

# ▶ Фотосинтез

ЕГЭ, Обмен веществ и превращения энергии

Фотосинтез — это процесс образования органических соединений из диоксида углерода (  $\text{CO}_2$  ) и воды (  $\text{H}_2\text{O}$  ) с использованием энергии света.

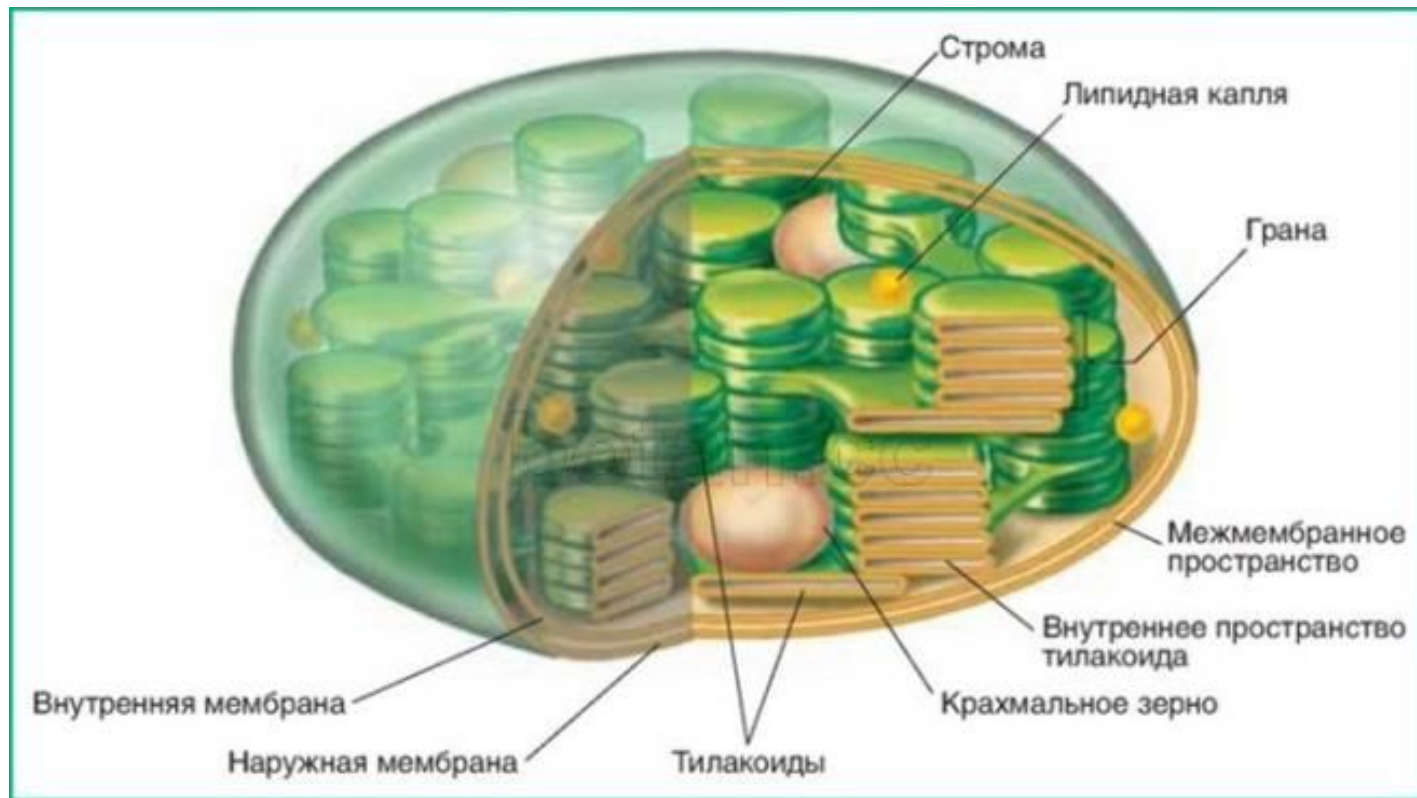
- ▶ Фотосинтез — важнейший процесс, лежащий в основе возникновения и существования подавляющего большинства организмов на Земле.



Процессы фотосинтеза идут в тканях, содержащих хлоропласты, – преимущественно, в листе, на который приходится большая часть процессов фотосинтеза. Такая ткань называется **хлоренхима, или мезофилл.**

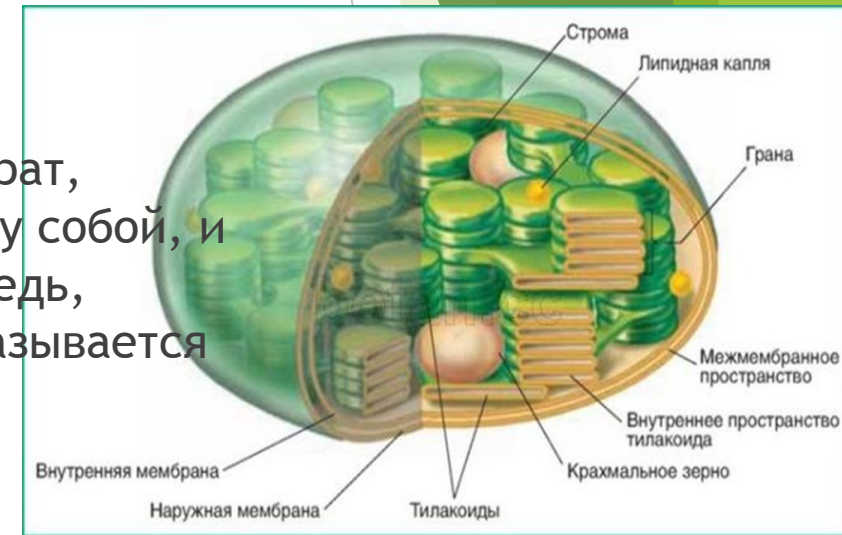
### Строение хлоропластов

Чтобы понять, что происходит в растении при фотосинтезе, изучим подробнее хлоропласты. Хлоропласты – это особые пластиды растительных клеток, в которых происходит фотосинтез. Основные элементы структурной организации хлоропластов высших растений представлены на рис.1.



- ▶ Хлоропласт — это **двумембранный органоид**. Внешняя мембрана проницаема для большинства органических и неорганических соединений. Она содержит специальные **транспортные белки**, благодаря которым нужные для работы хлоропласта пептиды и другие вещества попадают в него из цитоплазмы. Внутренняя мембрана обладает избирательной проницаемостью и способна контролировать, какие именно вещества попадут во внутреннее пространство хлоропласта.

- ▶ Для хлоропластов характерна сложная система внутренних мембран, позволяющая пространственно организовать фотосинтетический аппарат, упорядочить и разделить реакции фотосинтеза, несовместимые между собой, и их продукты. Мембраны образуют тилакоиды, которые, в свою очередь, собираются в «стопки» — **граны**. Пространство внутри тилакоидов называется **внутритилакоидным пространством, или люменом**.



- ▶ Внутреннее пространство хлоропласта между гранами заполняет **строма** — гидрофильный слабоструктурированный матрикс. В строме содержатся необходимые для реакций синтеза сахаров ферменты, а также рибосомы, кольцевая молекула ДНК, крахмальные зёрна.

- ▶ Химический состав хлоропластов: воды -  $\approx 75\%$ ;  $\approx 75-80\%$  общего количества сухих веществ составляют орг. соединения,  $20-25\%$  - минеральные. Структурной основой хлоропластов являются белки ( $50-55\%$  сухой массы), - половина из них составляют водорастворимые белки.
- ▶ Источник углерода (  $\text{CO}_2$  ) растение получает из воздуха через устьица.

# Как уже было сказано ранее, в ходе фотосинтеза в хлоропластах под действием солнечного света образуются органические вещества.

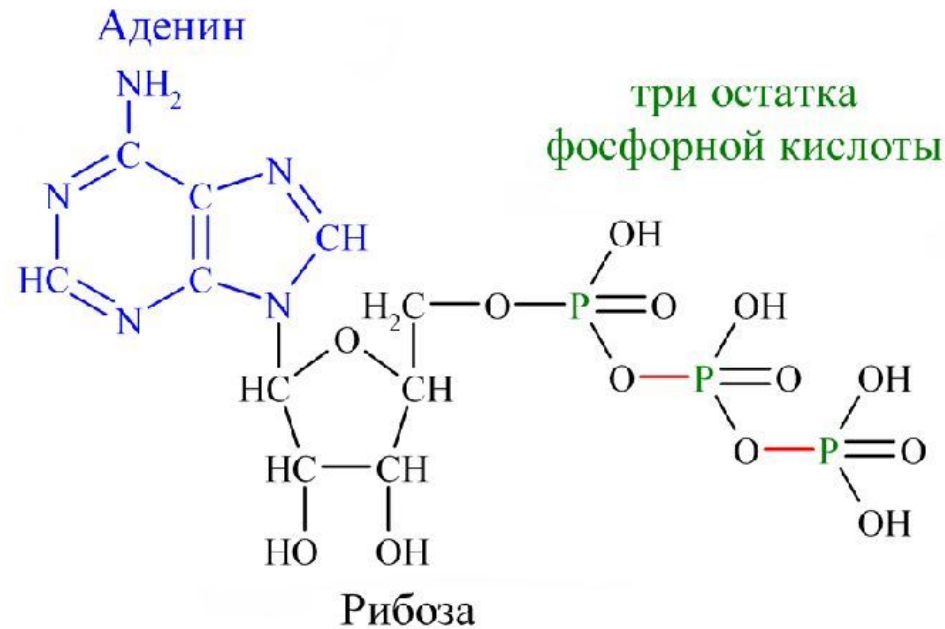
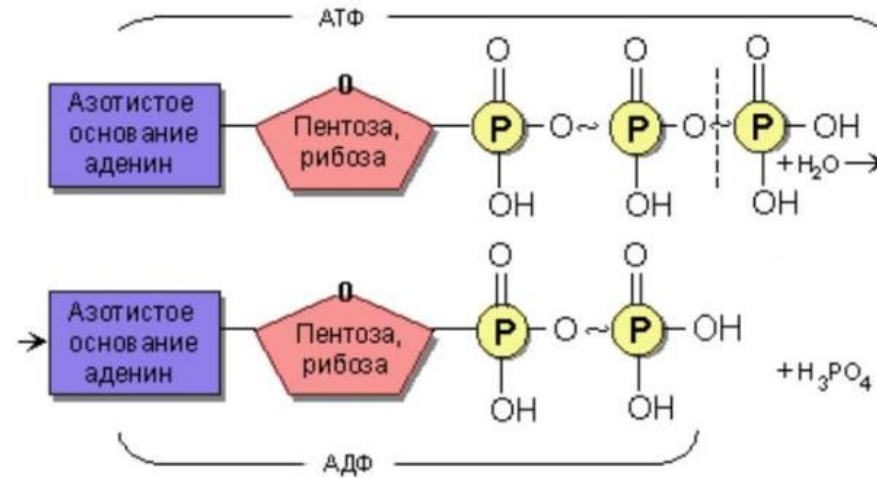
- ▶ Процесс фотосинтеза можно разделить на две фазы:
- ▶ 1. Световая (Свето-зависимые реакции, стадии нуждаются в фотонах).
- ▶ 2. Темновая (Цикл Кальвина) (для этой стадии не нужны фотоны).
- ▶ В ходе световой фазы фотосинтеза образуется энергия в виде АТФ и универсальный донор атома водорода — восстановитель НАДФН (НАДФ·Н<sub>2</sub>). Эти вещества необходимы для протекания темновой фазы. Также образуется побочный продукт — кислород. Световая фаза может проходить только на мембранах тилакоидов и на свету.
- ▶ Благодаря сложному биохимическому процессу — циклу Кальвина — в темновую фазу фотосинтеза образуются органические вещества (сахара). Темновая фаза проходит в строме хлоропластов и на свету, и в темноте. Темновые ферментативные процессы протекают медленнее, чем световые, поэтому при очень ярком освещении скорость протекания фотосинтеза будет полностью определяться скоростью темновой фазы. Схемы процессов фотосинтеза представлены на рис.2.



## Структура АТФ. Превращение АТФ в АДФ

### ▶ АТФ

- ▶ Аденозинтрифосфатсинта́за (АТФ-синтаза, АТФ-фосфогидролаза) – группа ферментов, относящихся к классу гидролаз, синтезирующих аденозинтрифосфат (АТФ) из аденозиндифосфата (АДФ) и неорганических фосфатов.

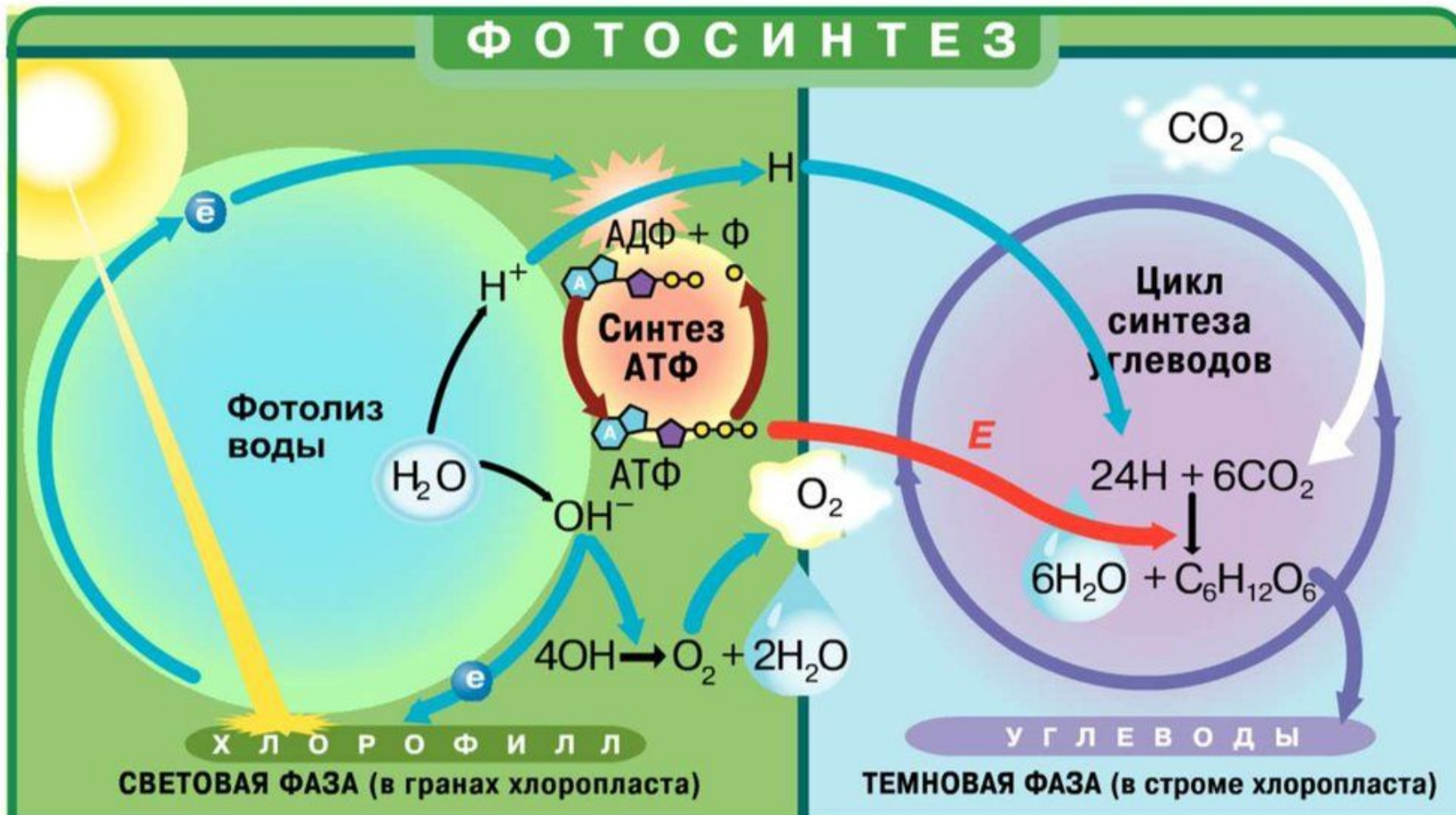


- ▶ **НАД (никотинамид аденин динуклеотид) и НАДП (никотинамид аденин динуклеотид фосфат)** являются наиболее распространенными типами коферментов внутри клетки, которые используются в качестве переносчиков



# Этапы фотосинтеза

## ФОТОСИНТЕЗ

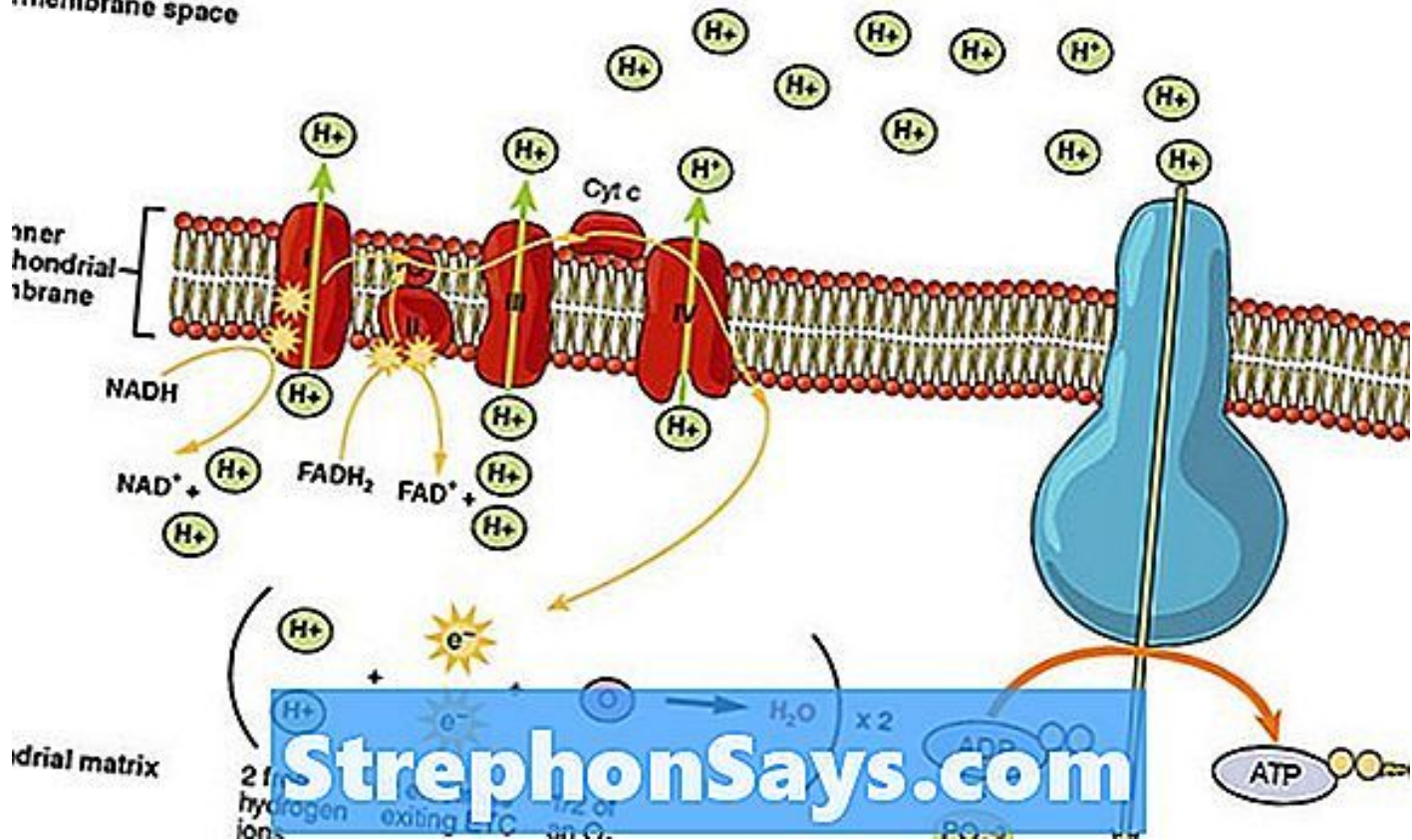


■ ATP synthase

intermembrane space

inner mitochondrial membrane

mitochondrial matrix



## 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	$12\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{энергия света}} 6\text{O}_2 + 24\text{H}^+ + 24\bar{e}$
Образование восстановителя	$12\text{НАДФ}^+ + 24\text{H}^+ + 24\bar{e} \xrightarrow{\text{энергия света}} 12\text{НАДФ} \cdot \text{H}_2$
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	$6\text{CO}_2 + 12\text{НАДФ} \cdot \text{H}_2 + 18\text{АТФ} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 12\text{НАДФ}^+ + 18\text{АДФ} + 18\text{Ⓢ} + 6\text{H}_2\text{O}$



▶ **Значение фотосинтеза**

- ▶ В процессе фотосинтеза энергия света заключается в энергию химических связей органических веществ. Поэтому фотосинтез служит первичным источником почти всей энергии, используемой живыми организмами в процессе жизнедеятельности. Практически все живые организмы, за исключением хемосинтетиков, так или иначе пользуются теми продуктами, что выделяются при фотосинтезе.
- ▶ За счёт фотосинтеза сформировалась и поддерживается пригодная для дыхания атмосфера с высоким содержанием кислорода.
- ▶ Фиксация углекислого газа в ходе фотосинтеза служит главным местом входа неорганического углерода в биогеохимический цикл. Также ассимиляция CO<sub>2</sub> препятствует перегреву Земли, предотвращая парниковый эффект.

## Заключение

- ▶ Каждый год на нашей планете благодаря фотосинтезу производится около 200 миллиардов тонн кислорода, из которого образуется озоновый слой, защищающий от ультрафиолетовой радиации. Фотосинтез помогает поддерживать состав атмосферы и препятствует увеличению количества углекислого газа. Без растений и кислорода, который они выделяют в процессе фотосинтеза, жизнь на нашей планете была бы просто невозможна.

Задания из ЕГЭ

Задания ДЗ № 1307

- ▶ Энергия солнечного света преобразуется в химическую энергию в клетках
- ▶ 1) фототрофов
- ▶ 2) хемотрофов
- ▶ 3) гетеротрофов
- ▶ 4) сапротрофов

## Пояснение.

- ▶ Это происходит в процессе фотосинтеза у фототрофных организмов.



## Задания ДЗ № 1322

- ▶ В процессе **хемосинтеза**, в отличие от фотосинтеза,
- ▶ 1) образуются органические вещества из неорганических
- ▶ 2) используется энергия окисления неорганических веществ
- ▶ 3) органические вещества расщепляются до неорганических
- ▶ 4) источником углерода служит углекислый газ

## Пояснение

- ▶ В процессе фотосинтеза используется энергия солнечного света, а в хемосинтезе - энергия разложения (окисления) не органических веществ.
- ▶ 1 и 4 ответы — это сходство фотосинтеза и хемосинтеза

## Задания ДЗ № 2601

- ▶ Световая фаза фотосинтеза происходит на мембранах
- ▶ 1) эндоплазматической сети
- ▶ 2) комплекса Гольджи
- ▶ 3) гран хлоропластов
- ▶ 4) митохондрий

## Пояснение.

- ▶ Фотосинтез идет только в хлоропластах, на внутренней мембране встроен хлорофилл, главный компонент для фотосинтеза, поэтому световая фаза идет на гранах хлоропластов.
- ▶ 3 ответ...

## Задания ДЗ № 2602

- ▶ Процесс фотосинтеза следует рассматривать как одно из важных звеньев круговорота углерода в биосфере, так как в ходе его
- ▶ 1) растения вовлекают углерод из неживой природы в живую
- ▶ 2) растения выделяют в атмосферу кислород
- ▶ 3) организмы выделяют углекислый газ в процессе дыхания
- ▶ 4) промышленные производства пополняют атмосферу углекислым газом

## Пояснение.

- ▶ Растения берут из воздуха в процессе фотосинтеза углекислый газ, т. е. вовлекают углерод из неживой природы.
- ▶ 1 ответ...

## Задания ДЗ № 2605

- ▶ В процессе фотосинтеза происходит
- ▶ 1) синтез углеводов и выделение кислорода
- ▶ 2) испарение воды и поглощение кислорода
- ▶ 3) газообмен и ассимиляция жиров
- ▶ 4) выделение углекислого газа и ассимиляция белков



## Пояснение.

- ▶ В процессе фотосинтеза образуются углеводы из углекислого газа и воды с выделением кислорода.
- ▶ 1 ответ

# Задания ДЗ № 2606

- ▶ В реакциях темновой фазы фотосинтеза участвуют
  - ▶ 1) углекислый газ, АТФ и НАДФН<sub>2</sub>
  - ▶ 2) оксид углерода, атомарный кислород и НАДФ<sup>+</sup>
  - ▶ 3) молекулярный кислород, хлорофилл и ДНК
  - ▶ 4) вода, водород и тРНК

## Пояснение.

- ▶ В световой фазе накапливается энергия и переносчики H, а в темновой - из воздуха акцептируется углекислый газ, из которого и образуется глюкоза.
  
- ▶ Ответ: 1

# Фотосинтез (видео .....)

## | Фотосинтез | Биология

▶ [https://youtu.be/STAyCuDYC\\_Q](https://youtu.be/STAyCuDYC_Q)

<https://ru.strephonsays.com/difference-between-nadh-and-nadph>

# Фотосинтез. Биология для школьников. Видео.....

- ▶ [https://yandex.ru/video/preview?text=%D1%84%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B7%20%D1%8D%D1%82%D0%BE%20%D0%B2%20%D0%B1%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8&path=wizard&parent-reqid=1606644083828035-534925535605470403300163-production-app-host-vla-web-yp-169&wiz\\_type=vital&filmId=3188192195408056472](https://yandex.ru/video/preview?text=%D1%84%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B7%20%D1%8D%D1%82%D0%BE%20%D0%B2%20%D0%B1%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8&path=wizard&parent-reqid=1606644083828035-534925535605470403300163-production-app-host-vla-web-yp-169&wiz_type=vital&filmId=3188192195408056472)