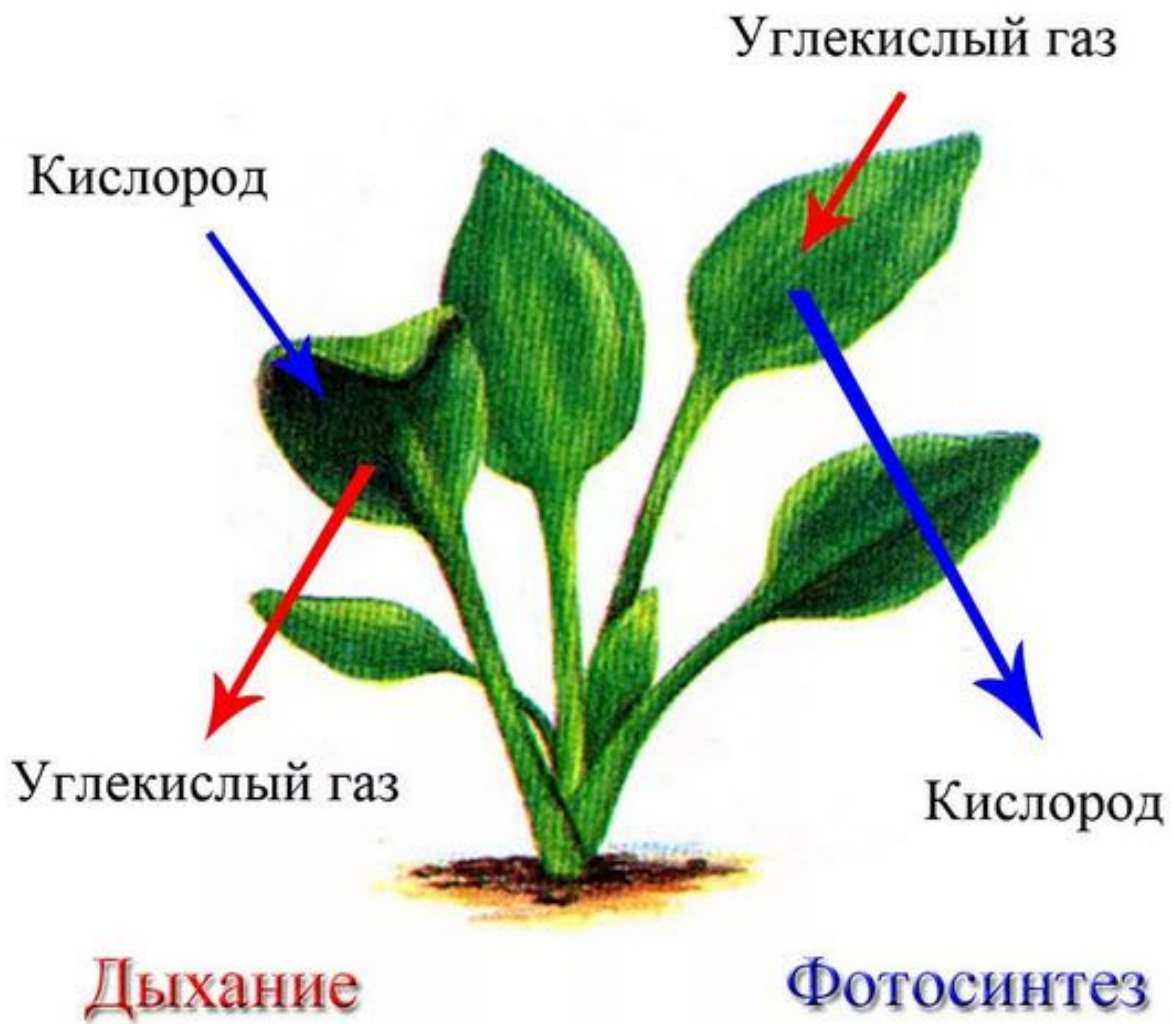
- Или космическая роль растений
  - Появление аэробного дыхания
  - Поглощение энергии солнца и перевод её сначала в энергию химических связей в АТФ, а затем в связи внутри глюкозы и других органических веществ
  - Первичная продукция экосистем
  - Появление озонового экрана (защита от УФ)
  - Выход организмов на сушу

# Продуктивность экосистем



# Дыхание у растений

- Процесс получения энергии
- Есть у всех растений
  
- Когда он идёт? (Ночью/на свету)
- Дышат ли семена растений?



Энергетический  
обмен

Пластический  
обмен

# Что влияет на дыхание растений?

Давайте подумаем, как эти факторы могут влиять на дыхание растений

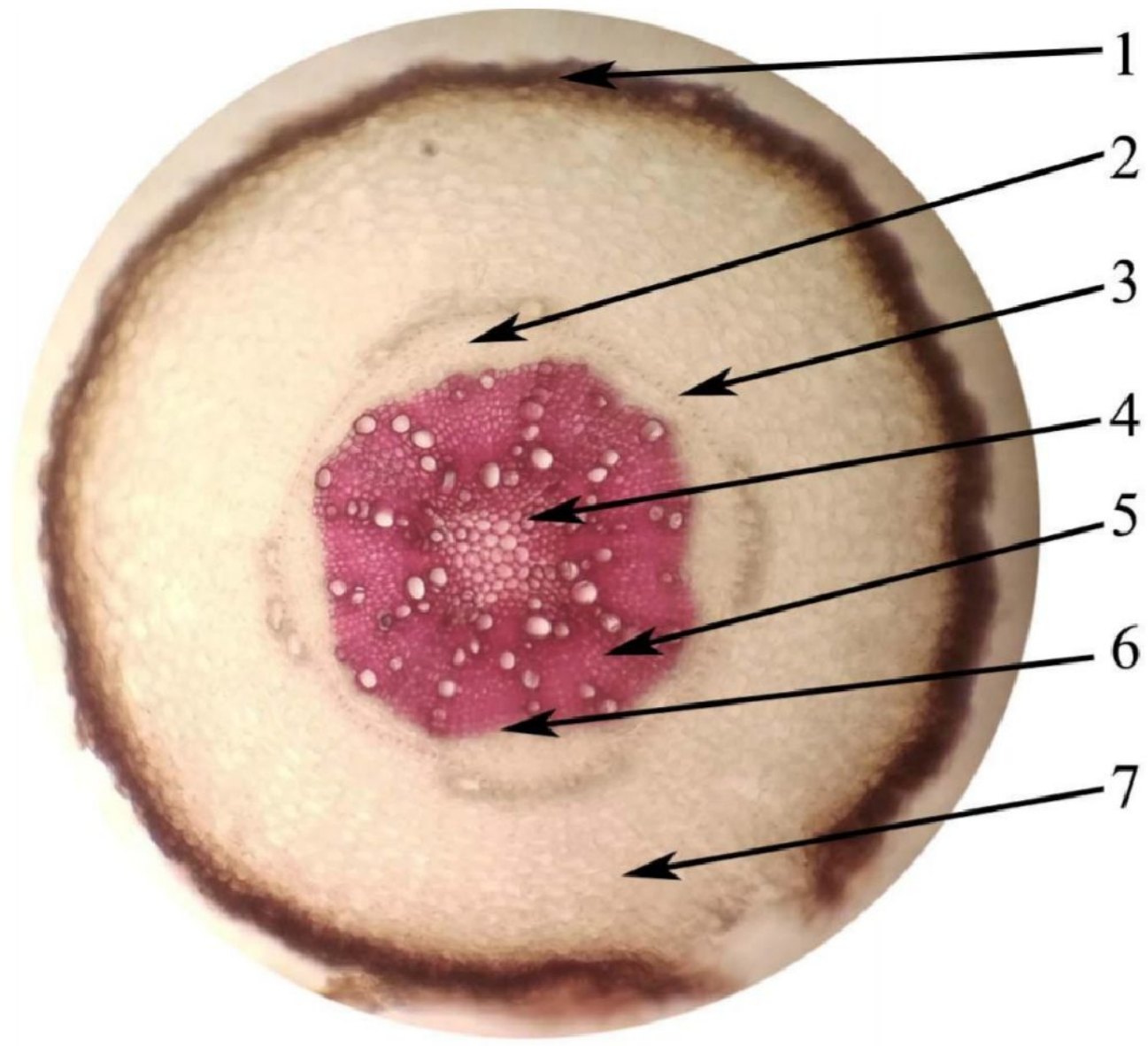
- Наличие воды
- Температура
- Солнечный свет
- Загрязнение воздуха

На рисунке обозначены различные структуры и органы. Укажите их названия.



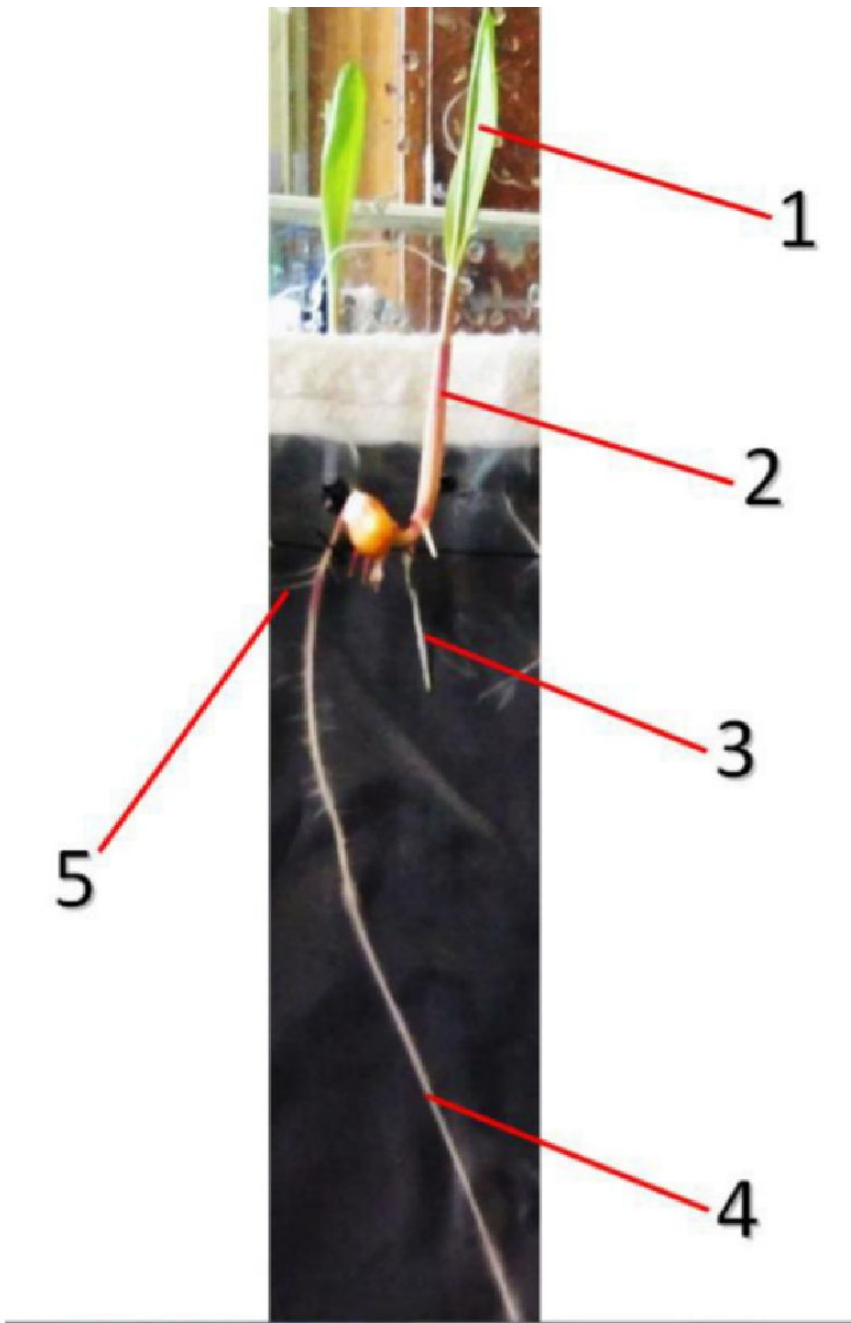
# Ответ!

1. Чашелистик
2. Брактея
3. Цветоножка
4. Тычинка
5. Рыльце
6. Лепесток
7. Нектарники





1. Перидерма
2. Флоэма
3. Эндодерма
4. Первичная ксилема
5. Вторичная ксилема
6. Камбиальная зона
7. Паренхима



- Придаточный корень
- Лист
- Корневой волосок
- Колеоптиль
- Главный корень

Перед вами - продольный разрез семян двух растений. Разделите приведенные ниже утверждения на относящиеся к растению 1, относящиеся к растению 2, относящиеся к ним обоим и не относящиеся ни к одному из них.

Растение №2

Растение №1



Растение №1 (Кукуруза, Однодольные)

Растение №2 (Фасоль, Двудольные)

Семенная кожура образуется из покровов семязачатка (интегументов)

Эндосперм семени содержит преимущественно крахмал

На корнях есть клубеньки, которые образуются при симбиозе с бактериями

На одном растении есть как мужские, так и женские цветки

Для прорастания семян их нужно выдерживать при температурах около +5°C не менее месяца (стратификация)

Цветок зигоморфный (имеет только одну плоскость симметрии)

В каждом цветке есть 10 тычинок

Растение опыляется насекомыми

Жилкование листа параллельное

Большая часть питательных веществ семени запасается в женском гаметофите, окружающем зародыш

Это растение образует клубни

В зародыше есть почечка и корешок

Волоски этого растения образуют пузырьки для запасания воды

Эндосперма в семени нет

Видоизмененная семядоля этого растения служит для поглощения питательных веществ из эндосперма при прорастании

Родиной этого растения является Центральная и Южная Америка

Лист сложный, состоит из нескольких листочков

Растение относится к классу Однодольных