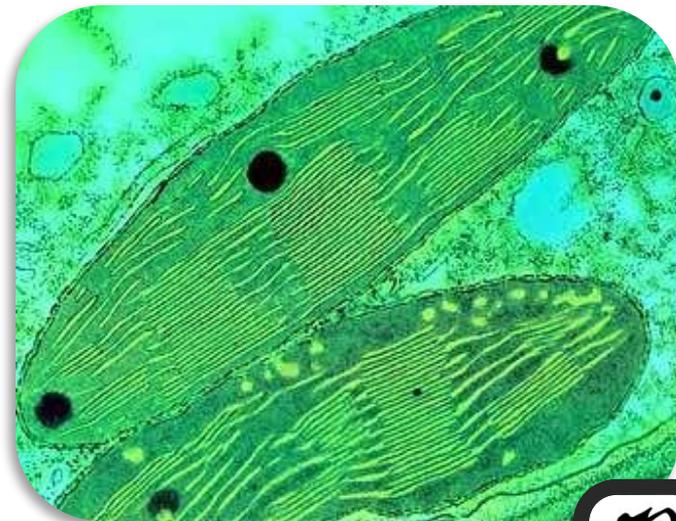




Сдаем ГИА, ЕГЭ



Биосинтез углеводов

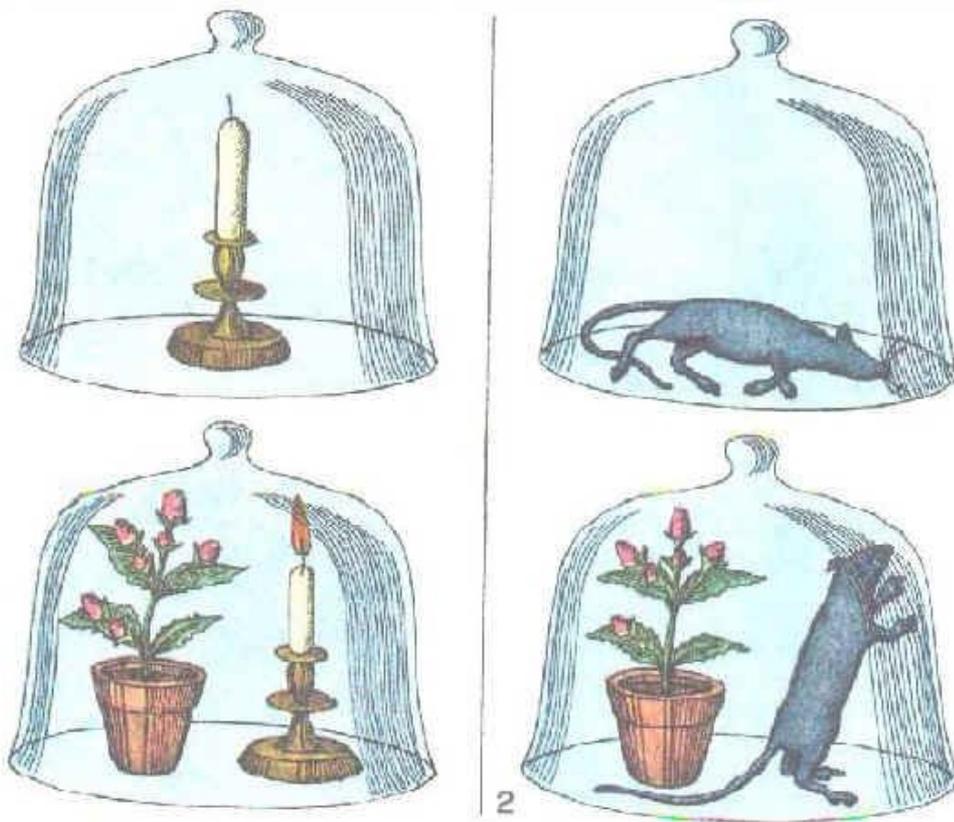
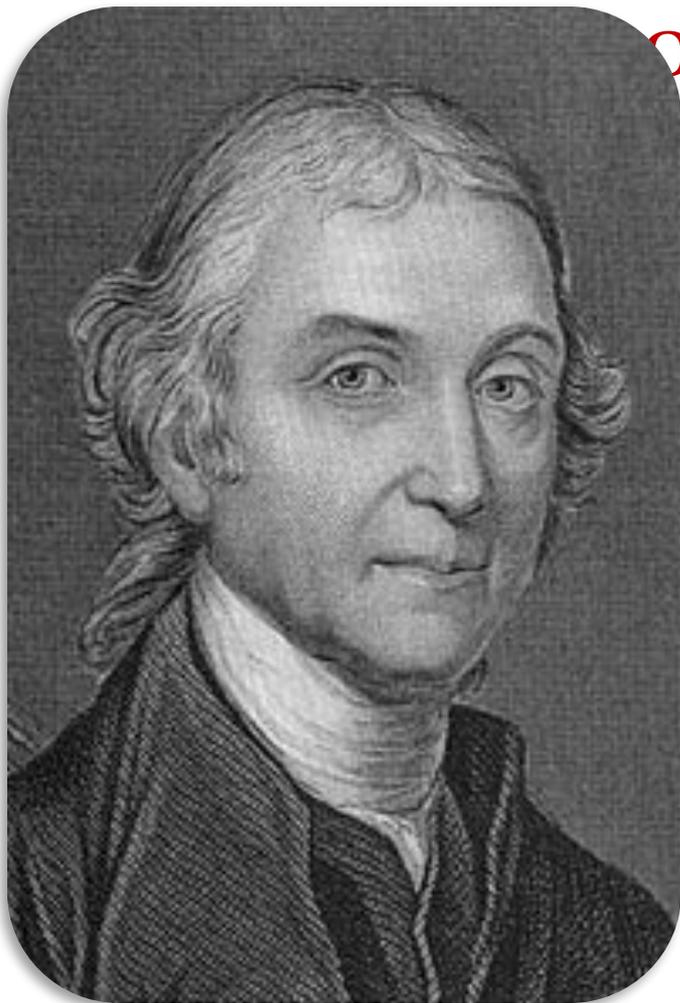


Автор Курская С.В., учитель биологии высшей категории
МБОУ гимназии № 116 г.Санкт-Петербурга



История открытия фотосинтеза

Опыт Джозефа Пристли (1772 год)



Первым обнаружил, что растения выделяют кислород, английский химик и философ Джозеф Пристли около 1770. В



Словарь

БИОСИНТЕЗ (греч. *bios* – «жизнь»; *synthesis* – «соединение») - реакции синтеза органических веществ, происходящие в живых клетках с помощью ферментов и внутриклеточных структур, называют

ФОТОСИНТЕЗ — синтез органических веществ из углекислого газа и воды с обязательным использованием энергии света

ФОТОТРОФЫ — организмы, использующие фотосинтез



Организмы (по способу питания)

Автотрофы

Могут синтезировать
из простых
неорганических
соединений
сложные органические
вещества

Гетеротрофы

Используют в качестве
пищи готовые
органические вещества

Миксотрофы

Имеют смешанный тип
питания



Пигменты локализованы в мембранах хлоропластов, и хлоропласты обычно располагаются в клетке так, чтобы их мембраны находились под прямым углом к источнику света (максимальное поглощение света).

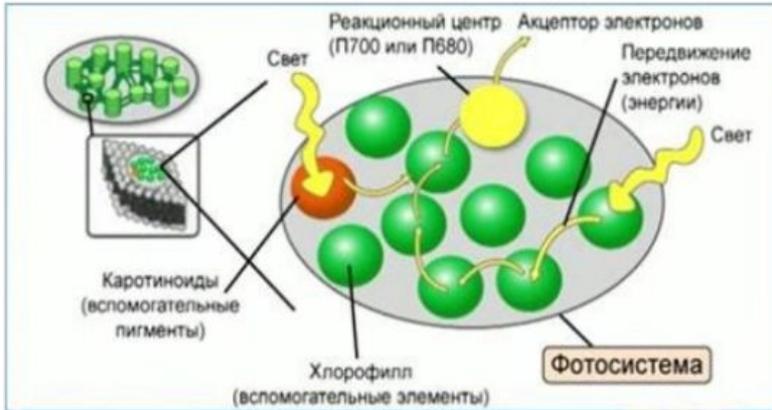
Фотосинтетические пигменты

Хлорофиллы

Функция: поглощать свет и превращать его энергию в химическую энергию.

Каротиноиды

Строение фотосистемы и антенного комплекса собирающих свет пигментов



Хлорофилл *a* — единственный пигмент, который имеется у всех фотосинтезирующих растений и играет у них центральную роль в фотосинтезе.

Хлорофилл *b* и **каротиноиды** используются как дополнительные пигменты фотосинтеза и позволяют улавливать свет в более широком диапазоне длин волн, то есть выполняют **антенную функцию**.

Существует несколько разных типов хлорофилла (*a*, *b*, *c*, *d*), главным является хлорофилл *a*.

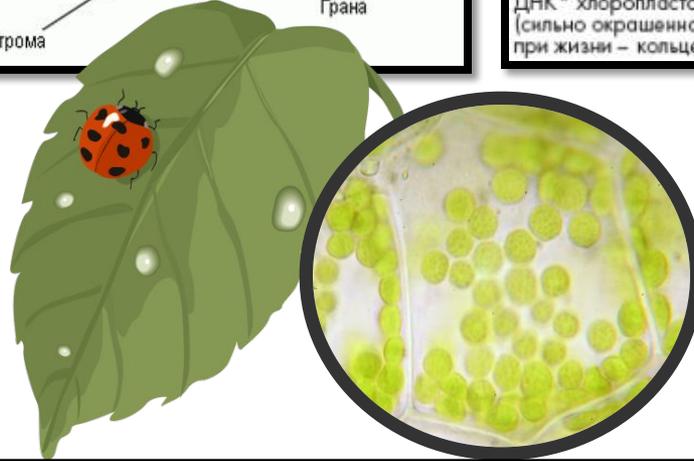
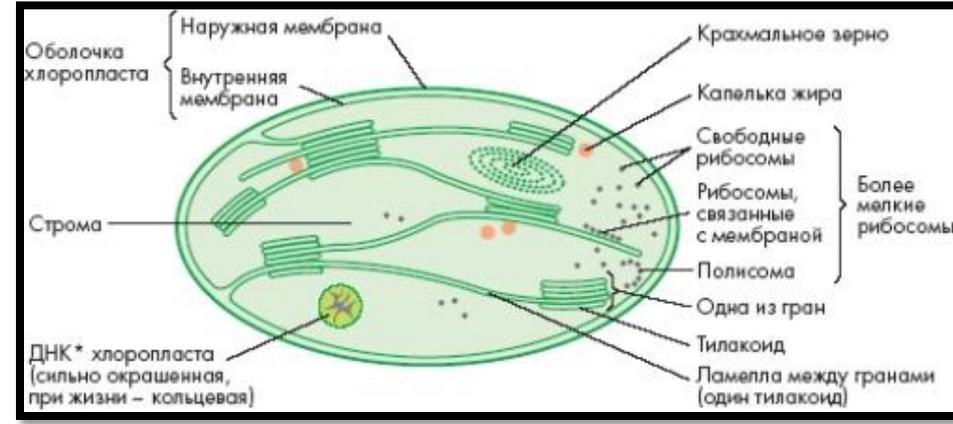
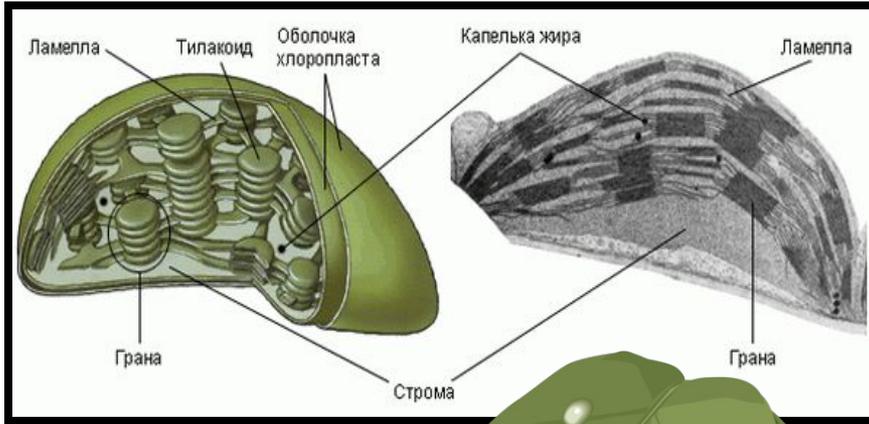


Фотосинтетические пигменты

<i>Класс пигментов и примеры</i>	<i>Цвет</i>	<i>Распространение</i>
Хлорофиллы		
Хлорофилл <i>a</i>	Желто-зеленый	У всех фотосинтезирующих организмов, кроме фотосинтезирующих бактерий
Хлорофилл <i>b</i>	Сине-зеленый	У высших растений и зеленых водорослей
Хлорофилл <i>c</i>	Зеленый	У бурых водорослей и некоторых одноклеточных водорослей, включая диатомовые
Хлорофилл <i>d</i>	Зеленый	У некоторых красных водорослей
Бактериохлорофиллы <i>a-d</i>	Бледно-синий	У фотосинтезирующих бактерий
Каротиноиды (каротины и ксантофиллы)		
Каротины		
β-Каротин	Оранжевый	У всех фотосинтезирующих организмов, кроме фотосинтезирующих бактерий
Ксантофиллы (весьма разнообразные)	Все желтые	Фукоксантин придает специфическую окраску бурым водорослям. У него очень широкий спектр поглощения



❖ У растений в фотосинтезе участвует пигмент **хлорофилл**, который содержится в хлоропластах на мембранах **тилакоидов**.

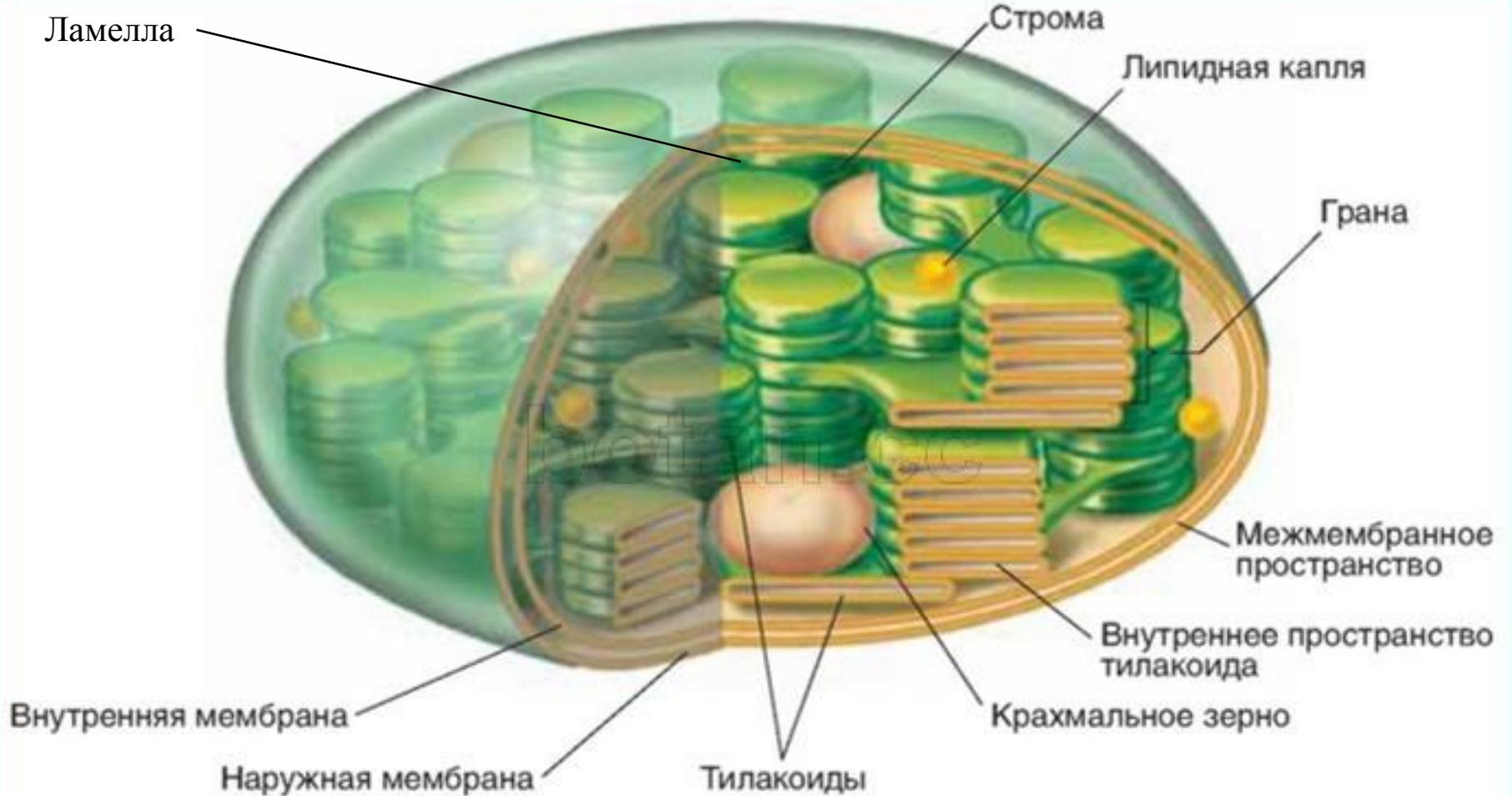


❖ Хлоропласты, как антенны, поглощают кванты света и передают возбуждение в особые реакционные центры. Эти центры находятся в фотосистемах (**фотосистема II** и **фотосистема I**).

❖ В них имеются особые молекулы хлорофилла: Фотосистема I — P700, в фотосистеме II — P680 (т.е. они поглощают свет именно такой длины волны (680 и 700 нм)).



Схема строения хлоропласта



ТИЛАКОИДЫ - выпячивания внутренней мембраны пластид, имеющие вид плоских мешочков

СТРОМА – внутренняя среда хлоропласта.



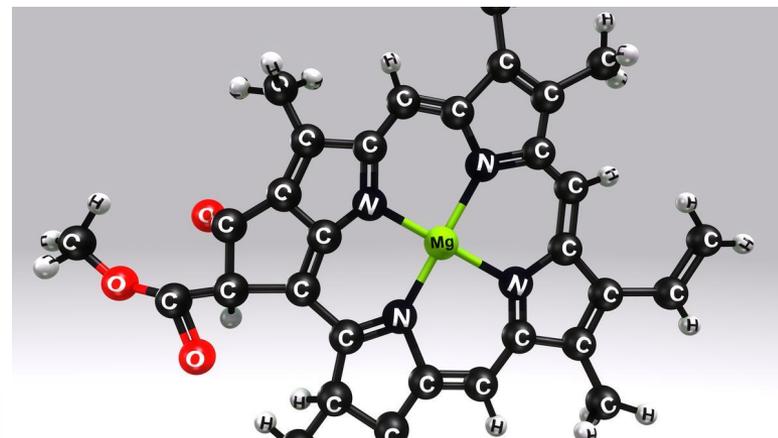
Открытие пигмента хлорофилла



Пьер Жозеф Пеллетье
(1788–1842)



**Жозеф Бьенеме
Каванту**
(1795–1877)

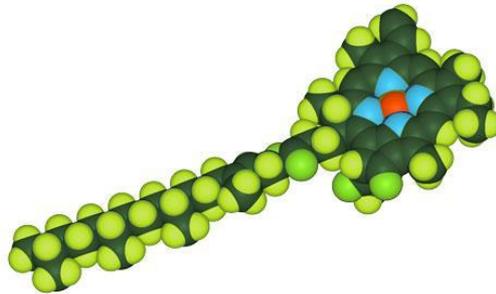


В 1817 французские химики выделили зеленый пигмент **хлорофилл** (по-гречески *σμός* – chloros, зеленый; *juλλn* – phyllon, лист).

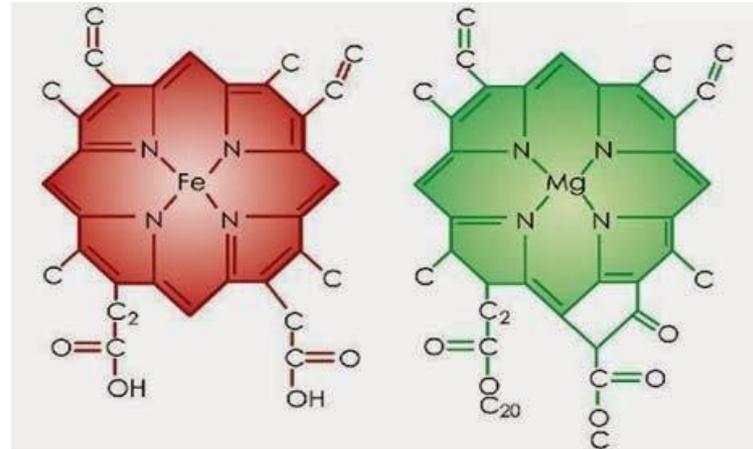


Хлорофилл

- ❖ Умеет поглощать Е солнечного света, переходя в возбужденное состояние.
- ❖ Способность к флуоресценции.
- ❖ Зеленый свет - отражают и потому придают растениям характерную зеленую окраску, если только ее не маскируют другие пигменты.
- ❖ Существует несколько форм этого пигмента, различающиеся расположением в мембране.
- ❖ Каждая отличается по положению максимума поглощения в красной области (например, максимум может быть при 670, 680, 690, 700 нм).



Порфириновое кольцо - плоская пластинка, от которой отходят две органических цепочки, одна - очень длинная, отходит под углом, и с ее помощью хлорофилл крепится к мембранам.



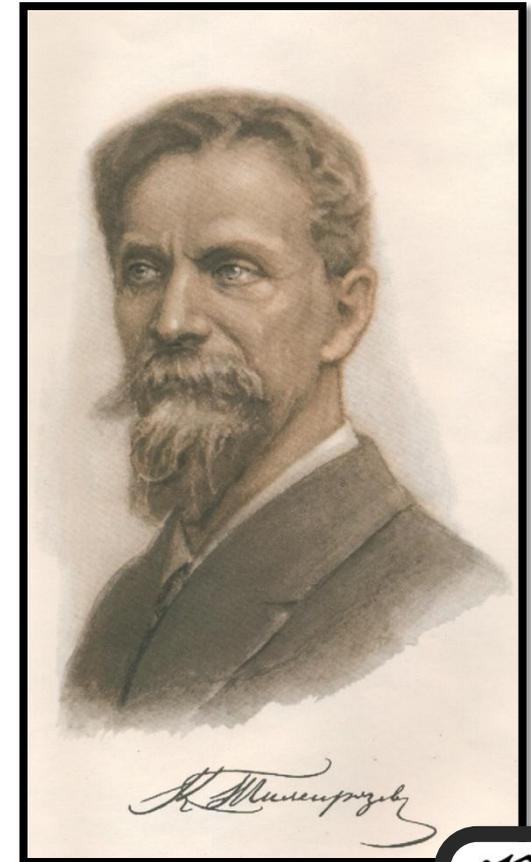
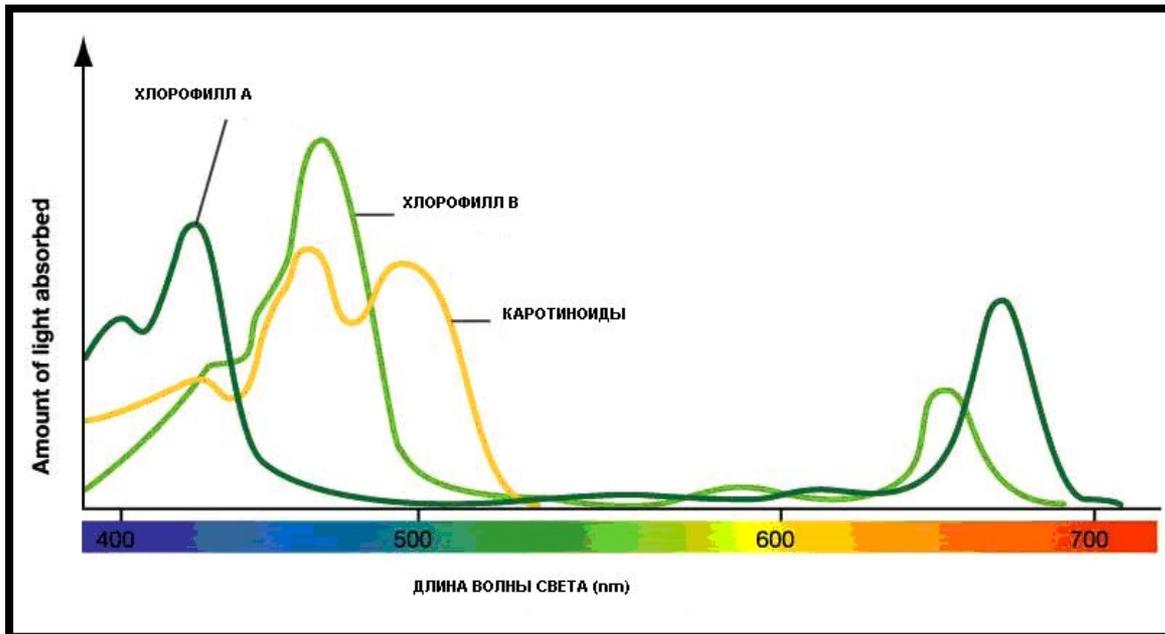
- ❖ По химическому строению хлорофилл напоминает белок крови — гемоглобин. Он имеет такое же **порфириновое кольцо**, только у **гемоглобина** в центре этого кольца находится **атом железа**, а у **хлорофилла** — **магний**.



Хлорофилл

К.А. Тимирязев доказал, что хлорофилл в той же концентрации, что и в листе имеет две линии поглощения – красную и сине-фиолетового спектра. Именно в этом спектре фотосинтез идет более интенсивно.

В хлоропластах содержится очень много молекул хлорофилла, но фотосинтез происходит примерно в 1 % молекул хлорофилла.



Каротиноиды

- ❖ **Каротиноиды** — пигменты желтого, красного и оранжевого цвета.
- ❖ Придают окраску цветкам и плодам растений.
- ❖ Постоянно присутствуют в листьях, но незаметны из-за присутствия хлорофилла.
- ❖ Хорошо видны осенью, когда разрушается хлорофилл (придают листьям желтую и красную окраску).

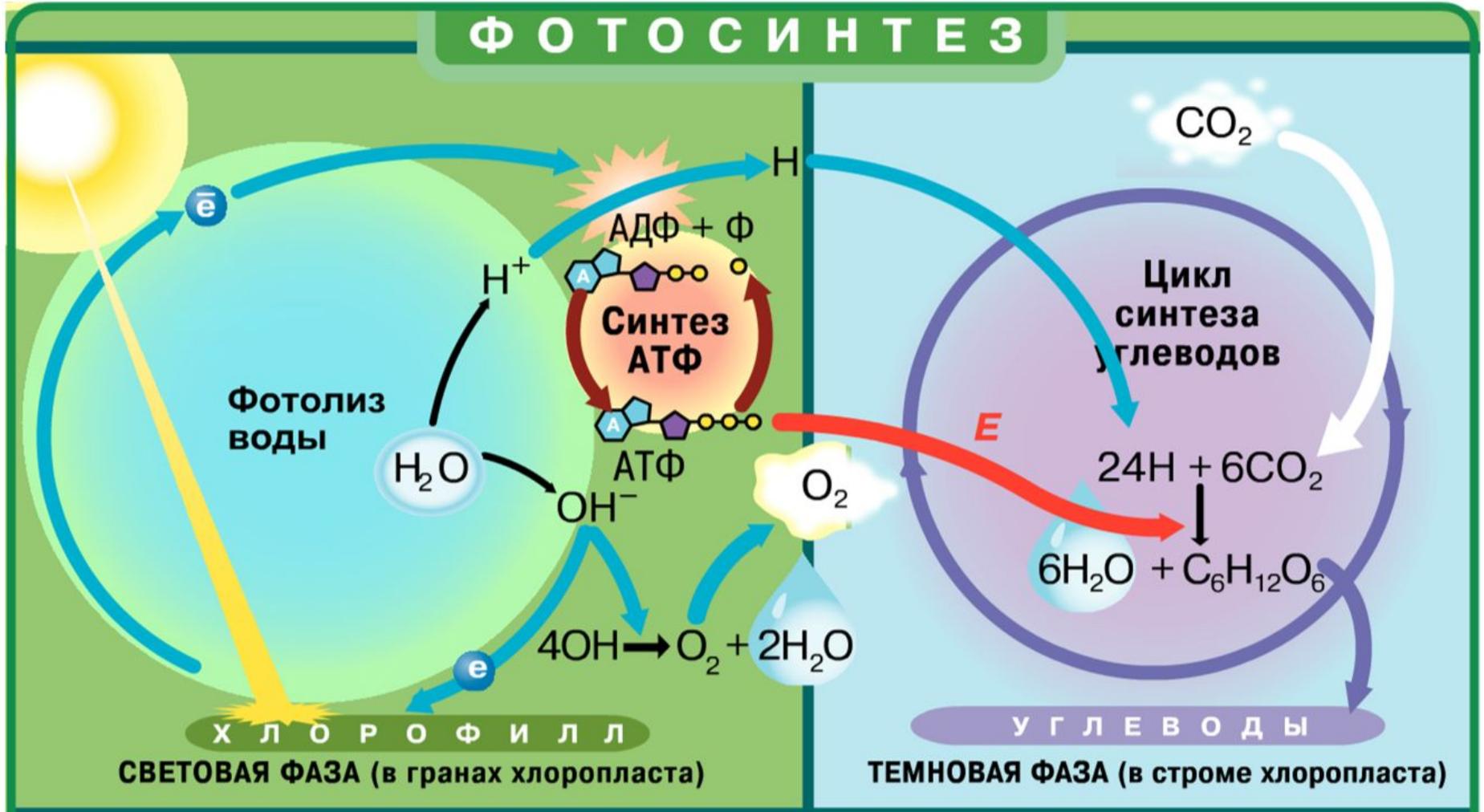
Функции каротиноидов:

- ❖ поглощают солнечный свет (особенно в коротковолновой — сине-фиолетовой — части спектра) и поглощенную энергию передают хлорофиллу;
- ❖ защищают хлорофилл от избытка света и от окисления кислородом, выделяющимся при фотосинтезе.



Этапы фотосинтеза

ФОТОСИНТЕЗ

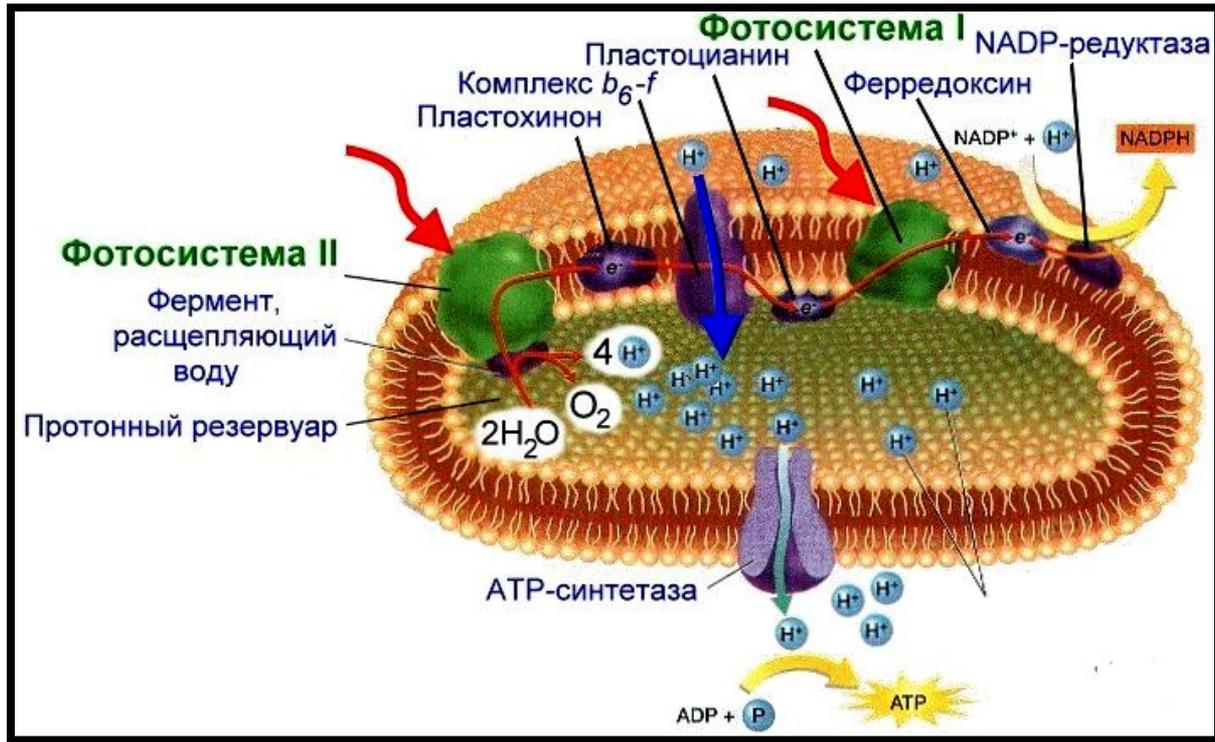


Стадии фотосинтеза

	Световая фаза	Темновая фаза
Где происходит?	В гранах хлоропласта На свету	В строме хлоропласта На свету и в темноте
Основные процессы	Возбуждение хлорофилла, фотолиз воды, восстановление НАДФ, синтез АТФ	Синтез глюкозы из CO_2 путем ряда последовательных сложных ферментативных реакций
Исходные вещества	H_2O НАДФ АДФ	CO_2 НАДФ*Н АТФ
Образующиеся вещества	НАДФ*Н АТФ O_2	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
Источник Е	Свет	АТФ
Вещества, катализирующие реакции фотосинтеза	Ферменты	Ферменты



Фотосистемы



Фотосистема I

- ❖ Фотолиз воды при участии электронов за счет фотореакций $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$
- ❖ Получение НАДФ*Н – восстановителя для темновой фазы

Фотосистема II

- ❖ Синтез АТФ (нециклическое фосфорилирование): $18\text{АДФ} + 18\text{Ф} \rightarrow 18\text{АТФ}$
- ❖ Образование O_2 (побочный продукт фотолиза воды).



• **Задание 20 № 14143**

Существует множество факторов, влияющих на эффективность фотосинтеза у наземных растений. Учёные решили исследовать влияние концентрации углекислого газа CO_2 на рост проростков пшеницы. Проростки растили при трёх различных концентрациях углекислого газа, а эффективность фотосинтеза (измерялась по количеству поглощенного CO_2) определялась при различной интенсивности светового потока. Результаты были занесены в таблицу.

Изучите таблицу 1 и выберите верные ответы

1. При концентрации CO_2 1300 частей на миллион фотосинтез идёт наиболее эффективно.
2. Сила света, при которой эффективность фотосинтеза при 500 частей/миллион перестаёт расти = 10000 люмен.
3. При концентрации CO_2 280 частей/миллион эффективность фотосинтеза не зависит от силы света.
4. Сила света, при которой эффективность фотосинтеза при 500 частей/миллион перестаёт расти = 5000 люмен.
5. При концентрации CO_2 500 частей на миллион фотосинтез идёт наиболее эффективно.

Таблица 1

Количество поглощенного CO_2 (в мкл/мин) при разной концентрации

Световой поток, люмен Концентра- ция CO_2 , частей на миллион	Концентрация CO_2 , частей на миллион				
	0	5000	10000	15000	20000
1300	0	20	41	46	51
500	0	15	27	30	30
280	0	4	4	4	4



Задание 26 № [14143](#)

Скорость фотосинтеза зависит от факторов, среди которых выделяют свет, концентрацию углекислого газа, воду, температуру. Почему эти факторы являются лимитирующими для реакций фотосинтеза?

Раздел: Общая биология. Метаболизм

Источник: ЕГЭ по биологии 30.05.2013. Основная волна. Центр, Урал. Вариант 2.

Задание 25 № [15932](#)

Скорость фотосинтеза зависит от факторов, среди которых выделяют свет, концентрацию углекислого газа, воду, температуру. Почему эти факторы являются лимитирующими для реакций фотосинтеза?

Источник: Демонстрационная версия ЕГЭ—2014 по биологии.

Задание 25 № [12592](#)

В чём состоит связь дыхания и фотосинтеза у растений?

Раздел: Общая биология. Метаболизм

Источник: ЕГЭ по биологии 30.05.2013. Основная волна. Дальний Восток. Вариант 2.



Задание 2 № [21610](#)

Выберите два верных ответа из пяти и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны.

В каких из указанных научных исследований применялся экспериментальный метод?

- 1) исследование растительного мира тундры
- 2) опровержение теории самозарождения Л. Пастером
- 3) создание клеточной теории
- 4) создание модели молекулы ДНК
- 5) исследование процессов фотосинтеза

Источник: СтатГрад биология. 25.10.2016. Вариант 10103

Задание 25 № [12792](#)

В чём состоит связь дыхания и фотосинтеза у растений?

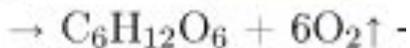
Источник: ЕГЭ по биологии 30.05.2013. Основная волна. Дальний Восток. Вариант 6.

Задание 0 № [2624](#)

В чем состоит космическая роль растений на Земле

- 1) в использовании солнечной энергии в процессе фотосинтеза
- 2) в поглощении из окружающей среды минеральных веществ
- 3) в поглощении из окружающей среды углекислого газа
- 4) в выделении кислорода в процессе фотосинтеза

Задание о № [16361](#)



— это часть реакции

- 1) темновой фазы фотосинтеза
- 2) световой фазы фотосинтеза
- 3) суммарной реакции энергетического обмена
- 4) суммарной реакции фотосинтеза

Источник: МИОО: Диагностическая работа по биологии 03.04.2014 вариант БИ10802.

Задание 23 № [19406](#)

Во время эксперимента учёный измерял скорость фотосинтеза в зависимости от света. Концентрацию углекислого газа и температуру он поддерживал постоянными. Объясните, почему при повышении интенсивности света активность фотосинтеза сначала растёт, но начиная с определённой интенсивности перестаёт расти и выходит на плато (см. график).

Источник: СтатГрад: Тренировочная работа по биологии 09.03.2016 Вариант БИ10403.



Задание 22 № [11338](#)

Красные водоросли (багрянки) обитают на большой глубине. Несмотря на это, в их клетках происходит фотосинтез. Объясните, за счёт чего происходит фотосинтез, если толща воды поглощает лучи красно-оранжевой части спектра.

Задание 24 № [11349](#)

Найдите ошибки в приведённом тексте. Укажите номера предложений, в которых они сделаны, и исправьте их.

1. В состав пищевой цепи биогеоценоза входят продуценты, консументы и редуценты.
2. Первым звеном пищевой цепи являются консументы.
3. У консументов на свету накапливается энергия, усвоенная в процессе фотосинтеза.
4. В темновой фазе фотосинтеза выделяется кислород.
5. Редуценты способствуют освобождению энергии, накопленной консументами и продуцентами.

Источником кислорода при фотосинтезе служит

- | | |
|--------------|---------|
| 1) НАДФ · 2H | 3) вода |
| 2) Глюкоза | 4) АТФ |

Источник: СтатГрад: Тренировочная работа по биологии 20.04.2016 Вариант БИ10504.



Задание 20 № [20592](#)

Вставьте в текст «Световая фаза фотосинтеза» пропущенные термины из предложенного перечня, используя для этого цифровые обозначения. Запишите в текст цифры выбранных ответов, а затем получившуюся последовательность цифр (по тексту) впишите в приведённую ниже таблицу.

СВЕТОВАЯ ФАЗА ФОТОСИНТЕЗА

В настоящее время установлено, что фотосинтез протекает в две фазы: световую и _____ (А). В световую фазу благодаря солнечной энергии происходит возбуждение молекул _____ (Б) и синтез молекул _____ (В). Одновременно с этой реакцией под действием света разлагается вода с выделением свободного _____ (Г). Этот процесс называется фотолиз.

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕРМИНОВ:

1) ДНК

2) темновая

3) кислород

4) АТФ

5) сумеречная

6) гемоглобин

7) хлорофилл

8) углекислый газ

А	Б	В	Г

Источник: РЕШУ ОГЭ

Задание 4 № [20682](#)

Каково значение фотосинтеза в природе?

- 1) обеспечивает организмы органическими веществами
- 2) обогащает почву минеральными веществами
- 3) способствует накоплению кислорода в атмосфере
- 4) обогащает атмосферу парами воды
- 5) обеспечивает всё живое на Земле энергией
- 6) обогащает атмосферу молекулярным азотом



Задание 0 № 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](#) · [1 комментарий](#) · [Сообщить об ошибке](#) · [Помощь по заданию](#)

Задание 0 № 2601

Световая фаза фотосинтеза происходит на мембранах

- 1) эндоплазматической сети 2) комплекса Гольджи 3) гран хлоропластов 4) митохондрий

[Пояснение](#) · [Сообщить об ошибке](#) · [Помощь по заданию](#)

Задание 0 № 2612

Фотосинтез может происходить в растительных клетках, которые содержат

- 1) ядро 2) хлоропласты 3) хромосомы 4) цитоплазму

[Пояснение](#) · [Сообщить об ошибке](#) · [Помощь по заданию](#)

Задание 0 № 2621

Фотосинтез, в отличие от биосинтеза белка, происходит в клетках

- 1) любого организма 2) содержащих хлоропласты 3) простейших животных 4) плесневых грибов

[Пояснение](#) · [Сообщить об ошибке](#) · [Помощь по заданию](#)

Задание 0 № 2623

Главную роль в процессе фотосинтеза играют

- 1) хромосомы 2) лейкопласты 3) хлоропласты 4) хромопласты



Задание 0 № 2633

Общим между процессами фотосинтеза и дыхания является

- 1) образование органических веществ из неорганических
- 2) образование АТФ
- 3) выделение кислорода
- 4) выделение углекислого газа

[Пояснение](#) · [Сообщить об ошибке](#) · [Помощь по заданию](#)

Задание 22 № 10872

В листьях растений интенсивно протекает процесс фотосинтеза. Происходит ли он в зрелых и незрелых плодах? Ответ поясните.

[Пояснение](#) · [1 комментарий](#) · [Сообщить об ошибке](#) · [Помощь по заданию](#)

Задание 26 № 11120

В чем сходство и различие процессов фотосинтеза и хемосинтеза?

Раздел: Общая биология. Метаболизм

[Пояснение](#) · [1 комментарий](#) · [Сообщить об ошибке](#) · [Помощь по заданию](#)

Задание 0 № 12697

В клетках растений, в отличие от клеток человека, животных, грибов, происходит

- 1) аэробное дыхание
- 2) фотосинтез
- 3) синтез белков
- 4) обмен веществ

Источник: ЕГЭ по биологии 30.05.2013. Основная волна. Дальний Восток. Вариант 5.

[Пояснение](#) · [Сообщить об ошибке](#) · [Помощь по заданию](#)

Задание 0 № 13697

В клетках растений, в отличие от клеток человека, животных, грибов, происходит

- 1) фотосинтез
- 2) синтез белков
- 3) аэробное дыхание
- 4) обмен веществ

Источник: ЕГЭ по биологии 30.05.2013. Основная волна. Дальний Восток. Вариант 1.

[Пояснение](#) · [Сообщить об ошибке](#) · [Помощь по заданию](#)



Задание 4 № 13732

Темновая фаза фотосинтеза характеризуется

- 1) протеканием процессов на внутренних мембранах хлоропластов
- 2) синтезом глюкозы
- 3) фиксацией углекислого газа
- 4) протеканием процессов в строме хлоропластов
- 5) наличием фотолиза воды
- 6) образованием АТФ

Источник: ЕГЭ по биологии 30.05.2013. Основная волна. Дальний Восток. Вариант 1.

[Пояснение](#) · [Сообщить об ошибке](#) · [Помощь по заданию](#)

Задание 0 № 13973

В процессе хемосинтеза, в отличие от фотосинтеза, не участвуют молекулы

- 1) хлорофилла 2) углекислого газа 3) ферментов 4) водорода

Источник: ЕГЭ по биологии 30.05.2013. Основная волна. Сибирь. Вариант 6.

[Пояснение](#) · [Сообщить об ошибке](#) · [Помощь по заданию](#)

Задание 0 № 14023

В процессе хемосинтеза, в отличие от фотосинтеза, не участвуют молекулы

- 1) углекислого газа
- 2) ферментов
- 3) хлорофилла
- 4) водорода

Источник: ЕГЭ по биологии 30.05.2013. Основная волна. Сибирь. Вариант 1.

[Пояснение](#) · [Сообщить об ошибке](#) · [Помощь по заданию](#)

Задание 0 № 16110

Пигмент, определяющий способность организма к фотосинтезу — это

- 1) каротин 2) ксантофилл 3) хлорофилл 4) антоциан

Источник: МИОО: Тренировочная работа по биологии 05.02.2014 вариант БИ10601.

[Пояснение](#) · [Сообщить об ошибке](#) · [Помощь по заданию](#)



Задание 5 № 17083

Установите соответствие между характеристикой и фазой фотосинтеза.

ХАРАКТЕРИСТИКА	ФАЗА ФОТОСИНТЕЗА
А) фотолиз воды	1) световая
Б) фиксация углекислого газа	2) темновая
В) расщепление молекул АТФ	
Г) синтез молекул НАДФ•2Н	
Д) синтез глюкозы	

Запишите в ответ цифры, расположив их в порядке, соответствующем буквам:

А	Б	В	Г	Д

Источник: Демонстрационная версия ЕГЭ—2015 по биологии.

[Пояснение](#) · [Сообщить об ошибке](#) · [Помощь по заданию](#)

Задание 0 № 17784

Работы по изучению процессов фотосинтеза связаны с именем

- 1) К. Тимирязева
- 2) Б. Астаурова
- 3) А. Северцова
- 4) А. Опарина

Источник: СтатГрад: Тренировочная работа 20.03.2015 Вариант БИ10202.

[Пояснение](#) · [Сообщить об ошибке](#) · [Помощь по заданию](#)

Задание 0 № 19002

В чём заключается энергетическая функция живого вещества биосферы?

- 1) в создании органических веществ из неорганических в процессе фотосинтеза
- 2) в поддержании постоянства газового состава атмосферы
- 3) в накоплении в организмах химических элементов
- 4) в геохимическом круговороте веществ

Источник: СтатГрад: Тренировочная работа по биологии 22.09.2015 Вариант БИ10104.



Задание 4 № 19355

Выберите органоиды клетки и их структуры, участвующие в процессе фотосинтеза.

- 1) лизосомы
- 2) хлоропласты
- 3) тилакоиды
- 4) грани
- 5) вакуоли
- 6) рибосомы

Источник: СтатГрад: Тренировочная работа по биологии 02.02.2016 Вариант БИ10304.

[Пояснение](#) · [Сообщить об ошибке](#) · [Помощь по заданию](#)

Задание 0 № 19358

Установите соответствие между процессом фотосинтеза и фазой, в которой он происходит.

ПРОЦЕСС	ФАЗА ФОТОСИНТЕЗА
А) образование кислорода	1) световая
Б) синтез АТФ	2) темновая
В) возбуждение молекул хлорофилла	
Г) восстановление CO_2	
Д) синтез глюкозы	

Запишите в ответ цифры, расположив их в порядке, соответствующем буквам:

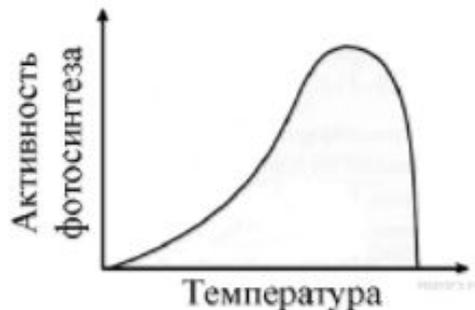
А	Б	В	Г	Д

Источник: СтатГрад: Тренировочная работа по биологии 02.02.2016 Вариант БИ10304.



Задание 23 № 19446

Во время эксперимента учёный измерял скорость фотосинтеза в зависимости от температуры. Концентрацию углекислого газа и интенсивность освещения он поддерживал постоянными. Объясните, почему при повышении температуры активность фотосинтеза сначала растёт, но начиная с определённой температуры начинает стремительно снижаться (см. график).



Источник: СтатГрад: Тренировочная работа по биологии 09.03.2016 Вариант БИ10404.

[Пояснение](#) · [1 комментарий](#) · [Сообщить об ошибке](#) · [Помощь по заданию](#)

Задание 22 № 21000

Обоснуйте планетарное значение фотосинтеза, впервые возникшего у древнейших прокариот — цианобактерий.

Источник: Типовые тестовые задания по биологии под редакцией Г. С. Калинова, Т. В. Мазяркина, 10 вариантов заданий, 2017 год.

[Пояснение](#) · [Сообщить об ошибке](#) · [Помощь по заданию](#)

Задание 5 № 21613

Установите соответствие между этапами процесса и процессами фотосинтеза и биосинтеза белка: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

ЭТАПЫ ПРОЦЕССА	ПРОЦЕСС
А) выделение свободного кислорода	1) фотосинтез
Б) образование пептидных связей между аминокислотами	2) биосинтез белка
В) синтез иРНК на ДНК	
Г) процесс трансляции	
Д) восстановление углеводов	
Е) преобразование НАДФ ⁺ в НАДФ·2Н	

Запишите в ответ цифры, расположив их в порядке, соответствующем буквам:

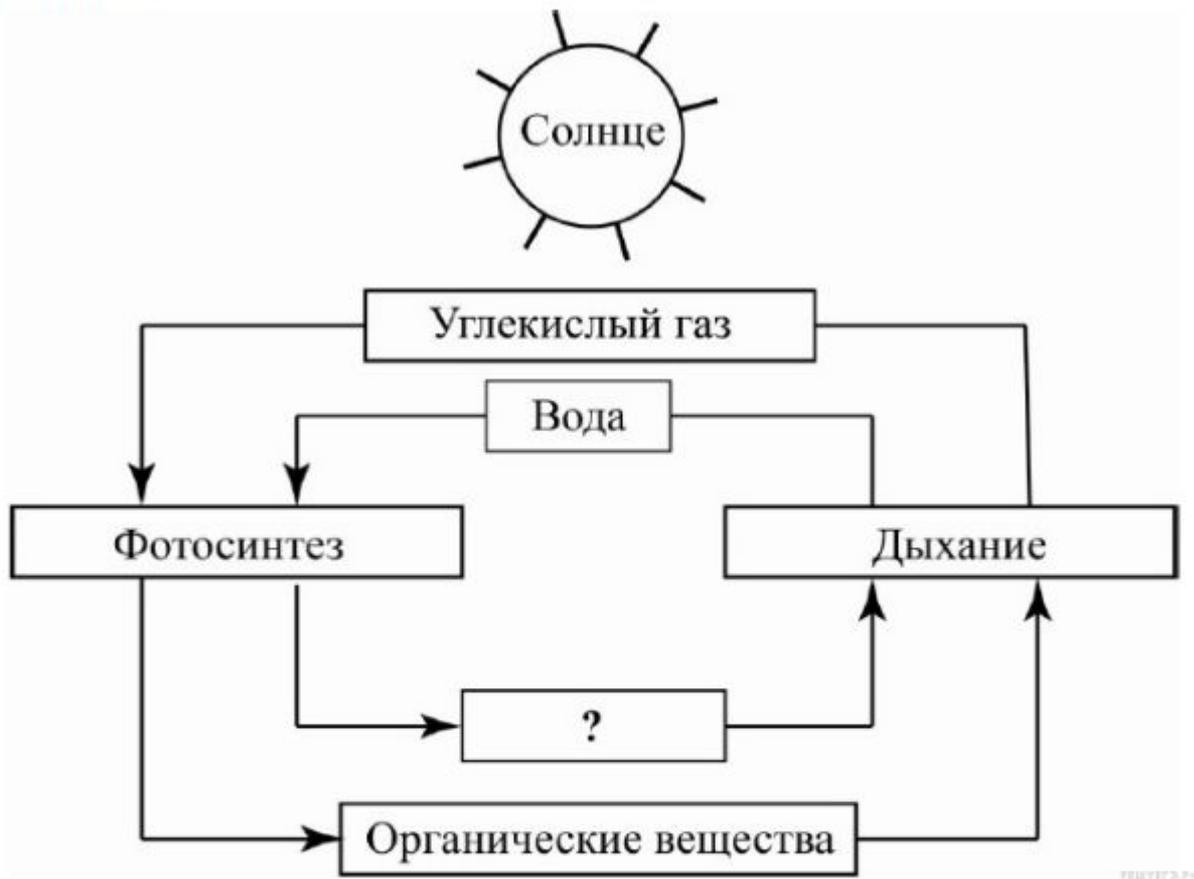
А	Б	В	Г	Д	Е

Источник: СтатГрад биология, 25.10.2016, Вариант 10103



Задание 1 № 21637

Рассмотрите схему взаимосвязи процессов фотосинтеза и дыхания. Запишите в ответе пропущенный термин, обозначенный на схеме знаком вопроса.



Источник: СтатГрад биология. 25.10.2016. Вариант 10104

[Пояснение](#) · [Сообщить об ошибке](#) · [Помощь по заданию](#)

Задание 0 № 803

В рибосомах, расположенных на гранулярных мембранах эндоплазматической сети, происходит

- 1) фотосинтез 2) хемосинтез 3) синтез АТФ 4) биосинтез белка



Использованные ресурсы

- <http://www.lenagold.ru/fon/clipart/t/tani/tani17.jpg> - солнышко
- <http://www.lenagold.ru/fon/clipart/l/list/list70.jpg> - листочек и капля воды
- <http://www.ebio.ru/images/10020201.gif> - схема фотосинтеза/ Биология. Электронный учебник.
<http://www.ebio.ru/orgo7.html>
- <http://www.lenagold.ru/fon/clipart/l/list/list37.jpg> - лист
- <http://www.lenagold.ru/fon/clipart/b/boko/bokor13.jpg> - листочек с божьей коровкой
- <http://www.ebio.ru/images/09010502.gif> - хлоропласты
- https://foxford.ru/uploads/tinymce_image/image/14842/%D1%85%Do%BB%Do%BE%D1%80%Do%BE%Do%BF%Do%BB%Do%Bo%D1%81%D1%82.jpg - хлоропласты
- http://www.growclub.org/uploads/monthly_03_2008/ibwiki_article-1-1205196479.jpg - спектр фотосинтеза
- https://foxford.ru/uploads/tinymce_image/image/14843/%D1%85%Do%BB%Do%BE%D1%80%Do%BE%D1%84%Do%B8%Do%BB%Do%BB.jpg - формула хлорофилла
- https://foxford.ru/uploads/tinymce_image/image/14845/%D1%81%Do%BF%Do%B5%Do%BA%D1%82%D1%80%D1%8B.jpg - спектр хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов
- <https://nelboscodelladea.files.wordpress.com/2015/08/emoglobina-vs-clorofilla.jpg> - гемоглобин и хлорофилл
- <https://image.slidesharecdn.com/random-16022414940/95/-14-638.jpg?cb=1456323622> - пигменты
- http://d3mIntcv38ck9k.cloudfront.net/content/konspekt_image/70012/84fe7930_1a29_0131_100a_2200_0aa81b95.jpg - пигменты
- <https://www.aqa.ru/assets/images/docs201008/photosintez2.png> - фотосинтез
- <http://happyflora.ru/files/photos/Chlor.jpg> - модель хлорофилл
- <http://bezogr.ru/vechnij-sputnik-k-a-timiryazev-k-170-letiyu-so-dnya-rojdeniya/138006.html> [3a094d2.jpg](http://bezogr.ru/vechnij-sputnik-k-a-timiryazev-k-170-letiyu-so-dnya-rojdeniya/138006.html) - К.А. Тимирязев



- <http://www.ebio.ru/images/09010502.gif> - пластиды
- <http://www.megabook.ru/MObjects2/data/pict2004/biology/bio236.jpg> - схема фотосинтеза
- <http://img.lenta.ru/news/2008/03/25/photosynthesis/picture.jpg> - пластиды
- http://lib.convdocs.org/pars_docs/refs/81/80244/80244_html_42af3d68.jpg - опыт Пристли
- http://www.studfiles.ru/html/2706/505/html_au4rCg7WLO.pttH/img-uoMjUl.png - фотосистемы
- <https://botan.cc/uchebnik/biologiya/10/by001/img/51.jpg> - хлоропласта
- <http://www.vokrugsveta.ru/img/cmn/2014/05/29/008.jpg> - лист
- https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/54/Pierre_Joseph_Pelletier.jpg/267px-Pierre_Joseph_Pelletier.jpg - Пеллетье
- https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8f/Joseph_Bienaim%C3%A9_Caventou.jpg/267px-Joseph_Bienaim%C3%A9_Caventou.jpg - Кавенту
- https://fresh.r.worldssl.net/wp-content/uploads/2016/11/Depositphotos_125401206_original.jpg - формула хлорофилла

