

УДК[001+62] (09)

В.С.Левитан (4 курс, ФТФ)

СЕНТЯБРЬ 1985 ГОДА И ПРЕДШЕСТВОВАВШИЕ СОБЫТИЯ. ОТКРЫТИЕ ФУЛЛЕРЕНОВ

Свое название молекулы фуллерена получили по фамилии архитектора Букминстера Фуллера (Buckminster Fuller), сконструировавшего купол павильона США на выставке в Монреале в 1967 году в виде сочлененных пентагонов и гексагонов [1]. Однако справедливости ради необходимо отметить, что подобная форма есть среди полурегулярных форм Архимеда. Кроме того, сохранился рисунок деревянной модели, выполненной Леонардо да Винчи, а Эйлер в 1758 г., работая в Санкт-Петербурге над теорией многоугольников, доказал теорему, названную его же именем. Ее основная формула:

$$\sum_n N_n(6-n) = 12s, \quad (1)$$

где n — размерность многоугольников; N_n — число многоугольников размерности n ; s — характеристика кривизны поверхности: $s=1$ для сферы, $s=0$ для плоскости. Из формулы (1) следует, что для образования сферической поверхности необходимо 12 пентагонов ($n=5$) и сколь угодно много гексагонов (в случае фуллеренов $n=6$). Иными словами, согласно правилу Эйлера выложенный одними гексагонами слой не может быть замкнут, и требуется 12 пятиугольников для образования замкнутой структуры. Секрет стабильности молекулы фуллерена: выполнение правила Эйлера и условия химической стабильности, запрещающего соседство двух пятиугольников.

Еще в 1966 г. в статье в журнале «*New Scientist*» Дэвид Джонс писал о «полой молекуле» состоящей из закрученных слоев графита [2]. Он конструировал замкнутые сфероидальные клетки из замысловатым образом свернутых графитовых слоев. А несколько позже Джонс пришел к выводу, что в качестве дефекта, внедренного в гексагональную решетку обычного графита и приводящего к образованию сложной искривленной поверхности, вполне может служить пятиугольник. Сама молекула C_{60} была описана на японском в журнале *Kagaku* в статье Осава в 1970г., она напоминала футбольный мяч диаметром 7 ангстрем. В следующем году Осава и Йошида публикуют, тоже на японском, книгу, где также упоминают описание молекулы C_{60} . Помимо того, в 1973 г. Бочвар и Гальперн даже выполнили квантовомеханические расчеты. А в 1984г. Станкевич и Бочвар привели диаграмму молекулярных орбиталей. Но Осава не смог химическим способом синтезировать молекулы C_{60} и решил отложить эту проблему до появления более подходящих установок.

В конце августа 1985 г. Роберт Керл, физик из США, пригласил английского коллегу Гарольда Крото принять участие в эксперименте по моделированию углеродных цепочек, сходных тем, что были обнаружены ранее в межзвездном пространстве. Эти эксперименты должны были быть проведены в университете Райса на установке Ричарда Смолли. Они начались 1 сентября. При обработке экспериментальных данных масс-спектроскопии внимание ученых привлекло появление одной молекулы. Она состояла из 60 атомов углерода и сопровождалась партнером из 70 атомов [3]. В действительности подобные особенности уже фиксировались примерно за 12 месяцев до этого в работе Рофлинга, Кокса и Калдора, опубликованной в 1984 г., и в работе Блумфилда, опубликованной в 1985 г., где также исследовались свойства этих кластеров. 4 сентября были получены результаты, в которых пик структуры из 60 атомов просто зашкаливал. Возник вопрос, что же это за молекула C_{60} .

Идея замкнутой гексагональной клетки, пришедшая в голову ученым, напомнила Крото его посещение выставки ЭКСПО-67 в Монреале, над которой возвышался купол, построенный Букминстером Фуллером [4]. Это был правильный усеченный икосаэдр, напоминавший футбольный мяч. Предложено было назвать молекулу «бакминстерфуллерен», а статью и описанием опытов и результатами отправили в *Nature*. Дата поступления ее в редакцию – 13 сентября.

Теперь нужно было получить вещество в количестве, достаточном для измерения. Это произошло в 1990 г. Появилась работа Кречмера, Фостиропулоса и Хаффмана, в которой авторы в соответствии с теоретическими представлениями зарегистрировали четыре инфракрасные полосы в спектре поглощения углеродного осадка. Способ его получения соответствовал способу, использованному Крото и его сотрудниками. Студент Крото Амита Саркар вместе с Джонотаном Харе (дипломником Крото) повторили опыты Кречмера. Но на следующий день произошло неожиданное и неприятное событие. Редактор *Nature* (Филип Болл) позвонил Крото и попросил его дать отзыв на новую статью Кречмера и др., в которой Кречмер с сотрудниками получили красный раствор и, более того, выделили из него кристаллы, состоявшие, как показал рентгеновский дифракционный анализ, из рядов сферических молекул, размером в точности соответствующим C_{60} . Крото был очень близок к правильной интерпретации полученных данных, но его опередили. Он, не откладывая, позвонил Филипу Боллу и одобрил статью! Еще в 1982 г. Кречмер и Хаффман обнаружили особенности в спектре УФ излучения углеродной пыли, которая получается в углеродной дуге при лабораторном моделировании межзвездной пыли. Уже после публикации сообщения Крото, Керла и Смолли и расчетов УФ спектра, выполненных Розеном в 1987 г., они предположили, что эти особенности могут исходить от молекулы C_{60} . Тогда они попытались обнаружить четыре контрольные ИК линии, предсказываемые теорией этой молекулы. Обнаружив их, они стали получать C_{60} из чистого C^{13} и продемонстрировали, что изотопические сдвиги находятся в точном соответствии с их предсказанием. Кречмер и др. экстрагировали кристаллы и окончательно подтвердили свои догадки. Так в 1990 г. они получили C_{60} .

Подводя итоги, можно сказать, что Кречмер, Лэмб, Фостиропулос и Хаффман все же первые экстрагировали C_{60} . Крото и его сотрудники из университета Сассекс оказались вторыми с очень небольшим отрывом. Таким образом, в сентябре 1990 г., через 20 лет после того, как молекула была предсказана Осавой и через пять лет, после того как Крото, Керл, Смолли, Хит и О'Брайен обнаружили, что она может самостоятельно собираться из атомов углерода, Кречмер с коллегами ее экстрагировали.

В 1996 г. Нобелевскую премию по химии за открытие фуллеренов получили ученые Гарольд Крото (Великобритания), Роберт Керл и Ричард Смолли (США).

Как выяснилось в 1992 г., существуют и природные фуллерены. Их обнаружили в природном углеродном минерале шунгите (свое название этот минерал получил от названия поселка Шуньга в Карелии). Правда, содержание фуллерена в шунгите незначительно, не превышает $10^{-3}\%$.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Мастеров В.Ф. Физические свойства фуллеренов // Соросовский образовательный журнал, с. 92, 1-1997.
2. Крото Г. Симметрия, космос, звезды и C_{60} (Нобелевская лекция, 7 декабря 1996 г) // УФН, с. 343, 3-168-1998.
3. Смолли Р.Е. Открывая фуллерены (Нобелевская лекция, 7 декабря 1996 г) // УФН, с.323, 3-168-1998.
4. Robert F., Curl Jr. Dawn of the fullerenes: experiment and conjecture // Nobel Lecture, December 7, 1996.

