

# Углерод

## Аллотропные модификации

# Положение в таблице Менделеева

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

1A (1)	Periodic Table of the Elements																3A (13)	4A (14)	5A (15)	6A (16)	7A (17)	8A (18)
1	H																				He	
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne				
3	Na	Mg	3B (3)	4B (4)	5B (5)	6B (6)	7B (7)	8B (8)	9B (9)	10B (10)	11B (11)	12B (12)	Al	Si	P	S	Cl	Ar				
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr				
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe				
6	Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn				
7	Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo				
lanthanides		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb							
actinides		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No							

# 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.



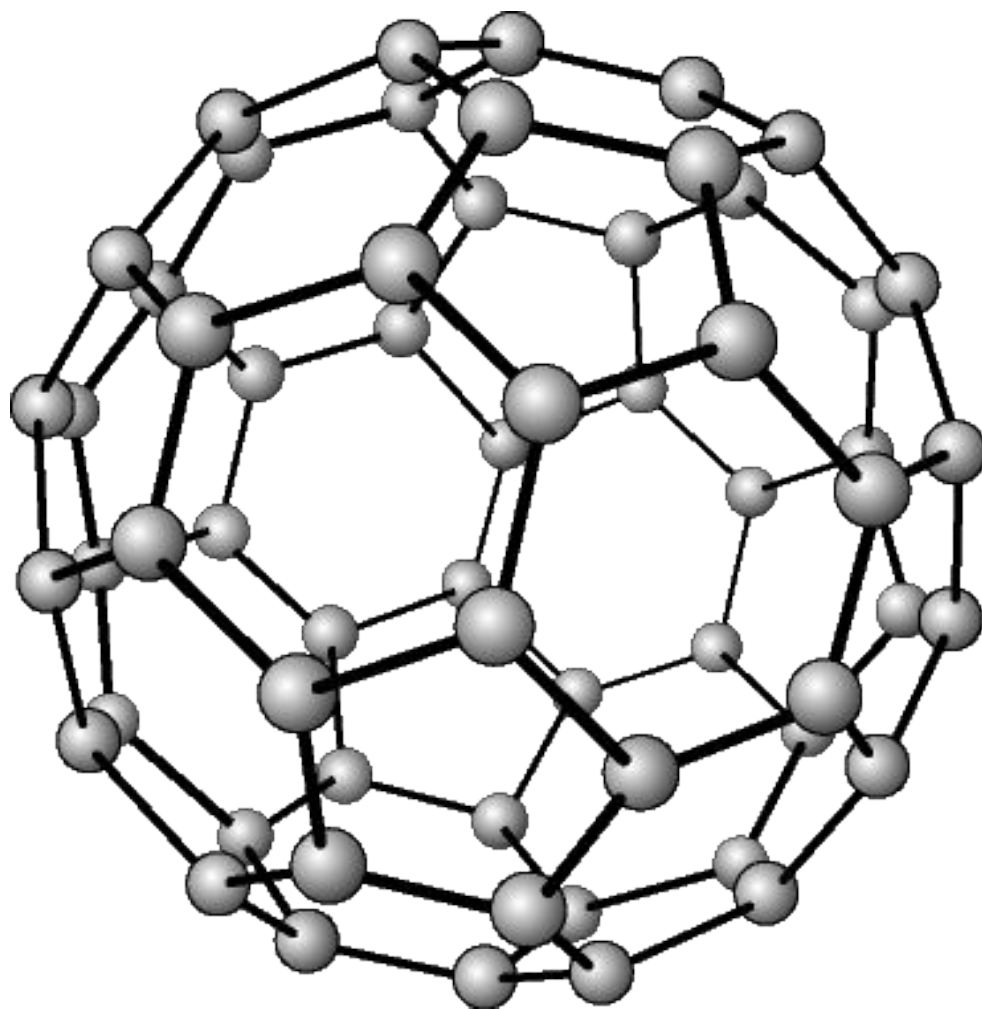
Алмаз





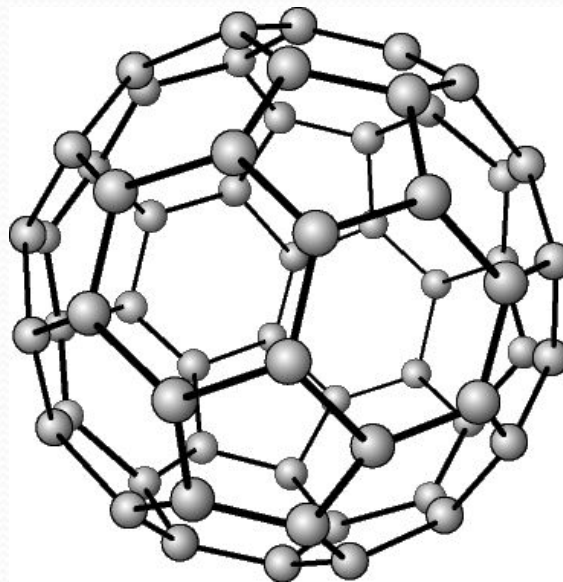
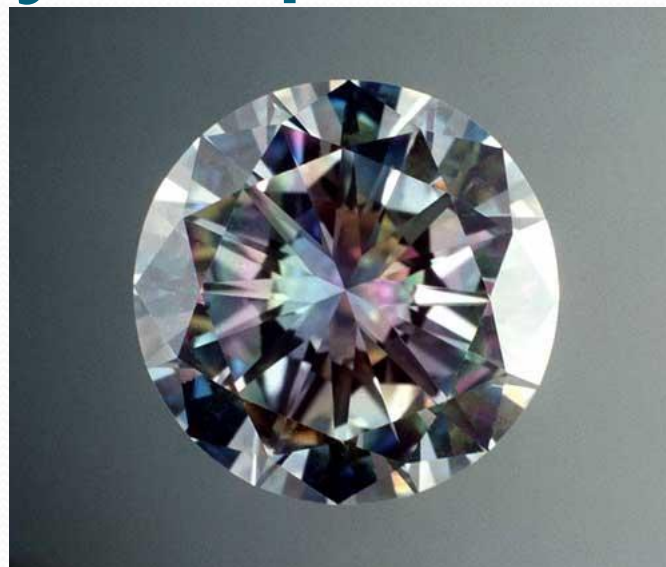
Графит





Модель фуллерена  $C_{60}$

# Все это - чистый углерод

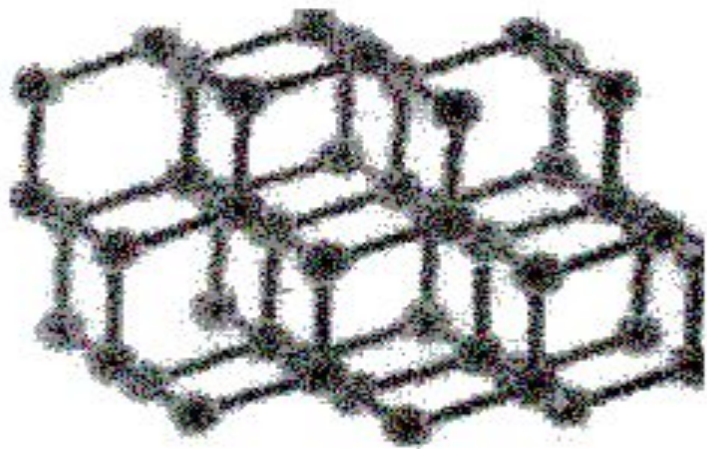




# Алмаз



- 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.



Структура алмаза

# Алмаз

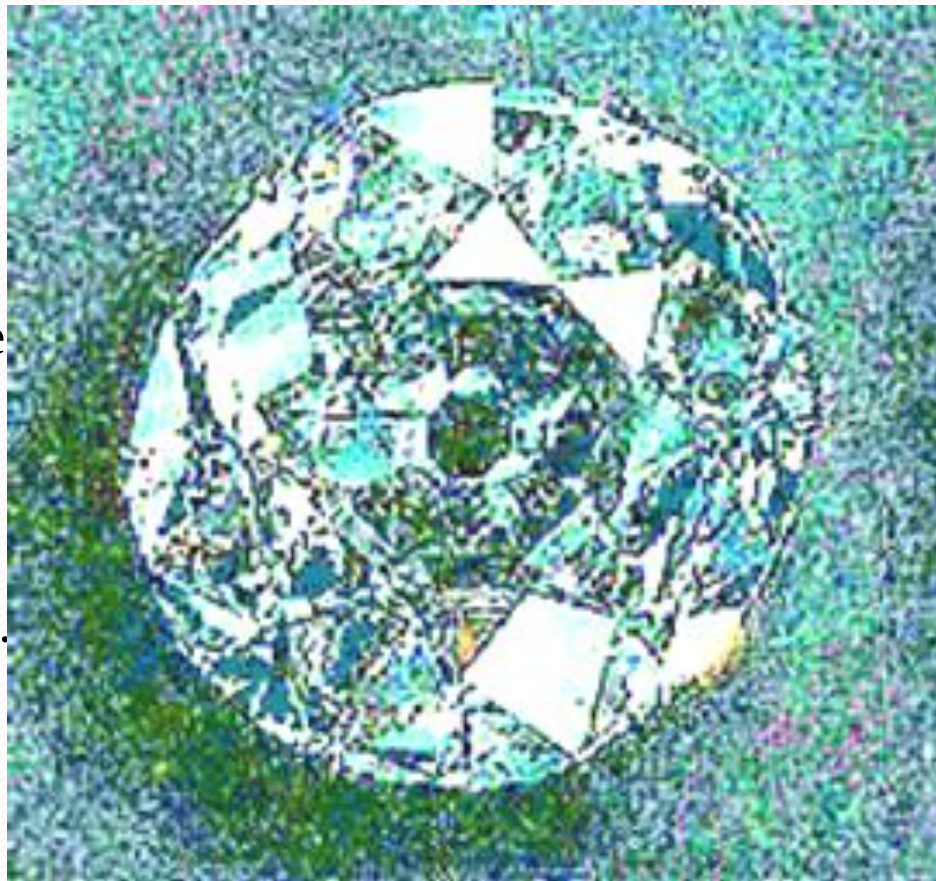


- Плотность алмаза –  $3,5 \text{ г/см}^3$ ,  $t_{\text{плав}} = 373^\circ\text{C}$ ,  $t_{\text{кип}} = 4830^\circ\text{C}$ . Алмаз можно получить из графита при  $p > 50 \text{ тыс. атм.}$  и  $t^\circ = 1200^\circ\text{C}$ . В алмазе каждый 4-х валентный атом углерода связан с другим атомом углерода 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). Ограниченный алмаз называют бриллиантом.



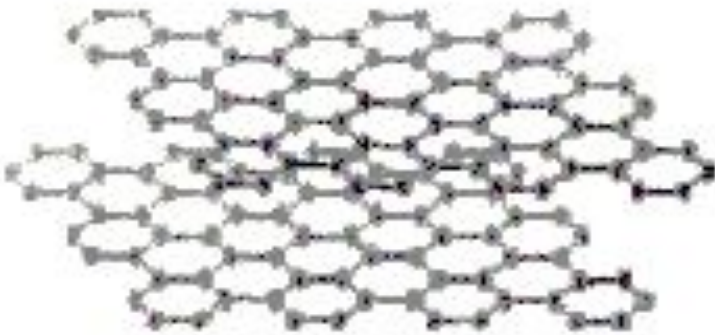
Знаменитый бриллиант  
«Кохинор»



# 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

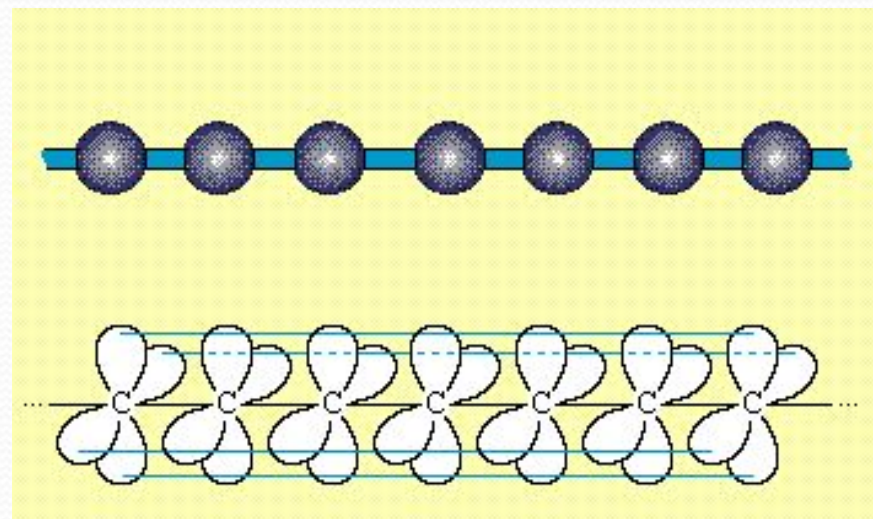


Строение карбина

- Карбин был получен в начале 60-х годов В.В. Коршаком, А.М. Сладковым, В.И. Касаточкиным, Ю.П. Кудрявцевым. Карбин имеет кристаллическую структуру, в которой атомы углерода соединены чередующимися одинарными и тройными связями.

# 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

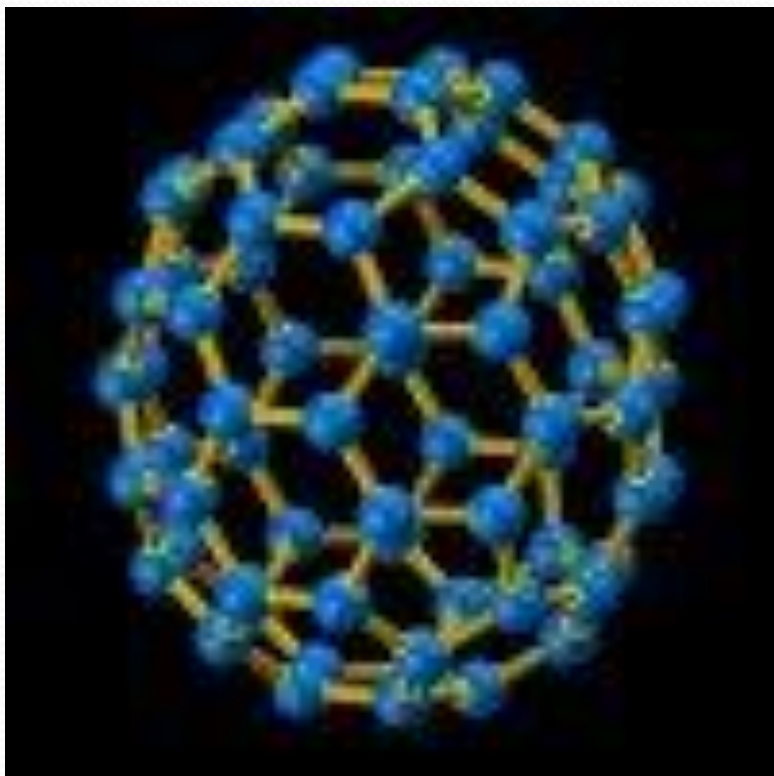
- Известны и другие формы углерода, такие как уголь, кокс и сажа. Но все эти формы являются композитами, то есть смесью малых фрагментов графита и алмаза.



Сажа



# Фуллерены

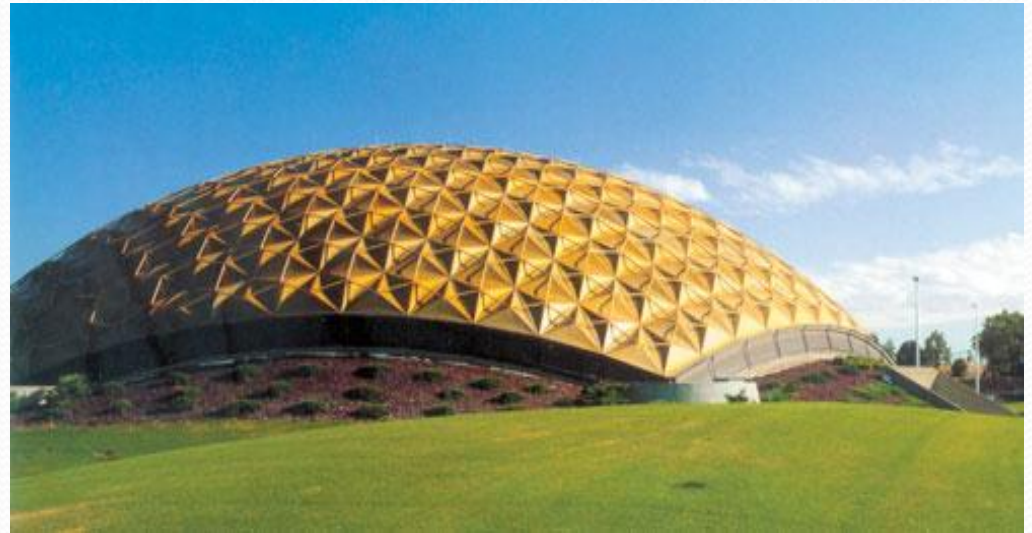


Фуллерен  $C_{70}$

- 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.

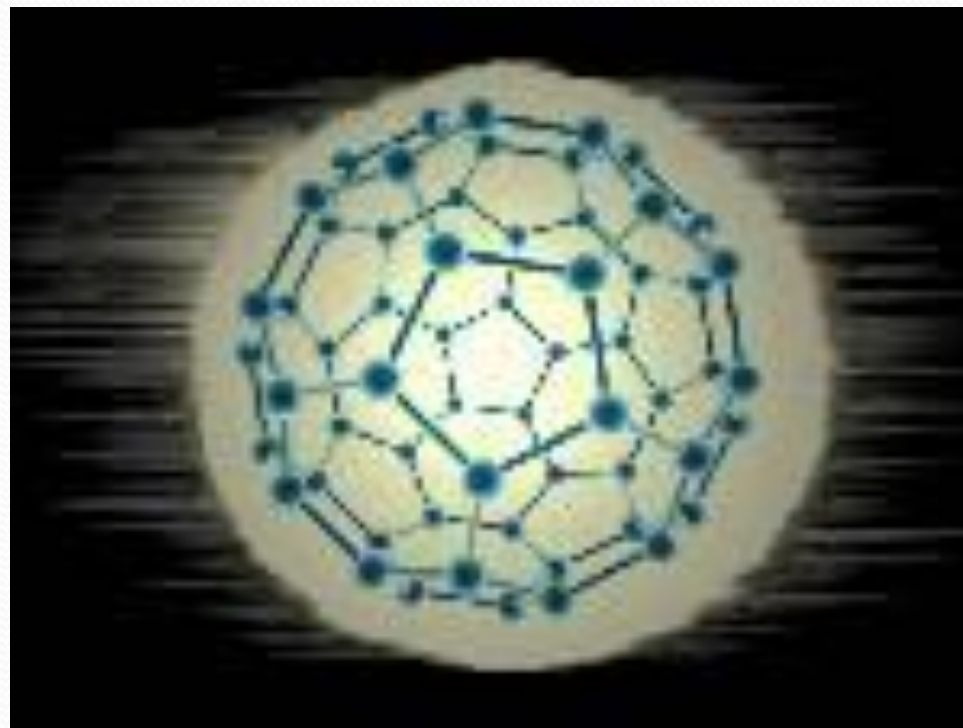


Купол Фуллера



# Фуллерены

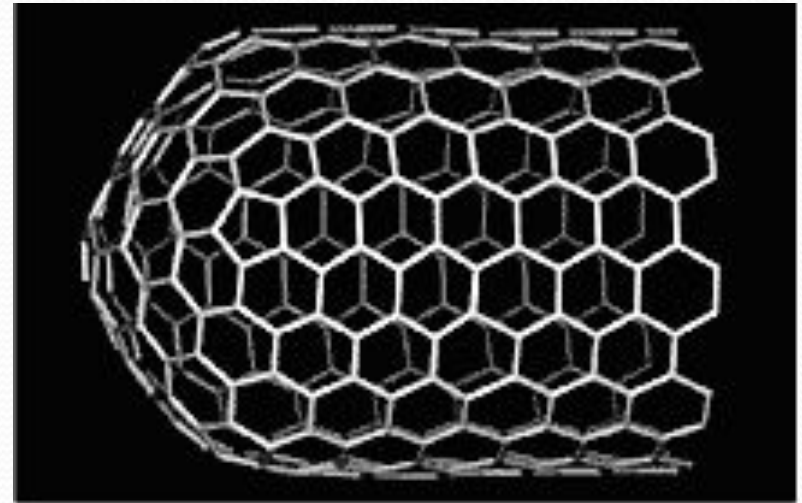
- В противоположность первым двум, графиту и алмазу, структура которых представляет собой периодическую решетку атомов, третья форма чистого углерода является молекулярной. Это означает, что минимальным элементом ее структуры является не атом, а молекула углерода, представляющая собой замкнутую поверхность,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



Модель фуллерена C<sub>60</sub>

# Нанотрубки

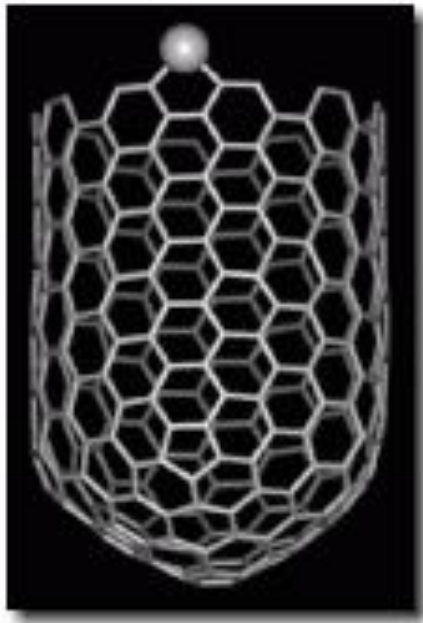
- Наряду со сфероидальными углеродными структурами, могут образовываться также и протяженные цилиндрические структуры, так называемые нанотрубки, которые отличаются широким разнообразием физико-химических свойств.
- Идеальная нанотрубка представляет собой свернутую в цилиндр графитовую плоскость, выложенную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



Строение нанотрубки



# Нанотрубки



- На рисунке представлена идеализированная модель однослойной нанотрубки. Такая трубка заканчивается полусферическими вершинами, содержащими наряду с правильными шестиугольниками, также по шесть правильных пятиугольников. Наличие пятиугольников на концах трубок позволяет рассматривать их как предельный случай молекул фуллеренов, длина продольной оси которых значительно превышает их диаметр.

# Наночастицы

- В процессе образования фуллеренов из графита образуются также наночастицы. Это замкнутые структуры, подобные фуллеренам, но значительно превышающие их по размеру. В отличие от фуллеренов, они также как и нанотрубки могут содержать несколько слоев., имеют структуру замкнутых, вложенных друг в друга графитовых оболочек. В наночастицах, аналогично графиту, атомы внутри оболочки связаны химическими связями, а между атомами соседних оболочек действует слабое ван-дер-ваальсово взаимодействие. Обычно оболочки наночастиц имеют форму близкую к многограннику. В структуре каждой такой оболочки, кроме шестиугольников, как в структуре графита, есть 12 пятиугольников, наблюдаются дополнительные пары из пяти и семиугольников.

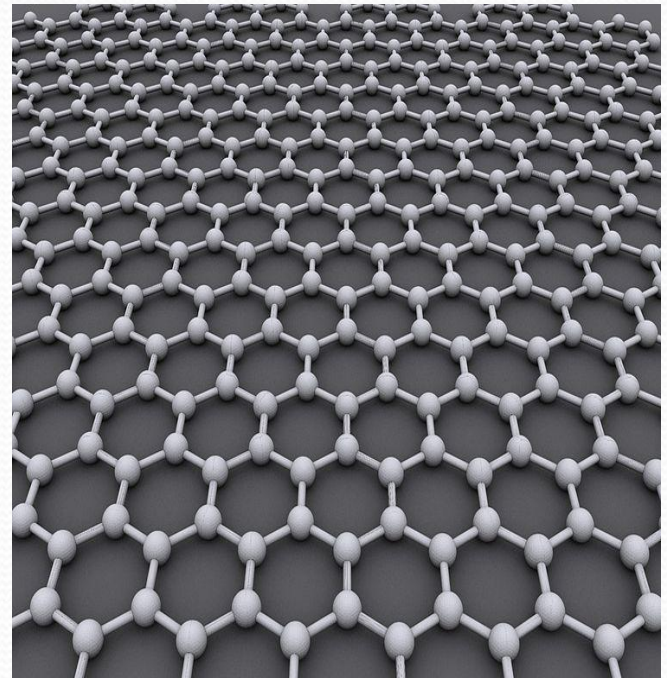


# Графен

- Графен — двумерная аллотропная модификация углерода, образованная слоем атомов углерода толщиной в один атом, находящихся в  $sp^2$ -гибридизации и соединённых посредством  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей в гексагональную двумерную кристаллическую решётку. Его можно представить как одну плоскость графита, отделённую от объёмного кристалла. По оценкам, графен обладает большой механической жёсткостью и рекордно большой теплопроводностью. Высокая подвижность носителей заряда (максимальная подвижность электронов среди всех известных материалов) делает его перспективным материалом для использования в самых различных приложениях, в частности, как будущую основу нанoeлектроники и возможную замену кремния в интегральных микросхемах.

# Графен

- Основной из существующих в настоящее время способов получения графена в условиях научных лабораторий основан на механическом отщеплении или отшелушивании слоёв. Этот метод не предполагает использования масштабного производства, поскольку это ручная процедура. Другой известный способ — метод термического разложения подложки карбида кремния — гораздо ближе к промышленному производству. Поскольку графен впервые был получен только в 2004 году, он ещё недостаточно хорошо изучен и привлекает к себе повышенный интерес.







Конец