

ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ**Балуева К.Н.***9 класс, МАОУ «Лицей №4» г.Пермь Пермского края**Научный руководитель: Петухова О.А., МАОУ «Лицей №4» г.Пермь*

Фуллерен – это сравнительно недавно открытая материальная частица с размером около трети нанометра. Несмотря на недавние открытия фуллеренов, фуллерены активно используются в промышленности. Присоединяя к себе радикалы различной химической природы, фуллерены способны образовывать широкий класс химических соединений, обладающих различными физико-химическими свойствами.

Фуллерен – это молекулярное соединение, принадлежащее классу аллотропных форм углерода и представляющее собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из чётного числа трёхкоординированных атомов углерода. В противоположность алмазу, графиту и карбину, фуллерен по существу является новой формой углерода. Молекула C₆₀ содержит фрагменты с пятикратной симметрией (пентагоны), которые запрещены природой для неорганических соединений. Поэтому следует признать, что молекула фуллерена является органической молекулой, а кристалл, образованный такими молекулами (фуллерит) – это молекулярный кристалл, являющийся связующим звеном между органическим и неорганическим веществом. Молекулы фуллеренов, в которых атомы углерода связаны между собой как одинарными, так и двойными связями, являются трехмерными аналогами ароматических структур.

В настоящее время в научной литературе обсуждаются вопросы использования фуллеренов для создания фотоприемников и оптоэлектронных устройств, катализаторов роста, алмазных и алмазоподобных пленок, сверхпроводящих материалов, а также в качестве красителей для копировальных машин. Фуллерены применяются для синтеза металлов и сплавов с новыми свойствами.

Цель исследования: изучить строение C₆₀ и аллотропных форм углеводородов.

В связи с поставленной целью определяются следующие задачи:

- описать строение C₆₀ и C₇₀ (построить их модели в бумажном виде);

- сравнить химические и физические свойства фуллеренов, однослойных и многослойных нанотрубок.

В 1973 г. ученые Д.А. Бочвар и Е.Н. Гальперн опубликовали результаты квантово-

химических расчетов, из которых следовало, что в природе должна существовать устойчивая форма углерода, содержащая в молекуле 60 углеродных атомов и при этом не имеющая никаких заместителей. Выводы Д.А. Бочвара и Е.Н. Гальперина казались совершенно фантастическими, поэтому не были признаны в научном мире. Большинство ученых отказывалось представить существование данной молекулы и тем более – взяться за ее получение. Теоретическая работа Д.А. Бочвара и Е.Н. Гальперна определила свое время и могла быть забыта, если бы в 1980-х гг. в результате астрофизических исследований спектров отдельных звезд, так называемых «красных гигантов», не были бы обнаружены полосы, которые указывали на существование чисто углеродных молекул различного размера.

В 1985 г. Г.Крото и Р.Смолли начали изучать масс-спектры паров графита, полученных под ударом лазерного пучка, и обнаружили, что в спектрах есть два сигнала, интенсивность которых намного выше, чем всех остальных. Сигналы соответствовали массам 720 и 840, что указывало на существование крупных агрегатов из углеродных атомов – C₆₀ и C₇₀. Масс-спектры позволяют установить лишь молекулярную массу частицы, однако этого оказалось достаточно, чтобы фантазия ученых заработала. В итоге была предложена структура многогранника, собранного из пяти- и шестиугольников. Это было точное повторение структуры, предложенной 12 лет назад Д.А. Бочваром. Название «фуллерен» было дано в честь известного американского архитектора Бакминстера Фуллера, который проектировал ажурные куполообразные конструкции из сочетаний пяти- и шестиугольников.

С давних пор известны такие формы углерода, как графит и алмаз. Графит, и алмаз – это один и тот же химический элемент – углерод (С). Отличаются графит и алмаз расположением атомов углерода в кристаллической решетке. В 1967 году в Институте элементоорганических соединений СССР была синтезирована третья форма углерода – карбин, состоящая из линейных, палочкообразных молекул углерода. Это три структуры бесконечной протяженности имеют различное строение: сетчатое (алмаз), слоистое (графит) и линейное (карбин).

Фуллерен в отличие от известных трех форм углерода растворим в органических растворителях (бензол, гексан, сероуглерод). Из растворов фуллерен кристаллизуется в виде мелких темно-коричневых кристаллов. Увидеть молекулу фуллерена удалось только после того, как был получен хорошо кристаллизующийся продукт взаимодействия фуллерена с тетраоксидом осмия OsO₄.

- 1) Фуллерен гидрируется до C₆₀H₃₆.
- 2) Галогенируется подобно олефинам.
- 3) Продукты галогенирования легко вступают в реакции нуклеофильного замещения.

- 4) При окислении кислородом образует оксид фуллерена.

- 5) Фуллерен арилируется в присутствии AlCl₃.

Фуллерены активно используются в создании новых конструкционных материалов (тканых, радиозащитных и термомодифицированных материалов электродов для химических источников тока; материалов дифракционных ветвителей в волоконно-оптических сетях; материалов эффективного диализа применительно к сильнодействующим ядовитым веществам в полевых условиях).

Нанотрубка – это молекула из более миллиона атомов углерода, представляющая собой трубку с диаметром около нанометра и длиной несколько десятков микрон. В стенках трубки атомы углерода расположены в вершинах правильных шестиугольников. Углеродные нанотрубки образуются при термическом распылении графитового электрода в плазме дугового разряда, горячей в атмосфере гелия.

Структуру нанотрубок можно представить так: берем графитовую плоскость, вырезаем из нее полоску и «склеиваем» ее в цилиндр (на самом деле нанотрубки растут по-другому). Несмотря на то, что эти удивительные нанотрубки в 100 тыс. раз тоньше человеческого волоса, они являются крайне

прочным материалом. Так нанотрубки в 50-100 раз прочнее стали и при этом имеют в шесть раз меньшую плотность.

Уровень сопротивления материала деформации у нанотрубок вдвое выше, чем у обычных углеродных волокон, т.е. трубки при высокой прочности еще и достаточно гибкие, напоминая жесткие резиновые трубки. Под действием механических напряжений, превышающих критические, нанотрубки не «рвутся» и не «ломаются», они только перестраиваются.

Пустоты внутри фуллеренов и нанотрубок давно привлекали внимание ученых. Эксперименты показали, что если внутрь фуллерена внедрить атом какого-нибудь вещества (этот процесс носит название «интеркаляция», т.е. «внедрение»), то это может изменить его электрические свойства и даже превратить изолятор в сверхпроводник. Таким же образом можно изменить свойства нанотрубок, ученые смогли поместить внутрь нанотрубки целую цепочку из фуллеренов с уже внедренными в них атомами гадолиния. Электрические свойства такой необычной структуры сильно отличались как от свойств простой, полой нанотрубки, так и от свойств нанотрубки с пустыми фуллеренами внутри. Для таких соединений разработаны специальные химические обозначения.

Список литературы

1. Блюменфельд Л.А., Тихонов А. Н. Электронный парамагнитный резонанс // СОЖ. №9. 1997. - С. 91-99.
2. Лозовик Ю. Е. , А.М. Попов Образование и рост углеродных наноструктур -фуллеренов, наночастиц, нанотрубок и конусов // УФН. 1997. Т.167. № 7.
3. Микушев В.М. Ядерный магнитный резонанс в твердом телеб Учеб. пособие для вузов по напр. «Физика» и спец. «Физика твердого тела» / В.М. Микушев, Е.В. Чарная. - СПбГТИ (ТУ) - СПб, 1995. - 201 с.
4. Герасимов В.И. Изомеры фуллеренов // Физика и механика материалов. 2000. №1. - С.25-31.
5. Золотухин И.В. Фуллерит - новая форма углерода // Соросовский образовательный журнал. 1996. №2. - С. 51-56.
6. Костиков Р.Р. Принципы органического синтеза // Соросовский образовательный журнал. 1999. № 1.