

ФОТОСИНТЕЗ

ТЕМНОВАЯ ФАЗА=
Биохимическая=
ферментативная

1961 – Нобелевская премия (Мелвин Кальвин)

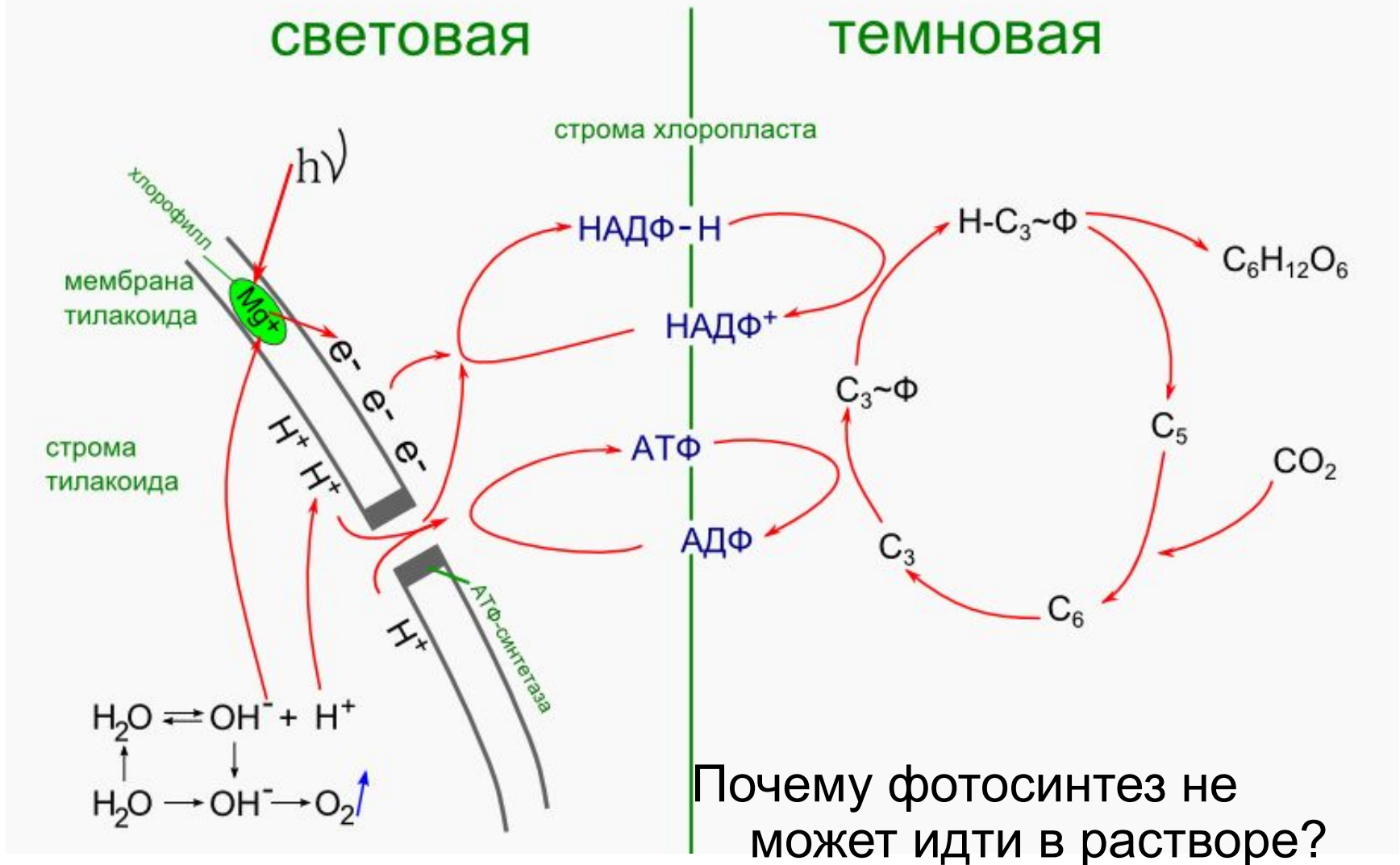


**ТЕМНОВАЯ ФАЗА
ФОТОСИНТЕЗА** –
комплекс химических
реакций, в результате
которых происходит
восстановление CO_2 за
счет **продуктов световой
фазы** и образуются
органические вещества.

В результате происходит
перестройка химических
связей: вместо связей C—O
и H—O возникают связи C—C
и C—H , в которых
электроны занимают более
высокий энергетический
уровень.

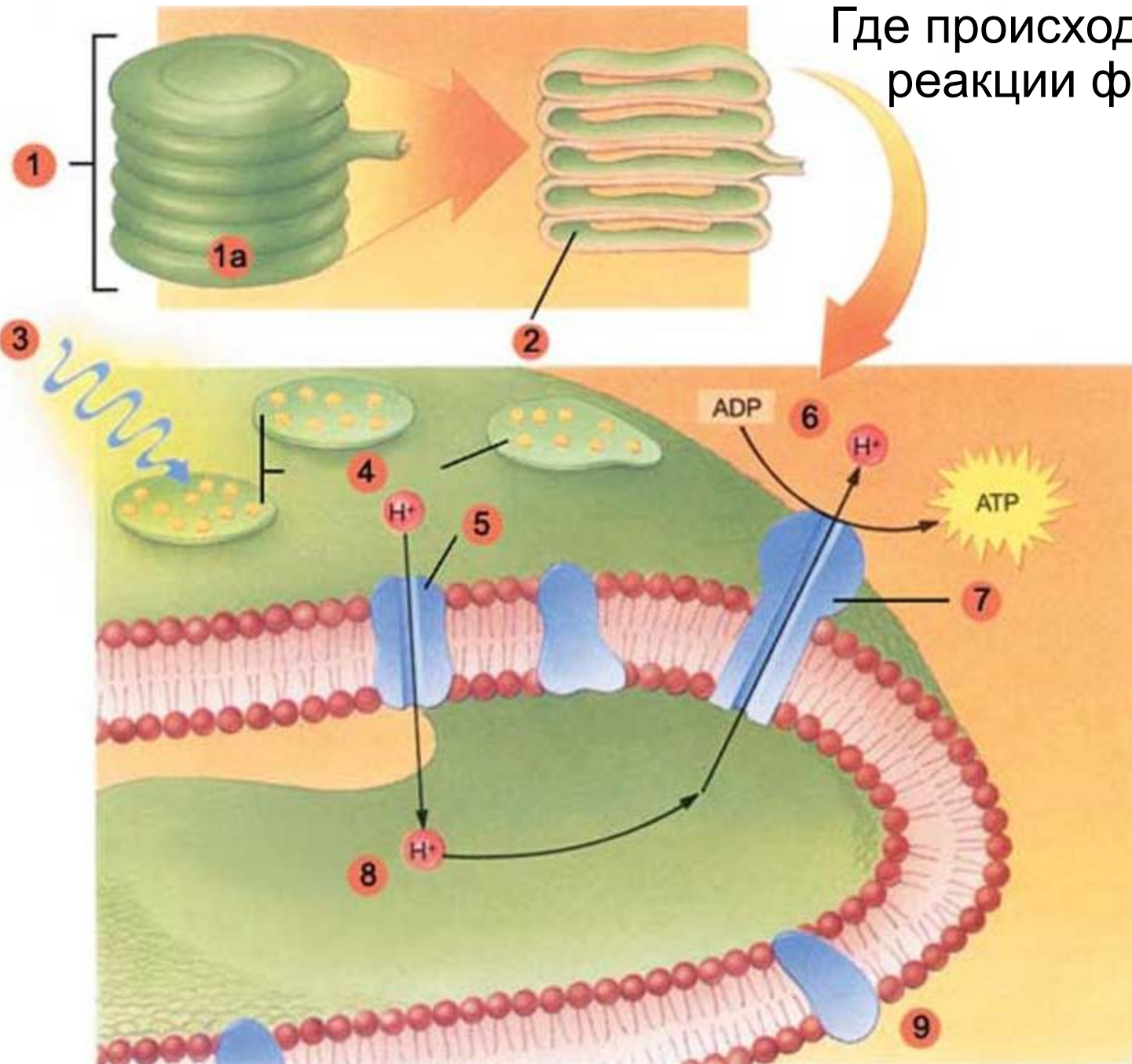
Работает ФС №?

Расположение процессов разных фаз



Почему фотосинтез не может идти в растворе?

Где происходят темновые реакции фотосинтеза?



Световые реакции:

Зависят от света

Не зависят от температуры

Быстрые < 10 (-5) сек

Протекают на мембранах

Темновые реакции:

Не зависят от света

Зависят от температуры

Медленные ~ 10 (-2) сек

Протекают в строме Хл

Цикл Кальвина (C_3 – цикл)

Метод радиоактивного
углерода

Метод хроматографии на
бумаге

Хлорелла, $^{14}CO_2$, фиксация гор.спиртом
5сек – 3-ФГК (3-фосфо-глицериновая
кислота)

30 сек – исчерпание РБФ (без света)

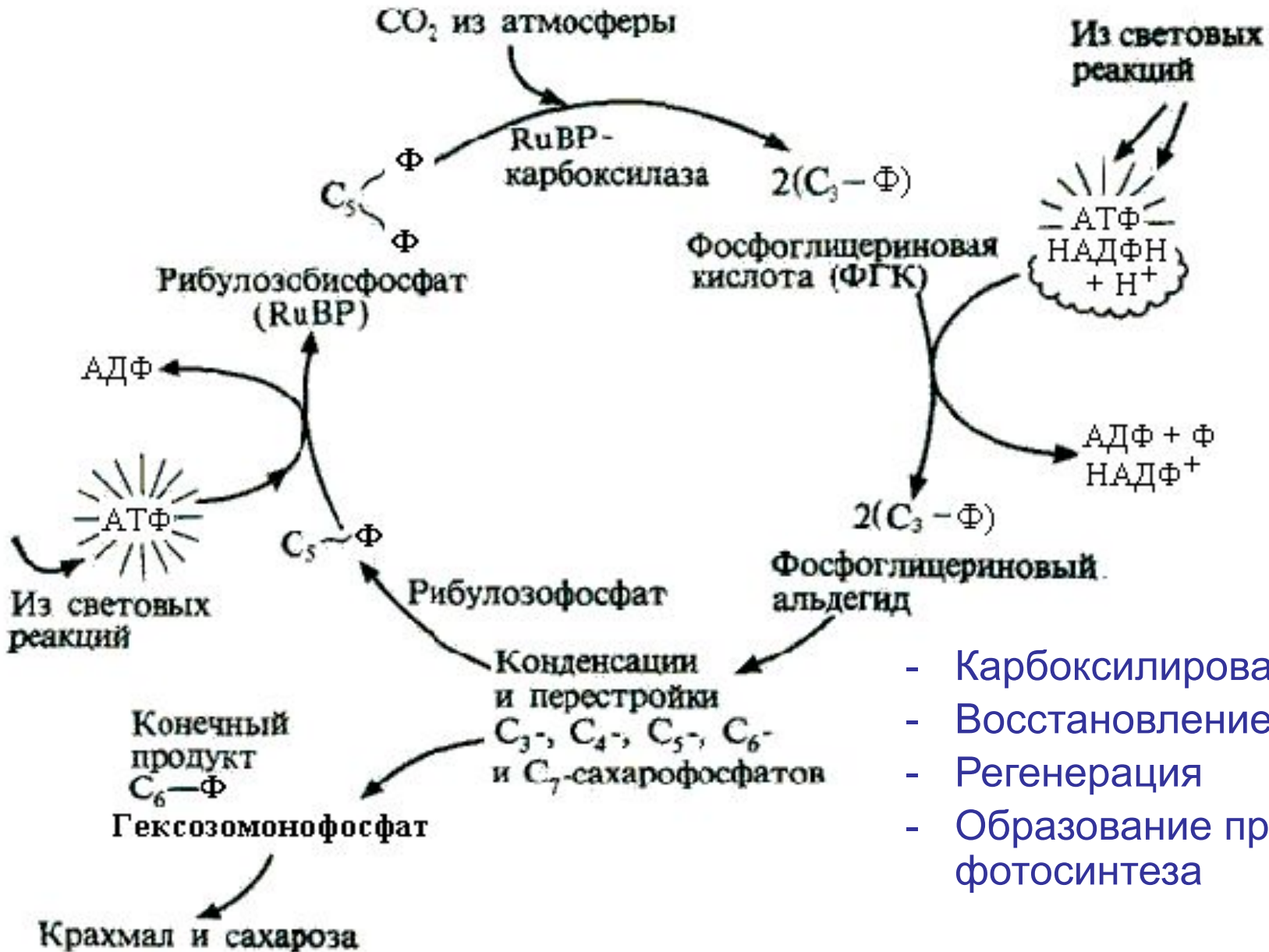
Без CO_2 – нет расхода РБФ (+ $h\nu$; - $h\nu$)

Rubisco 1955

Под контролем 2-х
геномов

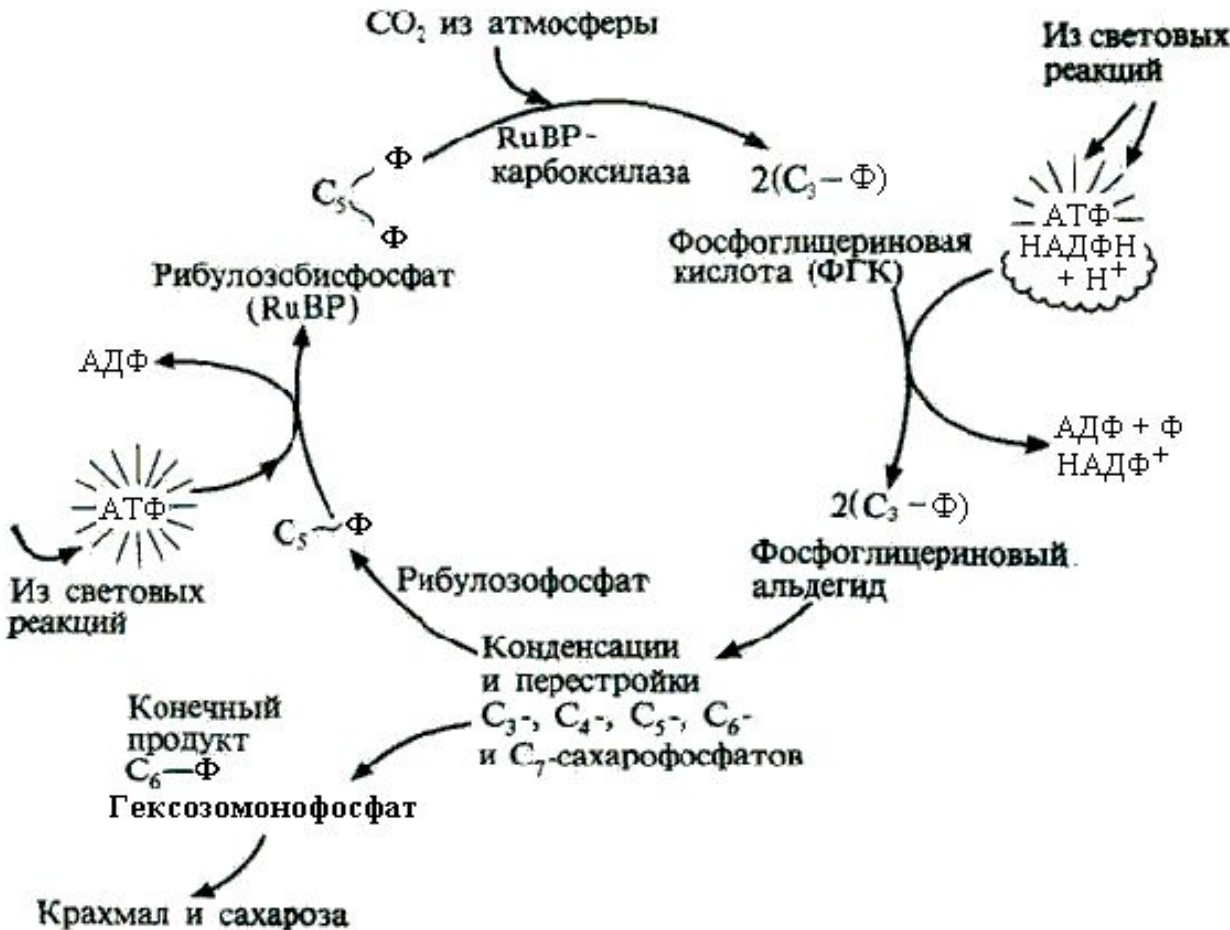
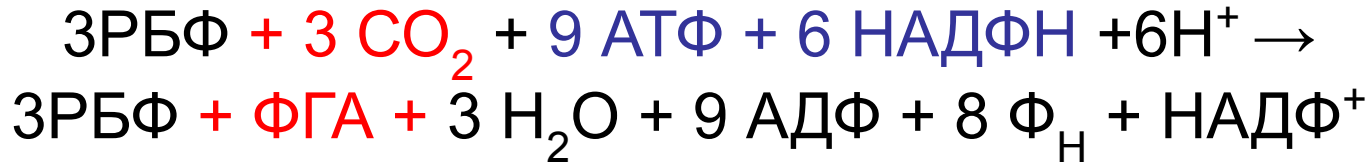


Цикл Кальвина (C_3 – цикл)



- Карбоксилирование
- Восстановление
- Регенерация
- Образование продуктов фотосинтеза

Цикл Кальвина (C₃ – цикл)



Акцептор CO₂,
первичный продукт
ассимиляции
углерода, конечные
продукты цикла

Для образования
одной молекулы
сахарозы
необходимо, чтобы
прошли
четыре цикла
Кальвина
(+12НАДФН + 18АТФ).

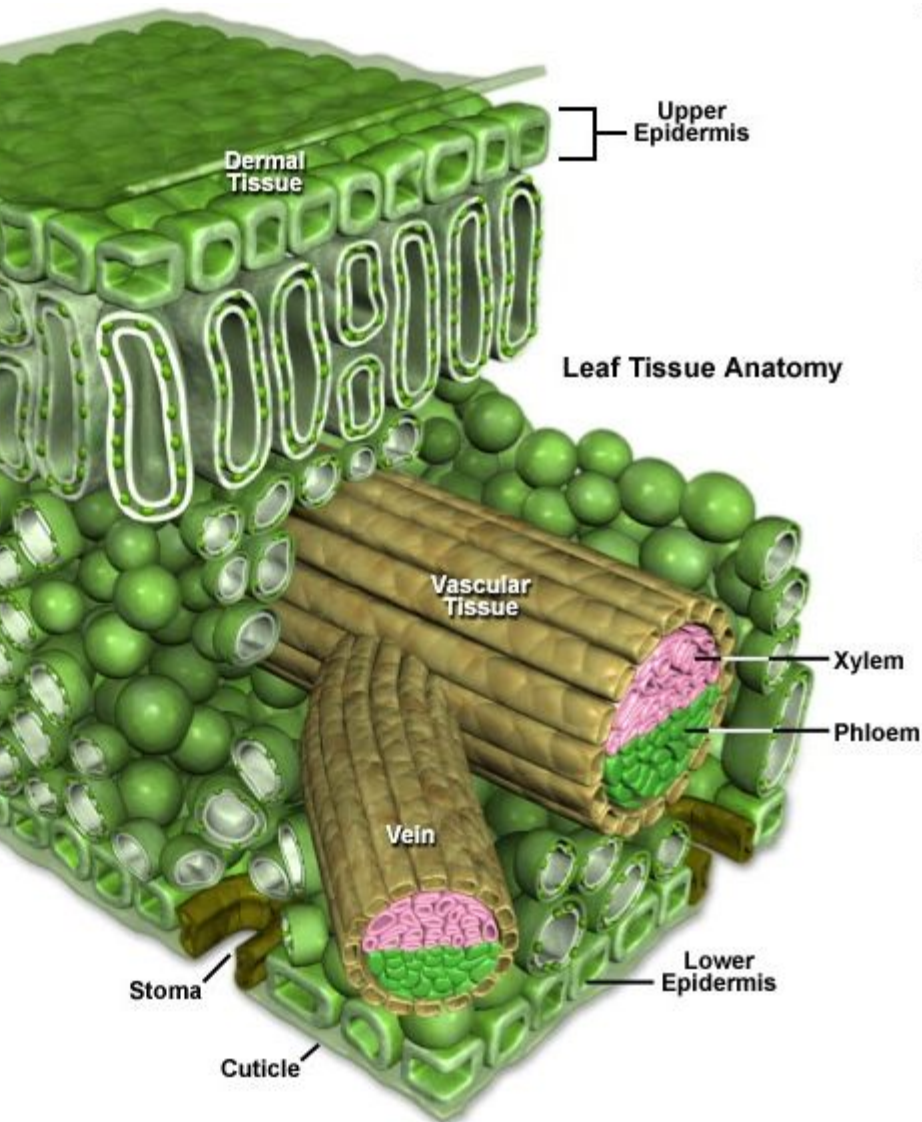
Квантовый расход фотосинтеза

Для восстановления до уровня углеводов одной молекулы CO_2 необходимы

три молекулы АТФ и две НАДФ · H_2 .

И должно быть затрачено 8—9 квантов света.

Цикл Хетча – Слэка (C4 – цикл)



1966 М.Д.Хетч и К.Р.Слэк

1960 Ю.С. Карпилов

Первичный продукт не ФГК, а **оксалоацетат** (ЦУК)

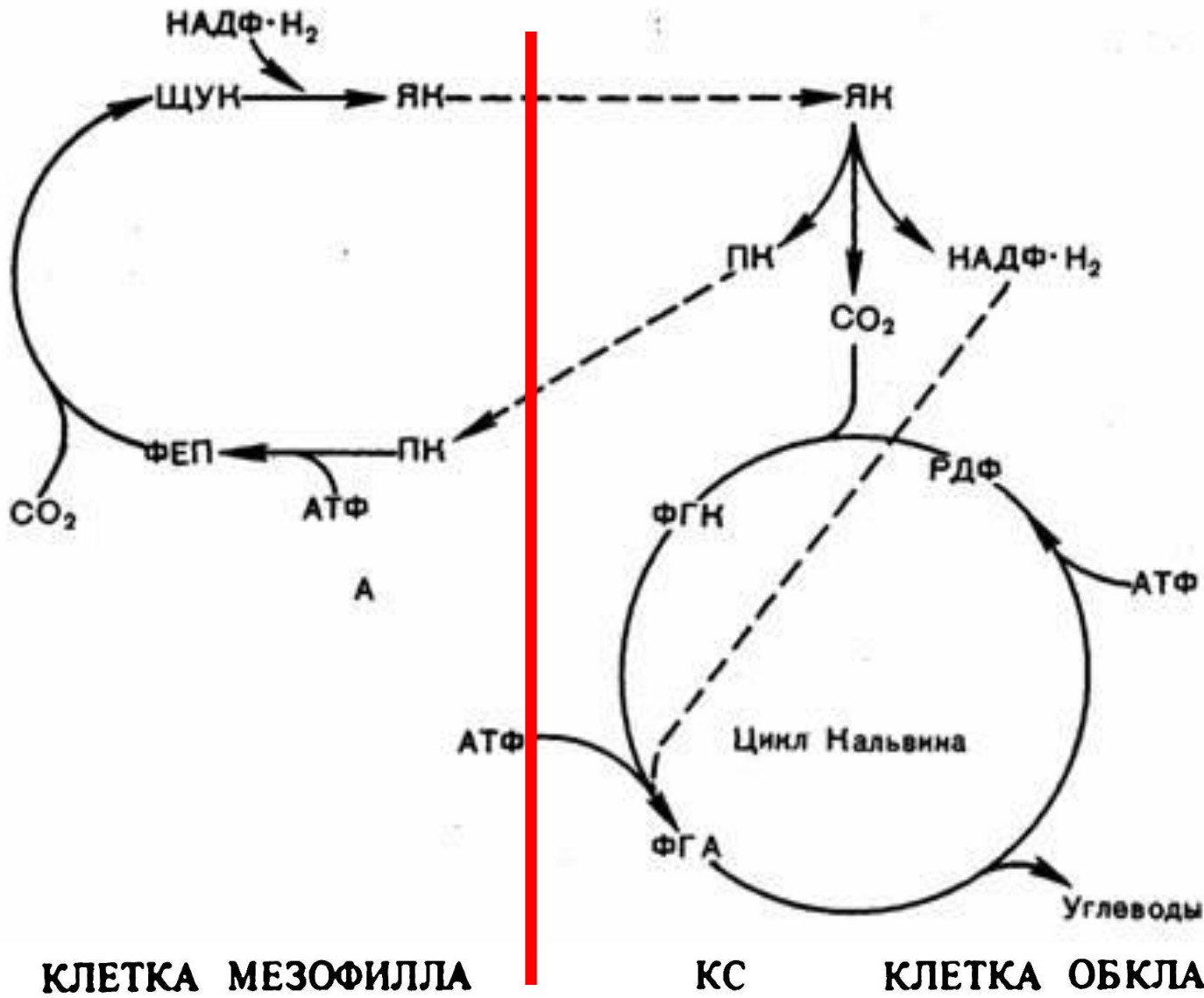
1. Мелкие гранальные хлоропласты (кл. мезофила)
2. Крупные агранальные хлоропласты (кл. обкладки)

Где какая ФС работает?

Кукуруза, сахарный тростник, сорго, просо, портулак

Эволюционно – более молодой – у древесных форм не обнаружен

Цикл Хетча – Слэка (C₄ – цикл)



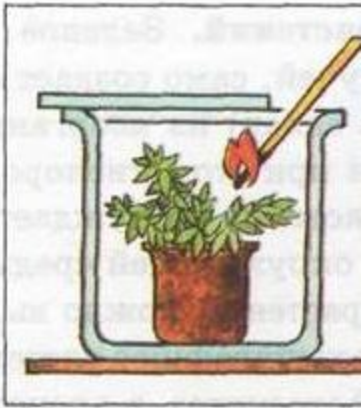
Акцептор СО₂
(карбоксилирование и декарбоксилирование)

Первичный продукт ассимиляции и углерода

Разделение в пространстве

ПРЕИМУЩЕСТВА C₄-пути

- **Запас** углекислого газа в виде малата (аспартата)
- «Углекислотная **помпа**» для C₃-цикла
- Большая эффективность фиксации CO₂ у **ФЕП-карбоксилазы** по сравнению с **Rubisco**
- Скорость ассимиляции CO₂ для C₃ – 1-50 мг/дм²*час, а для C₄ – 40-80 мг/дм²*час
- **Снижение** процессов **фотодыхания** в клетках обкладки (только ФС1 - циклическое фосфорелирование – нет выделения O₂ + ↑ концентрация CO₂ **Rubisco!**).
- Особенно важно при высокой температуре и инсоляции. Оптимум для ф/с: **C3** – 20-25 °С, **C4** – 30-45 °С
- Высокая **скорость оттока** ассимилянтов – цикл Кальвина в клетках обкладки проводящего пучка
- Экономия воды: на 1 г сух.в-ва тратится у **C₃-растений** – 700-1000 г воды, а у **C₄** – 300-400 г. Сопrotивление мезофилла диффузии газов у C₄-растений в 3,5 раза ниже (ФЕП-карб.), а для воды – равное с C₃-растениями.



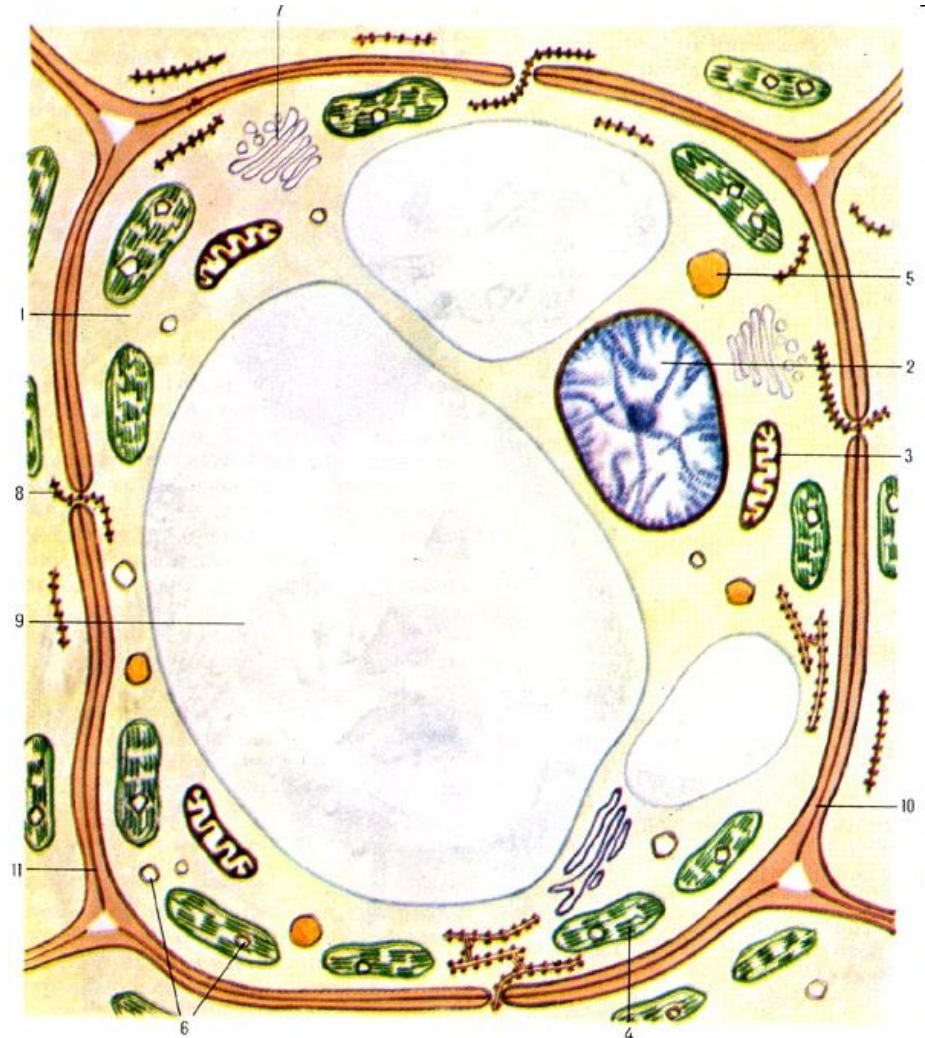
САМ-путь фотосинтеза

- М.Д. Хетч
- Толстянковые – Crassulaceae и кактусы
- Устьица открыты только ночью
- По типу C_4 , но фотосинтез разделен не в пространстве, а **во времени**
- Карбоксилирование происходит дважды (ФЕП - ночью и РБФ - днем)
- САМ-фотосинтез = кислотный метаболизм толстянковых = САМ-метаболизм
- Ананас, каланхое, очиток и



КИСЛОТНЫЙ МЕТАБОЛИЗМ ТОЛСТЯНКОВЫХ

- Ночь
ФЕП – ЦУК – малат
(накапливается в вакуоли)
 - День
Малат – CO_2 + ПВК –
ФЕП
(CO_2 идет в цикл Кальвина)
- Разделение ФС во времени



Общее уравнение фотосинтеза

свет



хлорофилл

Среди первых продуктов фотосинтеза, помимо **сахарозы** обнаружены такие аминокислоты, как **аланин, серин, глутаминовая кислота, глицин**.

ФГК, образовавшаяся на первом этапе цикла Кальвина, может превращаться в **пировиноградную кислоту**.

Из промежуточных продуктов цикла Кальвина могут образовываться **жиры, липиды** и другие продукты.

Фотосинтетический коэффициент (ФК)

ФК – это отношение выделенного в процессе фотосинтеза O_2 к поглощенному CO_2 .

- Если в процессе фотосинтеза образуются:
 - углеводы, то ФК должен быть равен единице: $6 O_2 : 6 CO_2 = 1$;
 - белки ФК = 1,25;
 - жиры —1,44.
- В среднем для растений ФК равен 1,04. Он значительно зависит от условий.

Это надо знать!

Основные понятия и термины темы:

Световая фаза фотосинтеза и темновая фаза фотосинтеза

цикл Кальвина, цикл Хэтча – Слэка,

C_3 растения, C_4 растения, сравнение

CAM-фотосинтез,

фотодыхание – с/м

