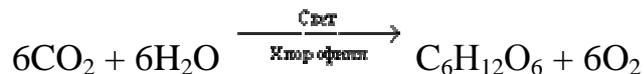


### ответ 1.

Суммарное уравнение химических реакций, протекающих при фотосинтезе:



Разные организмы используют в качестве источника водорода разные вещества – это может быть не только вода, как у растений, но и сероводород, лактаты и другие соединения. Таким образом, уравнение фотосинтеза можно записать следующим образом:  $2\text{H}_2\text{X} + n\text{CO}_2 \xrightarrow{\text{Свет}} (\text{CH}_2\text{O})_n + \text{H}_2\text{O} + \text{X}_2$ . (где  $\text{H}_2\text{X}$  – донор водорода, а  $\text{X}$  – окисленная форма этого вещества, например, вода - кислород, изопропанол - ацетон).

2 балла

**Ответ 2.** Если мы их видим зелеными, значит они поглощают свет, дополнительный к зеленому, то есть красный. Диапазон длин волн поглощаемого света примерно 600-750 нм.

1 балл

**Ответ 2а.** Энергия моля квантов (Эйнштейна) красной части спектра составляет около 40 ккал/моль (из справочника)

или поскольку 1 Джоуль = 0,24 калории, то примерно 170 кДж/моль

Расчеты:

1) по формуле Эйнштейна

$$E = h\nu$$

где  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ м}^2 \text{ кг} / \text{с}$  постоянная Планка

$\nu$  = частота излучения, которая связана с длиной волны через скорость света по формуле

$$\lambda = c/\nu,$$

следовательно

$$E = 6,63 \times 10^{-34} \text{ Дж} \times c \times 300\,000\,000 \text{ м/с} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ 1/моль} / 700 \times 10^{-9} \text{ м}$$

или примерно 170 кДж/моль

Можно просуммировать энергию из двух диапазонов поглощения хлорофилла, 380-500 и 600-750 нм, тогда получится примерно (с учетом 50% из одного диапазона и 50% из другого диапазона) 280 кДж/моль.

3 балла

**Ответ 3.** Проблемой, с которой сталкиваются проводящие кислородный фотосинтез организмы, является различие окислительно-восстановительных потенциалов окисления воды (для полуреакции  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2$   $E_0 = +0,82 \text{ В}$ ) и восстановления  $\text{CO}_2$  до сахаров ( $E_0 = -0,32 \text{ В}$ ). Хлорофилл при этом должен иметь в основном состоянии потенциал больший +0,82 В чтобы окислять воду, но при этом иметь в возбужденном состоянии потенциал меньший, чем -0,32 В, чтобы восстанавливать  $\text{CO}_2$ . Одна молекула хлорофилла не может отвечать обоим требованиям. Поэтому сформировалось две фотосистемы и

для полного проведения процесса необходимо два кванта света и два хлорофилла разных типов.

3 балла

**ответ 4.** Суммарное уравнение фотосинтеза выражается как:



для фотосинтеза, идущего в соответствии с приведённым уравнением, было бы достаточно поглощения энергии 3 квантов на выделение молекулы  $\text{O}_2$ , поскольку, как мы посчитали в ответе на вопрос 2, энергия 1 моля квантов составляет 40 ккал/моль. Однако в окислительно-восстановительной реакции от воды должны быть перенесены 4 электрона:



Логично, что 1 квант света может вызвать перенос не более чем одного электрона. С учетом того, что максимальная эффективность преобразования энергии красного света составляет около 30-50%, то квантовый расход при оптимальных условиях составляет 8–12 квантов на молекулу  $\text{O}_2$ .

2 балла

**Ответ 5.**

Поскольку идет перенос от больших энергий к меньшим, то, следовательно, длина волны в максимуме поглощения должна меняться от меньшей к большей (так как  $E = hc/\lambda$ , то есть энергия и длина волны обратно пропорциональны), поэтому первый г)Chl<sub>520</sub> затем б)Chl<sub>570</sub>, потом в)Chl<sub>620</sub> и уже последний собственно хлорофилл реакционного центра а)Chl<sub>680</sub>

3 балла

**Ответ 6.** Поскольку в результате разделения зарядов в батарейке находится только одна пара электрон-дырка, то общий заряд равен заряду одного электрона, или  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл

заряд  $q_1$  на расстоянии  $r$  от себя создает, в среде с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ , электрическое поле с потенциалом

$$\phi = q_1/\epsilon r$$

и взаимодействует с находящимся на этом расстоянии зарядом  $q_2$  с энергией (то есть с разностью потенциалов)

$$U = \phi q_2 = q_1 q_2 / \epsilon r$$

Или, переходя в систему СИ

$$U = q_1 * q_2 / \epsilon * \epsilon_0 * r$$

$$U = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} / (3 * 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м} * 5 \cdot 10^{-9} \text{ м})$$

поскольку  $\Phi = \text{Кл/В}$ , то

разность потенциалов получается 1,2 В.

4 балла.