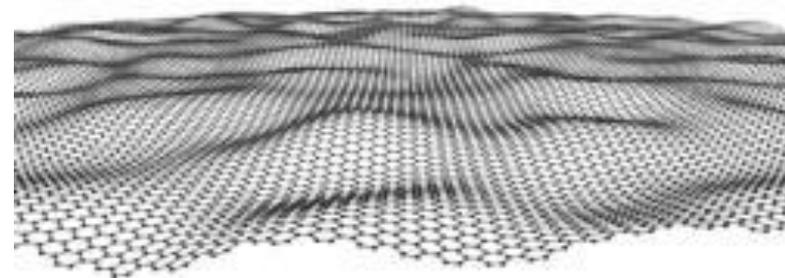
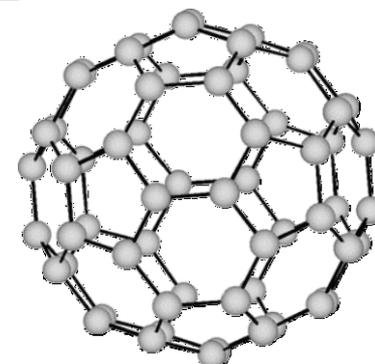
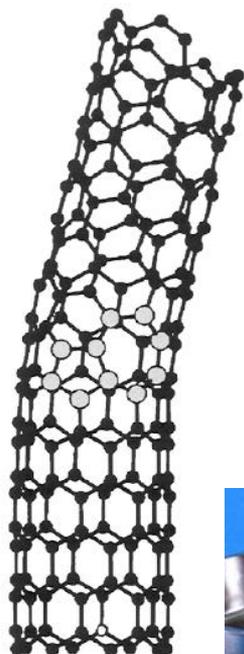
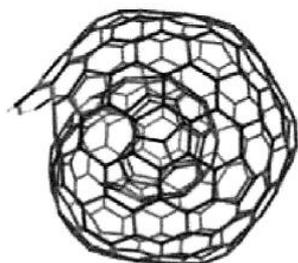
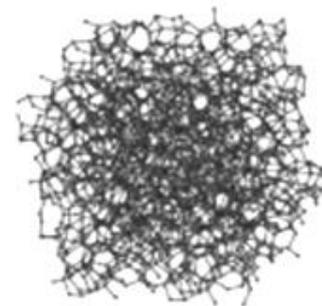
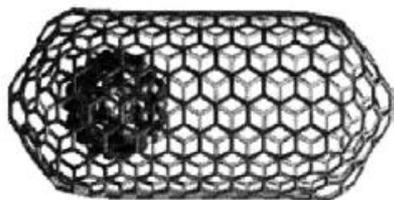
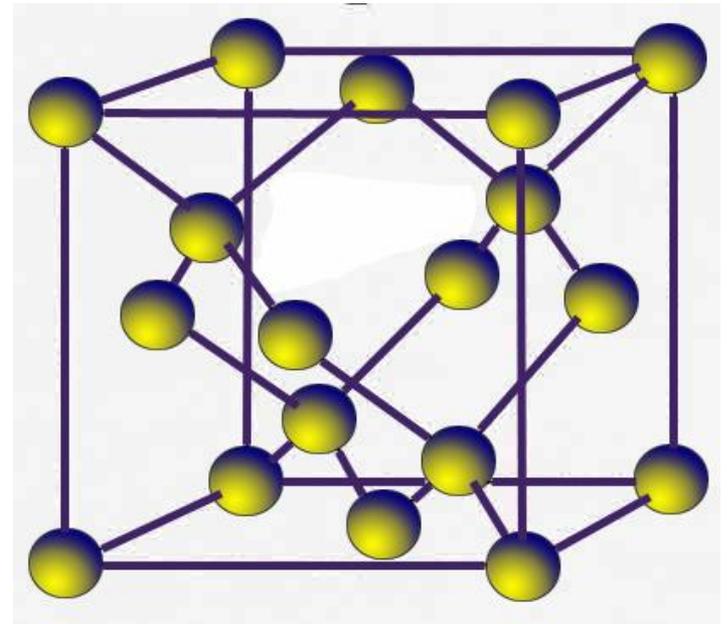


Удивительный углерод



Алмаз



Куллинан (1905):
3106 карат (более 620 г)
100×65×50 мм

Изучение алмаза

1694 г.: прокаливание драгоценных камней, Флоренция

1814 г.: сжигание алмаза в колбах, установление единой природы с углем и графитом (Гэмфри Дэви, Майкл Фарадей)

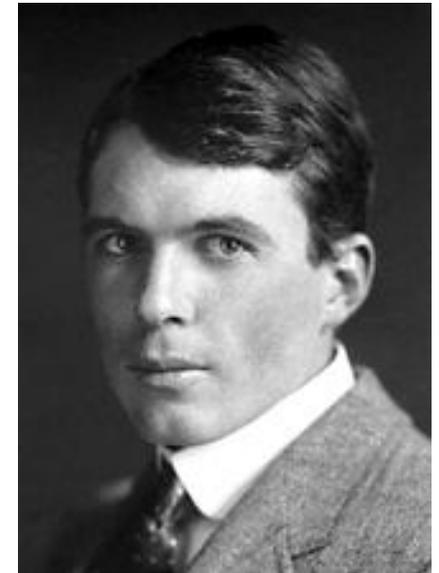
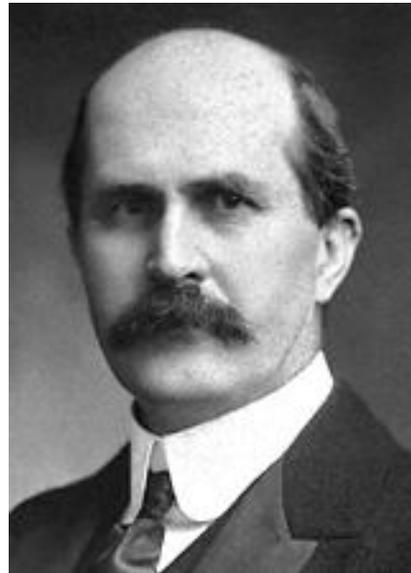
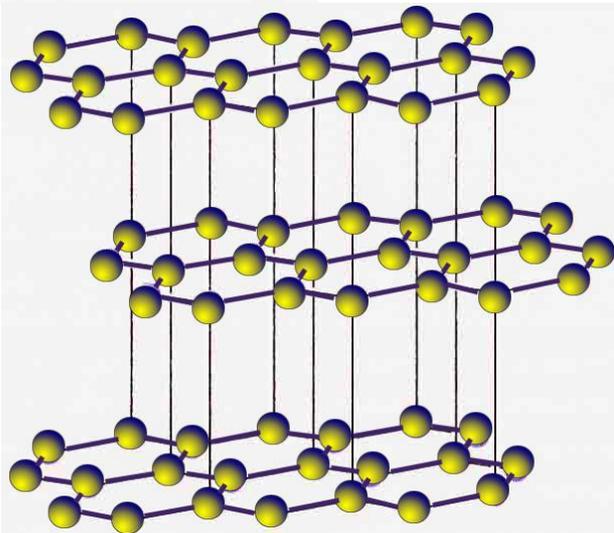
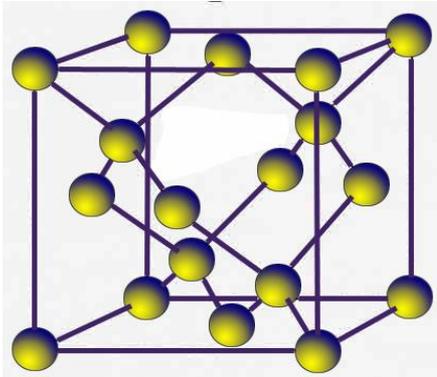
1880 г.: попытка получить алмазы из углеводородов (Дж.Б.Хенней)



Путь к синтезу алмаза

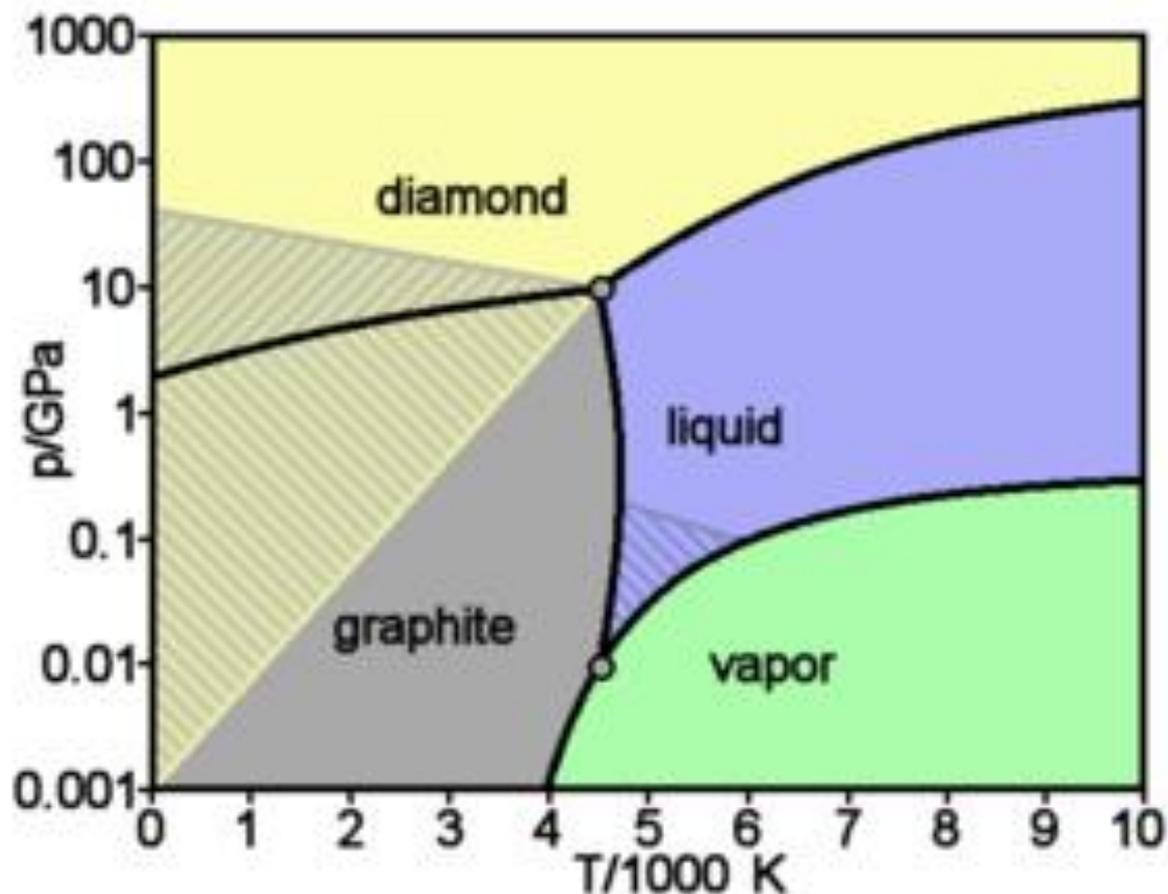
1913 г. – рентгенограмма алмаза

1915 г. – рентгенограмма графита



Уильям Генри Брэгг
и Уильям Лоренс Брэгг

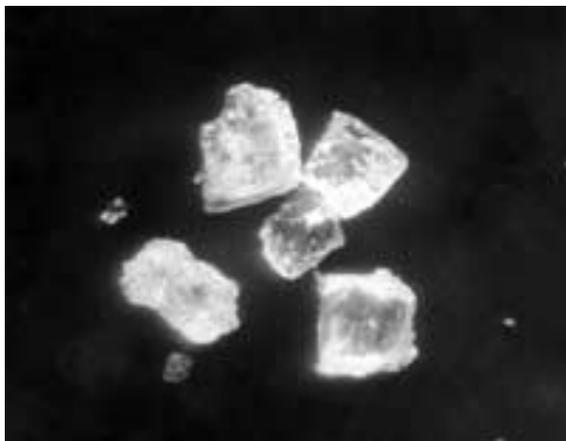
Путь к синтезу алмаза



О.И.Лейпунский. Успехи химии.
1939. 8. С.1519-1534.

Первые искусственные алмазы

15 февраля 1953 года, Эрик Лундблад,
Всеобщая шведская электрическая компания



первые алмазы

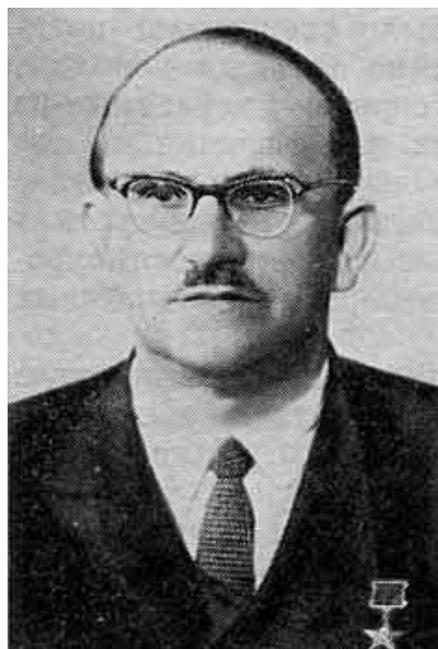
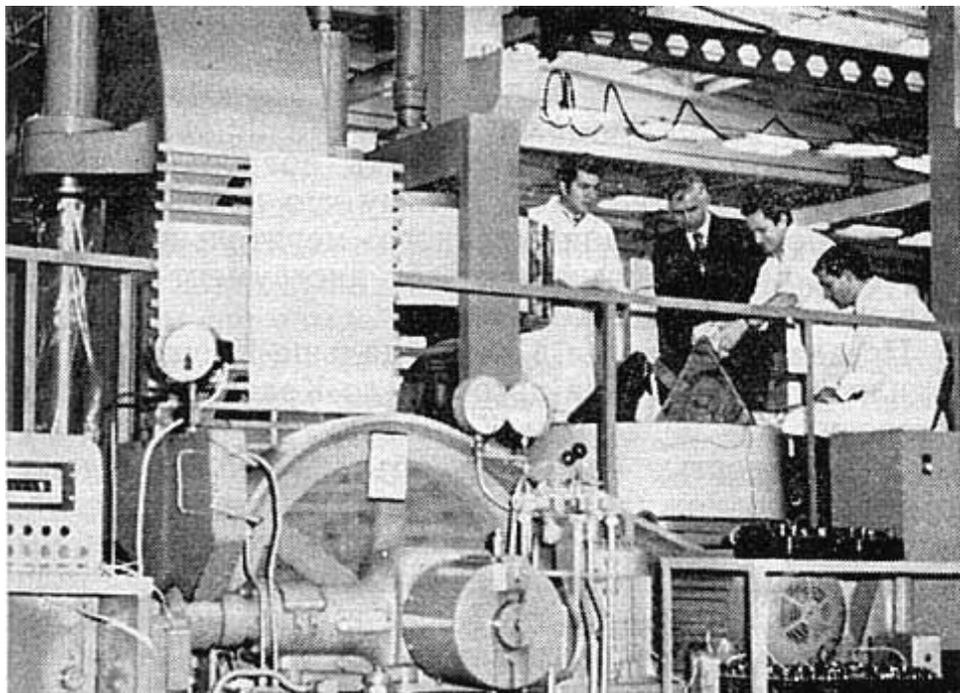


рабочая камера

Первые советские алмазы (1958 г.)

В лаборатории синтеза алмазов

Л.Ф.Верещагин



В.Н.Бакуль

Газофазный синтез алмаза

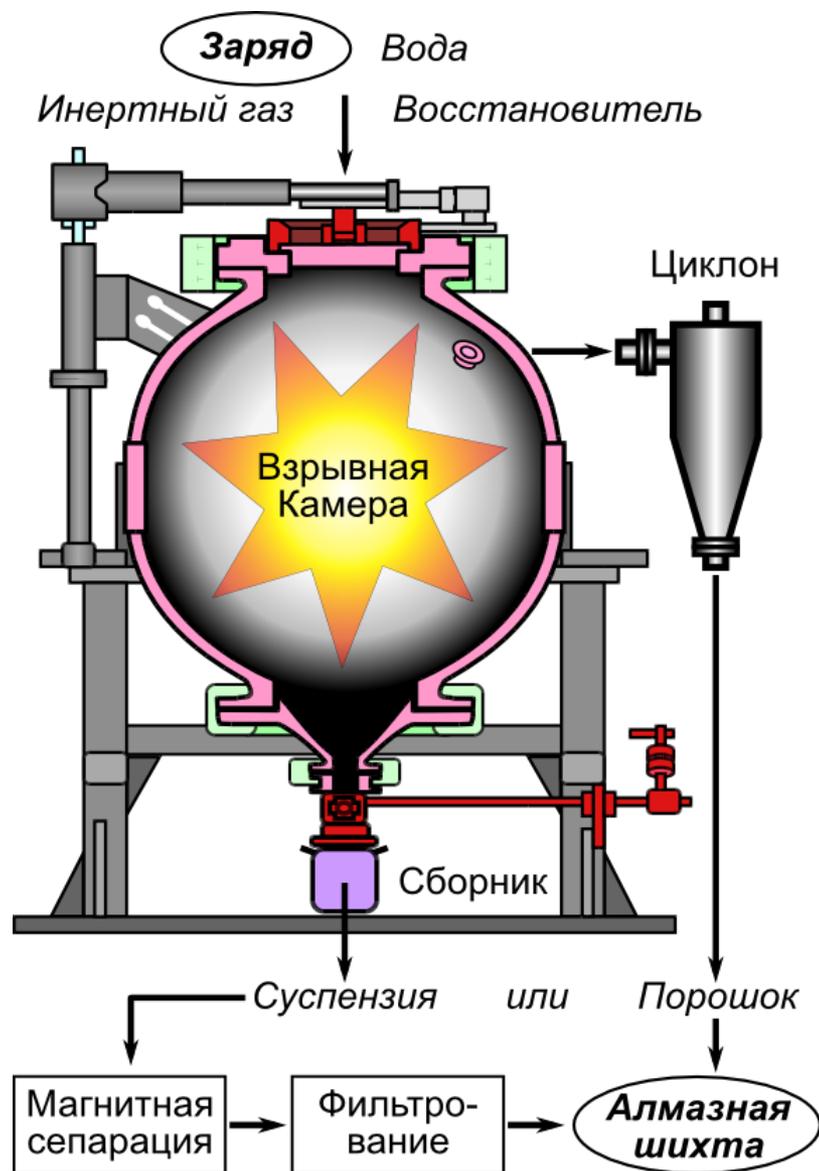
- $2\text{CO} \rightleftharpoons \text{C} + \text{CO}_2$
- $\text{CO} + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{C} + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{C} + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{CH}_3\text{OH} \rightleftharpoons \text{C} + \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2$



А.П.Руденко, 1957

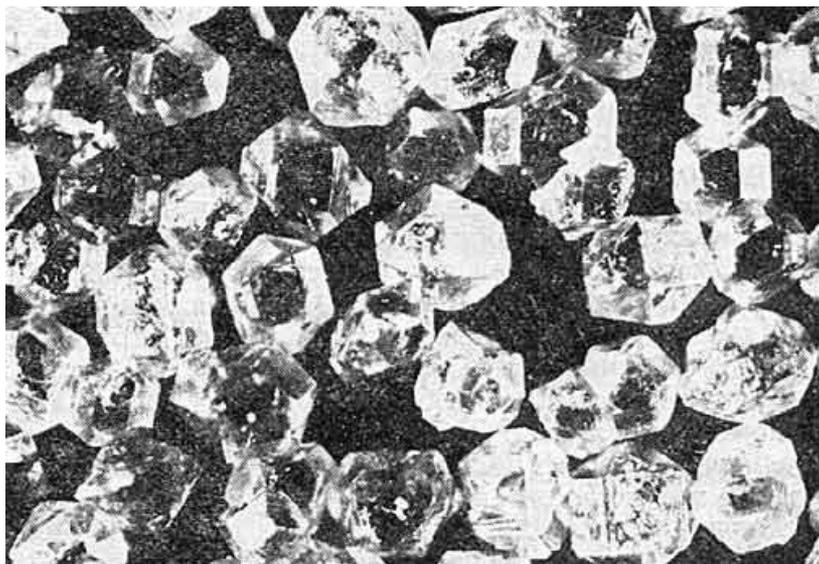
Детонационный синтез алмаза

- 1961 г., П.С. де Карли, Дж.Л. Джемисон – сжатие графита в ударной волне взрыва
- 1986 г., В.И.Лямкин – детонационный синтез из тротила с гексогеном



Из презентации М.В.Коробова

Искусственные алмазы



vivovoco.rsl.ru

www.brilliantik.ru

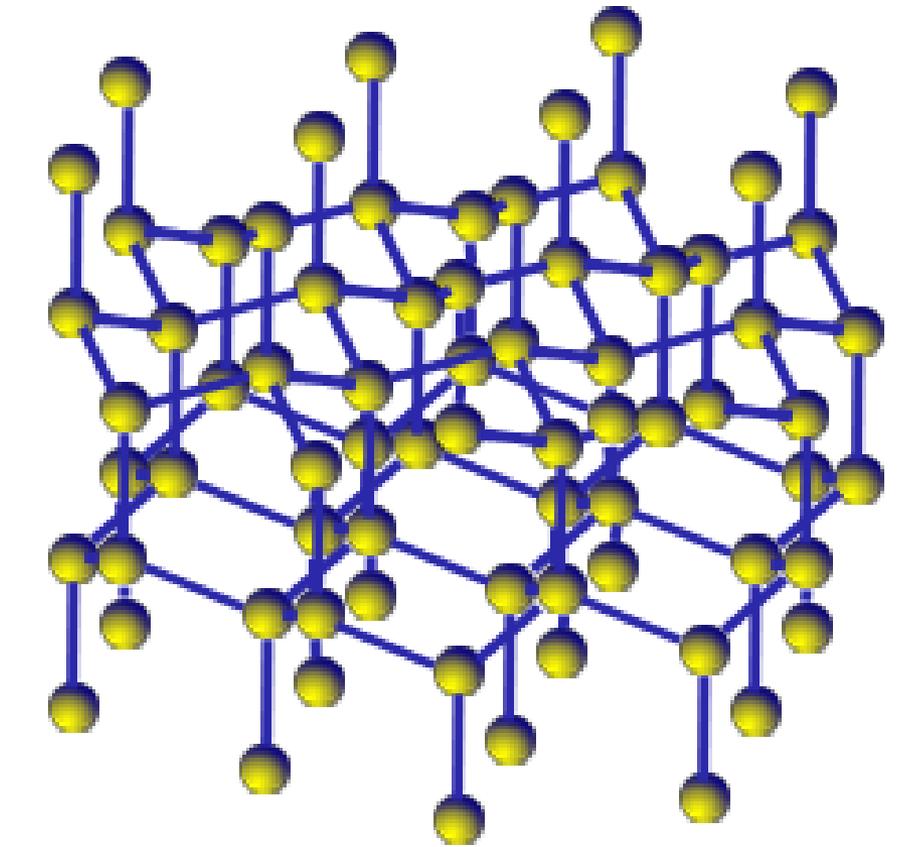
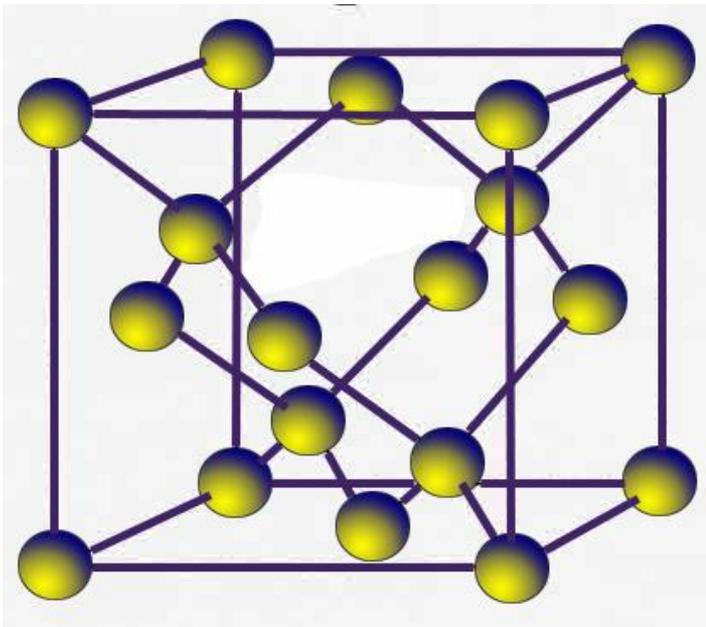


www.periodictable.ru



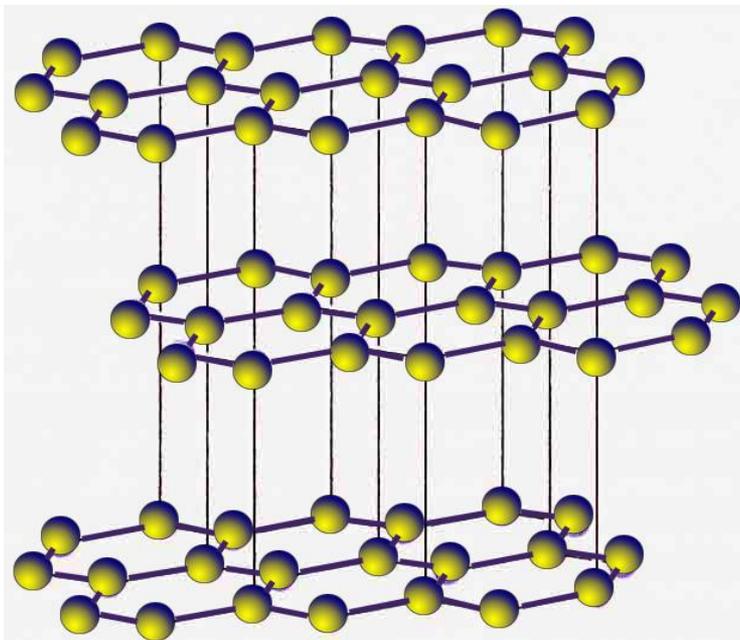
Лонсдейлит

Обычный алмаз
(кубическая решетка)



Лонсдейлит
(гексагональная решетка)

Графит

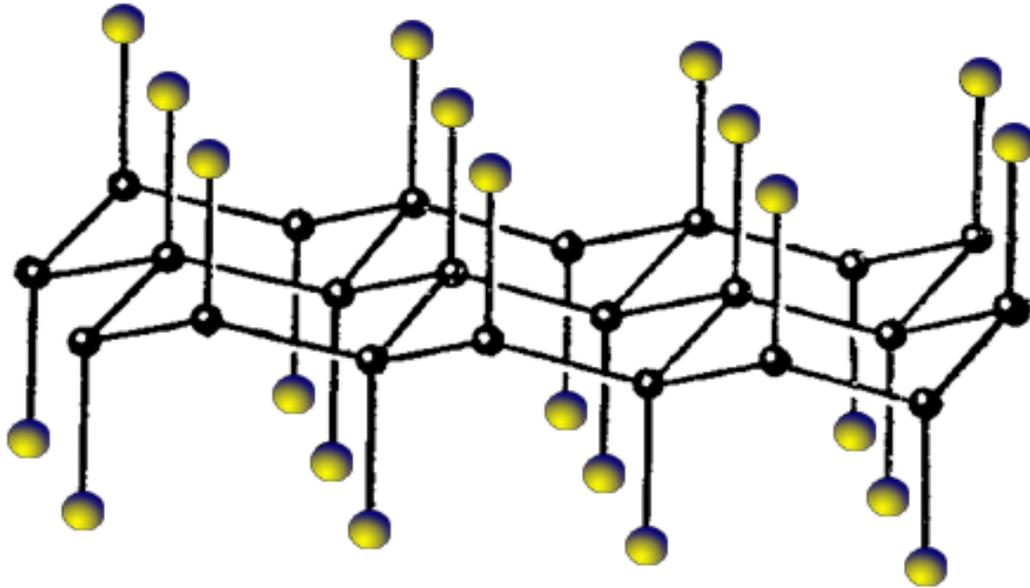


Межатомные расстояния:
В слое – 0,142 нм, между – 0,335 нм
Энергия связи:
В слое – 716 кДж/моль,
между – 17 кДж/моль



http://e-rubtsovsk.ru/portal/images/resized/images/stories/photonews/31/125_200_200.jpg

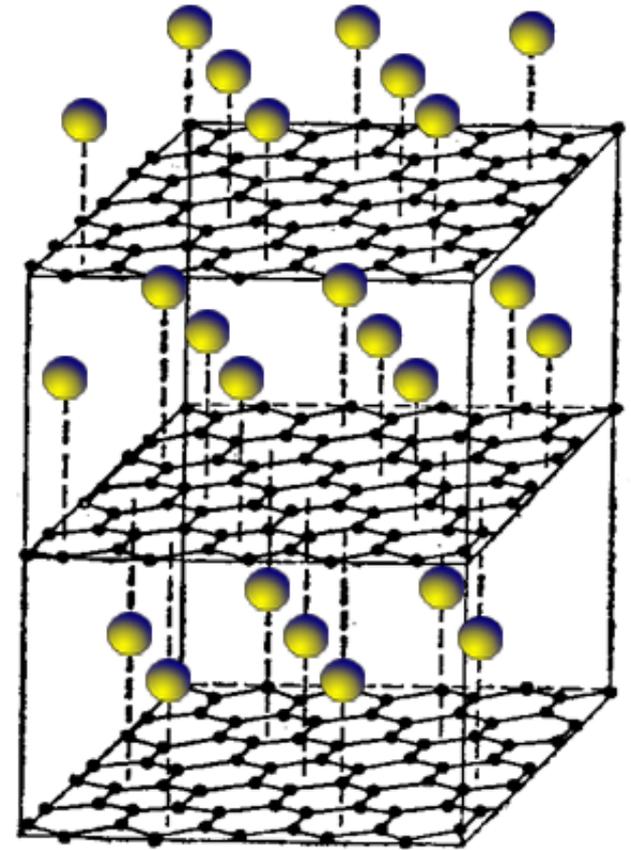
Химия графита

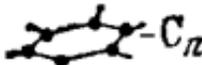


● C ● F

фторид графита

графитид калия

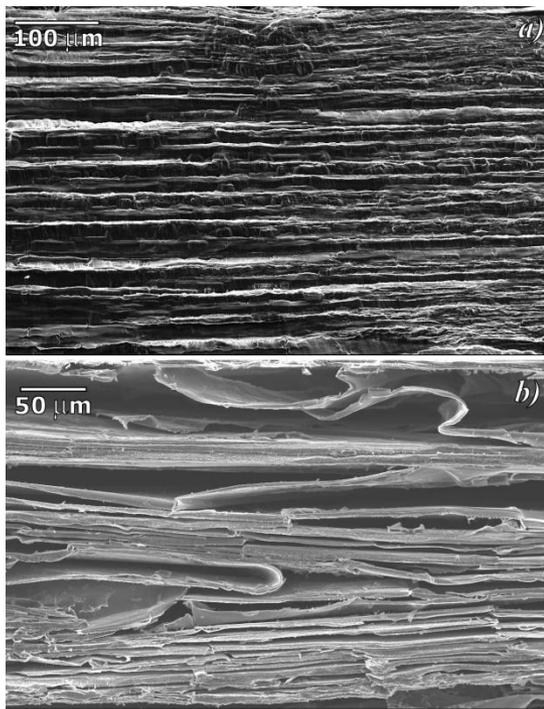


 - C_n ● - K

Пенографит



- Пенографит: $\rho < 0,01 \text{ г/см}^3$
- Графит: $\rho = 2,27 \text{ г/см}^3$
- Алмаз: $\rho = 3,51 \text{ г/см}^3$



Изображения в сканирующем
электронном микроскопе



• Графит



• Пенографит

I.M. Afanasov, V.A. Morozov, A.V. Kerman,
S.G. Ionov, A.N. Seleznev, G. Van Tendeloo,
V.V. Avdeev. Carbon 47 (2009) 263–270.

Применение окисленного графита и пенографита

Огракс



<http://optprime.ru/img/inna/du1sJE.jpg>



http://www.biodos.ru/biouserimages/39550/ad_136050_image.jpg

Графлекс

http://graflex.com.ua/images/salnikovie_na_bivki/h1100.jpg

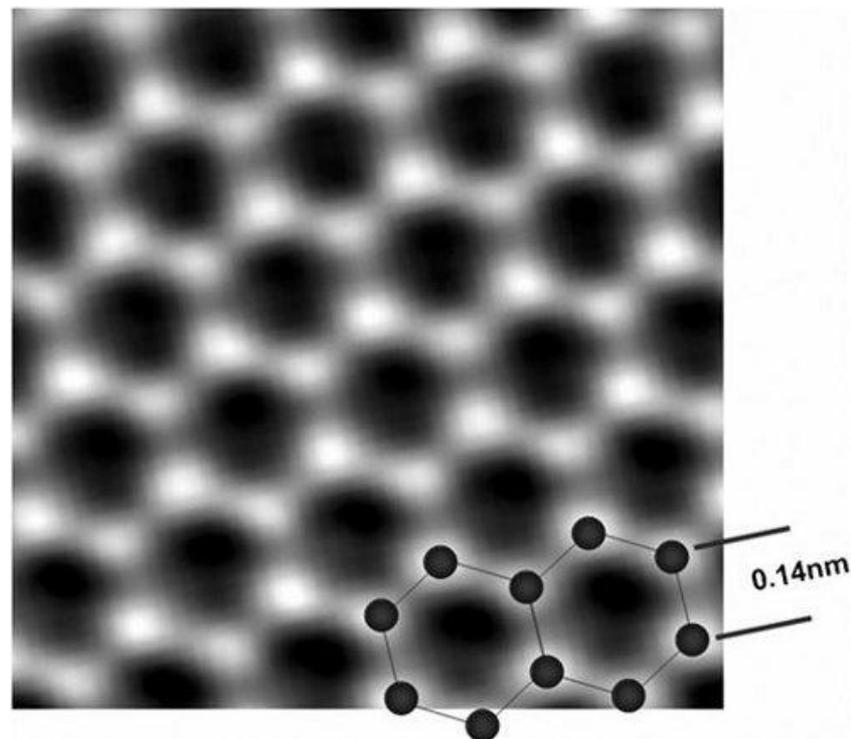
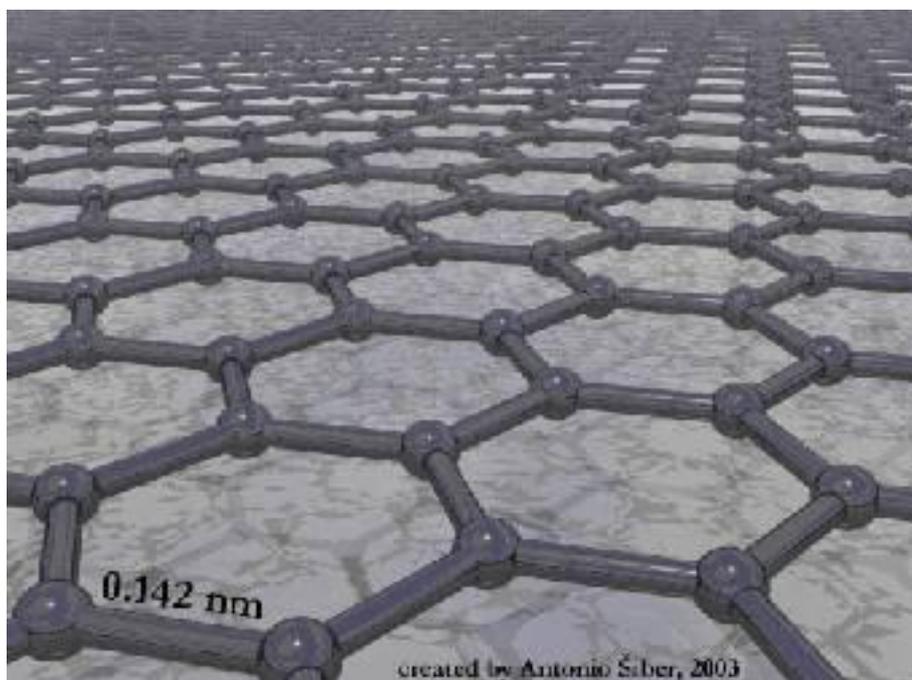


http://www.graflex.ru/netcat_files/Image/Rings.jpg

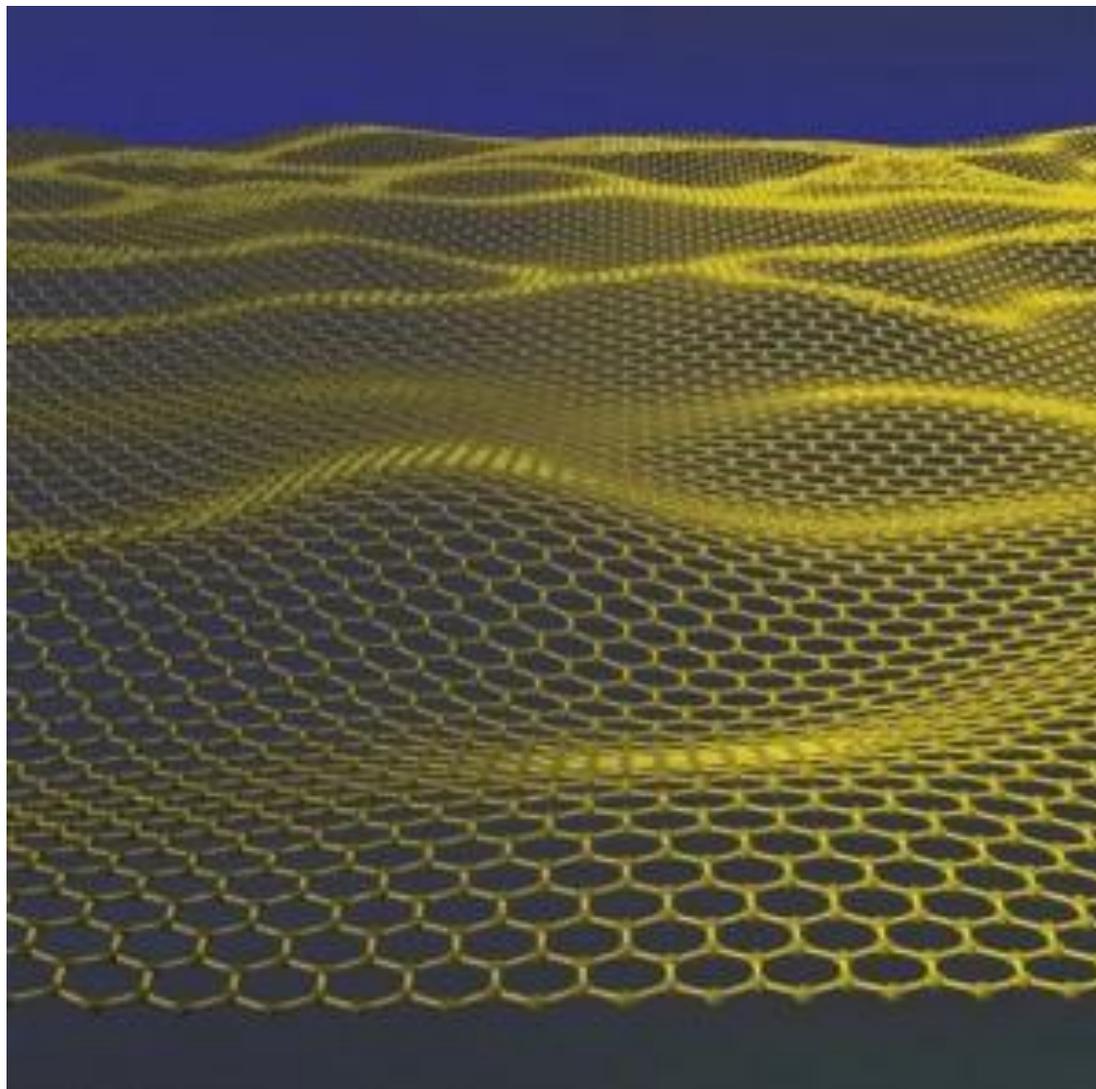


Графен

- А.К. Гейм, К.С. Новоселов 2004
(Нобелевская премия 2010)



Реальный графен

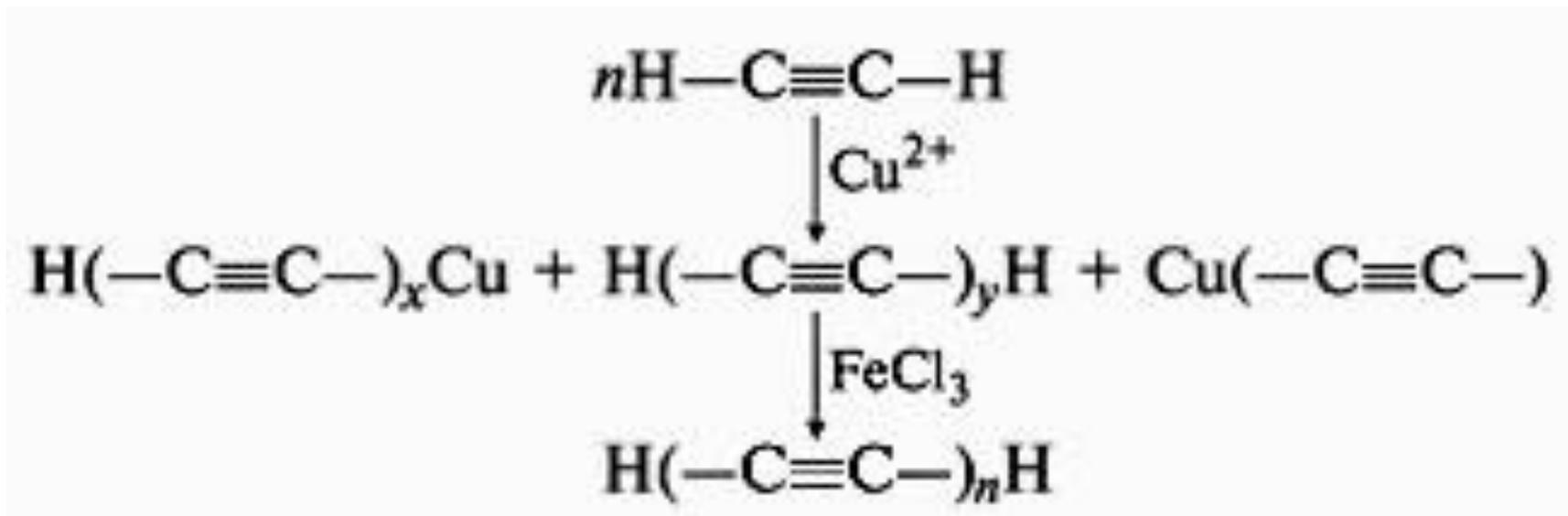


<http://sovetydnya.com/wp-content/uploads/2011/09/grafen-300x298.jpg>

Карбин



1960, дегидрирование $\text{HC}\equiv\text{CH}$ в присутствии Cu^{2+}



А.М. Сладков, В.В. Коршак,
В.И. Касаточкин, Ю.П. Кудрявцев (ИНЭОС)

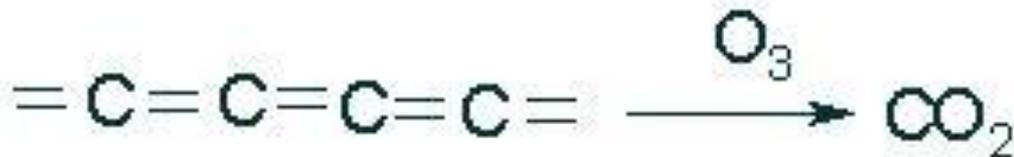
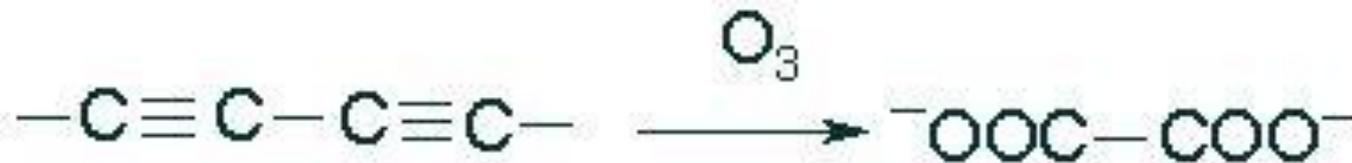
Карбин: как он устроен



ПОЛИИН



поликумулен

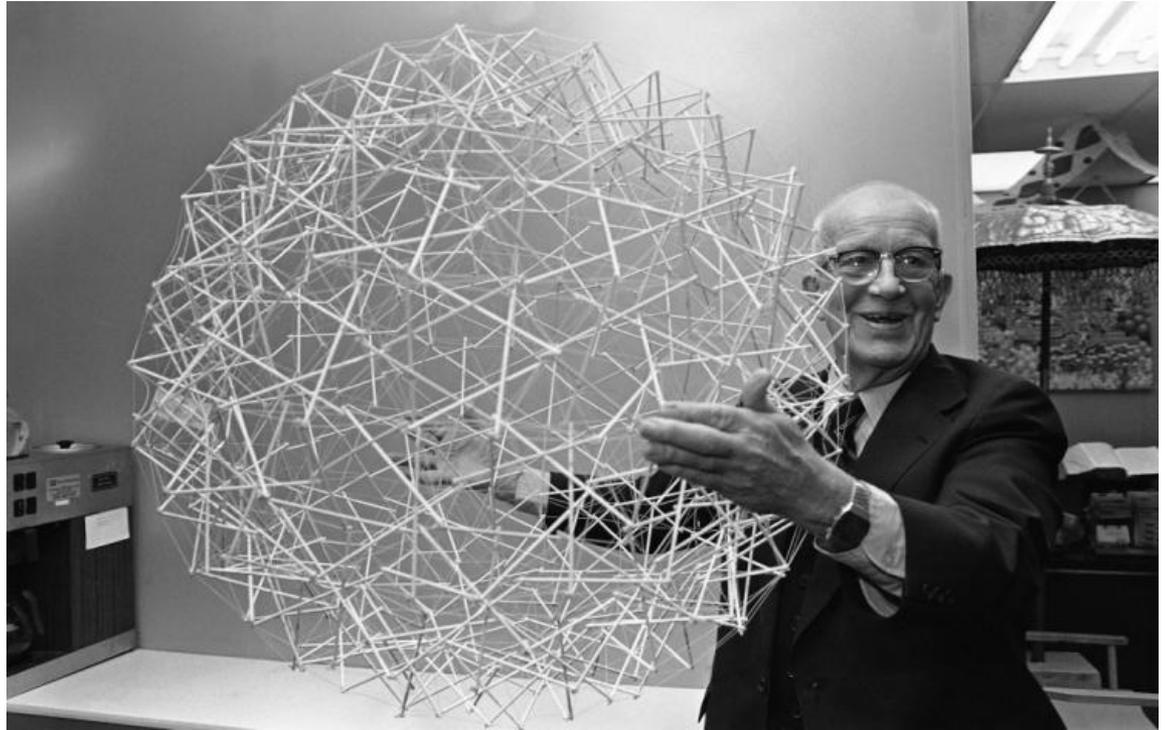
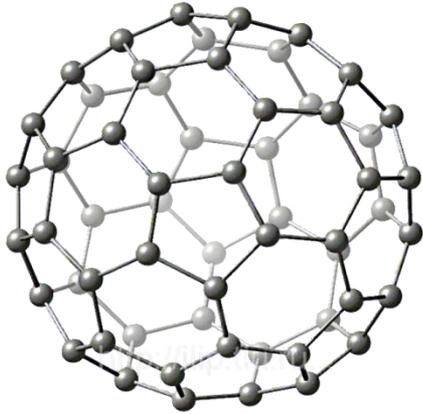


Карбин как вещество



<http://distant-lessons.ru/wp-content/uploads/2012/10/%D0%BA%D0%B0%D1%80%D0%B1%D0%B8%D0%BD.png>

Фуллерены



1985

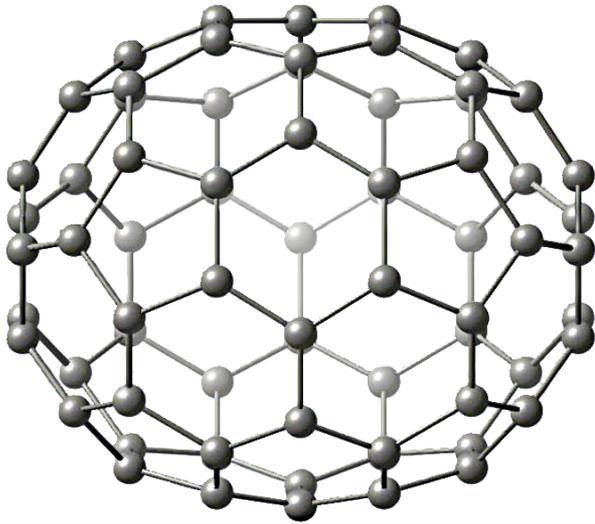
Роберт Кёрл,
Харольд Крото,
Ричард Смолли
и сотр.

1996 – Нобелевская премия

Ричард
Бакминстер
Фуллер

Фуллерены: как их назвать?

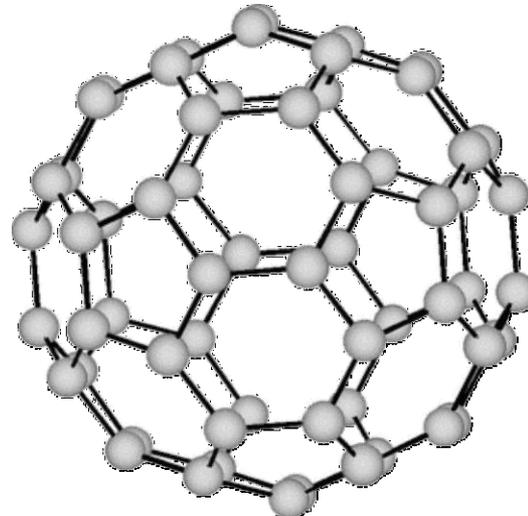
гептатриаконтацикло-[29.29.0.02, 14. 03, 12.04, 59.05, 10. 06, 58.07, 55.08, 53. 09, 21.011, 20.013, 18. 015, 30.016, 28.017, 25. 019, 24.022, 52.023, 50. 026, 49.027, 47.029, 45. 032, 44.033, 60.034, 57. 035, 43.036, 56.037, 41. 038, 54.039, 51.040, 48. 042, 46]-гексаконта-1,3,5(10),6,8,11, 13(18),14,16,19, 21,23,25,27,29(45), 30,32(44),33,35(43), 36,38(54),39(51), 40(48),41,46,49, 52,55,57,59-триаконтаен.



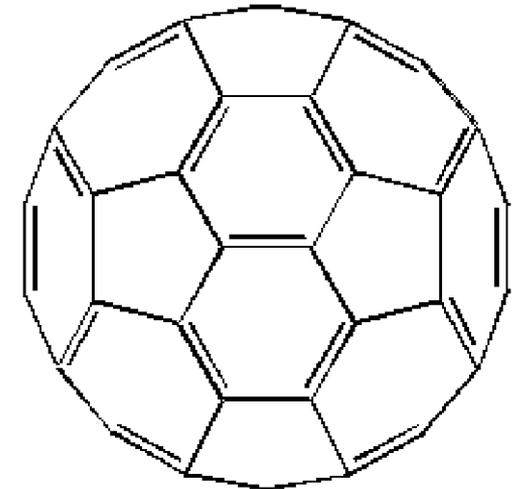
C_{70} – регбен



[5,6]-фуллерен-60-Ih



футболен



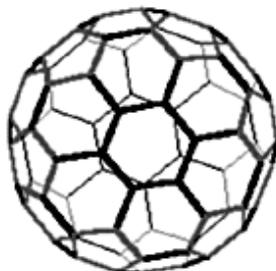
Фуллерены: как они устроены



$C_{60}(\bar{3}5m)$



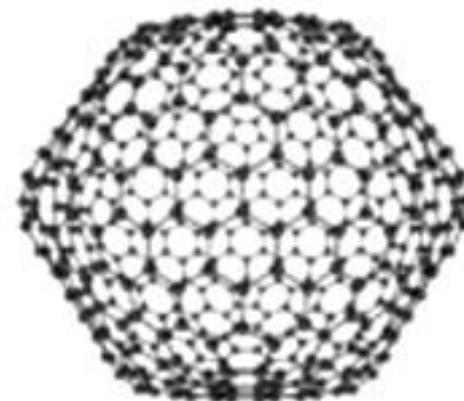
$C_{70}(10\bar{m}2)$



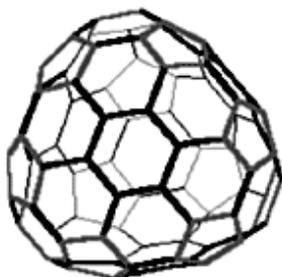
$C_{72}(12\bar{m}2)$



$C_{76}(4\bar{3}m)$



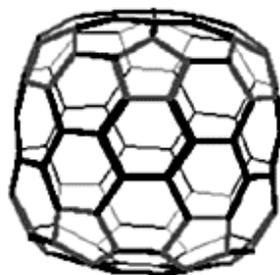
$C_{80}(\bar{3}5m)$



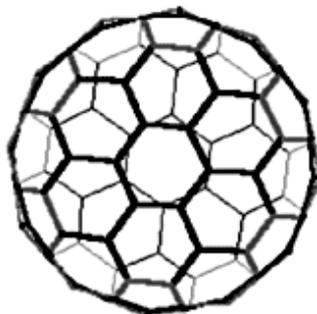
$C_{84}(4\bar{3}m)$



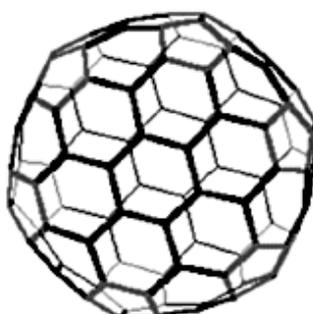
$C_{84}(6/mmm)$



$C_{96}(12\bar{m}2)a$

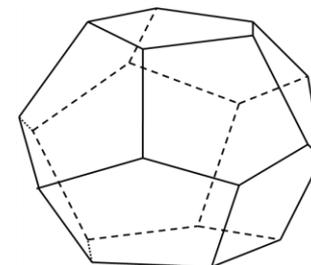


$C_{96}(12\bar{m}2)b$



$C_{96}(6/mmm)$

C_{540}



Додекаэдр C_{20}

“Activated Carbon”

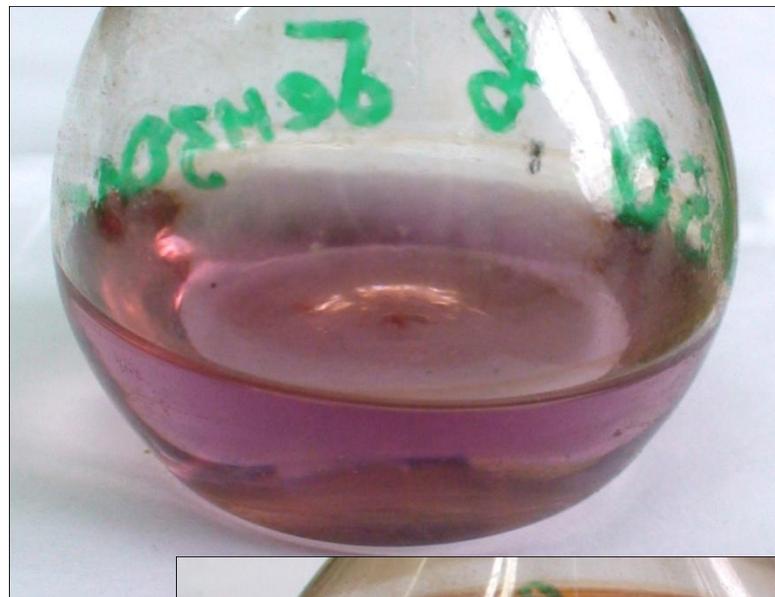
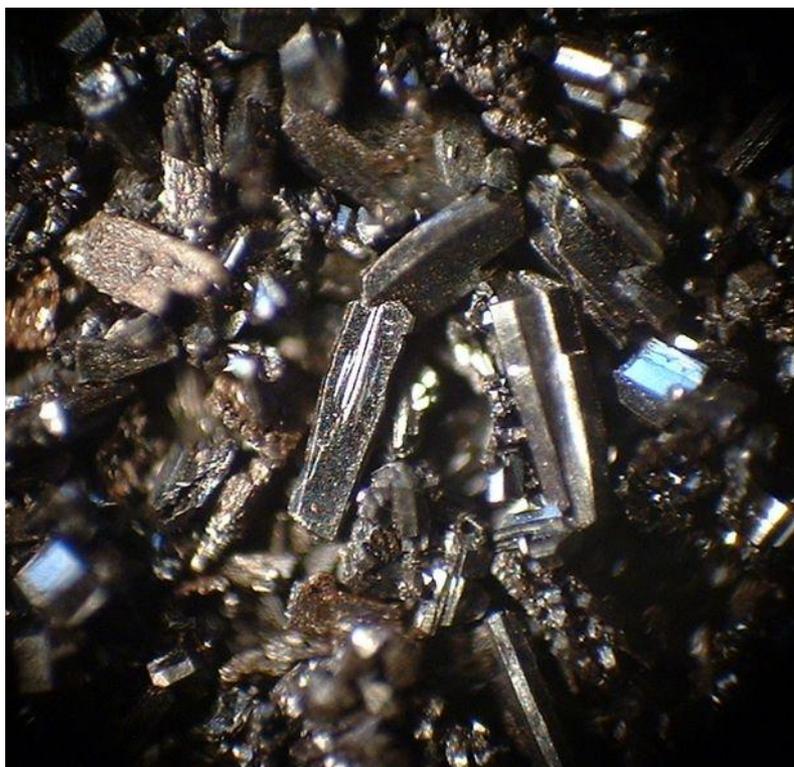
vivovoco.rsl.ru

Фуллерены как вещества

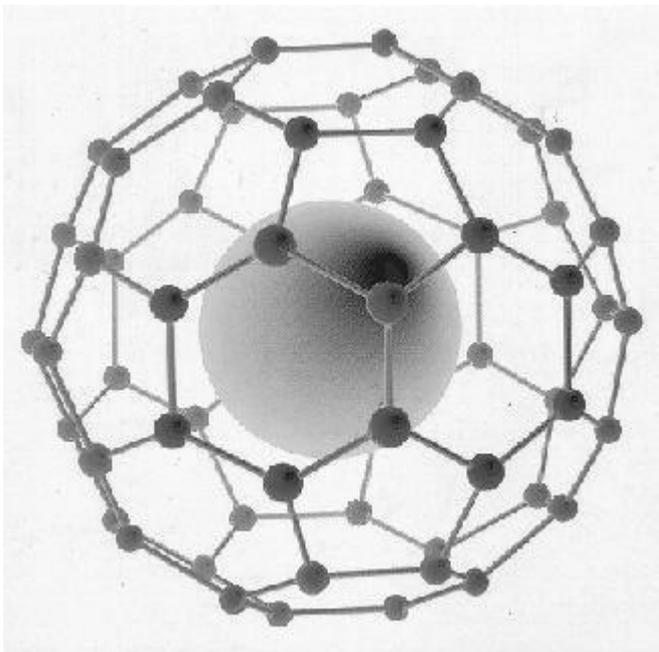
C_{60} и C_{70} в бензоле



$\rho = 1,7 \text{ г/см}^3$

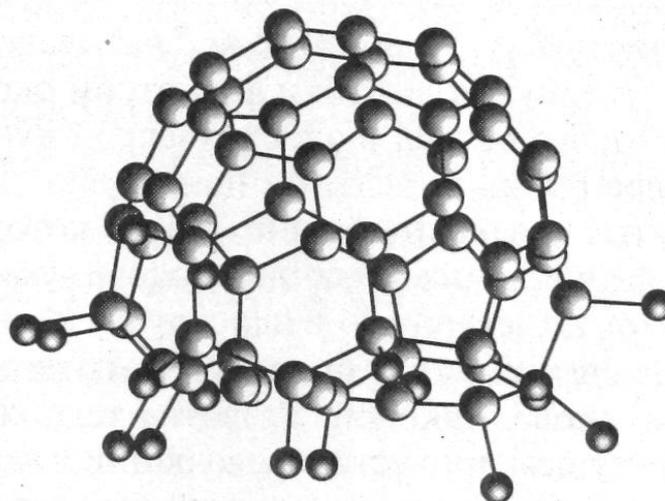


Химия фуллеренов

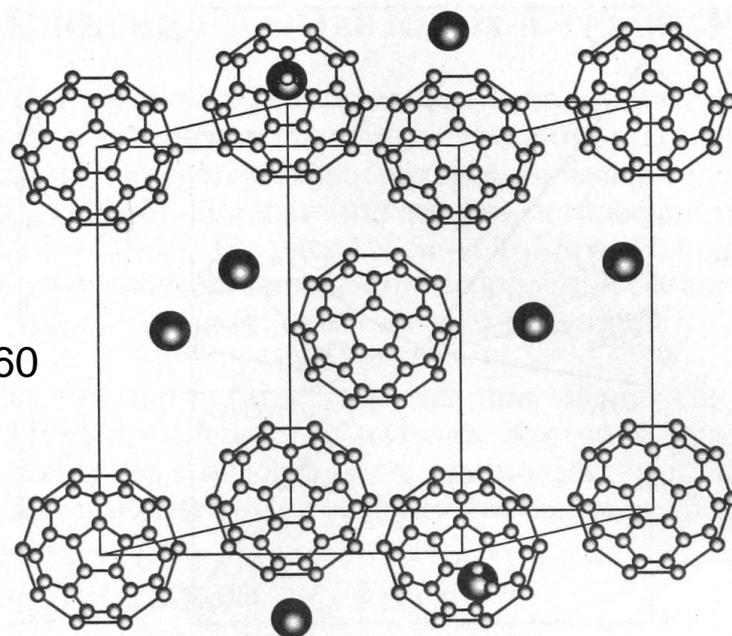


La@C_{60}

kristall.lan.krasu.ru



$\text{C}_{60}\text{F}_{18}$



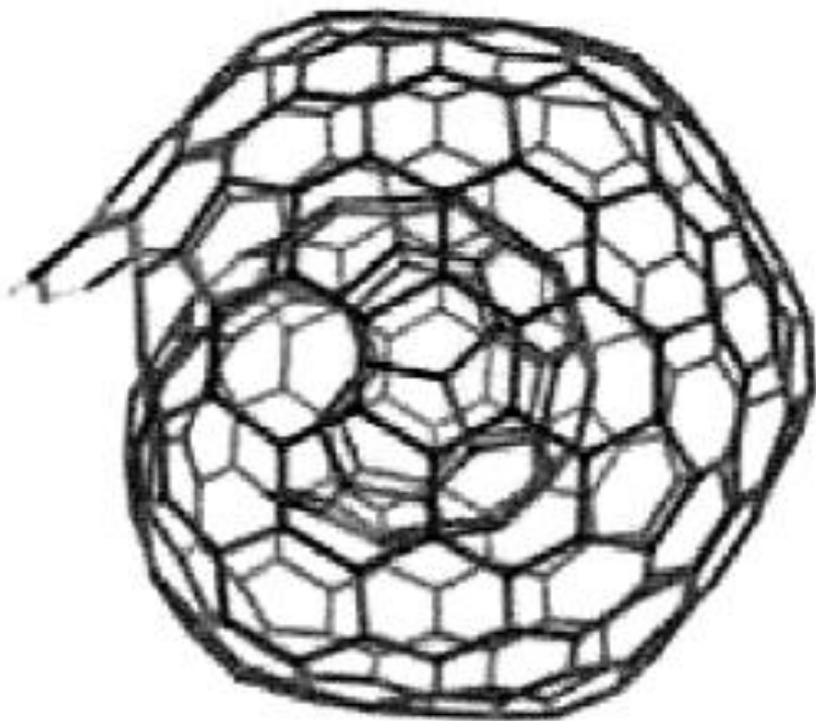
K_6C_{60}

Фуллерены: как их получить

- Сажа
- 1985: лазерное облучение твердого графита (10000 \$ за 1 г)
- 1990: электрическая дуга (10-15 \$ за 1 г)
- Сжигание углеводородов в специальных условиях (5 \$ за 1 г)

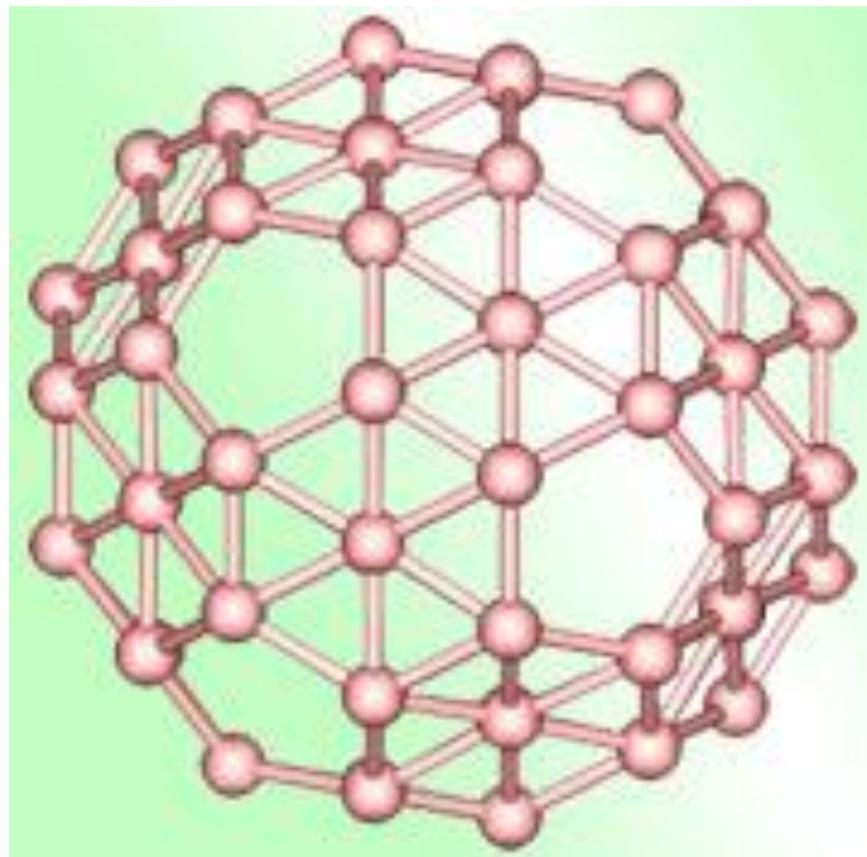
По мотивам фуллеренов

Спироид C_{300}

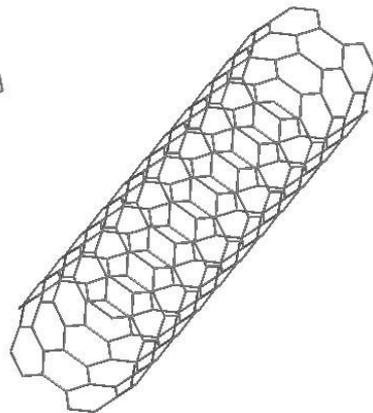
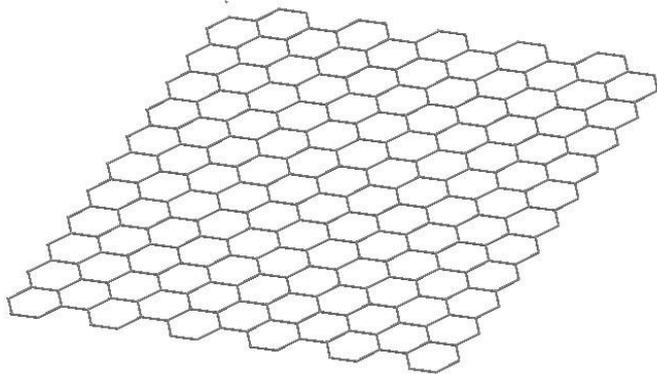


«Carbon Nanotechnology»

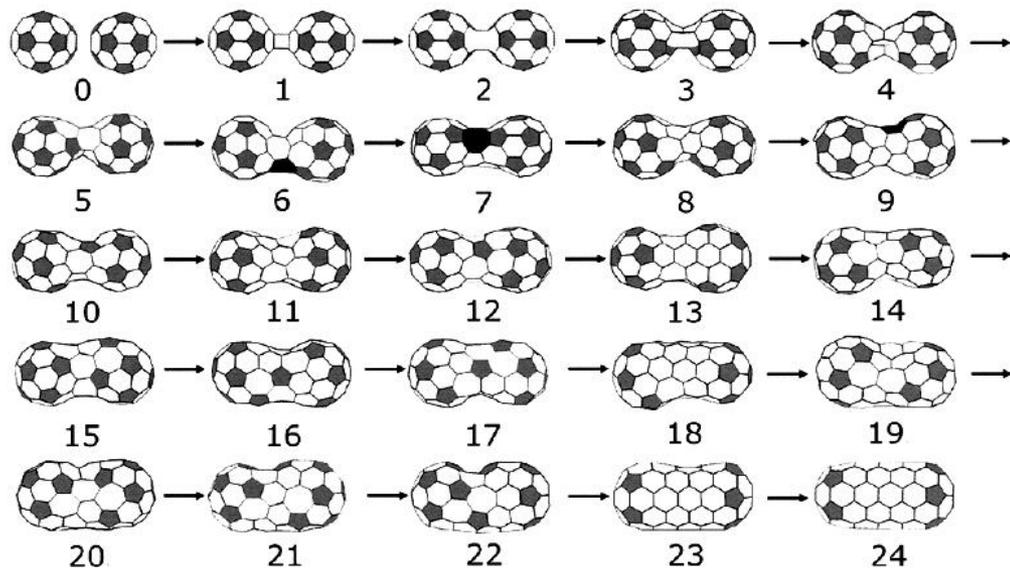
B_{80}



Нанотрубки: откуда они берутся

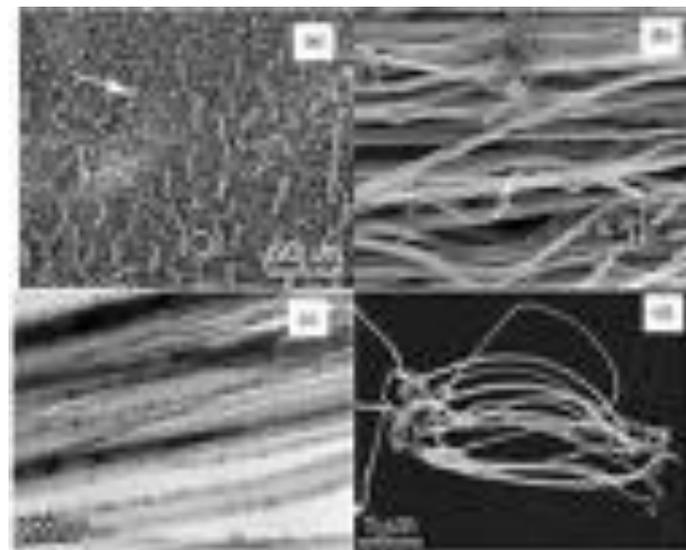
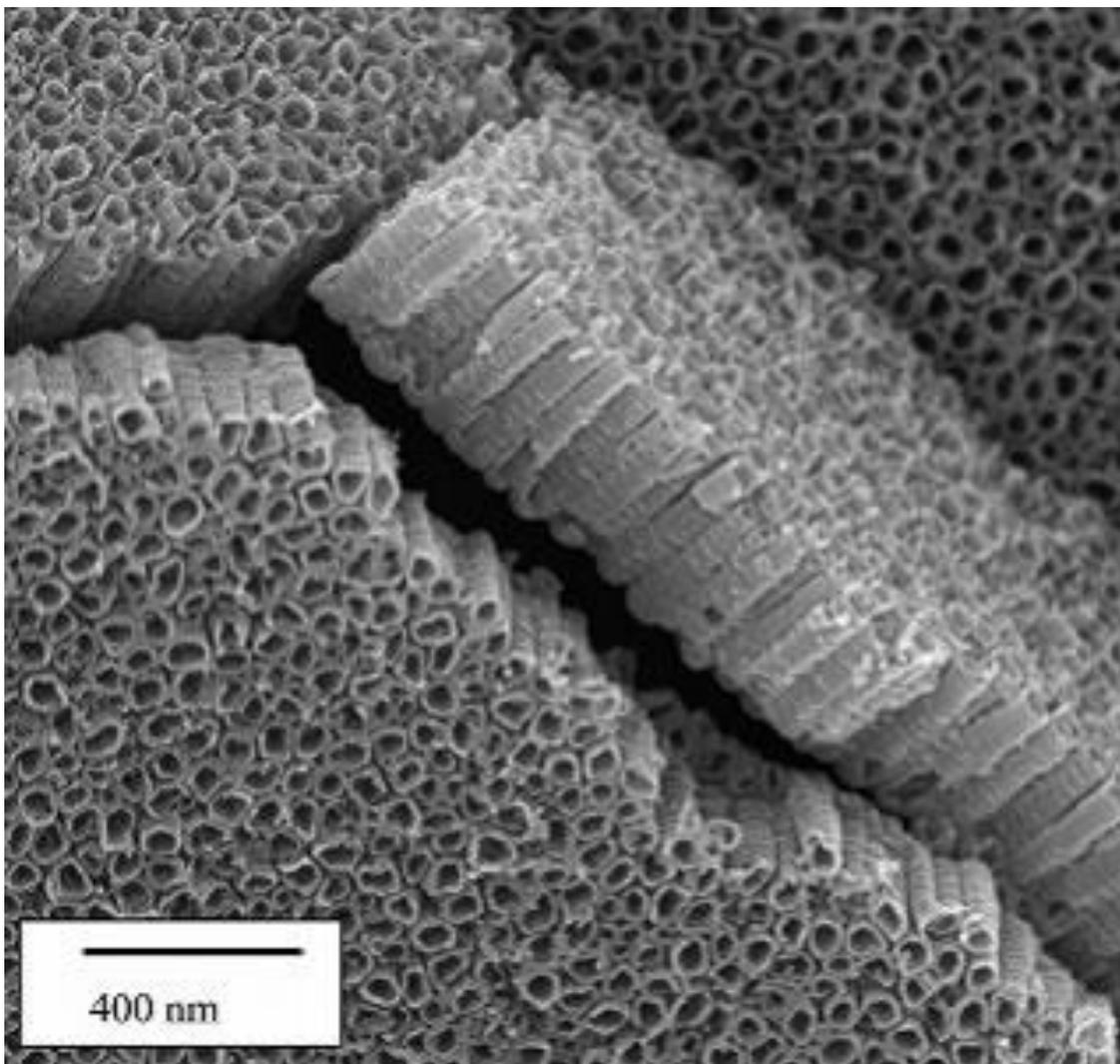


1991, Иджима



«Carbon Nanotechnology»

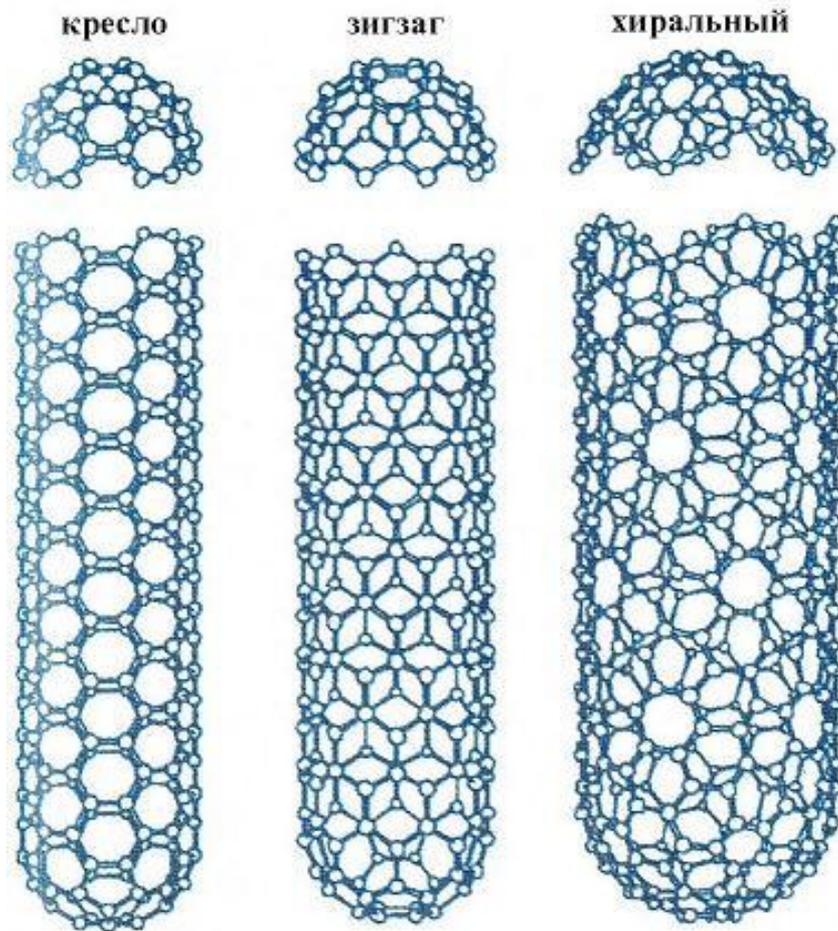
Нанотрубки: как они устроены



perst.issph.kiae.ru

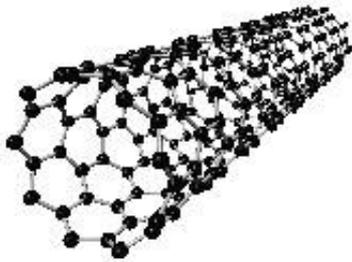
Нанотрубки: как они устроены

способы свертывания углеродной сетки в нанотрубках:

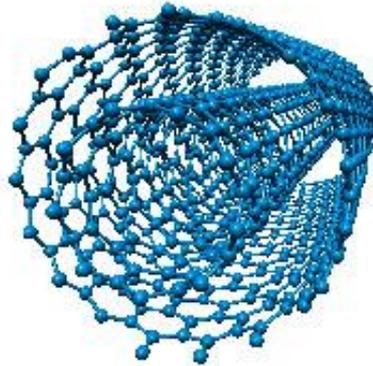


Нанотрубки: как они устроены

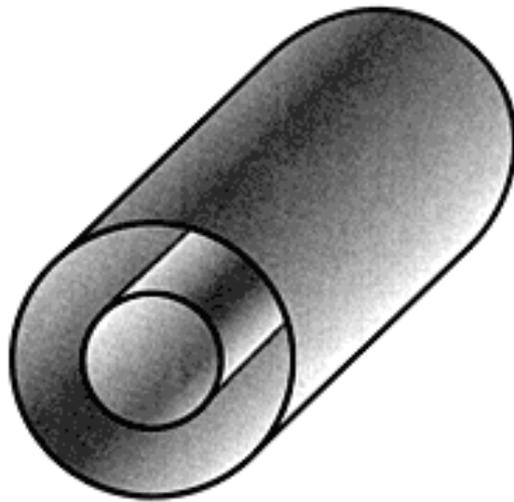
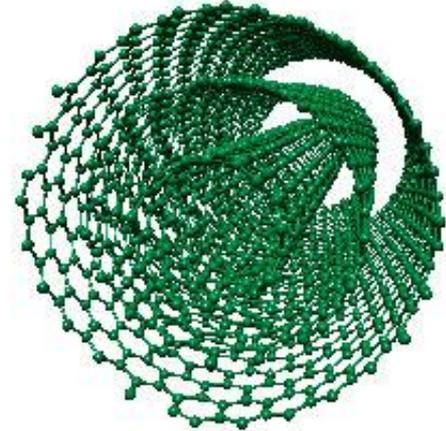
single-walled
carbon nanotube
(SWCNT)



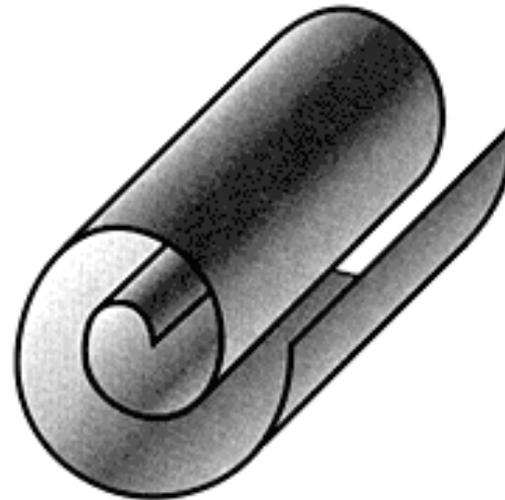
double-walled
carbon nanotube
(DWCNT)



triple-walled
carbon nanotube
(TWCNT)



русская матрешка



свиток

Пиподы

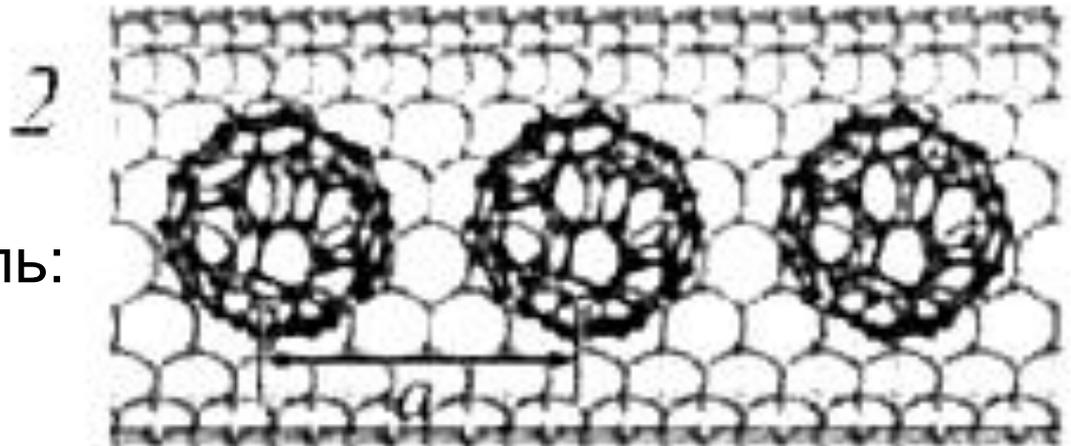
Фуллерен C_{60}
в нанотрубке
 $C_{60}@SWNT$

Микрофотография:



2000 г.:
 $Gd@C_{60}@SWNT$

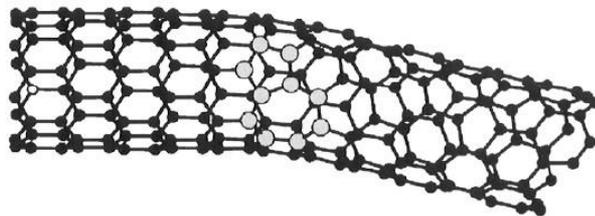
Модель:



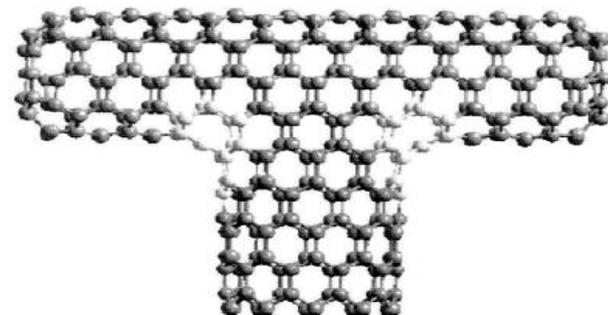
Применение нанотрубок

- Контейнеры
- Механическая прочность!
- Игла для электронного микроскопа
- Микровесы
- Электрические свойства!

нанотрубка
с дефектом:



разветвленная
нанотрубка:



«Carbon Nanotechnology»

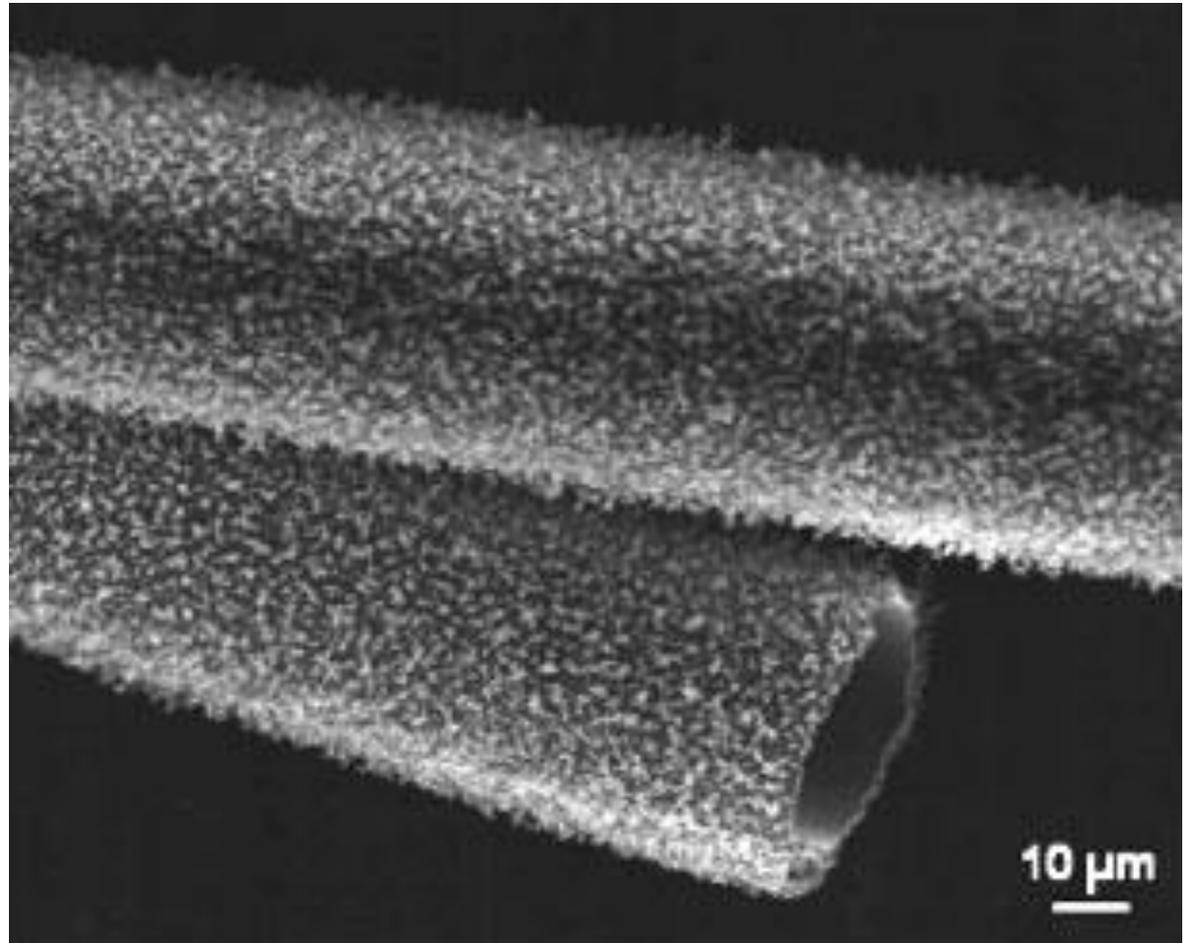
Астралены



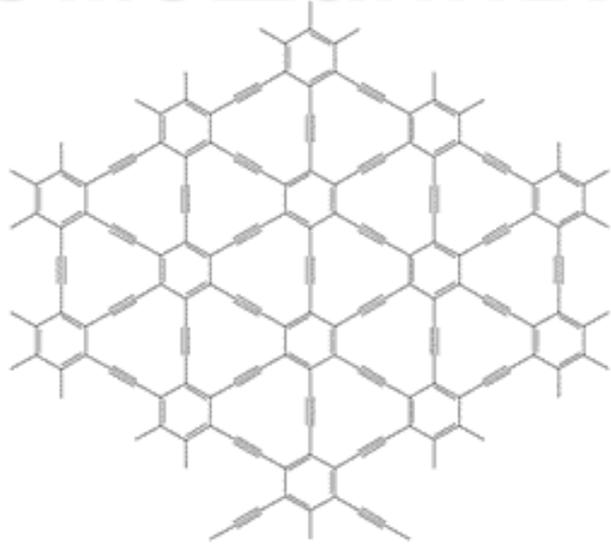
- 80-150 нм

Колоссальные углеродные трубки

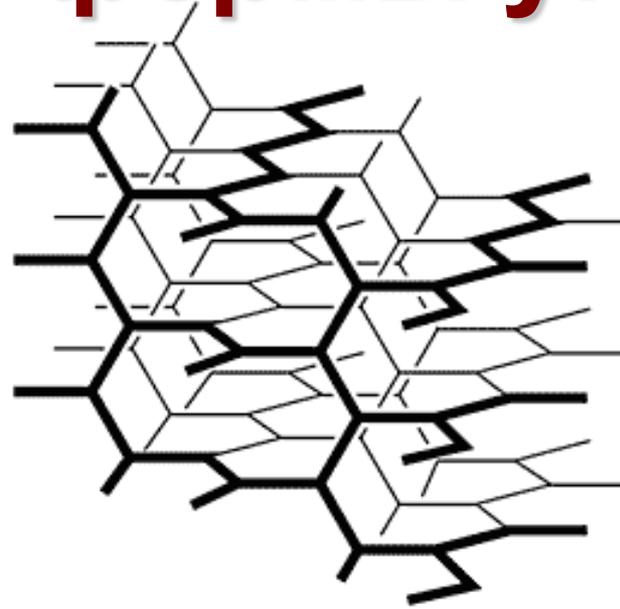
- диаметр
40-100 мкм
- длина
~ мм



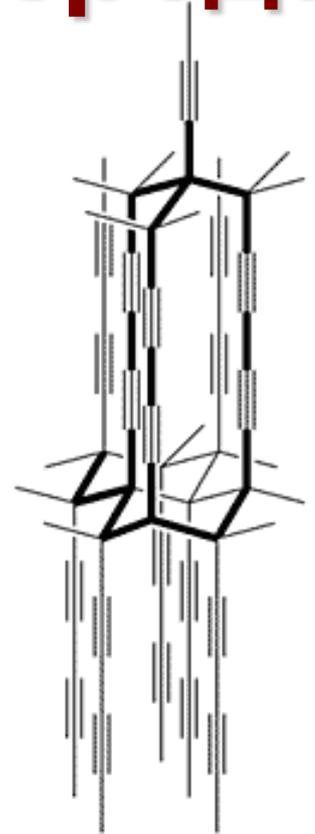
Смешанные формы углерода



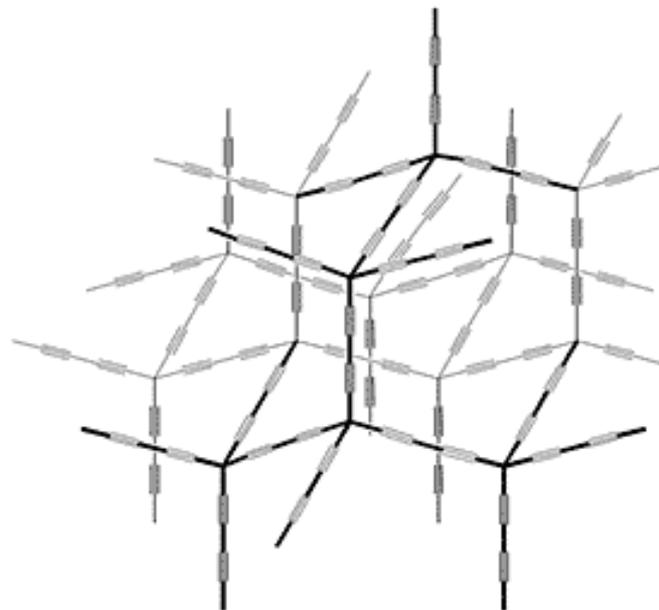
«графин»



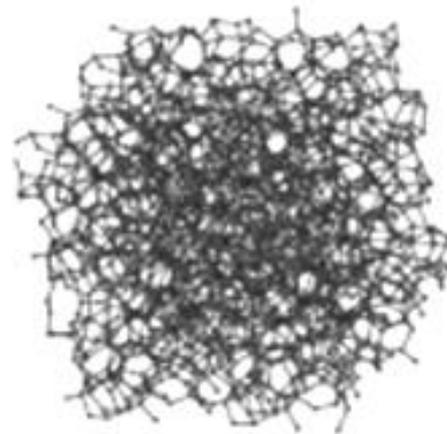
«металлический углерод»



«супералмаз»



слоисто-цепочечный углерод

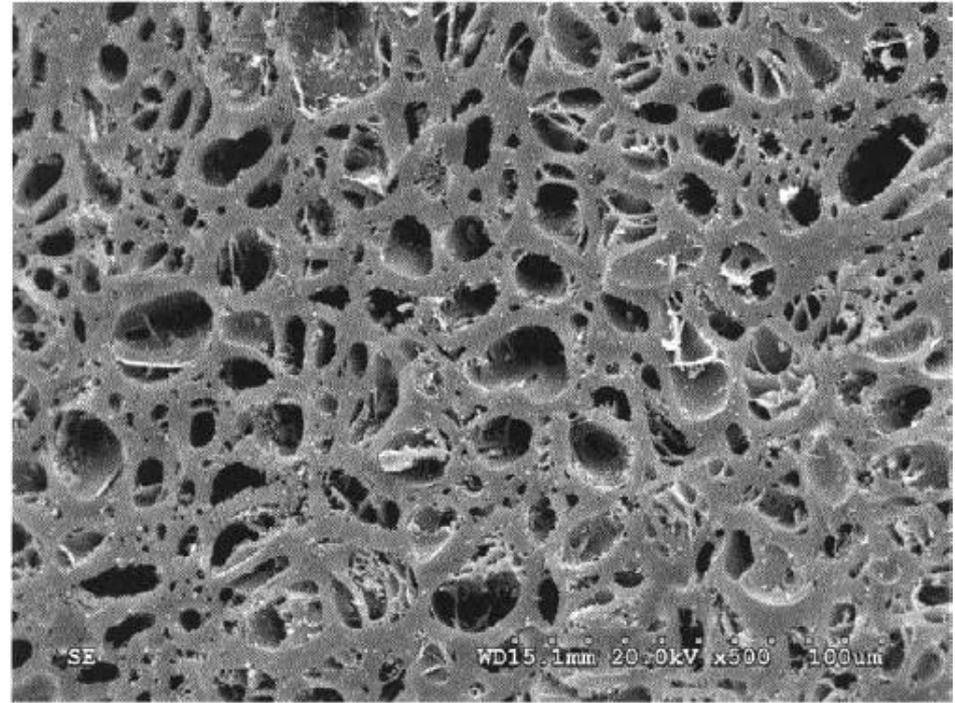


аморфный углерод

“Activated Carbon”

vivovoco.rsl.ru

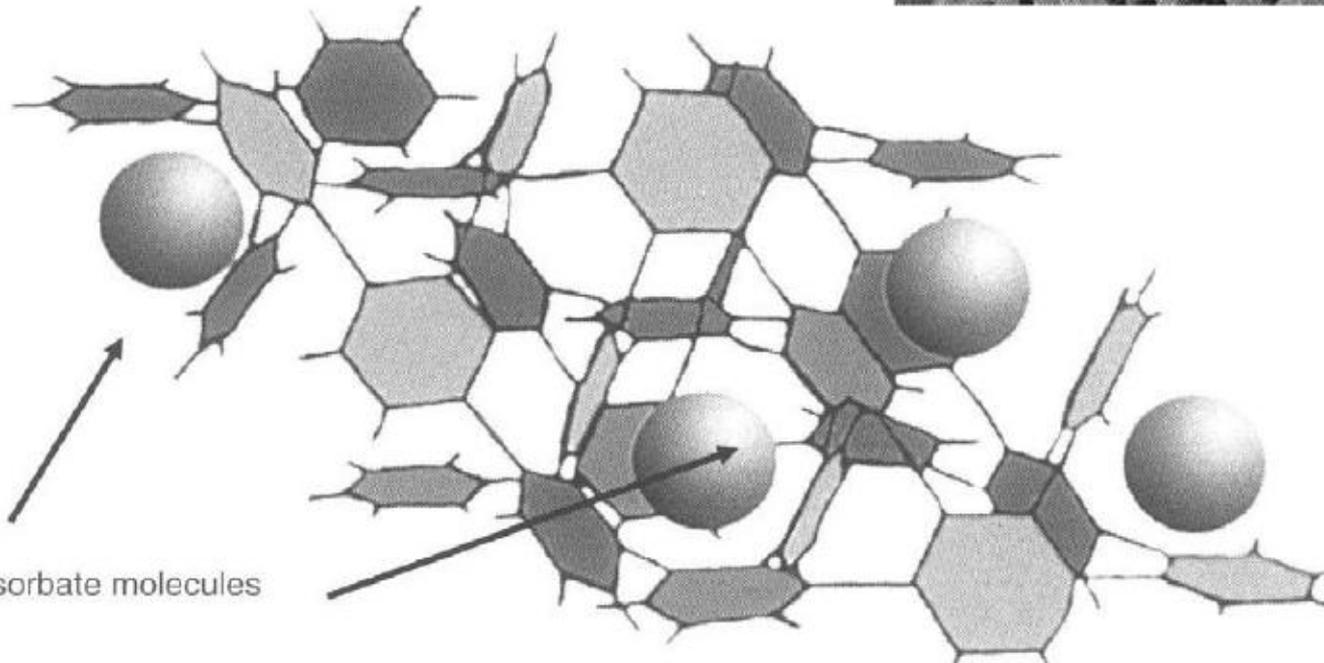
Уголь



www.hudoba.ru

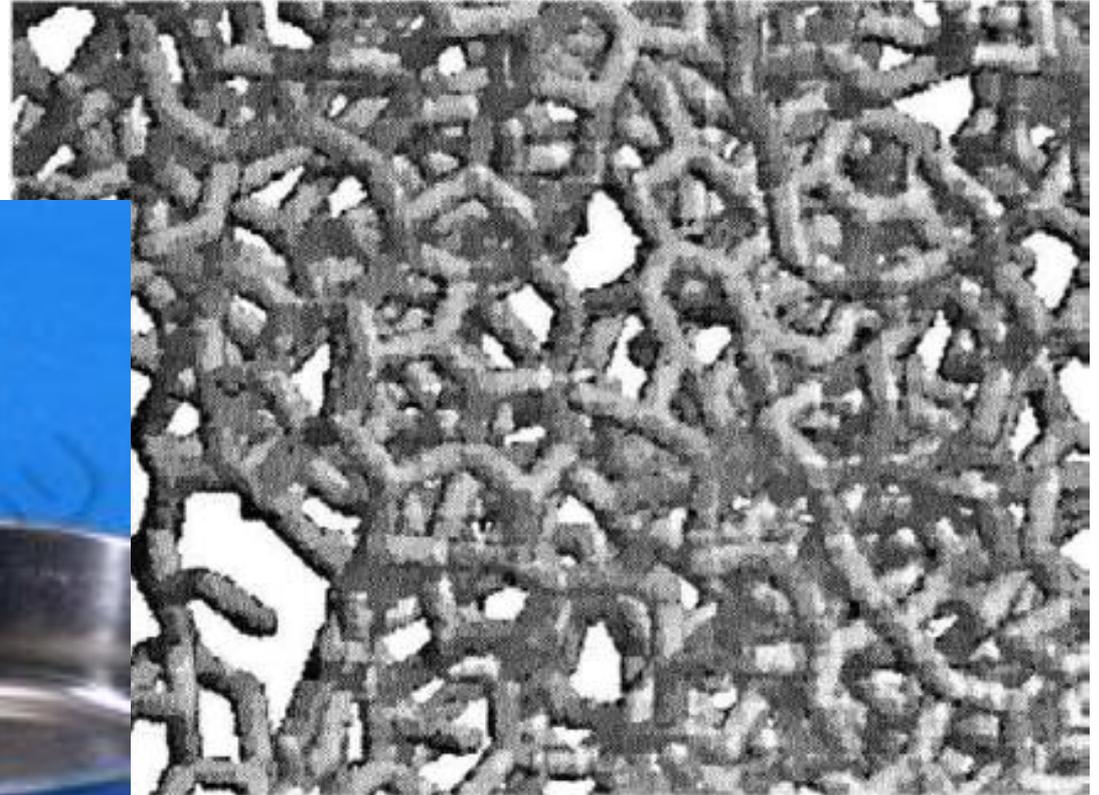
www.irvispress.ru

“Activated Carbon”



macik.info

Стеклоуглерод



“Activated Carbon”

Подарок к 8 марта: Кристаллики - синтетические алмазы, в общей сложности около карата. Ампулка - кварц, висюлька - серебряная. Клеточка - 1 см.



Изготовлены методом высокого давления и высокой температуры (HPHT method) - все желтенькие из-за примеси азота (тысячные доли процента).

www.forumlocal.ru