



**Питание -**  
**это процесс**  
**получения**  
**организмами веществ**  
**и энергии.**

# Питание растений

## Почвенное

Поглощение  
с помощью корня воды  
и растворенных в  
ней минеральных  
веществ

## Воздушное

Поглощение через  
устьица листа  
углекислого газа

# Организмы

**автотрофы**

**Миксотрофы**

**гетеротрофы**

**фототрофы**

**хемотрофы**

**Животные ,  
грибы,  
многие  
бактерии**

**Растения,  
сине-зеленые  
водоросли**

**Некоторые  
бактерии  
(серобактерии)**



**ФОТОСИНТ  
ЕЗ**

# ФОТОСИНТЕЗ

**Фотос** (греч. – свет)

**синтез** (греч. -соединение)

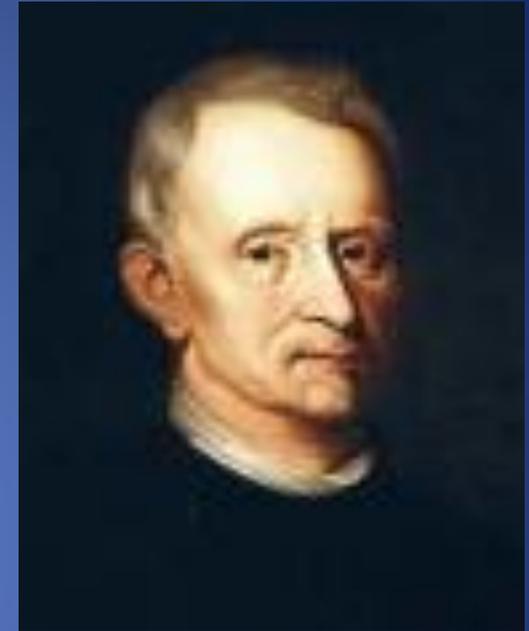


# История открытия фотосинтеза

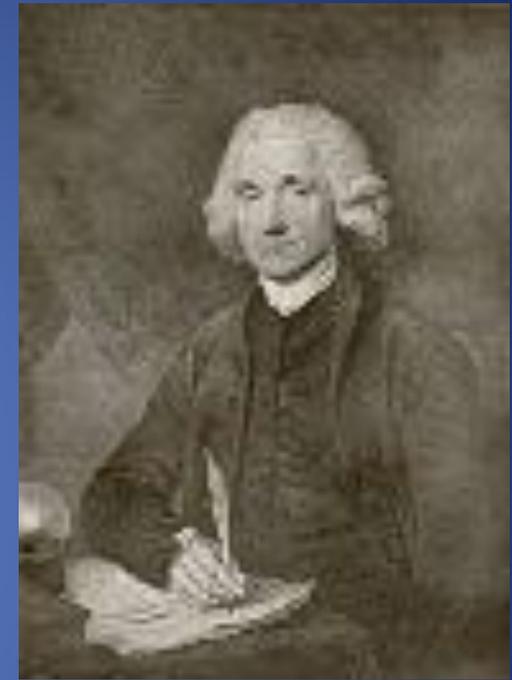
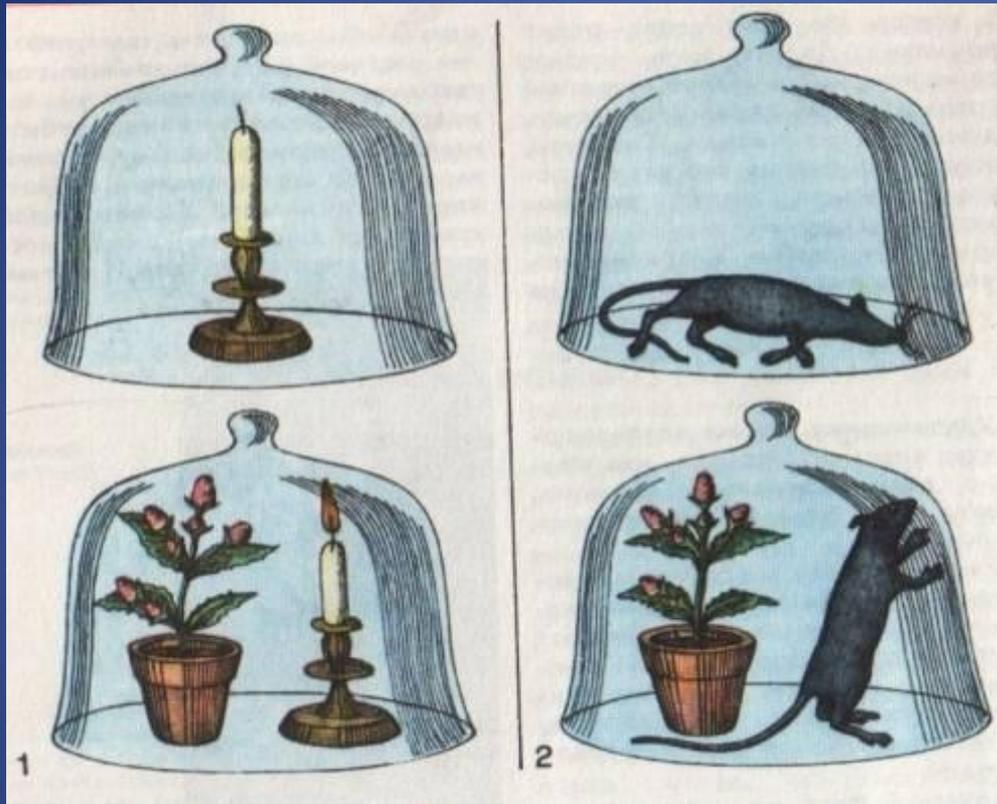
Фотосинтез был открыт в конце 18 столетия. В изучение этого процесса внесли свой вклад многие ученые.

В 1600 году бельгийский естествоиспытатель

*Ян ван Гельмонт* поставил первый эксперимент по изучению питания растений.



# История открытия фотосинтеза



Джозеф Пристли

В 1771 году английский химик *Джозеф Пристли* проделал следующий опыт: он посадил мышь под стеклянный колпак, и через 5 часов мышь погибла. При внесении же под колпак веточки мяты мышь осталась живой.

- **Проблемный вопрос.** Как вы это объясните?

# История открытия фотосинтеза



Английский ученый  
**Джозеф Пристли** в  
1771 году доказал  
сочетание всех  
элементов процесса

# История открытия фотосинтеза

Голландский ученый  
*Ян Ингенхаус* в 1779  
году показал, что  
неизбежным условием  
успешного опыта является  
наличие солнечного света.

Правильное  
представление о  
процессе фотосинтеза  
дали ученые *Сенебье*,  
*Буссенго*.

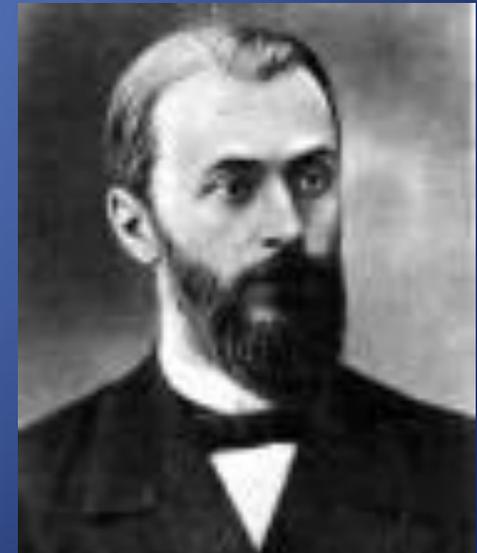
Органические вещества в растениях  
образуются из углекислого газа под  
влиянием солнечного света



Ян Ингенхаус



Жак Буссенго

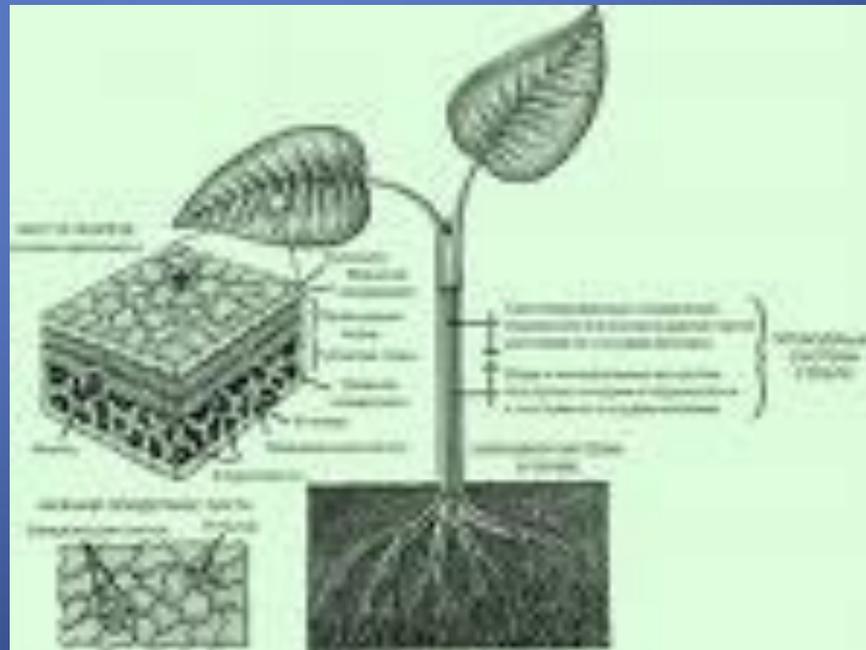


Жан Сенебье

# История открытия фотосинтеза



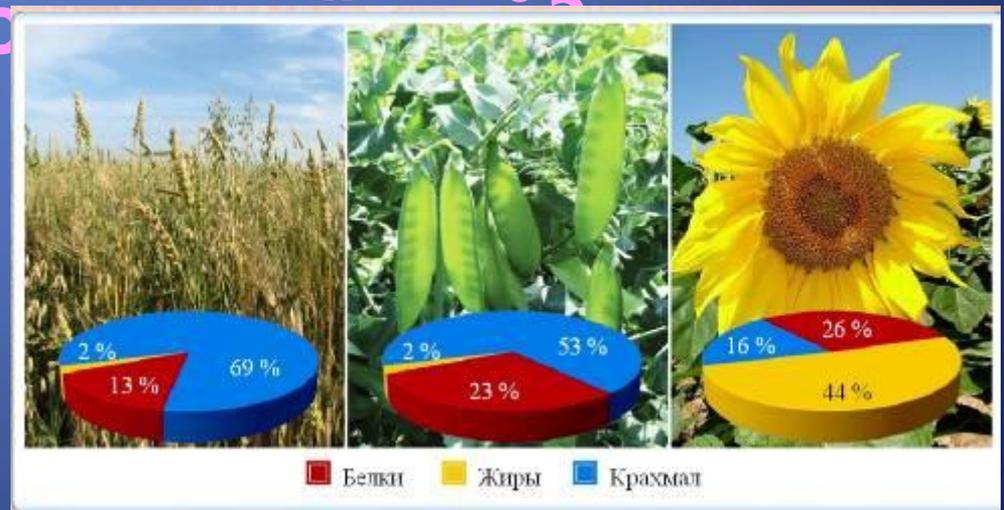
Во второй половине 19 века особенно большой вклад в изучение процесса фотосинтеза внес русский ученый *К.А.Тимирязев*



К. А. Тимирязев писал:

«Дайте самому лучшему повару сколько угодно свежего воздуха, солнечного света и целую речку чистой воды и попросите, чтобы из всего этого он приготовил вам сахар, крахмал, жиры и зерно – он решит, что вы над ним смеётесь».

О чём говорит это высказывание?



# ФОТОСИНТЕЗ -

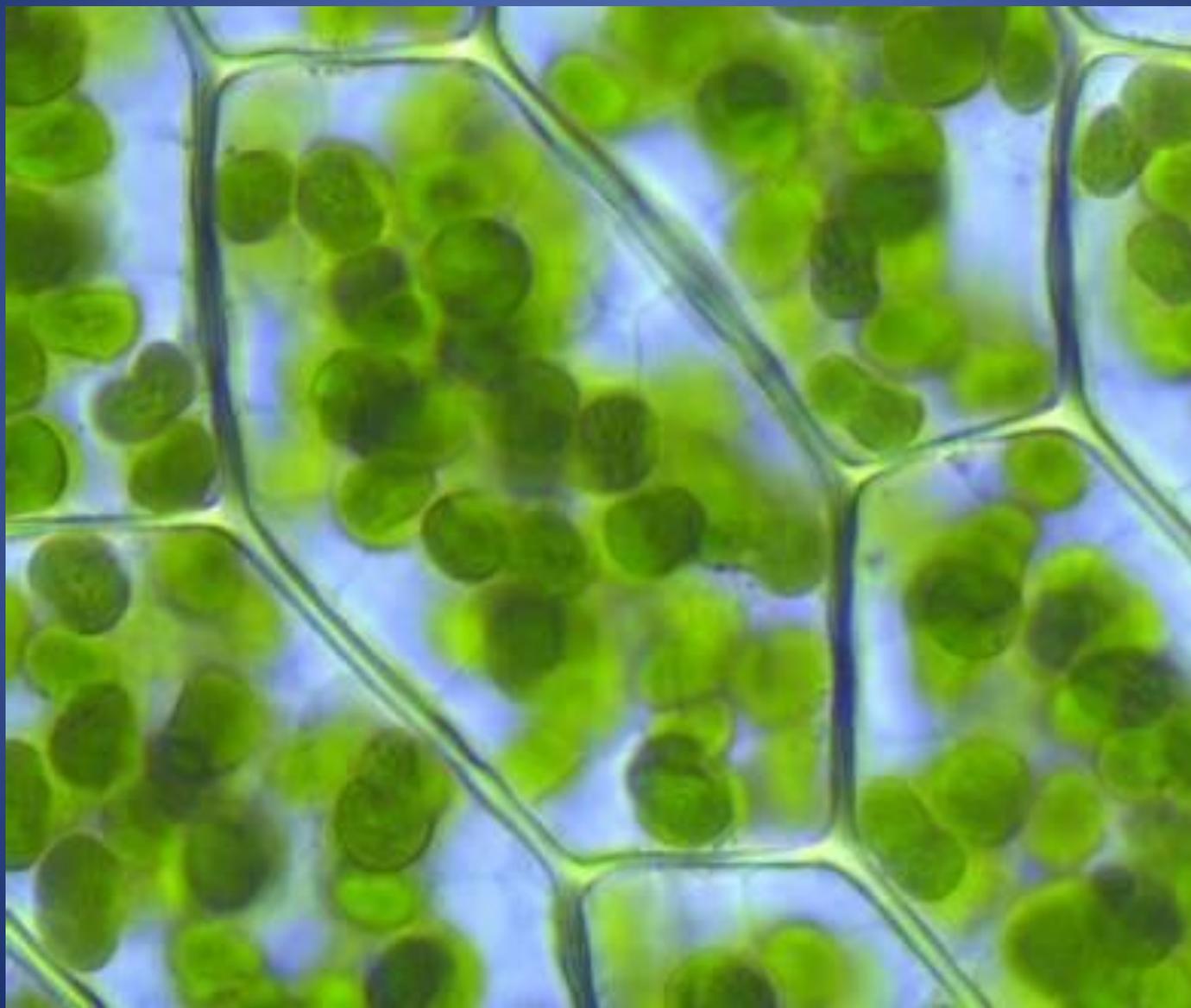
это процесс сложных химических реакций в результате которых под воздействием солнечной энергии в растении простые неорганические вещества превращаются в органические





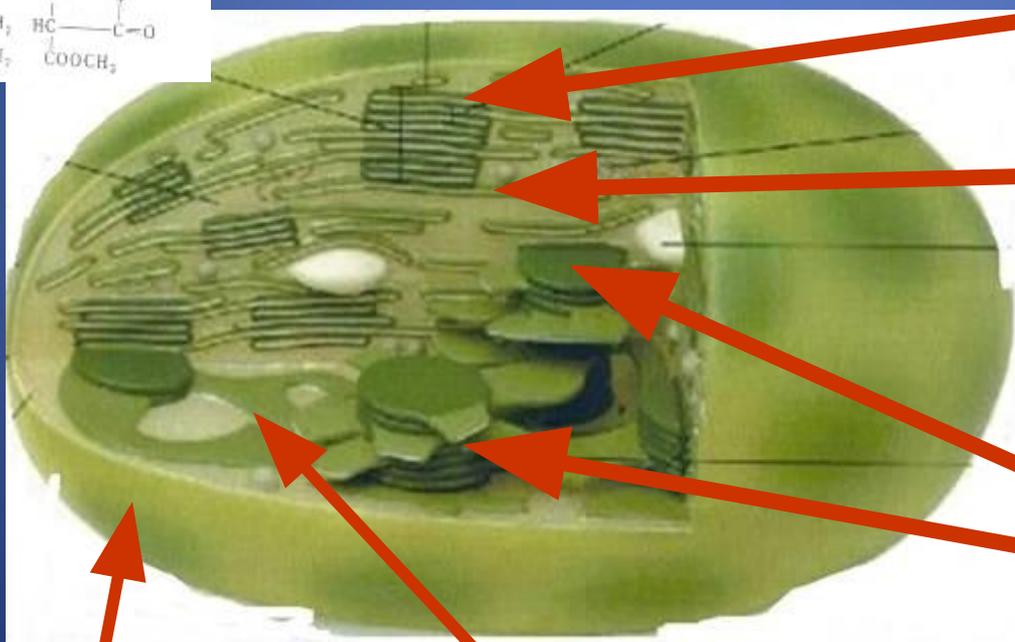
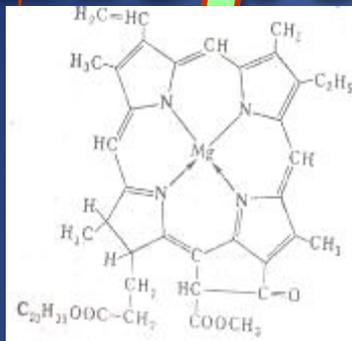
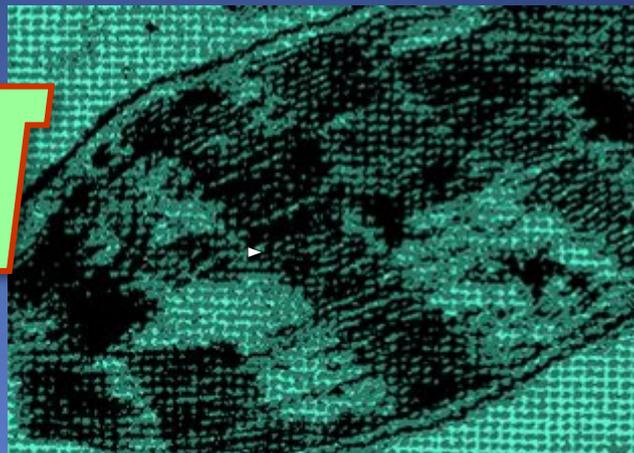
Что необходимо  
для  
фотосинтеза?

# Хлоропласты в клетках листа



# Хлоропласт

Хлорофилл



грана

строма

тилакоид  
(пузырёк)

наружная и внутренняя мембраны

- В 1905 английский учёный Блекман обнаружил, что фотосинтез состоит из быстрой световой реакции и более медленной – темновой
- Биохимическое доказательство существования световой и темновой фаз были получены лишь в 1937 английским исследователем Р. Хиллом.

# Стадии фотосинтеза

световая

Реакции  
протекают только  
с участием света

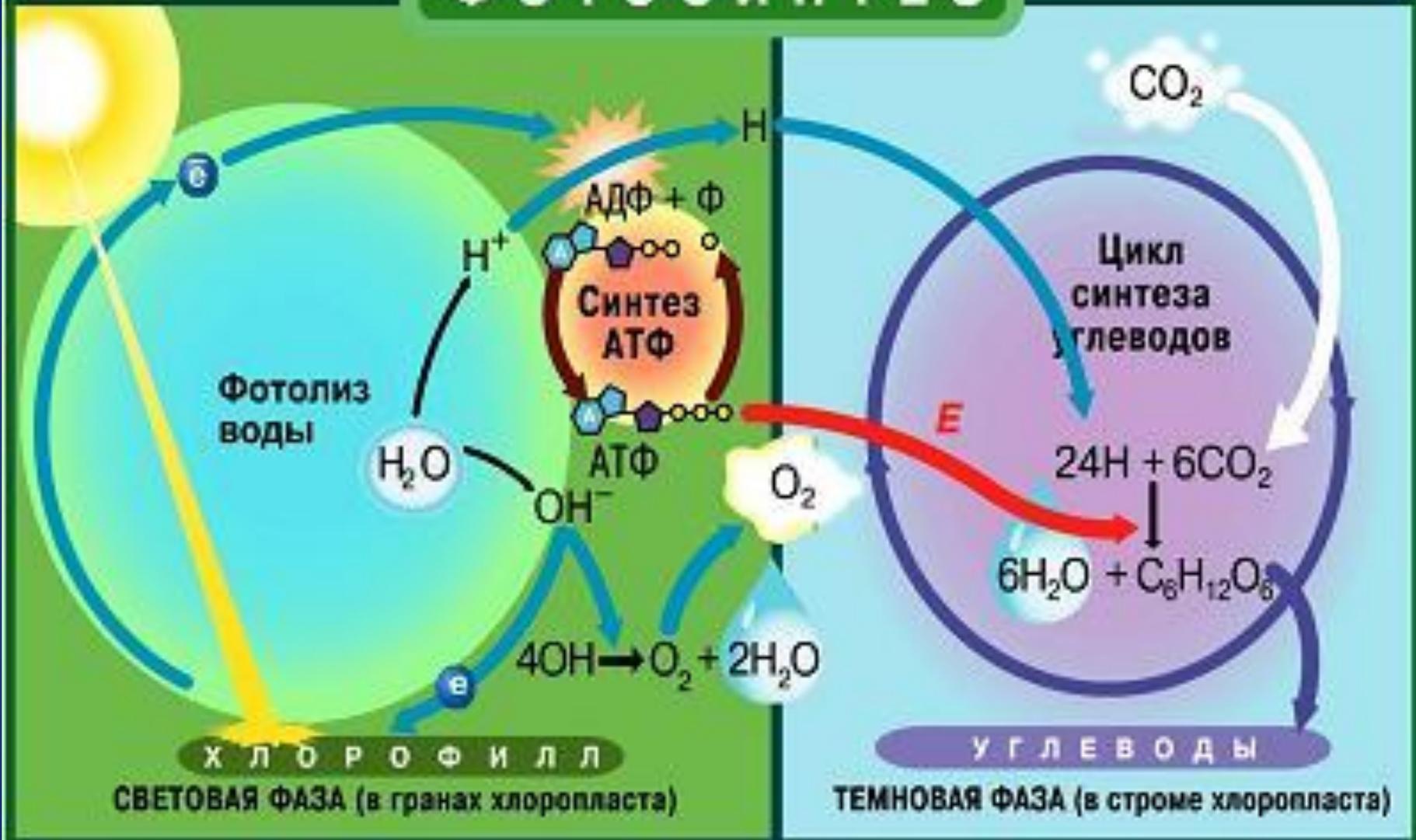
темновая

Для реакций  
синтеза свет  
необязателен

# Таблица

Фазы фото-синтеза	Процессы, происходящие в этой фазе	Результаты процессов
Световая фаза	1.	
	2.	
	3.	
Темновая фаза		

# ФОТОСИНТЕЗ



# Таблица

Фазы фото-синтеза	Процессы, происходящие в этой фазе	Результаты процессов
Световая фаза	1. а) хлорофилл – (свет) хлорофилл + $e$ ; б) $e$ + белки-переносчики → на наружную поверхность мембраны тилакоида; в) $\text{НАДФ}^+ + 2\text{H}_2 + 4e \rightarrow \text{НАДФН}_2$	Образование $\text{НАДФ}_2$
	2. Фотолиз воды (разложение) $\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{свет}} \text{H}^+ + \text{OH}^-$ $\text{H}^+ \rightarrow$ в протонный резервуар тилакоида $4\text{OH}^- \rightarrow 4\text{OH} - 4e$ $4\text{OH} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ и $\text{O}_2$ $e + \text{хлорофилл} \rightarrow \text{хлорофилл}$	$\text{O}_2$ – в атмосферу
	3. $\text{H}^+$ протонного резервуара – источник энергии, необходимой для синтеза АТФ из АДФ + $\text{P}_n$	Образование АТФ
Темновая фаза	Связывание $\text{CO}_2$ с пятиуглеродным сахаром рибулесодифосфатом при использовании АТФ и $\text{НАДФН}_2$	Образование глюкозы

# Световая стадия

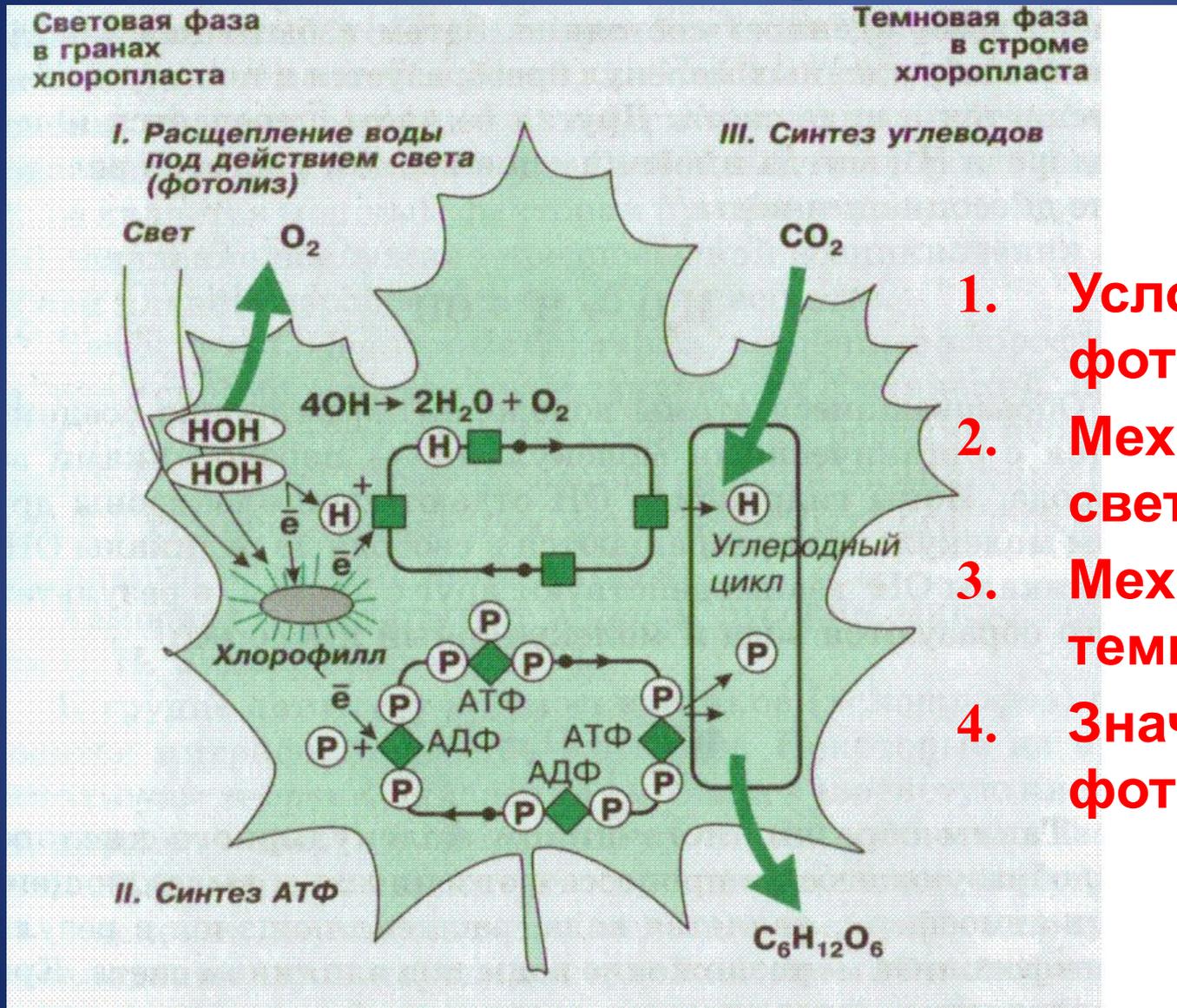
- Отрыв электрона от хлорофилла
- Фотолиз воды
- Образование кислорода
- Образование НАДФН<sub>2</sub>
- Образование АТФ

# Темновая фаза – цикл Кальвина



- Из  $\text{CO}_2$  и атомарного водорода, связанного с переносчиками водорода, синтезируется глюкоза за счет АТФ.

# Повторяем:



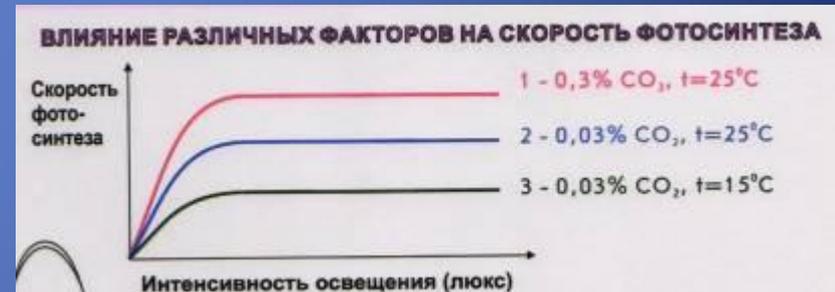
1. Условия фотосинтеза?
2. Механизм световой фазы?
3. Механизм темновой фазы?
4. Значение фотосинтеза?

Схема процесса фотосинтеза

- Растения ежегодно образуют более 100 млрд. тонн органических веществ.
- Выделяют в атмосферу около 145 млрд. тонн кислорода.
- 80% кислорода выделяется морскими водорослями и только 20% - наземными растениями. Поэтому мировой океан иногда называют «легкими планеты».
- Затраты кислорода на дыхание человека, животных и растений компенсируются **фотосинтезом**.
- Содержание кислорода в атмосфере поддерживается в пределах 21%.

# Значение фотосинтеза

- Создаваемые растением органические вещества и кислород в целом обеспечивают существование всего живого на Земле.
- Растения вовлекают в кругооборот миллиарды тонн азота, фосфора, серы, магния, кальция, калия.
- Фотосинтез препятствует увеличению концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере, предотвращая перегрев Земли (парниковый эффект).
- Созданная им атмосфера (озоновый слой) защищает живое от губительного УФ – излучения (кислородно-озоновый экран атмосферы).



# Хемосин

В 1887 году С.Н. Виноградский открыл хемосинтезирующие бактерии, превращение углекислоты в органические соединения в темноте.



- Известно, что  $50 \text{ м}^2$  зеленого леса поглощает за 1 ч углекислого газа столько же, сколько его выделяет при дыхании за 1 ч один человек, т.е. 40 г. Сколько углекислого газа поглощает 1 га зеленого леса за 1 ч? Сколько человек смогут выдохнуть этот углекислый газ за тот же час?

*(ответ: 8 кг углекислого газа. 200 человек)*

- В процессе фотосинтеза огурцы, выращиваемые в теплицах, поглощают 1 кг углекислого газа при образовании 7 кг плодов. Сколько кг углекислого газа потребуется, чтобы получить 300 кг огурцов? Как можно увеличить содержание углекислого газа в воздухе теплиц?

## Тест к теме «Фотосинтез»

1. В каких органоидах клетки осуществляется процесс фотосинтеза?

а) митохондриях, б) рибосомах, в) хлоропластах, г) хромопластах.

2. Какие лучи спектра поглощает хлорофилл?

а) красные и фиолетовые, б) зеленые и желтые.

3. При расщеплении какого соединения выделяется свободный кислород при фотосинтезе?

а)  $\text{CO}_2$ , б)  $\text{H}_2\text{O}$ , в) АТФ.

4. На какой стадии фотосинтеза образуется свободный кислород?

а) темновой, б) световой, в) постоянно.

5. Что происходит с АТФ в течение световой стадии?

а) синтез, б) расщепление,

6. В течение какой стадии в хлоропласте образуется первичный углевод?

а) световой стадии, б) темновой стадии.

7. Расщепляется ли молекула  $CO_2$  при синтезе углеводов?

а) да, б) нет.

8. Распределите буквы, относящиеся к перечисленным ниже организмам:

- а) человек,
- б) ромашка,
- в) кишечная палочка,
- г) мышь,
- д) зверобой,
- е) сойка,
- ж) инфузория,
- з) картофель

Автотрофы	Гетеротрофы

9. Подставив цифры к буквам, укажите, в какой части хлоропласта (буквы сперва) находятся перечисленные слева вещества или процессы.

1. хлорофилл	а) строма
2. ферменты, катализирующие реакции фиксации углерода	б) фотосинтетические мембраны
3. синтез АТФ	в) внутренне пространство тилакоидов
4. $H^+$ - резервуар	

10. Перечислите наиболее важные процессы световой (1) и темновой (2) фаз фотосинтеза, подставив подходящие буквы к цифрам 1 и 2.

- а) возбуждение электронов хлорофилла,
- б) связывание рибулезодифосфата с углекислым газом,
- в) синтез молекул АТФ,
- г) синтез глюкозы,
- д) фотолиз воды,
- е) образование свободного кислорода,
- ж) образование атомов водорода в форме НАДФН<sub>2</sub>.

11. Темновая стадия фотосинтеза происходит:

- а) только ночью, б) в любое время суток, в) в светлое время суток.

## Ответы:

№1 – в, №2 – б, №3 – б, №4 – б, №5 – а, №6 – б, №7 – б,  
№8 – [А]: б, д, з, [Г]: а, в, г, е, ж; №9 – а) 2; б) 1, 3; в) 4;  
№10 – 1 (а, в, д, е, ж); 2 (б, г), №11 – а.

1. Хлоропласты отличаются от митохондрий тем, что в них происходит

.процесс гликолиза

.фотолиз воды

.синтез молекул АТФ

.синтез молекул липидов

.синтез молекул белка

.поглощение и преобразование энергии солнечного света

2. Установите последовательность этапов световой фазы фотосинтеза

.возбуждение молекулы хлорофилла под влиянием энергии солнечного света

.синтез молекул АТФ за счет освобождаемой энергии

.участие электрона в окислительно-восстановительных реакциях и освобождение энергии

.переход электрона молекулы хлорофилла на более высокий энергетический уровень

### 3. Установите правильную последовательность процессов фотосинтеза.

- .преобразование солнечной энергии в энергию АТФ
- .образование возбужденных электронов хлорофилла
- .фиксация углекислого газа
- .образование крахмала
- .преобразование энергии АТФ в энергию глюкозы

### 4. Соотнесите особенности процессов биосинтеза белка и фотосинтеза

#### *Особенности процесса*

#### *Процессы*

- |  |                |
|--|----------------|
| .завершается образованием углеводов        | А – биосинтез  |
| белка                                      |                |
| .исходные вещества – аминокислоты          | Б - фотосинтез |
| .в основе лежат реакции матричного синтеза |                |
| .исходные вещества – углекислый газ и вода |                |
| .АТФ синтезируется в ходе процесса         |                |
| .АТФ используется для протекания процесса  |                |

5. Установите соответствие между особенностями реакций фотосинтеза и фазой, в которой они происходят.

*Особенности реакций*

*Фаза*

*фотосинтеза*

- . образуются молекулы глюкозы
- . образуются молекулы НАДФ\*Н
- . выделяется кислород
- . расходуется энергия молекул АТФ
- . синтезируются молекулы АТФ

А - световая

Б - темновая

# ФОТОСИНТЕЗ

Фотос (греч. – свет)

синтез (греч. -соединение)



# Гетеротрофы

ы

Сапротрофы

ы

Паразиты

Голозои

(поедание,  
переваривание,  
всасывание)

плотоядные

е

всеядные

растительноядные

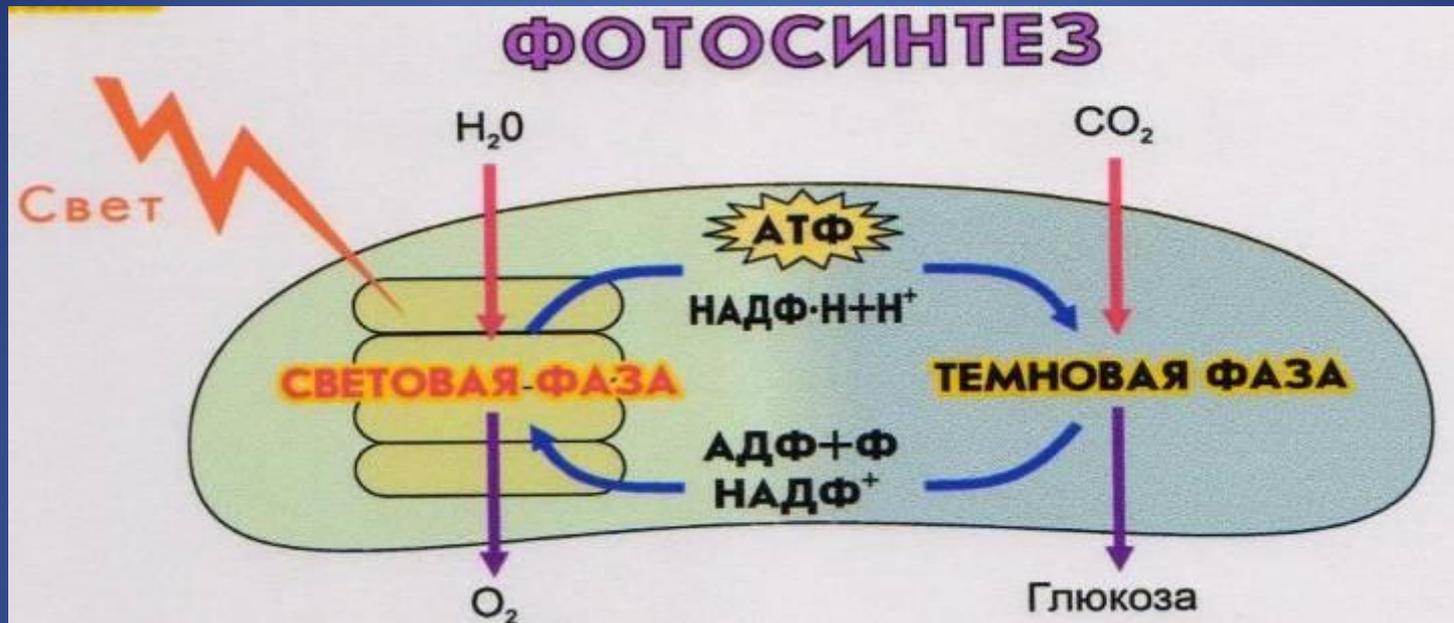
ые

# ***ФОТОСИНТЕЗ***

**Процесс превращения  
энергии солнечных  
лучей в энергию  
химических связей,  
протекающий в зеленых  
листьях растений.**

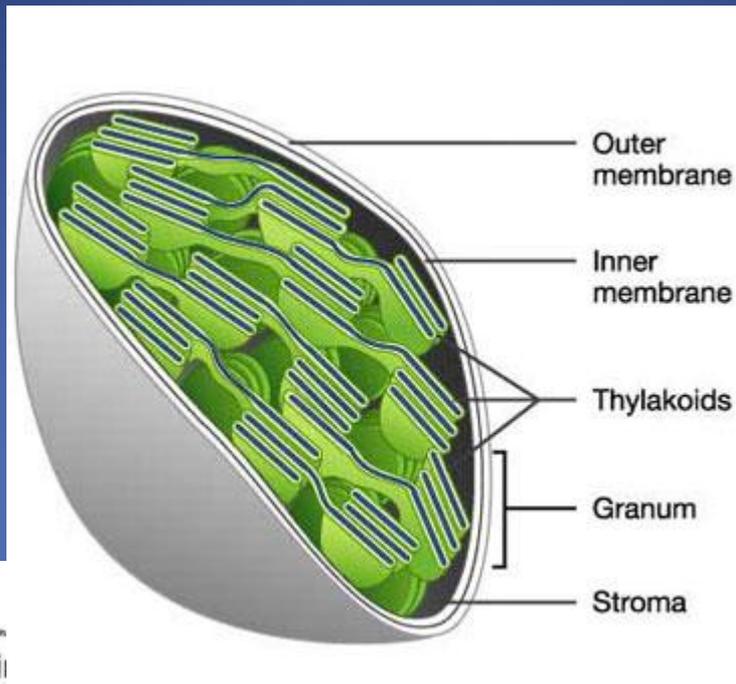


# Автотрофный тип обмена веществ



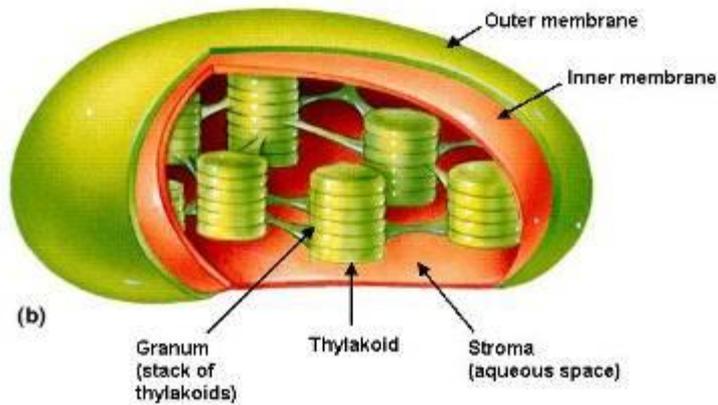
Фотосинтез - преобразование световой энергии в энергию химических связей.

Автотрофы – организмы, получающие энергию (питаются) за счет неорганических соединений.



Handy Moore, Eberle Clark, and Derrick Voelppel

### Three-di Chloroplast Membranes

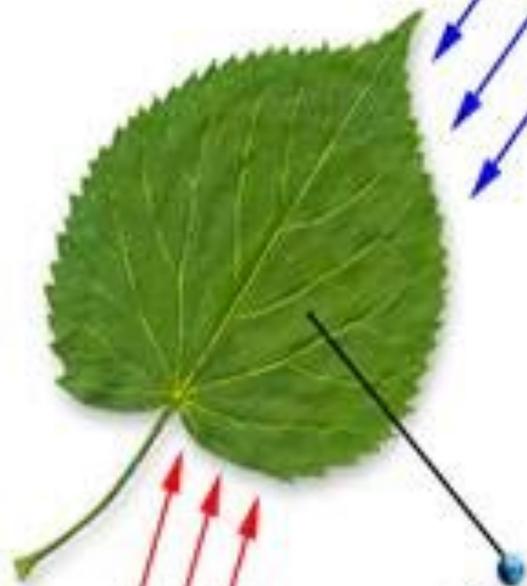


# ФОТОСИНТЕЗ

Процесс превращения энергии солнечных лучей в энергию химических связей, протекающий в зеленых листьях растений.



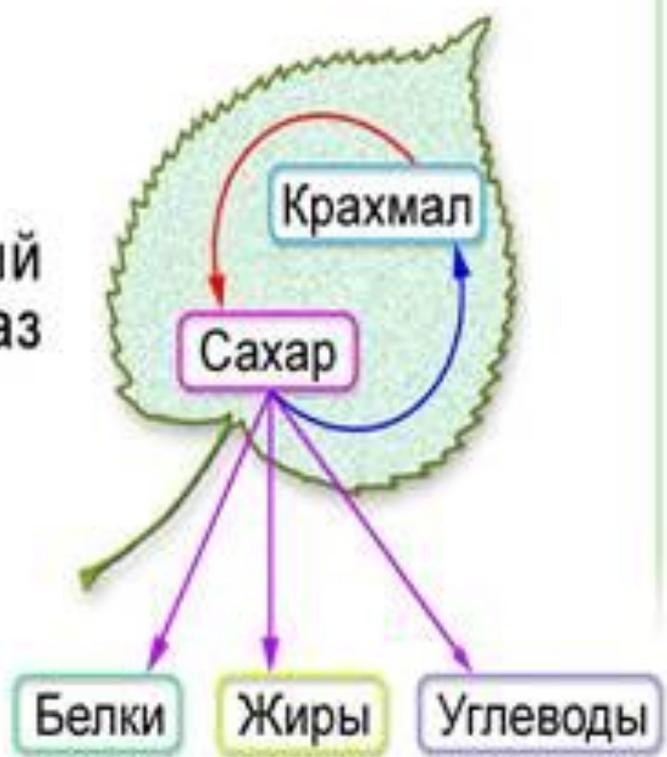
# Фотосинтез



Углекислый газ

Вода

Органические вещества



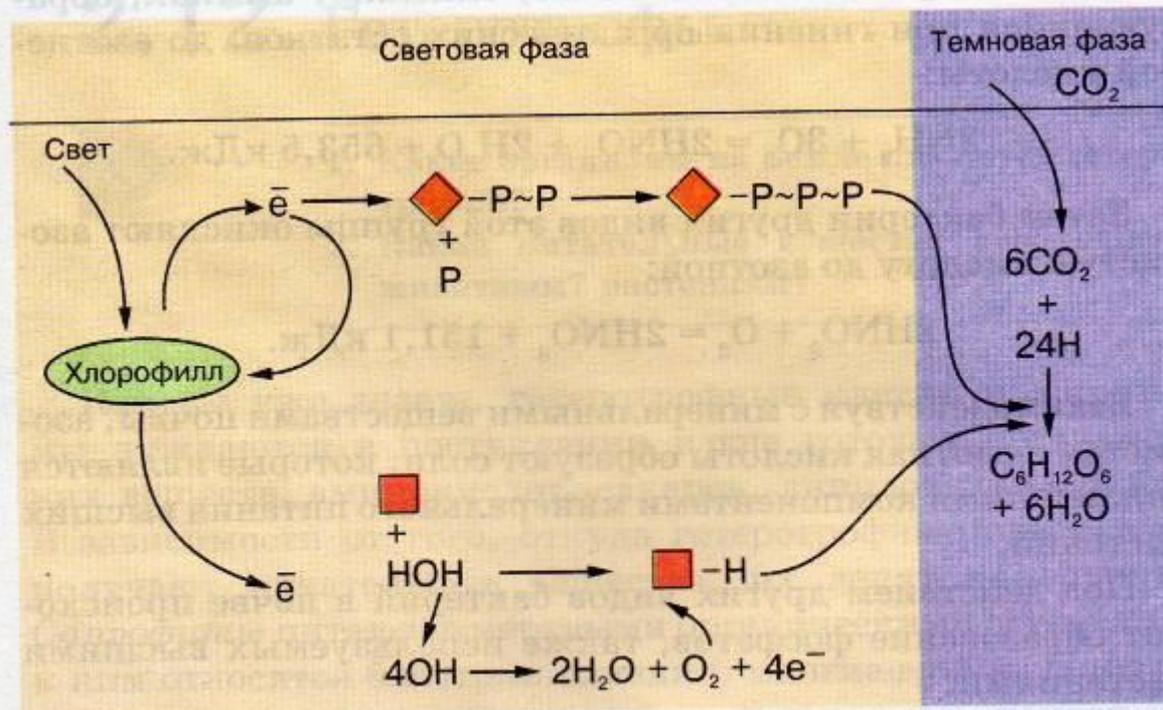
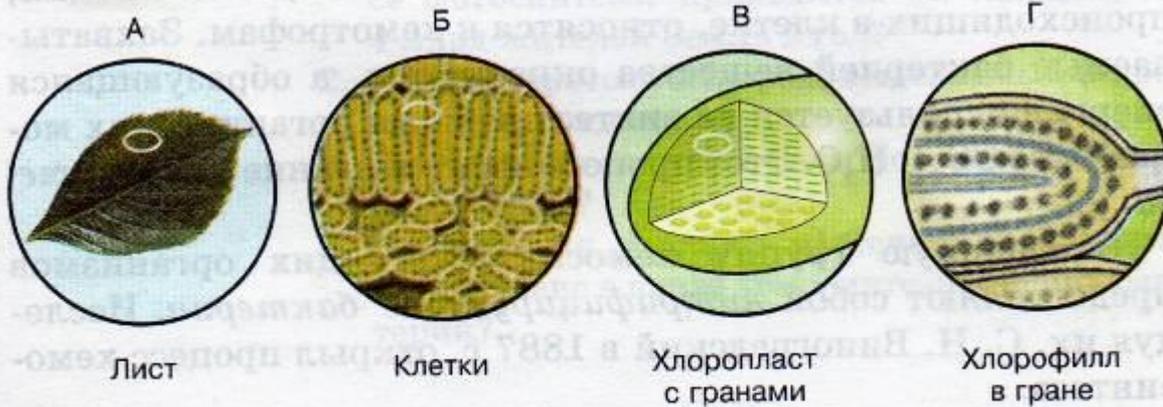
Крахмал

Сахар

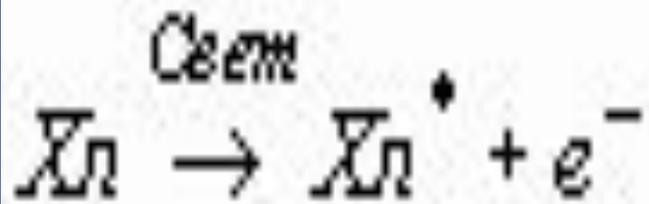
Белки

Жиры

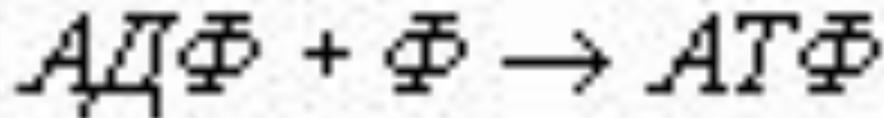
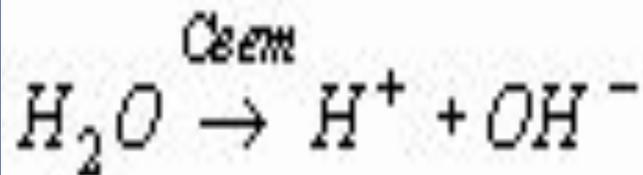
Углеводы



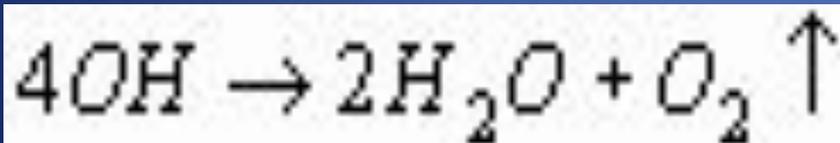
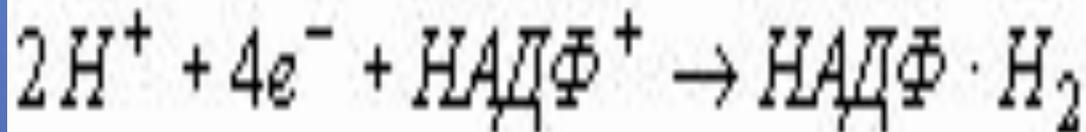
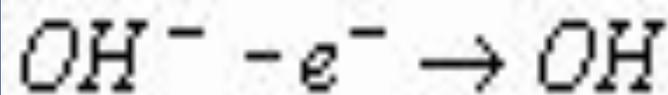
# Световая фаза

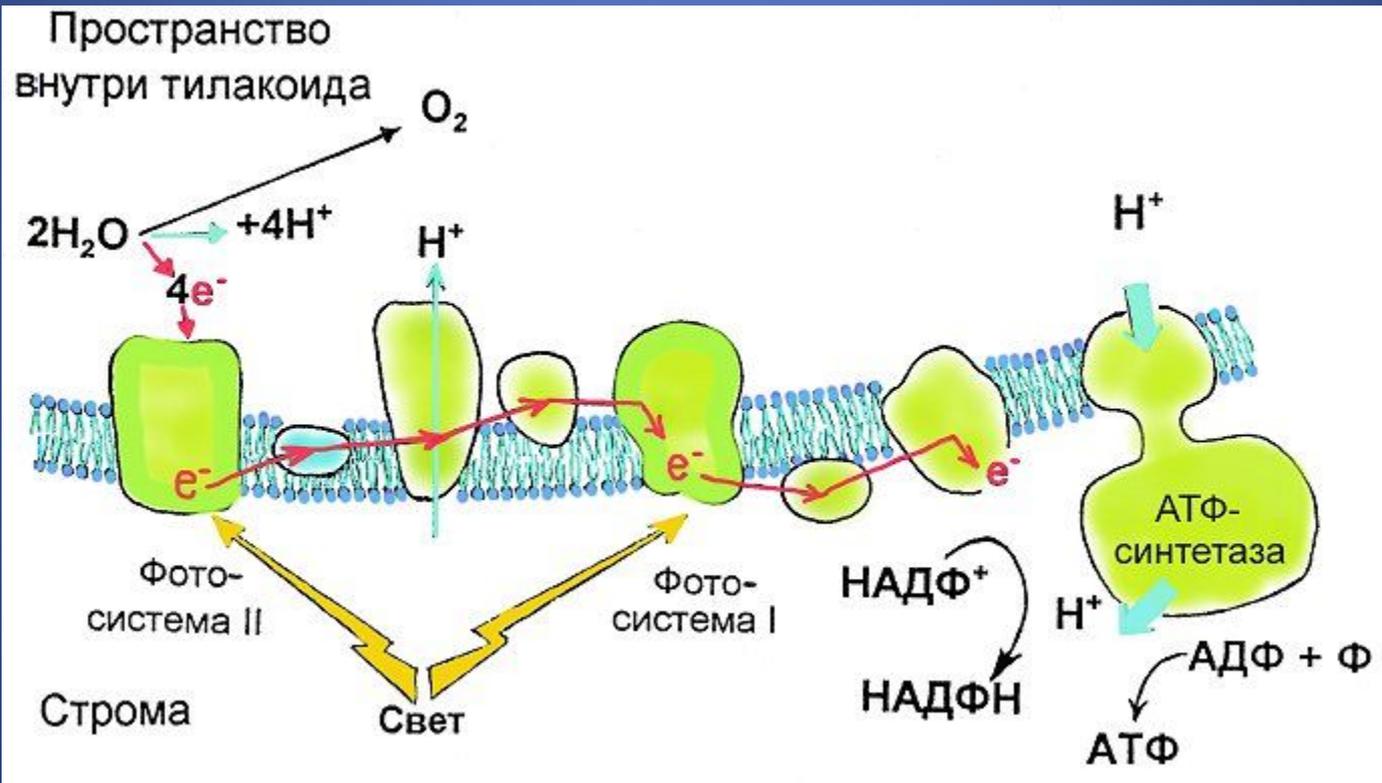


$$(\Delta\varphi = 200 \text{ мВ})$$

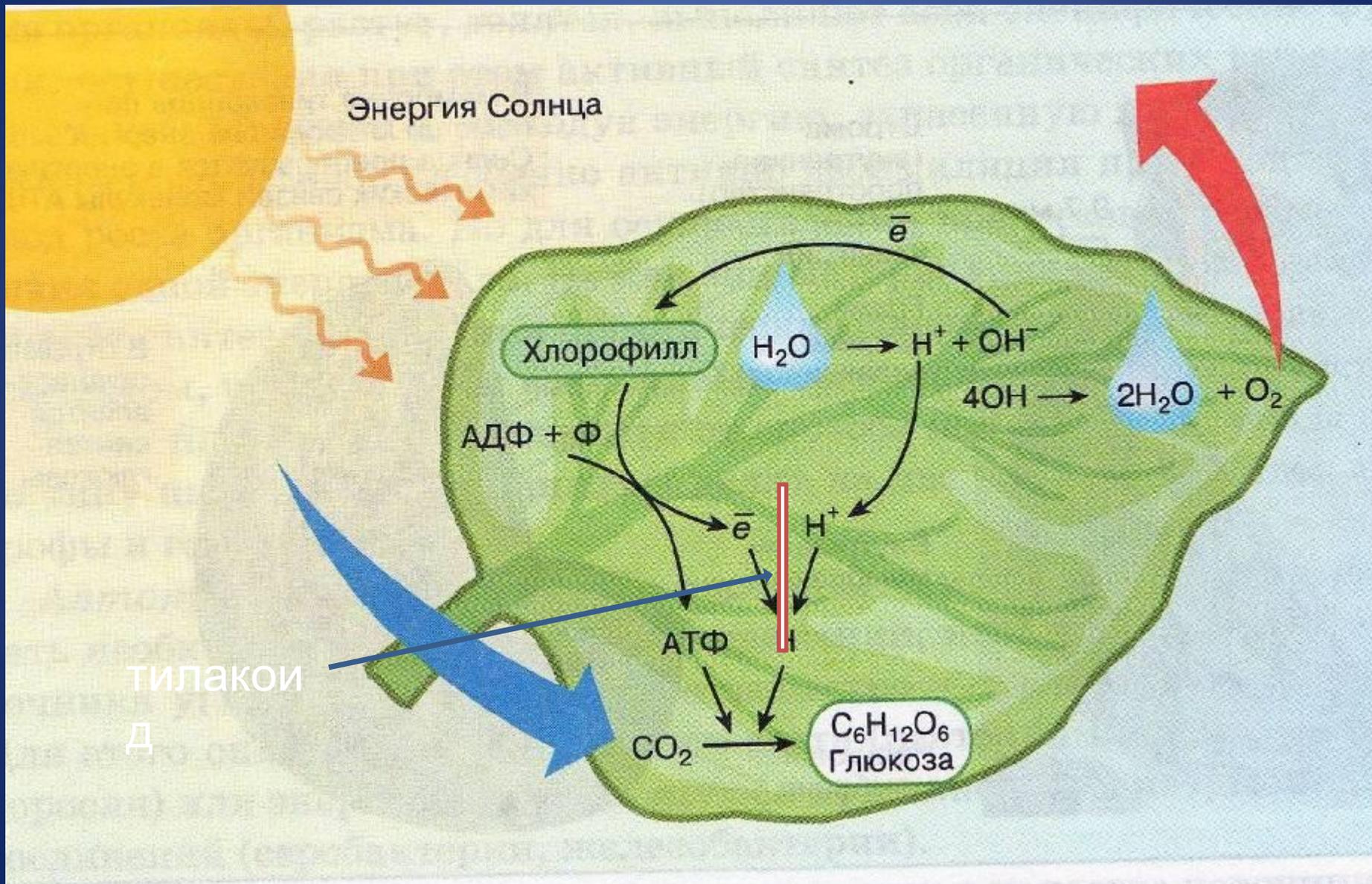


ФОТОЛИЗ ВОДЫ



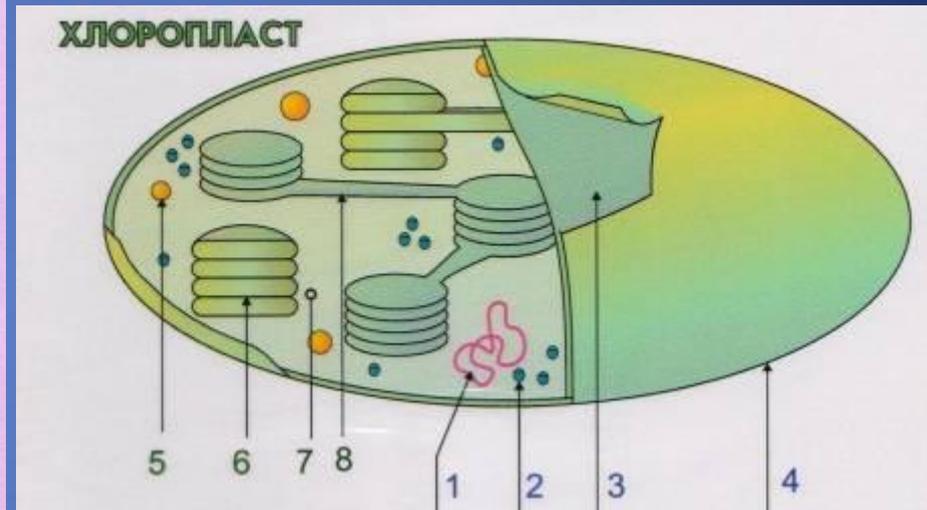
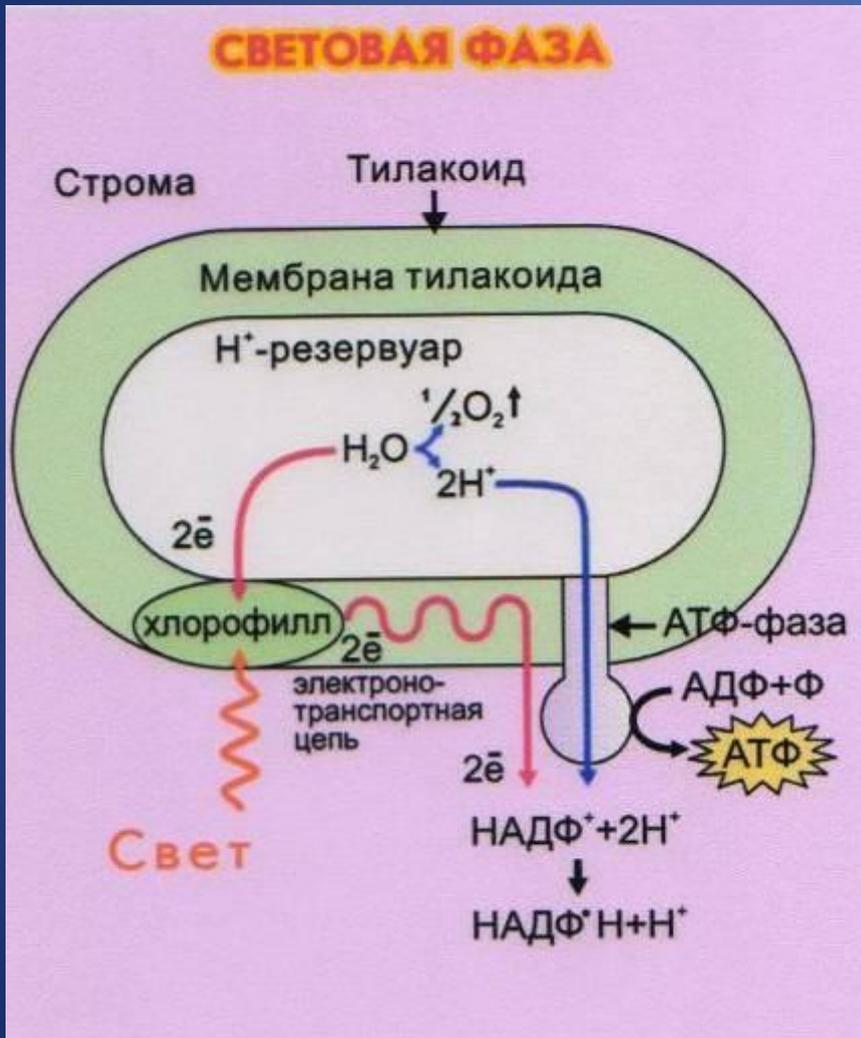


# Световая стадия



# 1 этап:

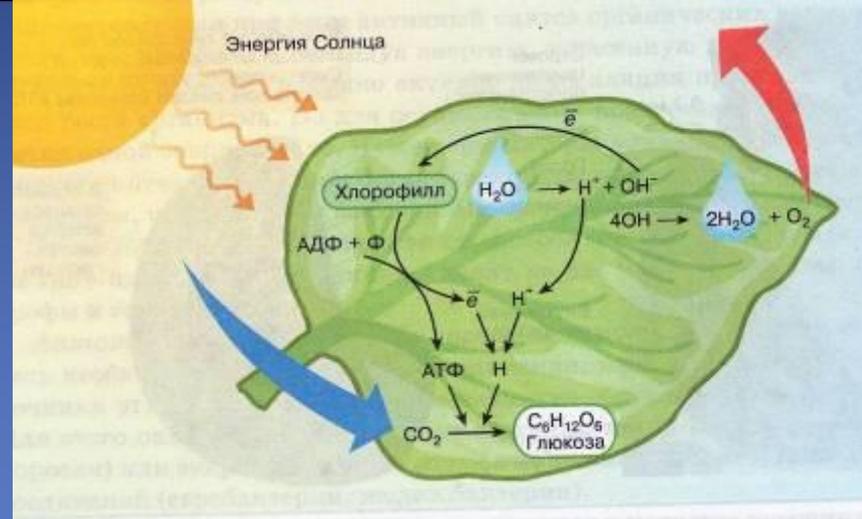
- В хлоропластах образуется энергии в 30 раз больше, чем в митохондриях



- 1 - ДНК
- 2 - Рибосомы
- 3 - Внутренняя мембрана
- 4 - Наружняя мембрана
- 5 - Гранулы крахмала

- 6 - Тилакоиды, упакованные в граны
- 7 - Строма
- 8 - Ламелла
- 9 - Кристы
- 10 - Матрикс

# Световая стадия



1. а) хлорофилл  $\xrightarrow{\text{свет}}$  Хлорофилл + e

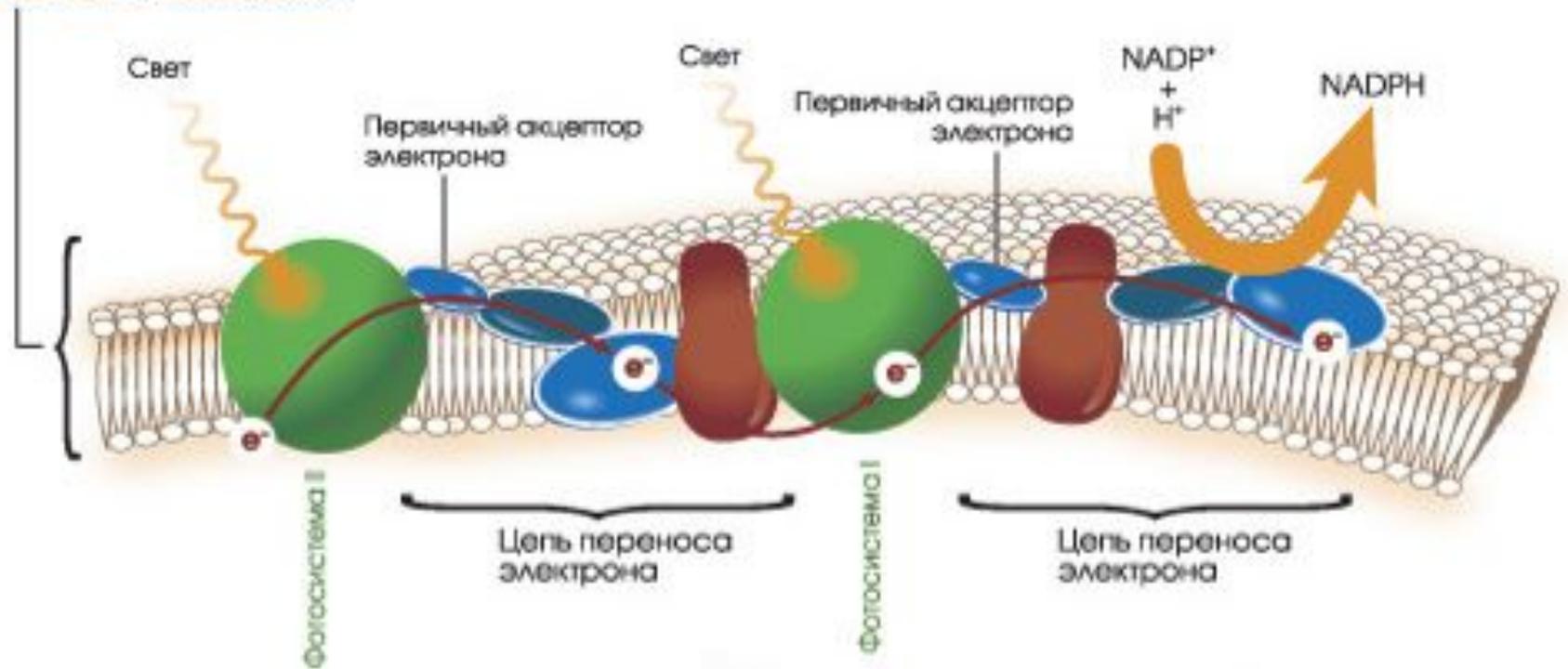
б) белки – переносчики переносят e на наружную поверхность тилакоида

в) фотолиз воды:



г) электрон гидроксида возвращается к молекуле хлорофилла

## МЕМБРАНА ТИЛАКОИДА



**6.** В листьях зеленых растений все компоненты фотосинтетического аппарата строго упорядоченно расположены в мембранах особых внутриклеточных частиц – тилакоидов

# Значение фотосинтеза

- Растения всей Земли ежегодно образуют более 100 млрд. тонн органических веществ.
- Ежегодно растения выделяют в атмосферу около 145 млрд. тонн кислорода.
- Затраты кислорода на дыхание человека, животных, растений компенсируются *фотосинтезом.*
- Содержание кислорода в атмосфере в пределах – 21%

4. За счет захвата энергии фотона «возбужденный» электрон приобретает восстановительную мощность около 1 В. Молекула пигмента отдает этот электрон в цепь переносчиков, а сама окисляется. Но не надолго. Ей быстро помогают восстановиться молекулы-партнеры. Потерявший энергию электрон возвращается к молекуле пигмента.

5. Молекулы пигмента работают не в одиночку: сотни таких частиц организованы в светособирающие антенны

