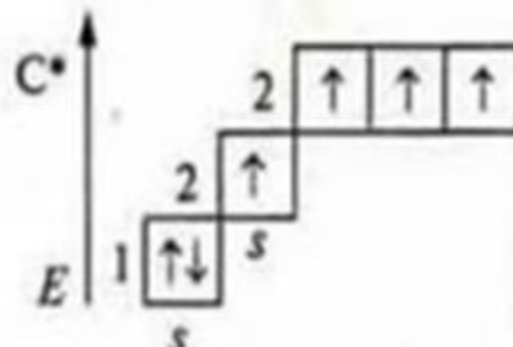
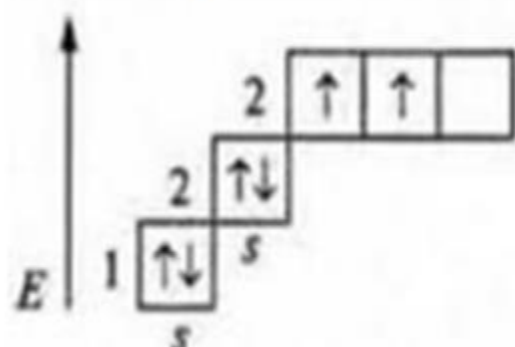
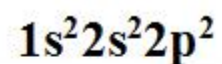


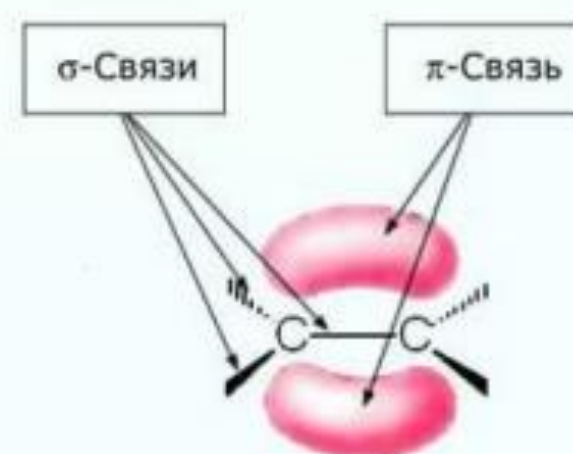
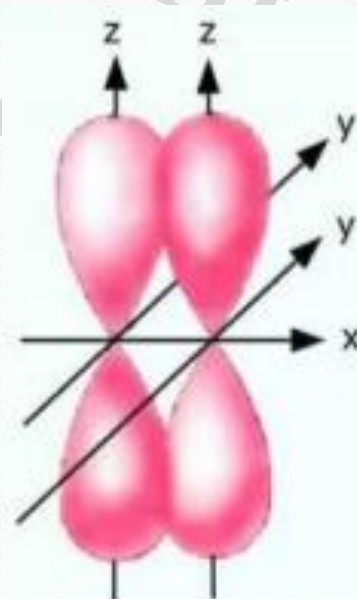
Наноматериалы на основе углерода и перспективы их применения

**Старший преподаватель кафедры общей, физической
и коллоидной химии Бедарик А. Е.**

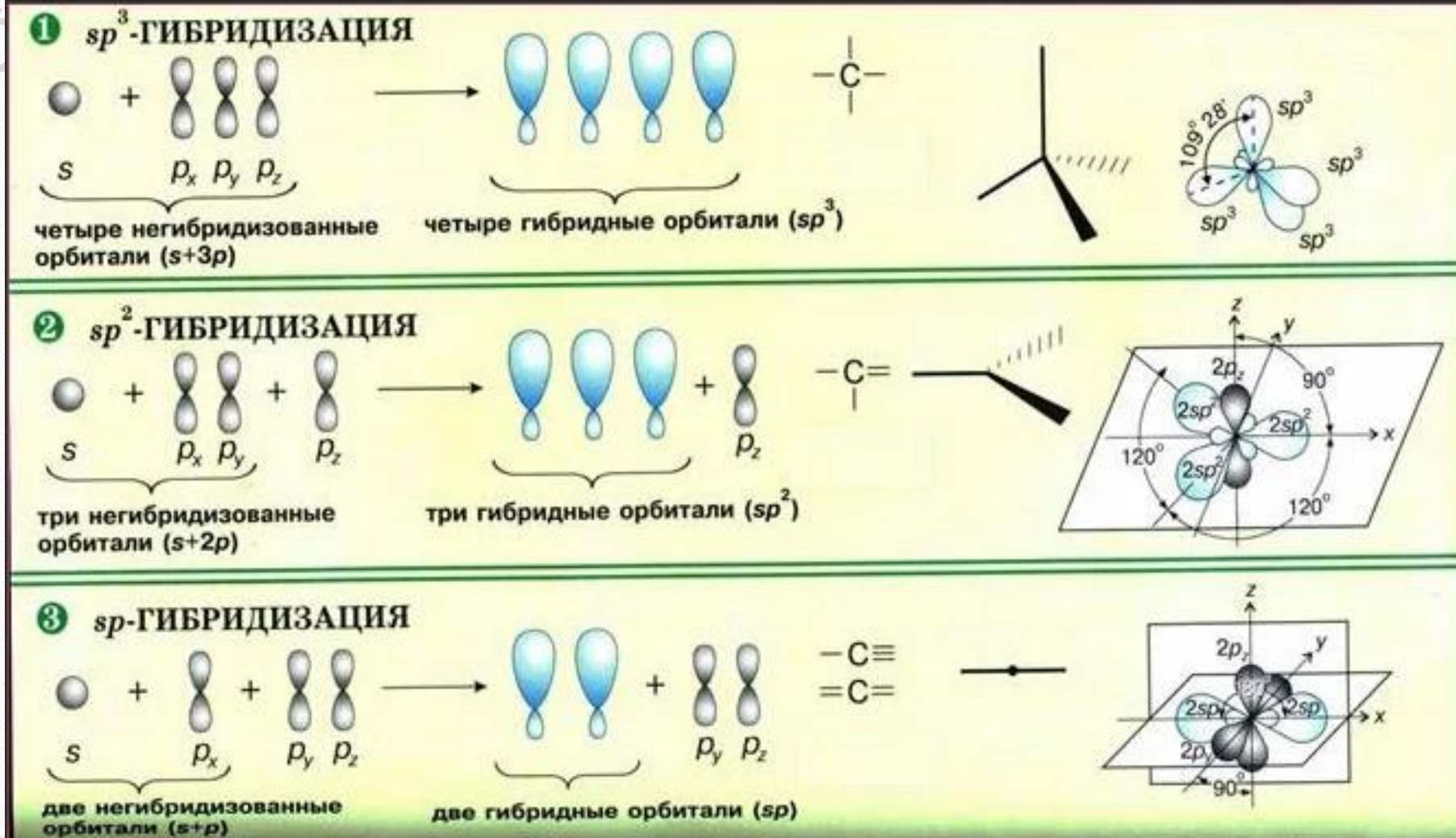
Углерод



s и p орбитали



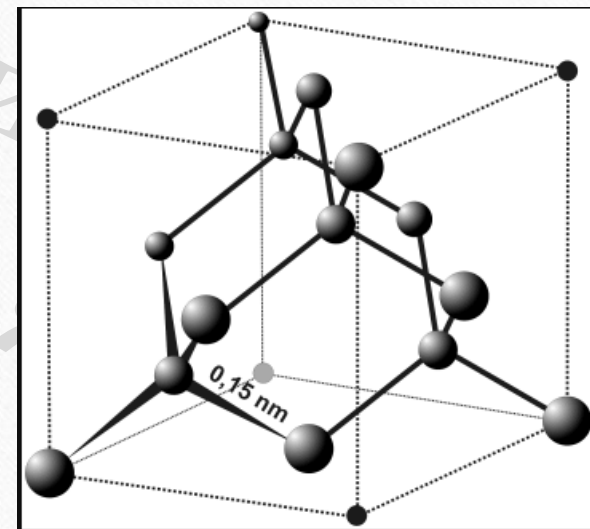
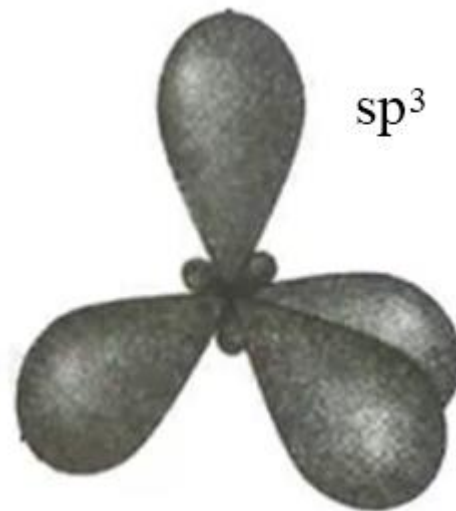
Гибридизация – выравнивание атомных орбиталей по форме и энергии



Алмаз

Алмаз — самый твёрдый известный природный минерал. Окраска бывает желтой, коричневой, серой или бесцветной. Реже синей, зеленой, черной, белой, розовой, фиолетовой, оранжевой, красной.

Алмазы очень редки и ценны, их вес измеряется в каратах (1 карат = 200мг). Ограненный алмаз называют бриллиантом.

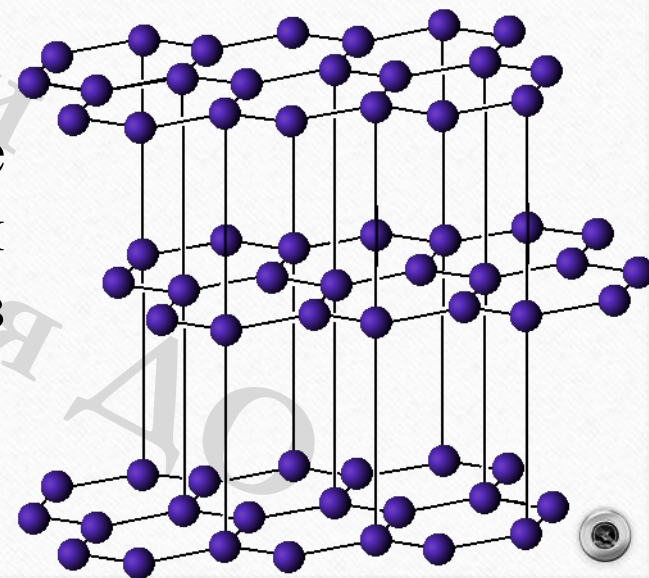
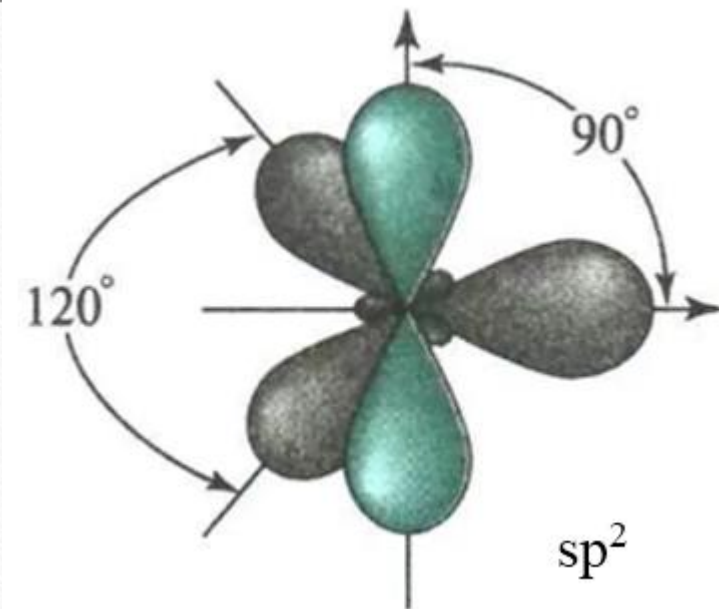


Графит

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

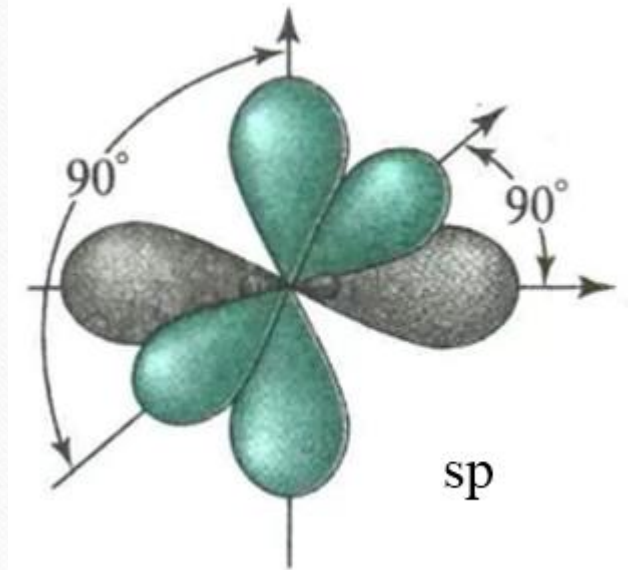


Атомы углерода в графите расположены отдельными слоями, образованными из плоских шестиугольников.

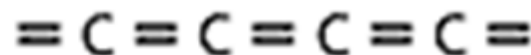


Карбин (1962 год)

Карбин имеет вид черного мелкокристаллического порошка. Это линейный полимер углерода. В молекуле карбина атомы углерода соединены в цепочки либо поочередно тройными и одинарными связями (полииновое строение – α -карбин), либо постоянно двойными связями (поликумуленовое строение – β -карбин).



полиин
 α -карбин



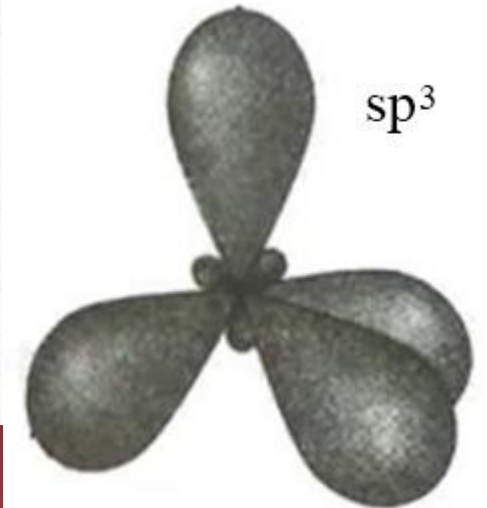
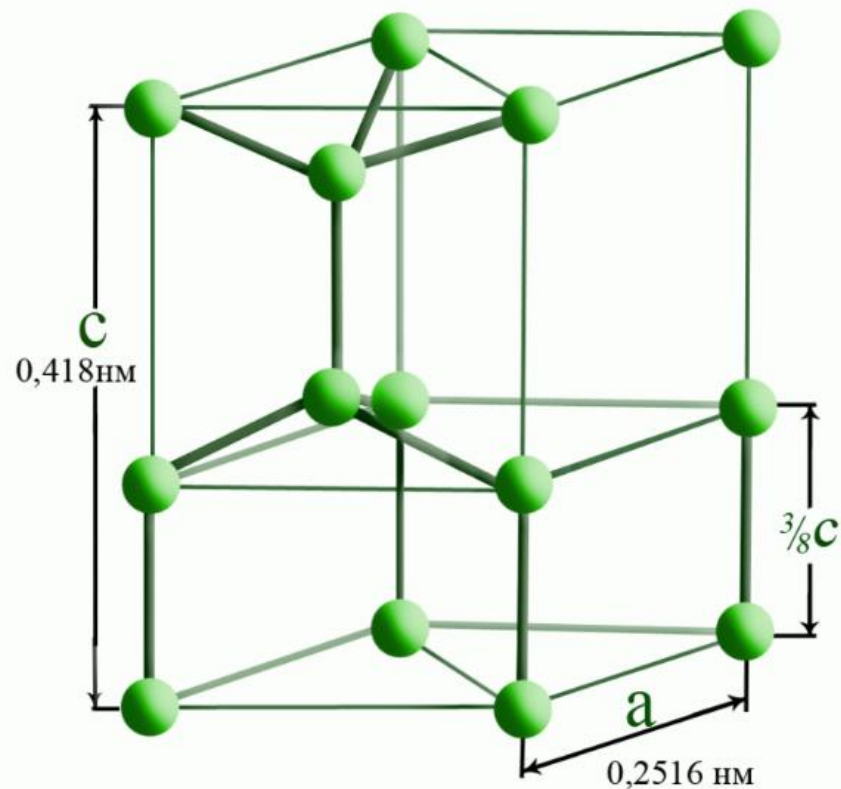
поликумулен
 β -карбин



Карбин обладает полупроводниковыми свойствами, под действием света его проводимость резко увеличивается.

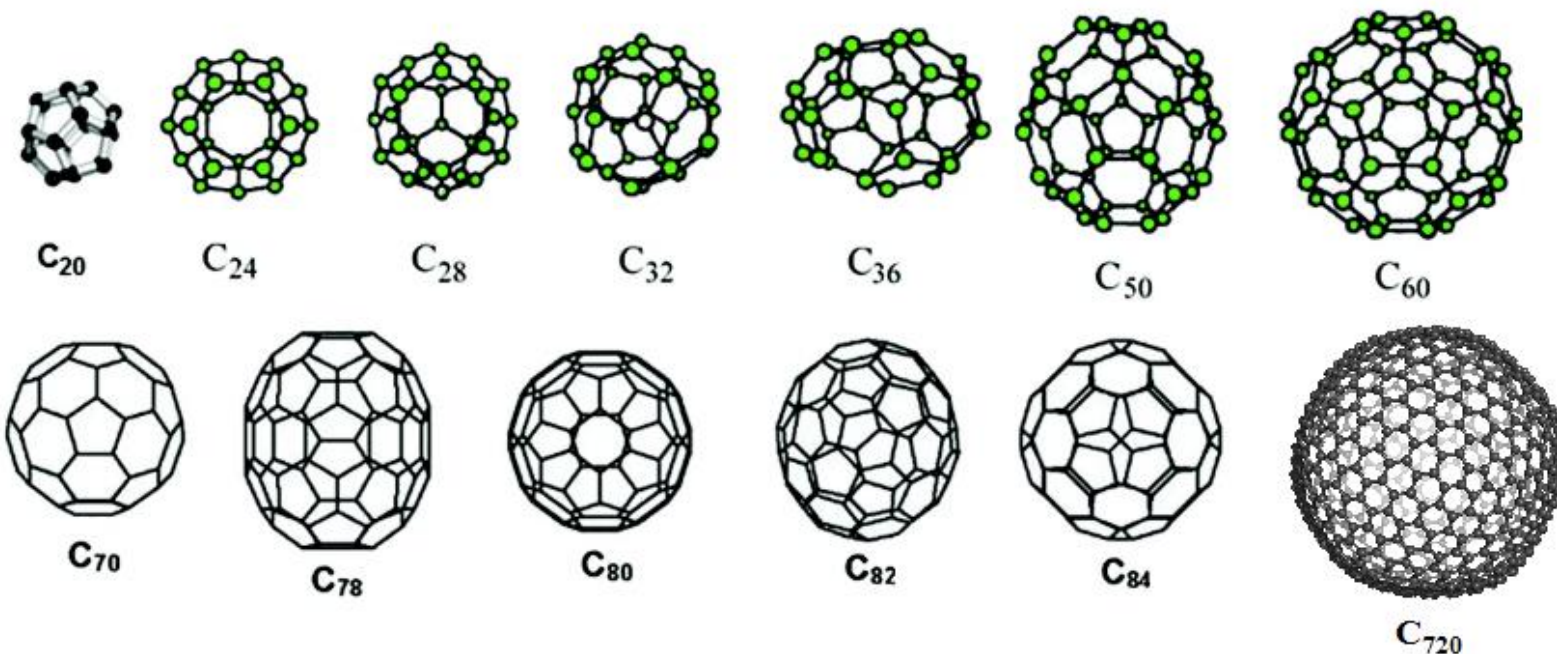
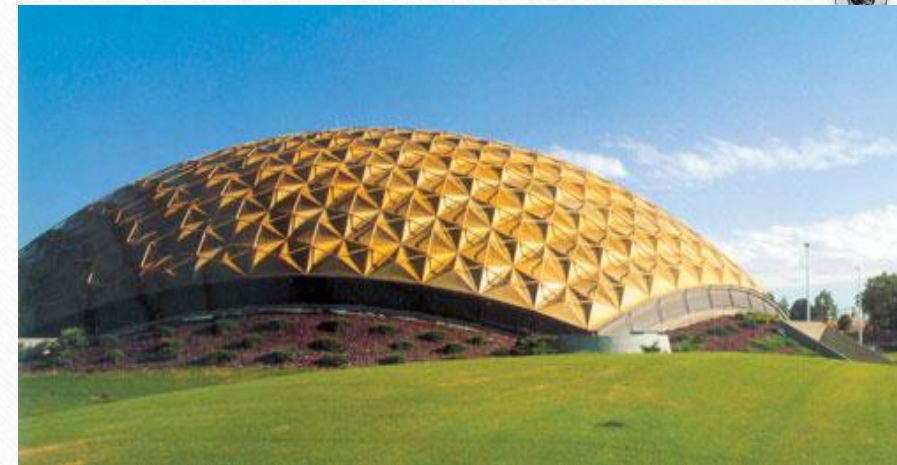
Лонсдейлит (1966 год)

Гексагональный алмаз. Цвет коричневато-жёлтый, прозрачный. Встречается в виде мелких кристаллов. Мягче алмаза. Практического значения не имеет ввиду сложности получения.



Фуллерен (1985 год)

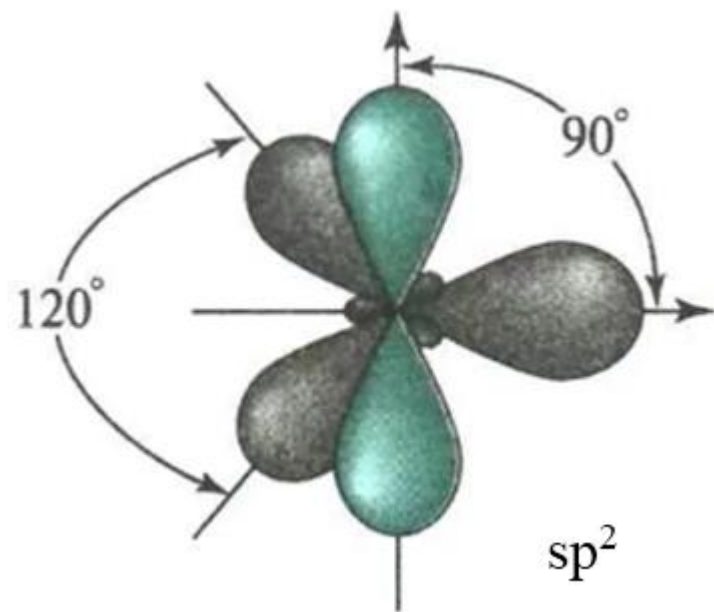
Аллотропная модификация углерода, имеющая молекулярное строение. Молекулы фуллерена представляют собой выпуклые многогранники, построенные из правильных пяти- и шестиугольников.



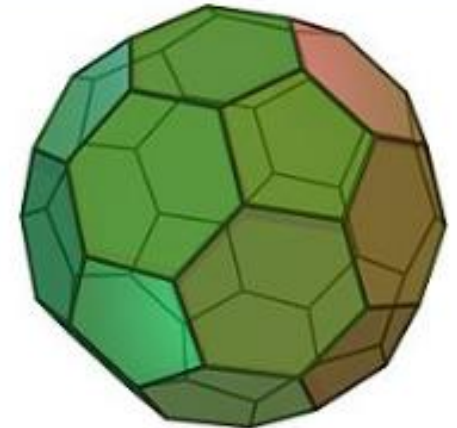
Происхождение термина "фуллерен" связано с именем американского архитектора Ричарда Фуллера, полусферические архитектурные конструкции которого состояли из шестиугольников и пятиугольников.

C_{60}

бакминстерфуллерен, бакибол, букибол



Усечённый икосаэдр



Тип	Полуправильный многогранник
Грани	пятиугольники (12), шестиугольники (20)
Граней	32
Рёбер	90
Вершин	60
Граней при вершине	3

Получение фуллеренов:

На Земле фуллерены образуются при горении природного газа и разряде молнии.

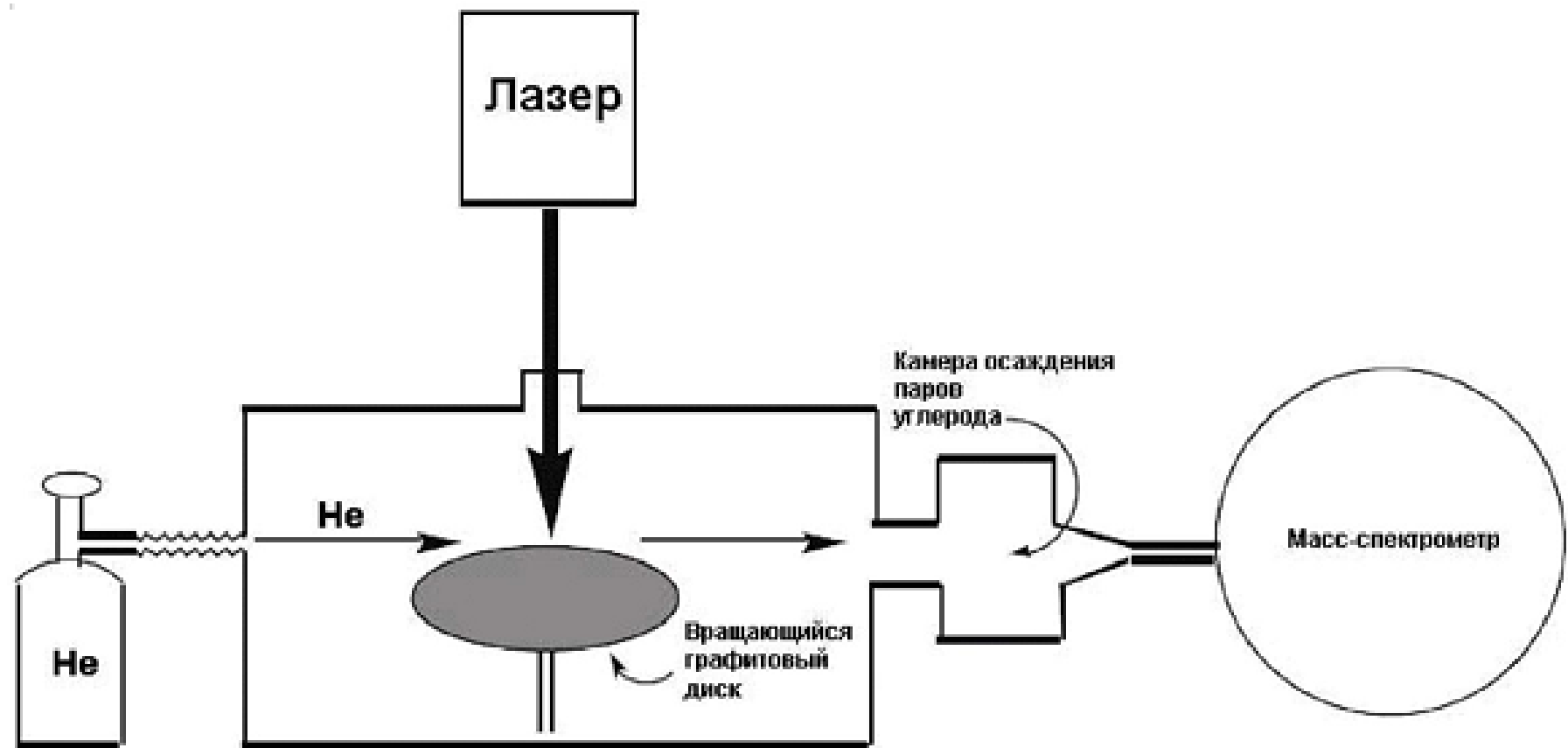
Синтез:

1. Конденсация паров графита, получаемых при лазерном облучении твёрдых графитовых образцов;
2. Сжигание графитовых электродов в электрической дуге в атмосфере гелия при низких давлениях (около 100 мм рт. ст.);
3. Термокаталитическое дегидрирование углеводородов.

Фуллерены хорошо растворяются в органических растворителях.



Получение фуллеренов:



**Установка для получения фуллеренов
(Крото и Смоли)**

Получение фуллеренов:

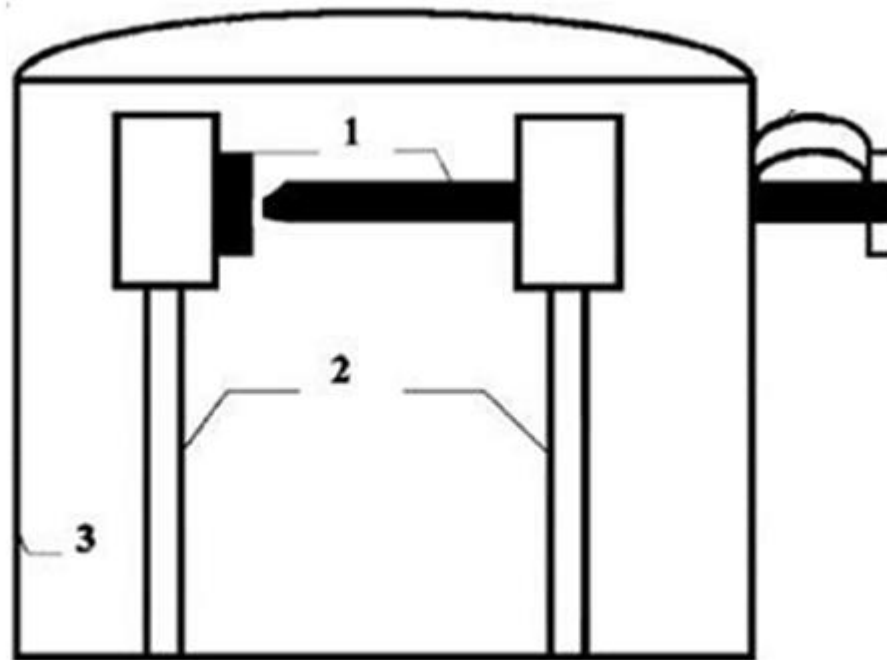
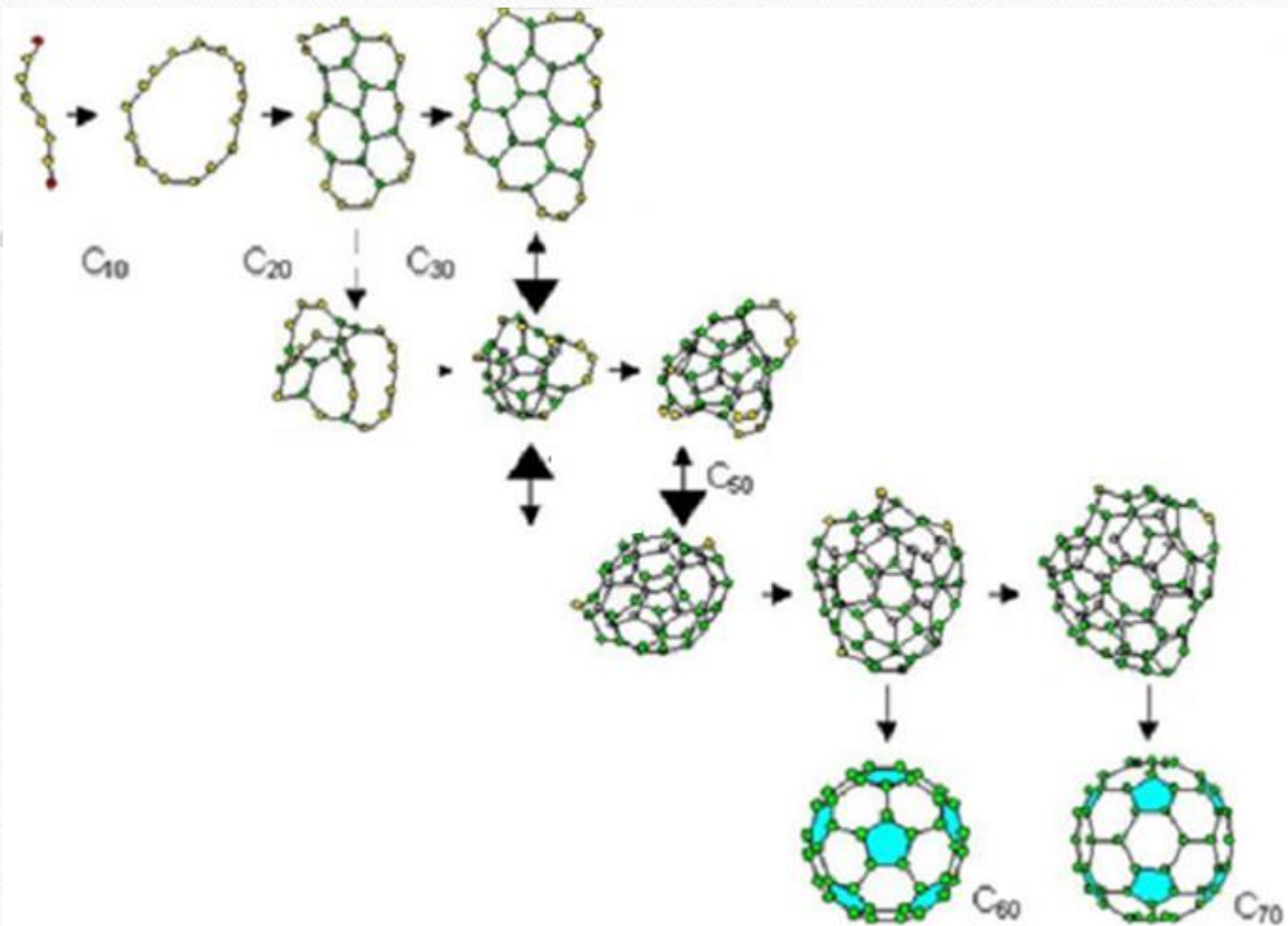


Схема установки для получения фуллеренов и нанотрубок
методом электродугового распыления графита:

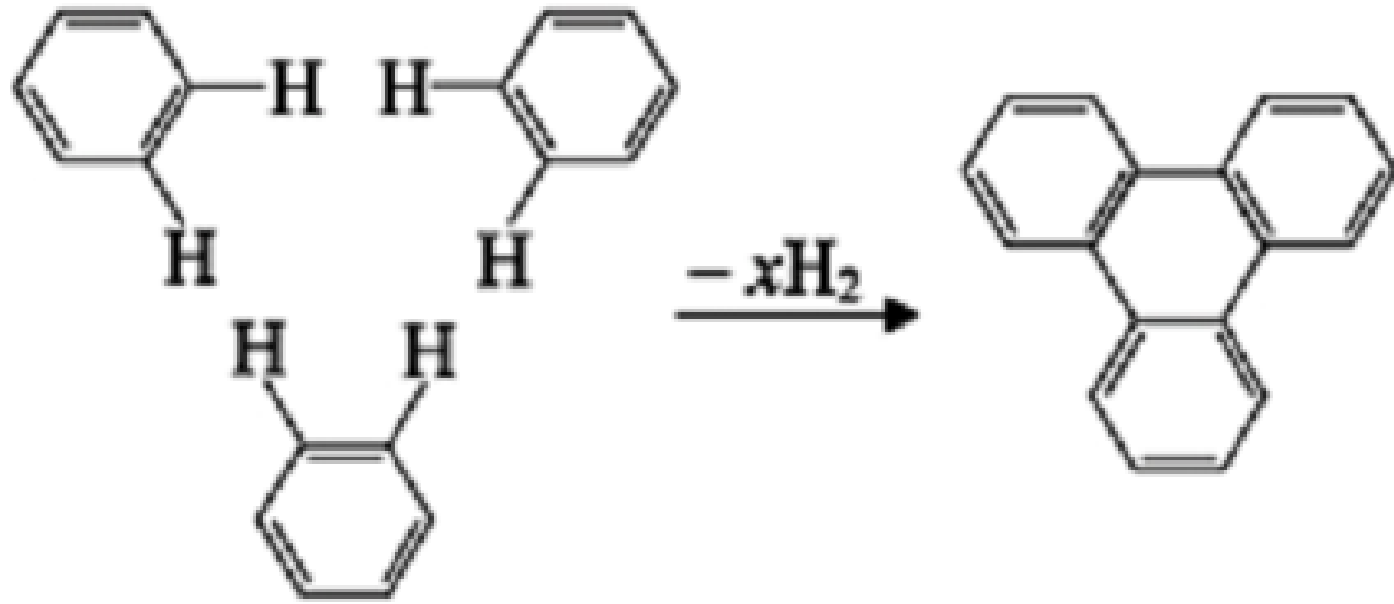
1 – графитовые электроды; 2 – охлаждаемая медная шина; 3 – медный кожух, охлаждаемый водой

Получение фуллеренов:



Возможный механизм образования фуллеренов

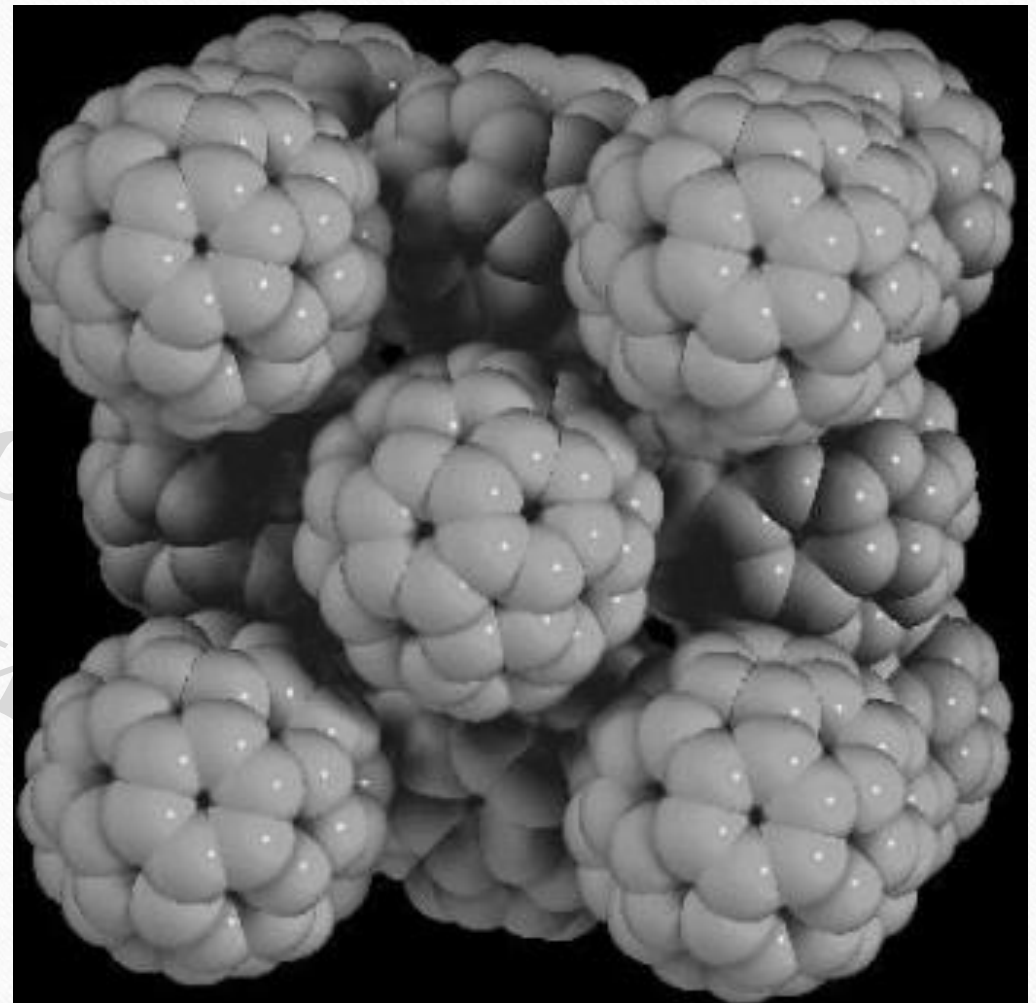
Получение фуллеренов:



Фуллериты

Конденсированные системы, состоящие из молекул фуллеренов или, иными словами, кристаллы фуллеренов. Являются полупроводниками.

Пустоты между молекулами могут заполняться атомами металлов – образуются фуллери́ды. Такие соединения с щелочными металлами обладают сверхпроводимостью.



Химические свойства фуллеренов

Химически мало реакционноспособны.

Характерны реакции присоединения (гидрирование, реакция Дильса-Альдера, димеризация, полимеризация и т.п.)

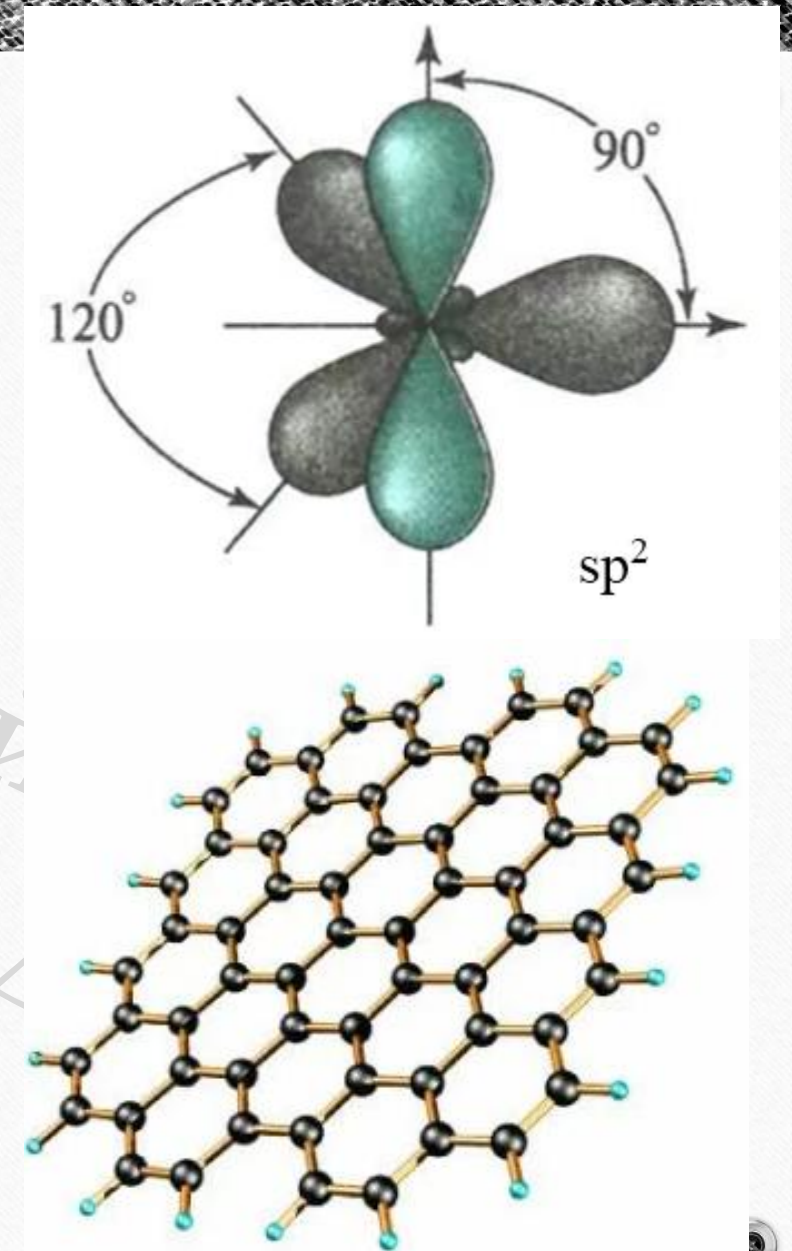
Возможно заполнение пустот внутри молекулы фуллерена любыми атомами и даже молекулами подходящего размера (образуются эндоэдральные фуллерены).

Применение фуллеренов:

1. Создание фотоприёмников и оптических электронных устройств, сверхпроводящих материалов;
2. Получение искусственных алмазов;
3. Синтез металлов и сплавов с новыми свойствами;
4. Хорошие сорбенты при очистке газов (способность адсорбировать водород и др. газы);
5. Изготовление аккумуляторов и электрических батарей (в том числе солнечных);
6. Изготовление огнеупорных красок;
7. Мощнейшие антиоксиданты (фуллерен способен встраиваться в липидные слои мембран клеток и митохондрий);
8. Создание противораковых и противоаллергенных медицинских препаратов и препаратов для лечения ВИЧ;
9. Хранение радиоактивных изотопов.

Графен (2004 год)

Двумерная аллотропная модификация углерода, образованная слоем атомов углерода толщиной в один атом и соединённых посредством σ - и π -связей в двумерную кристаллическую решётку (можно представить как одну плоскость графита, отделённую от объёмного кристалла).



Получение графена:

1. Расслаивание графита и выделение микроплоскостей графена с помощью скотча и соответствующих растворителей;
2. Термокаталитическое разложение углеводородов на поверхности некоторых металлов (медь, никель и т.д.) в инертной атмосфере;
3. Расщепление фуллеренов;
4. Термическое разложение карбида кремния;
5. Восстановление углекислого газа магнием и др.

Свойства графена:

Прозрачное, гибкое вещество, способно к растяжению, но в то же время обладает большой механической жёсткостью. Имеет хорошую электропроводимость и самую высокую теплопроводность среди всех известных твёрдых веществ. Есть сведения о сверхпроводимости

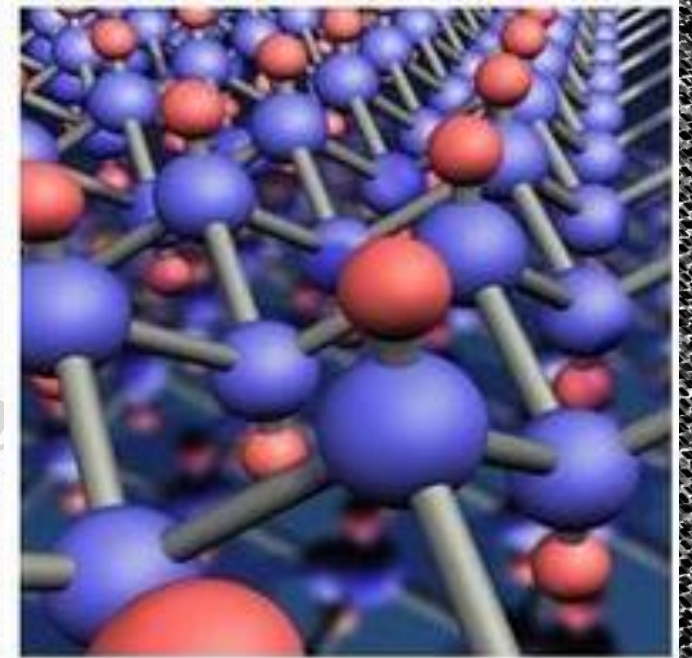
графеновых плёнок.

Химические свойства графена:

Способен вступать в ряд реакций с кислородом, галогенами, водородом и др. веществами. Продукт присоединения водорода – графан.

Применение графена:

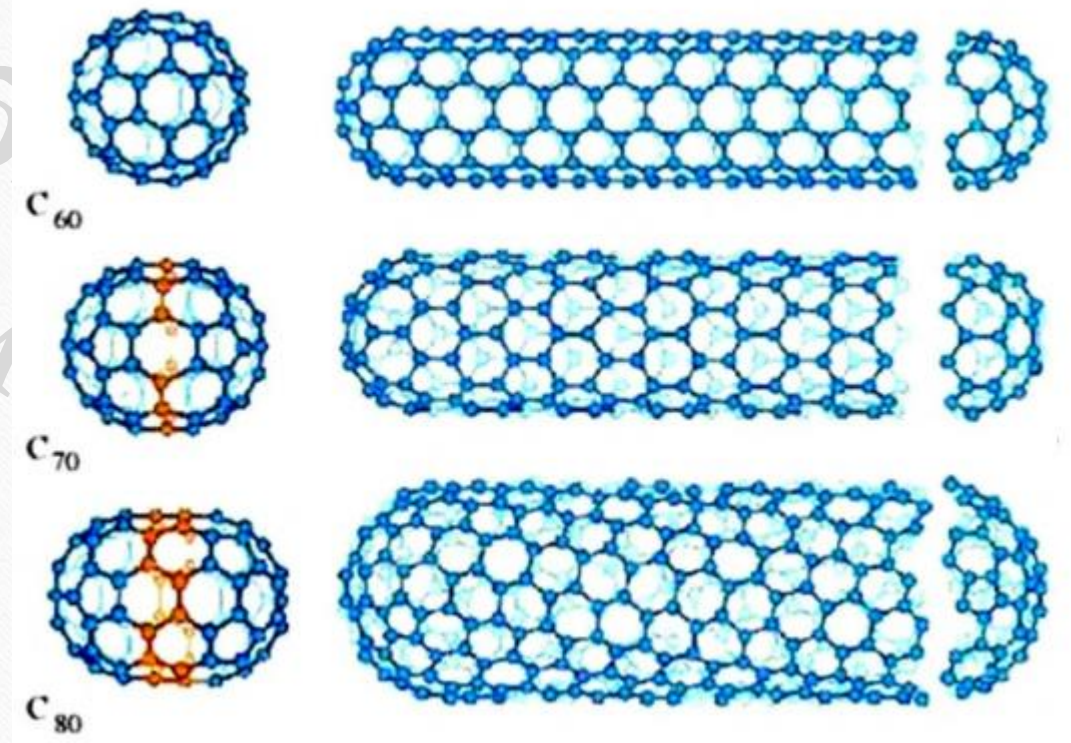
1. Солнечные батареи;
2. Светодиоды;
3. Сенсорные панели и "умные окна" или телефоны;
4. Композитные материалы;
5. Смазочные материалы;
6. Чернила для печати и др.

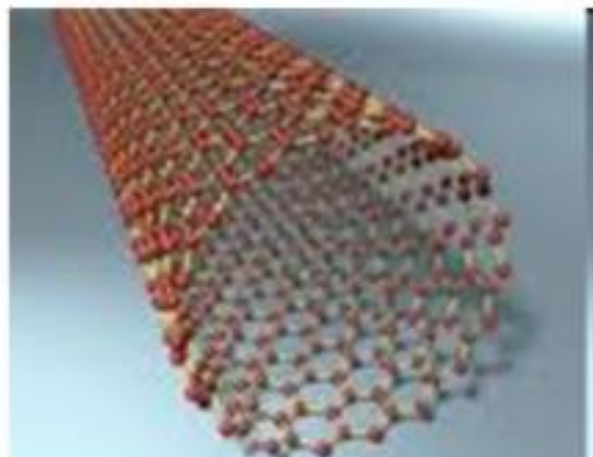


Углеродные нанотрубки (УНТ, 1991 год)

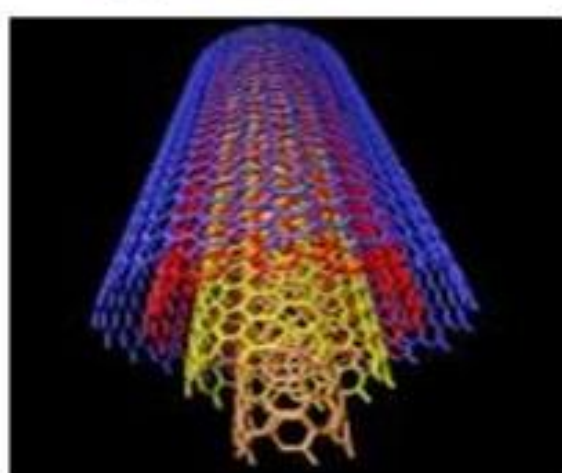
УНТ — это протяженные цилиндрические структуры, которые представляют собой свернутую в цилиндр графитовую плоскость, выложенную правильными шестиугольниками, в вершинах которых расположены атомы углерода.

Диаметр трубок составляет от десятых до нескольких десятков нм, а длина — от мкм до нескольких см. Такая трубка заканчивается полусферическими вершинами, что позволяет рассматривать нанотрубки, как предельный случай молекул фуллеренов, длина продольной оси которых значительно превышает их диаметр.

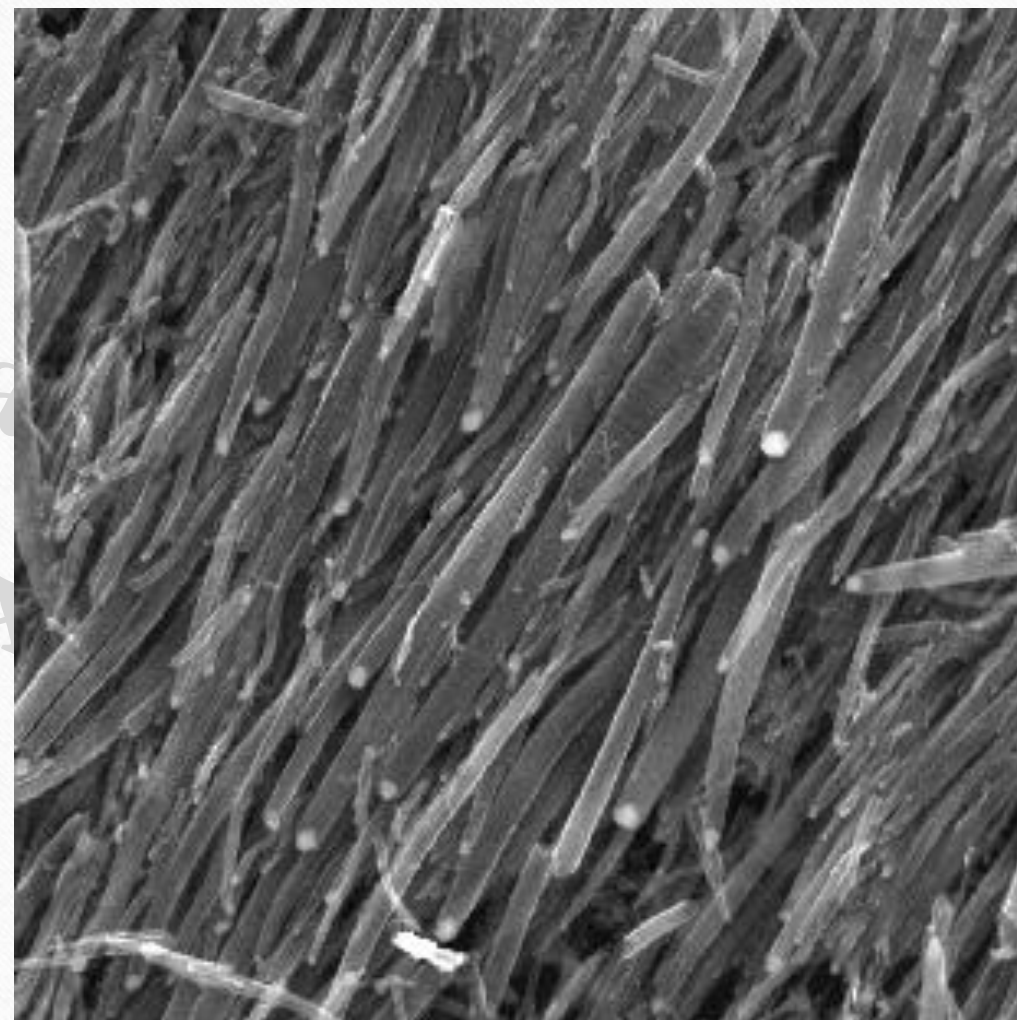




Одностенные



Многостенные





a

б

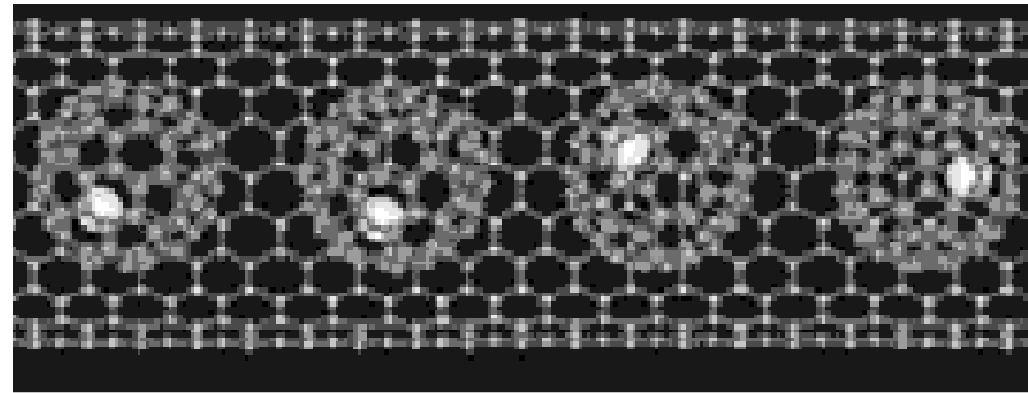
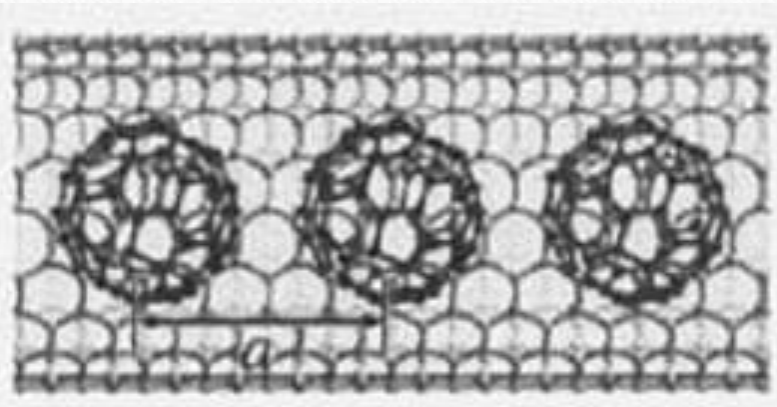
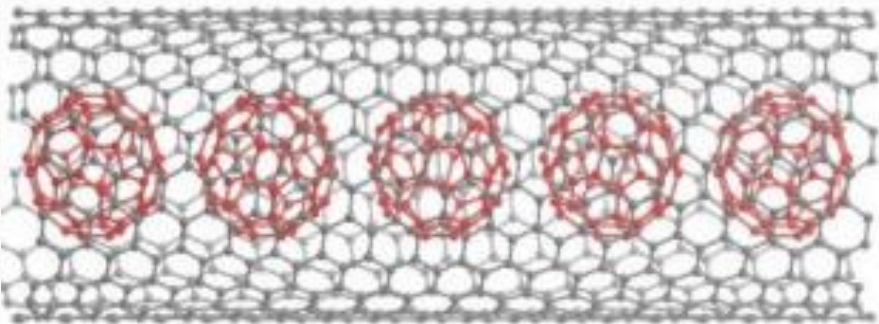
в

Модели поперечных структур многослойных нанотрубок:

a – «фрусская матрешка»; *б* – шестигранная призма; *в* – свиток

Пиподы

Это соединения нанотрубок с фуллеренами



Гадолиний в фуллерене внутри однослойной нанотрубки

Получение УНТ

1. Аналогично фуллеренам, как один из продуктов пиролиза графита и сжигании графитовых электродов в электрической дуге в атмосфере гелия при низких давлениях (около 500 мм рт. ст.);
2. Аналогично графену, как один из продуктов термокаталитического разложения углеводородов.

Свойства УНТ

Имеют высокую удельную площадь поверхности, прочность, теплопроводность, необычные электронные свойства. В отличие от фуллеренов, обладают плохой растворимостью. Внутренняя полость нанотрубок способна заполняться различными веществами.

Применение УНТ

1. Фильтрационный материал;
2. Микроэлектроника (дисплеи, светодиоды и т.п.);
3. Сверхпрочные нити (трос для космического лифта, бронежилеты);
4. Высокая сорбционная способность по отношению к водороду – топливные элементы;
5. Медицина: искусственные мышцы, нейрокомпьютерные разработки;
6. Электропроводимые полимеры и т.д.