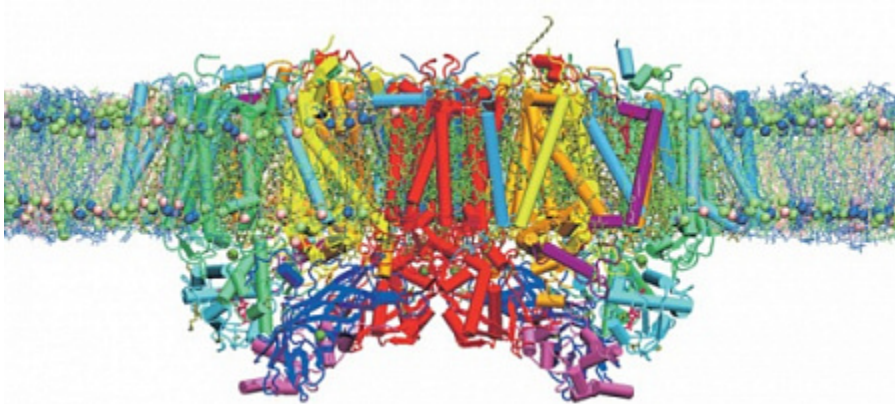


Увидеть фотосинтез собственными глазами

Биологи смогли рассмотреть процессы на квантовом уровне

Александр Спирин



Гигантский белковый комплекс фотосистемы-2 в клеточной мембране (цилиндры – альфа-спирали, плоские стрелки – бета-структуры). Иллюстрация Science daily

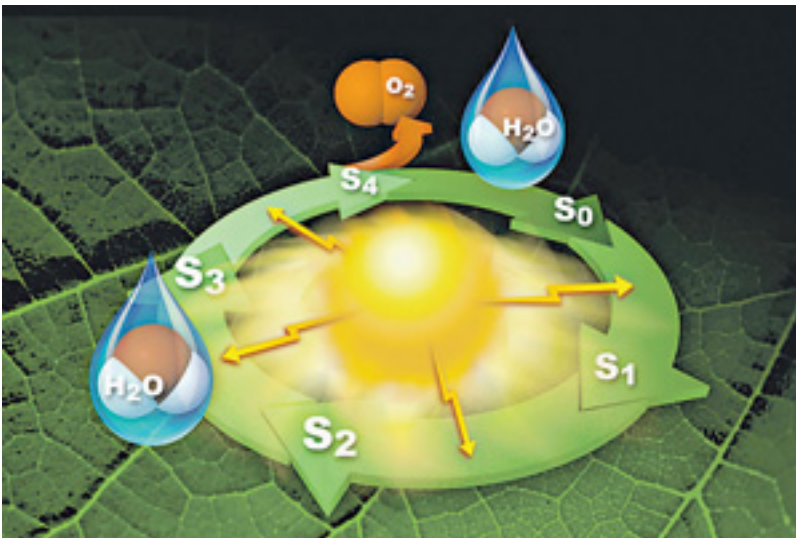
Недавно объявлено об увеличении водородных заправок в Калифорнии, что сделает приемлемым пользование гибридными авто. Астрономы с помощью телескопа Хаббл открыли большие скопления водорода вокруг Магеллановых облаков, который активно «всасывается» нашим Млечным Путем. Огромное количество водорода производит и зеленая составляющая биосферы Земли.

Мы буквально купаемся в океане энергии, которую не можем использовать (что-то сродни жертвам кораблекрушения, которые не могут пить морскую воду). В то же время примитивные водоросли, не имеющие оформленного ядра, вот уже более 3 млрд лет являются активными пользователями солнечных фотонов, энергия которых движет всю биосферу Земли.

В свое время Климент Тимирязев радовался, демонстрируя любопытствующим свечение спиртового раствора хлорофилла, отдающего тем самым уловленную энергию фотонов. Но эмиссия фотонов большей длины волны (и с меньшей энергией) – пустое рассеивание уловленной энергии, что ведет лишь к возрастанию энтропии во Вселенной и приближает нас к тепловой смерти. Так говорили классики термодинамики, полагавшие, что электрон в своем вращении должен падать на ядро.

Нильс Бор постулировал, что вращение частицы в ее исходном состоянии не приводит к потере энергии. Как раз наоборот: электрон, уловив фотон, способен возбуждаться и переходить на более высокий (удаленный от ядра) уровень, где пребывает ничтожно малое время (порядка 10–13 с), после чего релаксирует, возвращаясь в исходное состояние. Возврат сопровождается испусканием-эмиссией фотона с большей длиной волны, в результате чего дельта энергий отражает совершенную работу. В случае хлорофилла в спирте работа оказывается бесполезной.

У водорослей и в фотосистеме-2 (далее просто ФС) высших растений энергия фотона тратится на окисление воды (фотолиз). Ядовитый для клеток кислород выбрасывается в атмосферу, а ионы водорода идут в канал фермента АТФазы. Благодаря обогащению воздуха кислородом жизнь вышла на сушу, а благодаря протонам синтезируется АТФ, главная энерговалюта клеток, в том числе и животных, которые, к сожалению, не фотосинтезируют.



Цикл работы фотосистемы-2, состоящий из четырех стадий. Иллюстрация Physorg

Кристаллографы разобрали строение гигантского белкового комплекса ФС с массой под миллион углеродных единиц. Но одно дело кристаллическая статика, а совсем другое – живая протеиновая динамика, обеспечивающая реальную сверхпроводимость электрона при комнатной температуре. Для исследования динамики ФС, улавливающей фотон и передающей его энергию электрону, понадобился сверхбыстрый фемтосекундный лазер, импульс которого продолжается всего лишь 10–15 с, то есть в 100 раз меньше времени пребывания электрона в возбужденном состоянии.

Речь идет о рентгеновском лазере, фотоны которого имеют сверхмалую длину волны и соответственно очень большую частоту, благодаря чему импульс длится миллионную миллиардную долю секунды. При таких скоростях ученые Национальной лаборатории в Беркли (США) увидели, что работа ФС по улавливанию фотона и направлению энергии возбужденного электрона на благое дело разбивается на четыре стадии (S0 – S4), соответствующие четырем потребляемым фотонам. Их

энергия расходуется на окисление молекулы воды, то есть отнятие электронов у ее кислорода, который после такого «ограбления» теряет водород и устремляется вон из фотосистемы и листа.

Для замедления сверхбыстрых процессов в Мичиганском университете ФС охладили до 77К (около минус 200 по Цельсию), что позволило выявить параметры динамики вибрирующего состояния электронов. Изучение этой динамики позволит глубже понять механизм разделения зарядов (протонов и электронов). Это поможет также понять высокую эффективность переноса электронов, с которого начинается фотолиз воды.

Сергей Коройдов сделал в Университете г. Умеа (Швеция) вместе с Дж. Мессингером еще одно важное открытие, касающееся механизма образования молекулы кислорода (формирования связи O-O). Они описали действие сверхкоротких лазерных импульсов на процесс «раздевания» молекулы воды, от которой сначала отрываются протоны и электроны, а затем из отдельных атомов формируется молекула кислорода.

Авторы упомянутых работ понимают, что до эффективного овладения фотосинтезом еще довольно далеко, но работу по выявлению квантового механизма фотосинтеза квантовой физики проделали важную и очень нужную. В конце концов между выдвижением постулатов Бора и созданием первого лазера прошло полвека, и хочется надеяться, дело пойдет быстрее.

внимание на том, что технологический детерминизм ограничивает горизонты рассмотрения системы международных отношений, в которых не менее важны экологические, гуманитарные и этические аспекты. Целый ряд глобальных проблем современности не имеет научно-технологического решения. В частности, невозможно восполнить антропогенные нарушения биосферы, если ее устойчивое развитие будет необратимо нарушено человеческой цивилизацией. В этой связи вовсе не случайно обращение автора к глобальной этической революции, которая рассматривается в контексте влияния НТП на международные отношения.

В заключение необходимо подчеркнуть, что стиль языка монографии легкий для восприятия. И хотелось бы поблагодарить коллегу Бирюкова за добросовестный труд и своевременную попытку отечественного научного осмысления феномена международных научно-технологических отношений.