

# Углерод

Аллотропные модификации

# Положение в таблице Менделеева



- Углерод  
Carbogenicium - 6ой элемент в таблице Менделеева. Он располагается в главной подгруппе четвертой группы, втором периоде. Углерод-типичный неметалл.

# Нахождение в природе



- В настоящее время известно более миллиона соединений углерода с другими элементами. Их изучение составляет целую науку – органическую химию. В тоже время за изучение свойств чистого углерода ученые взялись сравнительно недавно - около 20 лет назад.

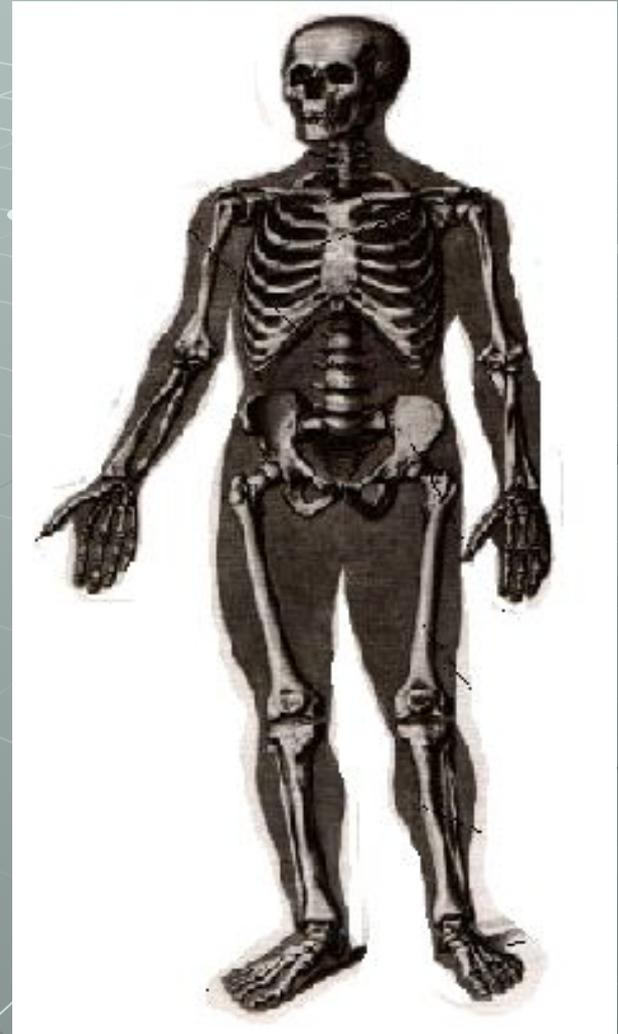
# Нахождение в природе



- Углерод занимает 17-е место по распространенности в земной коре – 0,048%. Но несмотря на это, он играет огромную роль в живой и неживой природе.

# Нахождение в природе

- Углерод входит в состав органических веществ в растительных и живых организмах, в состав ДНК. Содержится в мышечной ткани – 67%, костной ткани – 36% и крови человека (в человеческом организме массой 70 кг в среднем содержится 16 кг связанного углерода).



# Свободный углерод

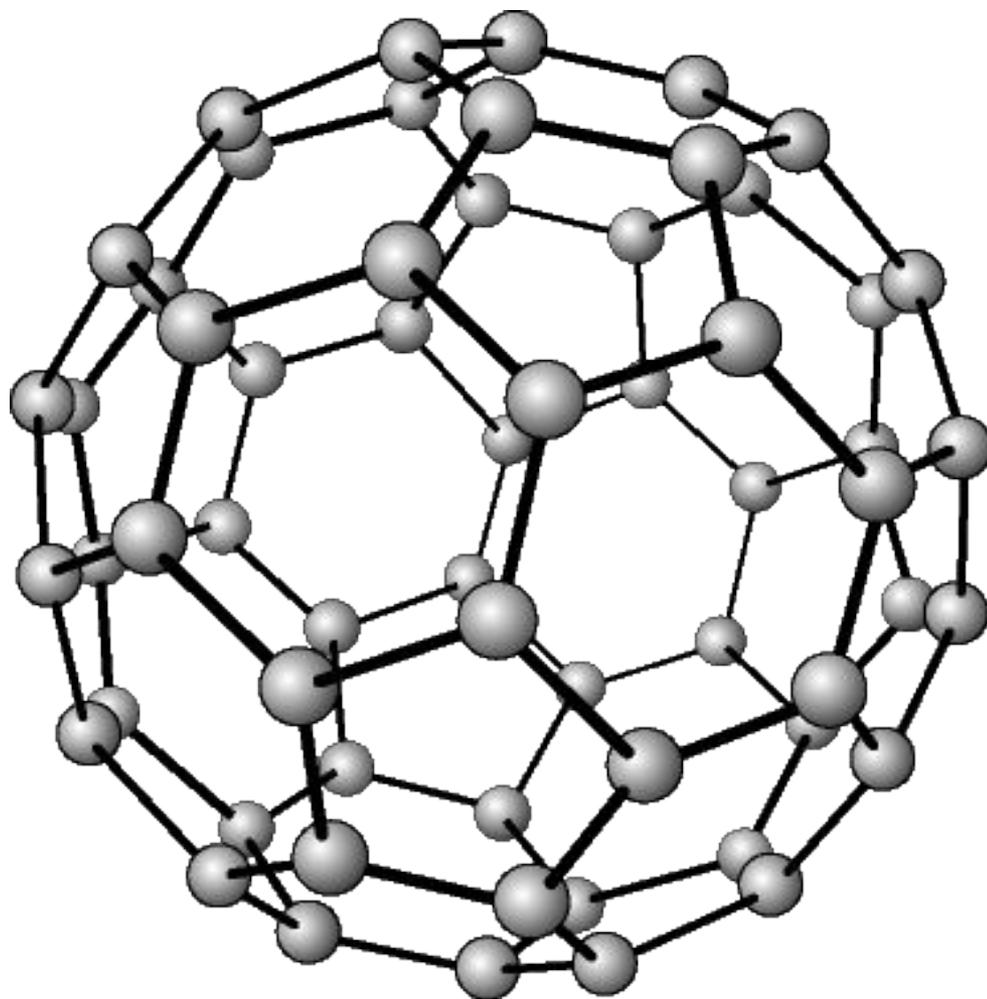
- В свободном виде углерод встречается в нескольких аллотропных модификациях – алмаз, графит, карбин, крайне редко фуллерены. В лабораториях также были синтезированы многие другие модификации: новые фуллерены, нанотрубки, наночастицы и др.



Алмаз



Графит



Модель фуллерена  $C_{60}$

# Все это - чистый углерод

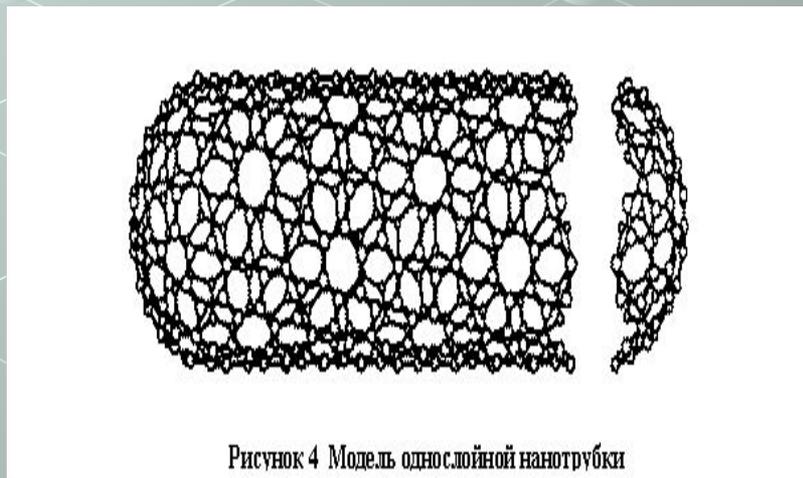
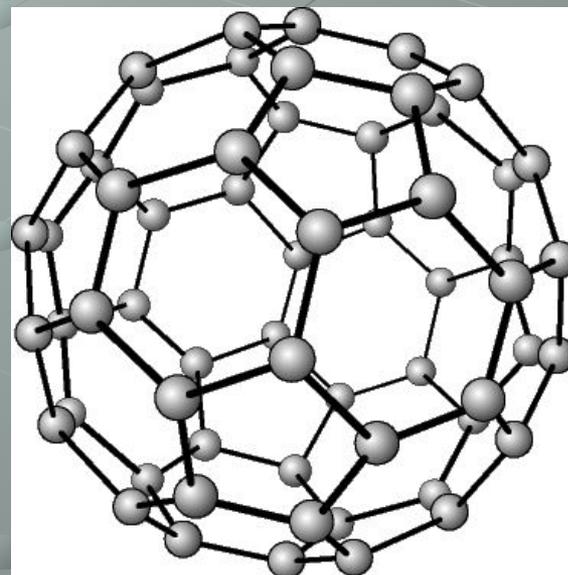
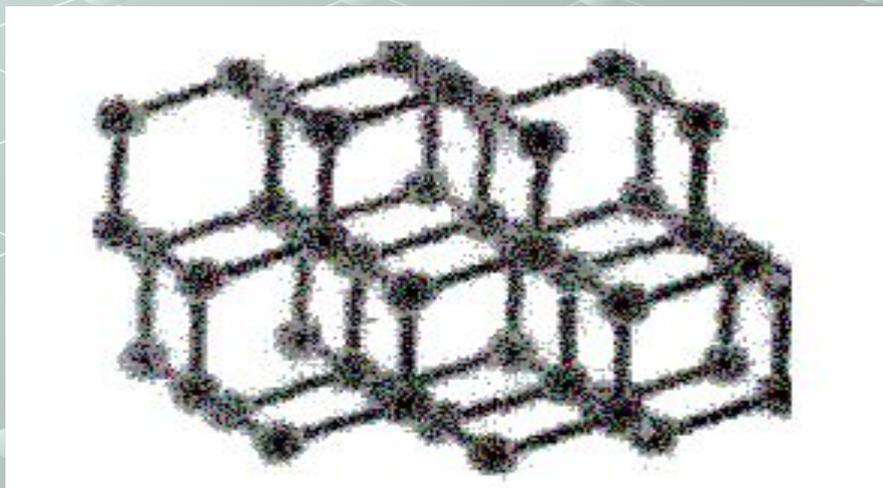


Рисунок 4 Модель однослойной нанотрубки



# Алмаз



Структура алмаза

- Алмаз – бесцветное, прозрачное, сильно преломляющее свет вещество. Алмаз тверже всех найденных в природе веществ, но при этом довольно хрупок. Он настолько тверд, что оставляет царапины на большинстве материалов.

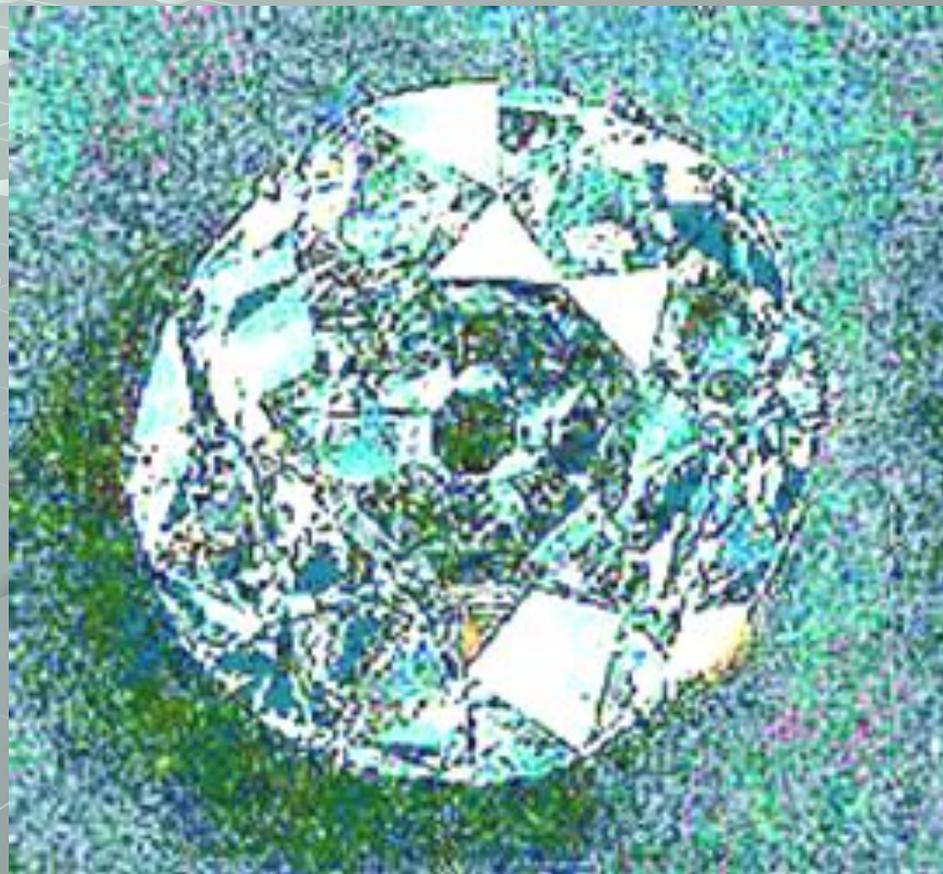
# Алмаз



- Плотность алмаза –  $3,5 \text{ г/см}^3$ ,  $t_{\text{плав}} = 3730^\circ\text{C}$ ,  $t_{\text{кип}} = 4830^\circ\text{C}$ . Алмаз можно получить из графита при  $p > 50$  тыс. атм. и  $t^\circ = 1200^\circ\text{C}$ . В алмазе каждый 4-х валентный атом углерода связан с другим атомом углерода ковалентной связью и количество таких связанных в каркас атомов чрезвычайно велико.

# Алмаз

- Непрерывная трехмерная сетка ковалентных связей, которая характеризуется большой прочностью, определяет многие свойства алмаза, так то плохая тепло- и электропроводимость, а также химическая инертность. Алмазы очень редки и ценны, их вес измеряется в каратах (1 карат=200мг). Ограненный алмаз называют бриллиантом.

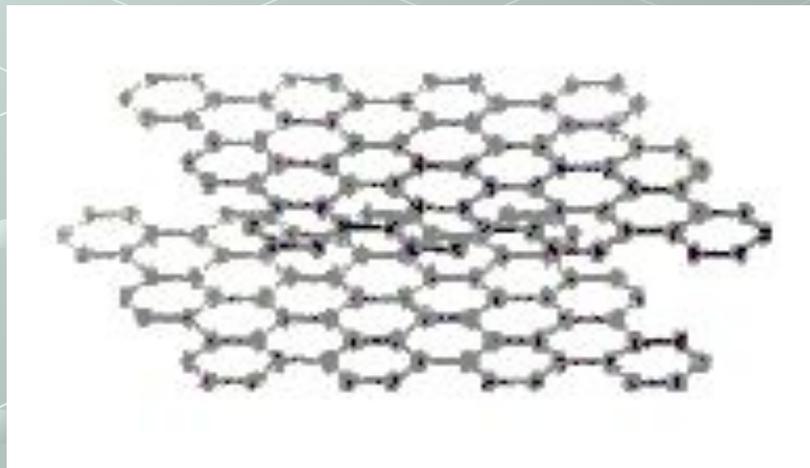


Знаменитый бриллиант  
«Кохинор»

# Графит



- Графит – устойчивая при нормальных условиях аллотропная модификация углерода, имеет серо-черный цвет и металлический блеск, кажется жирным на ощупь, очень мягок и оставляет черные следы на бумаге.



Структура графита

# Графит



- Атомы углерода в графите расположены отдельными слоями, образованными из плоских шестиугольников. Каждый атом углерода на плоскости окружен тремя соседними, расположенными вокруг него в виде правильного треугольника.

# Графит

- Графит характеризуется меньшей плотностью и твердостью, а также графит может расщепляться на тонкие чешуйки. Чешуйки легко прилипают к бумаге – вот почему из графита делают грифели карандашей. В пределах шестиугольников возникает склонность к металлизации, что объясняет хорошую тепло- и электропроводность графита, а также его металлический блеск.

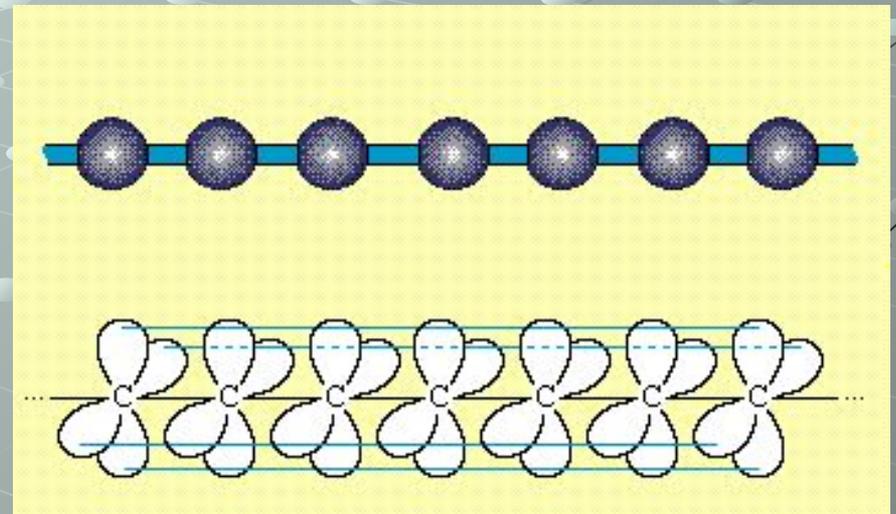


Графитовый  
электрод



# Карбин

- Он имеет вид черного мелкокристаллического порошка, однако может существовать в виде белого вещества с промежуточной плотностью. Карбин обладает полупроводниковыми свойствами, под действием света его проводимость резко увеличивается.



# Карбин

- За счет существования различных типов связи и разных способов укладки цепей из углеродных атомов в кристаллической решетке, физические свойства карбина могут меняться в широких пределах. Позднее карбин был найден в природе в виде вкраплений в природном графите, содержащемся в минерале чаоит, а также в метеоритном веществе.



Метеорит  
содержащий  
вкрапления карбина

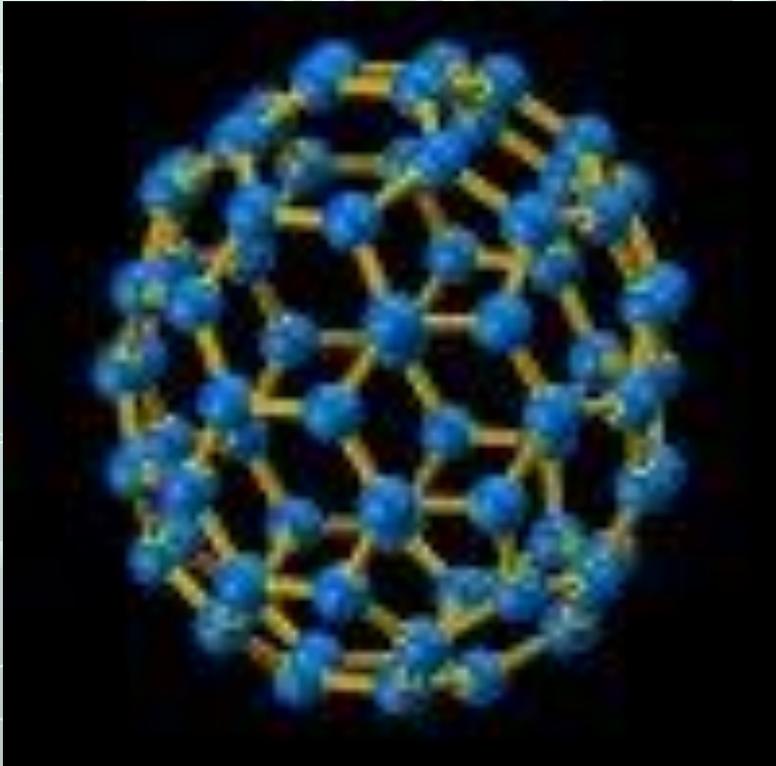
# Другие формы углерода

- Известны и другие формы углерода, такие как уголь, кокс и сажа. Но все эти формы являются композитами, то есть смесью малых фрагментов графита и алмаза.



Сажа

# Фуллерены

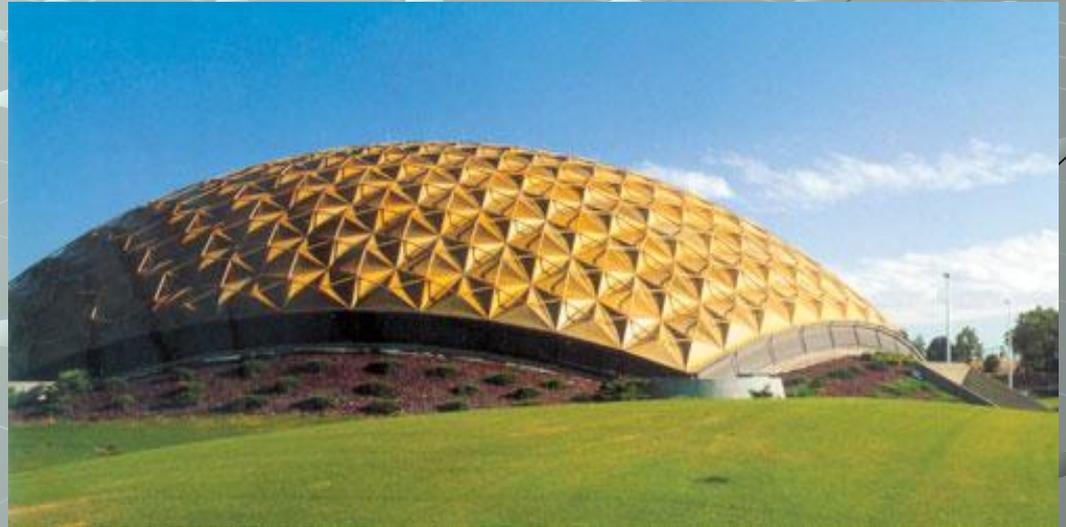


Фуллерен C<sub>70</sub>

- Фуллерены – класс химических соединений, молекулы которых состоят только из углерода, число атомов которого четно, от 32 и более 500, они представляют по структуре выпуклые многогранники, построенные из правильных пяти- и шестиугольников.

# Фуллерены

- Происхождение термина "фуллерен" связано с именем американского архитектора Ричарда Букминстера Фуллера, конструировавшего полусферические архитектурные конструкции, состоящие из шестиугольников и пятиугольников.



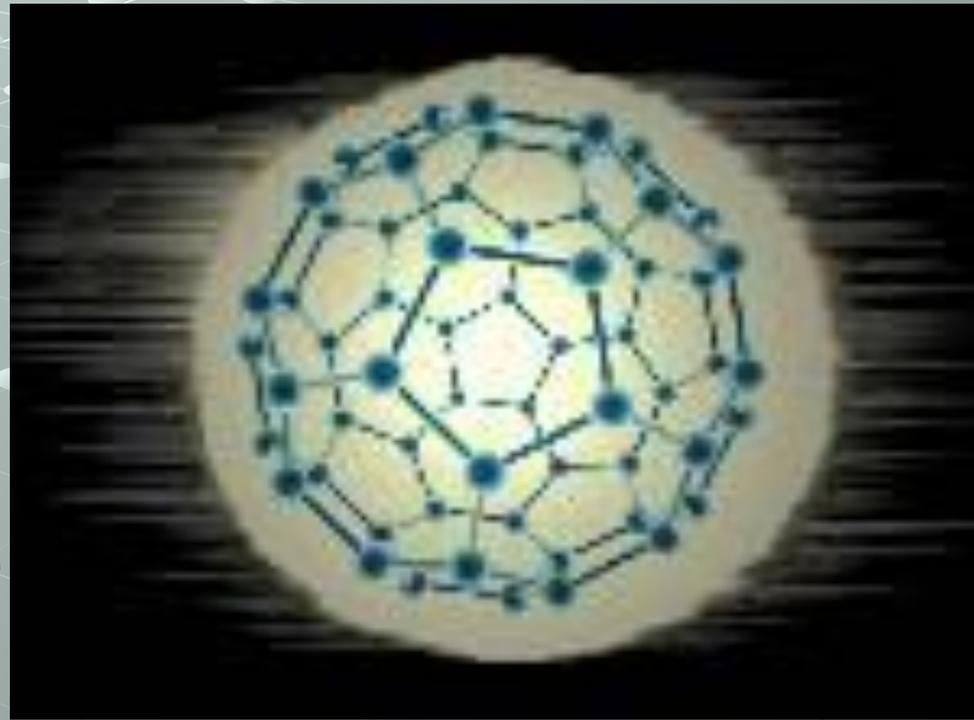
Купол Фуллера

# Фуллерены

- В начале 70-х годов физхимик–органик Е.Осава предположил существование полой, высокосимметричной молекулы  $C_{60}$ , со структурой в виде усеченного икосаэдра, похожей на футбольный мяч. Чуть позже (1973 г.) российские ученые Д.А. Бочвар и Е.Г. Гальперин сделали первые теоретические квантово-химические расчеты такой молекулы и доказали ее стабильность.
- Первый способ получения и выделения твердого кристаллического фуллерена был предложен в 1990 г. В.Кречмером и Д.Хафманом с коллегами в институте ядерной физики в г. Гейдельберге (Германия).

# Фуллерены

- В противоположность первым двум, графиту и алмазу, структура которых представляет собой периодическую решетку атомов, третья форма чистого углерода является молекулярной. Это означает, что минимальным элементом ее структуры является не атом, а молекула углерода, представляющая собой замкнутую поверхность, которая имеет форму сферы.



Модель фуллерена C<sub>60</sub>

# Фуллерены

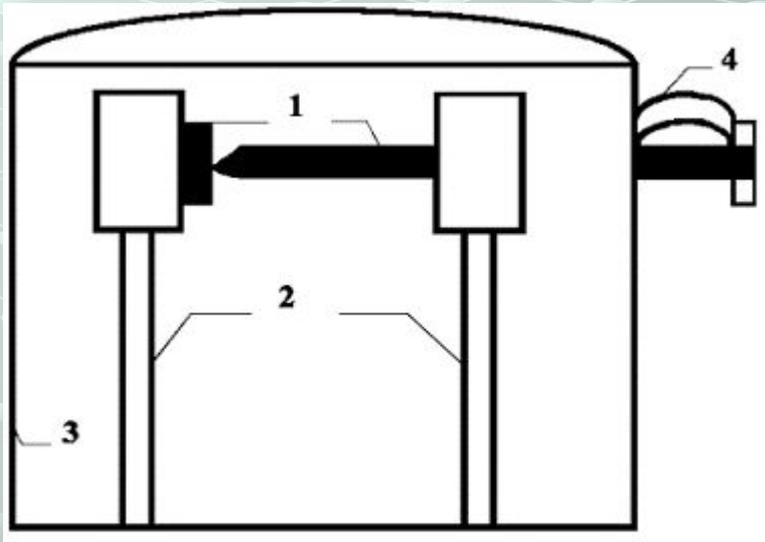


Схема установки для получения фуллеренов

1-графитовые электроды

2-охлаждаемая медная шина

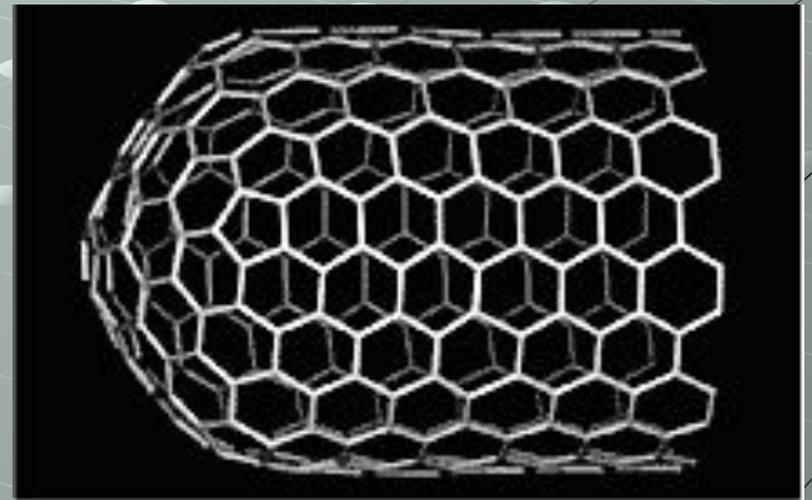
3-медный кожух

4-пружины

- Наиболее эффективный способ получения фуллеренов основан на термическом разложении графита. На рисунке показана схема установки для получения фуллеренов, которую использовал В. Кретчмер. Распыление графита осуществляется при пропускании через электроды тока с частотой 60 Гц, величина тока от 100 до 200 А, напряжение 10-20 В.

# Нанотрубки

- Наряду со сфероидальными углеродными структурами, могут образовываться также и протяженные цилиндрические структуры, так называемые нанотрубки, которые отличаются широким разнообразием физико-химических свойств.
- Идеальная нанотрубка представляет собой свернутую в цилиндр графитовую плоскость, выложенную правильными шестиугольниками, в вершинах которых расположены атомы углерода.



Строение нанотрубки

# Нанотрубки



- Многослойные нанотрубки отличаются от однослойных значительно более широким разнообразием форм и конфигураций. Возможные разновидности поперечной структуры многослойных нанотрубок представлены на рисунке. Структура типа "русской матрешки" представляет собой совокупность вложенных друг в друга однослойных нанотрубок (а). Другая разновидность этой структуры, показанная на рисунке б, представляет собой совокупность вложенных друг в друга призм. Наконец, последняя из приведённых структур (в), напоминает свиток.

# Заключение

- Хотя фуллерены имеют короткую историю, это направление науки быстро развивается, привлекая к себе все новых исследователей. Она включает три направления: физика фуллеренов, химия фуллеренов и технология фуллеренов.
- Физика фуллеренов занимается исследованием структурных, механических, магнитных, оптических свойств фуллеренов и их соединений. Сюда относится также изучение характера взаимодействия между атомами углерода в этих соединениях, свойства и структура систем, состоящих из молекул фуллеренов. Физика фуллеренов является наиболее продвинутой ветвью в области фуллеренов.
- Химия фуллеренов связана с созданием и изучением новых химических соединений, основу которых составляют фуллерены, а также изучает химические процессы, в которых они участвуют. Следует отметить, что по концепциям и методам исследования это направление химии во многом принципиально отличается от традиционной химии.
- Технология фуллеренов включает в себя как методы производства фуллеренов, так и различные их приложения.