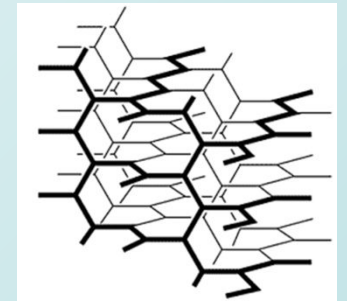
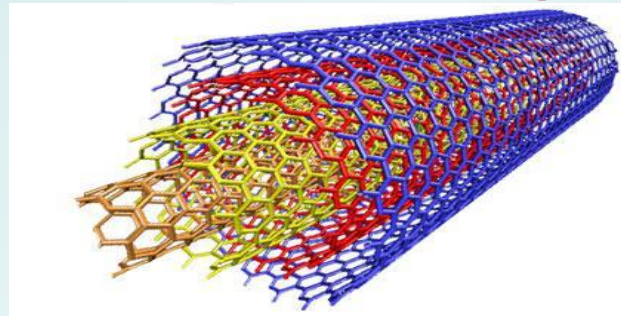
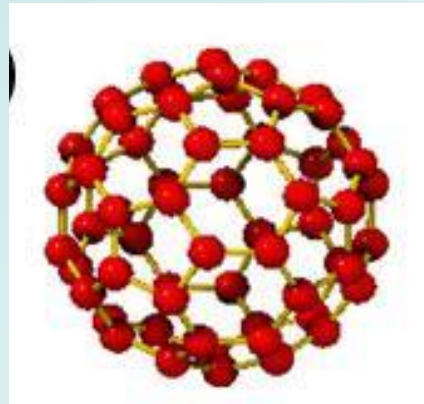


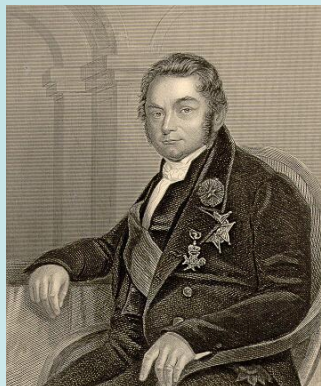
Новые аллотропные модификации углерода



профессор СПбГУ,
доктор химических наук
Карцова Анна Алексеевна

Санкт-Петербург
2009

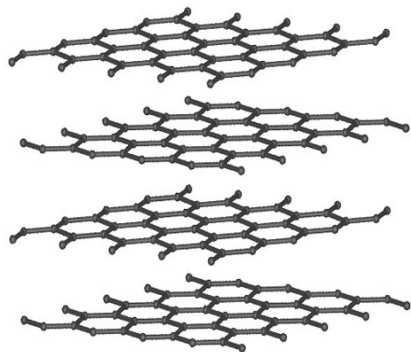
Аллотропия



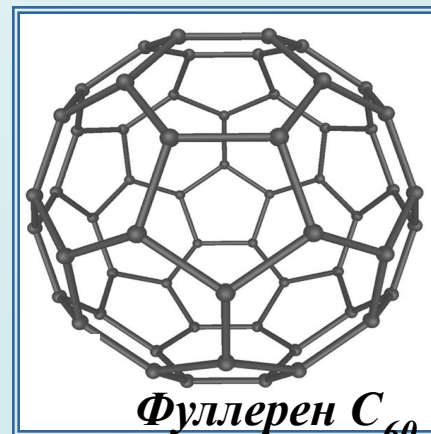
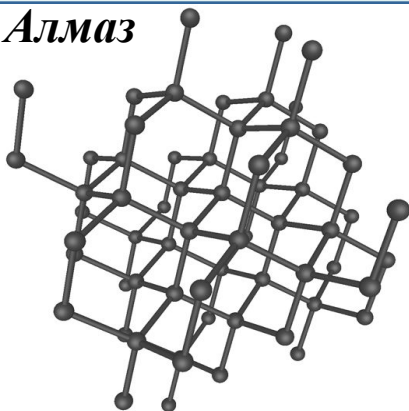
1841 г. Берцелиус Й.-Я.

греч. «*allos*» - «другой» и
«*tropos*» - «поворот, свойства»)

Графит

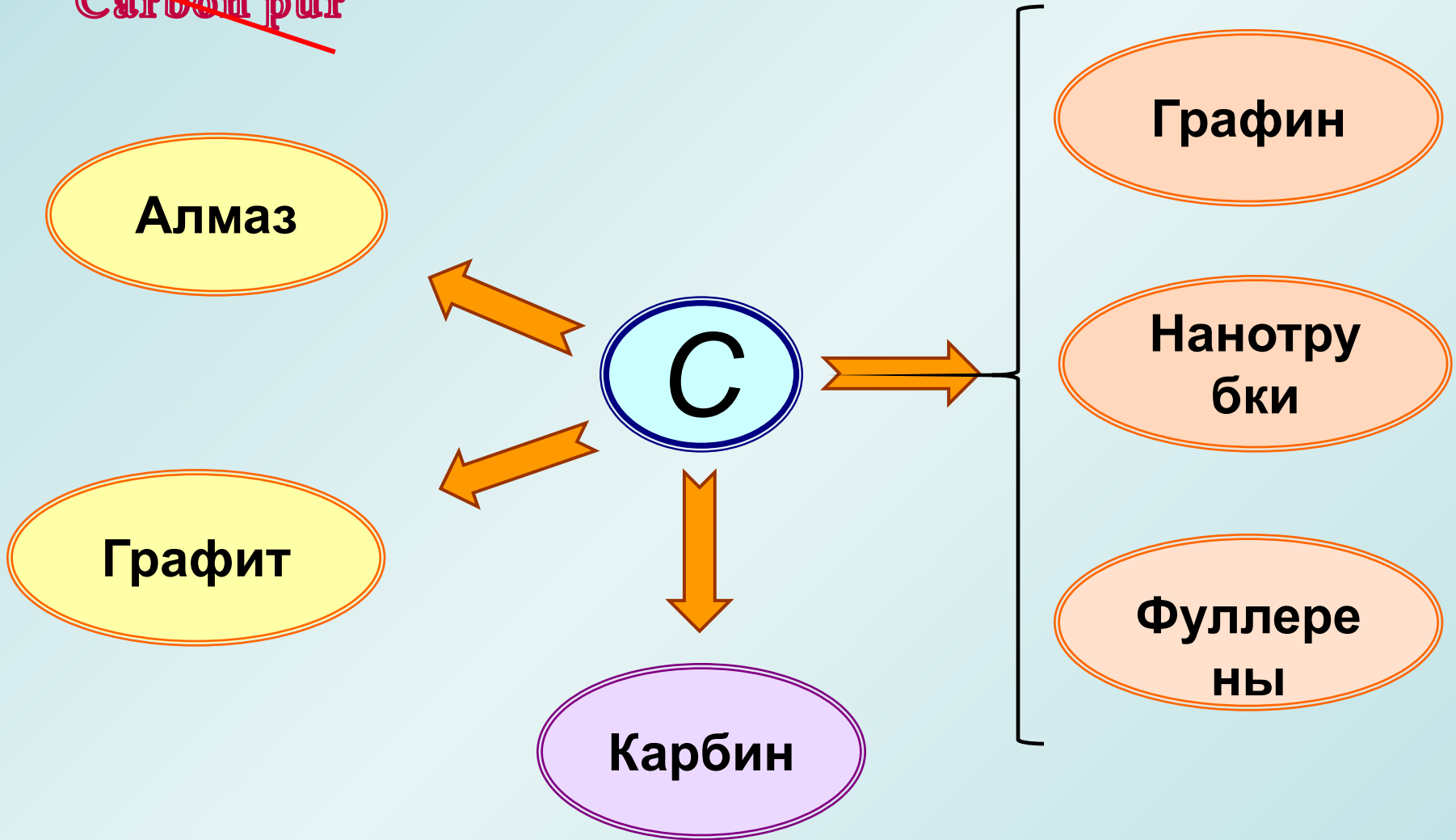


Алмаз



~~“Carboneum”~~

~~“Carbon pur”~~



Алма

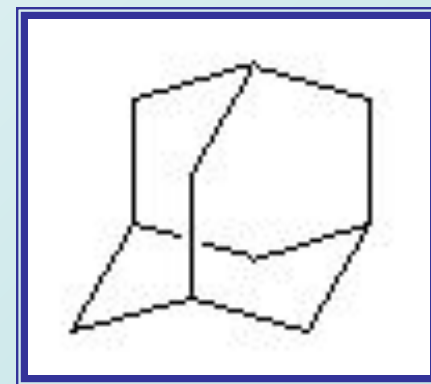
греч. «*adamas*» - «непобедимый»,
«несокрушимый»



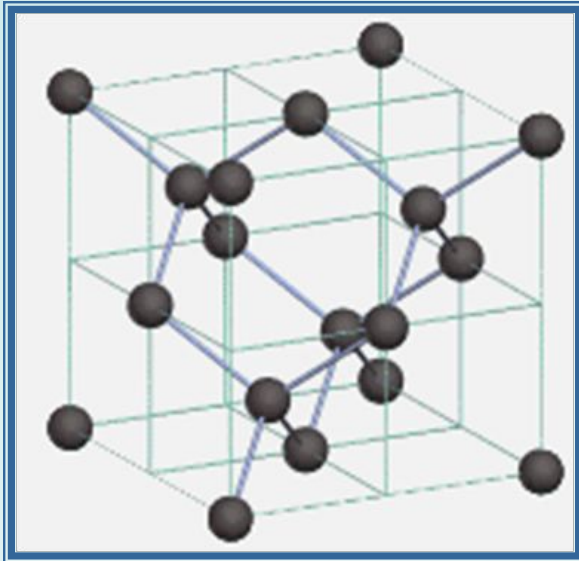
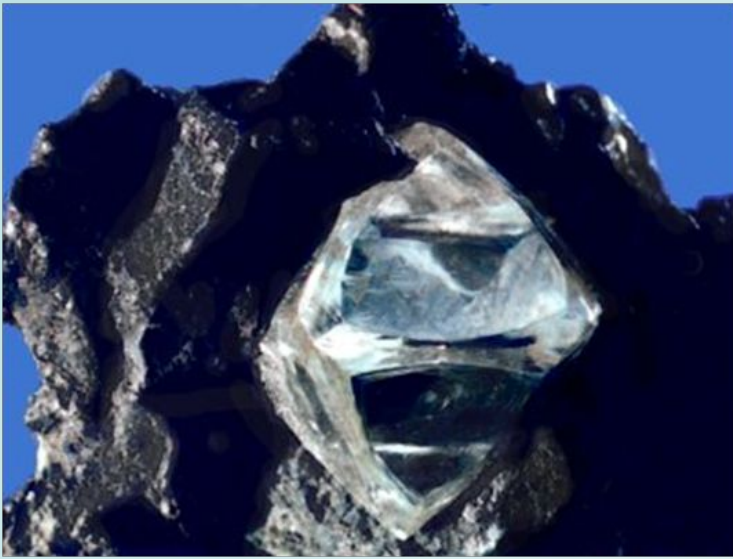
Характерные свойства:

- ✦ высокая тугоплавкость ($T_{пл.} > 4000\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- ✦ высокая твердость
- ✦ высокая хрупкость
- ✦ высокая теплопроводность
- ✦ изоляционная способность

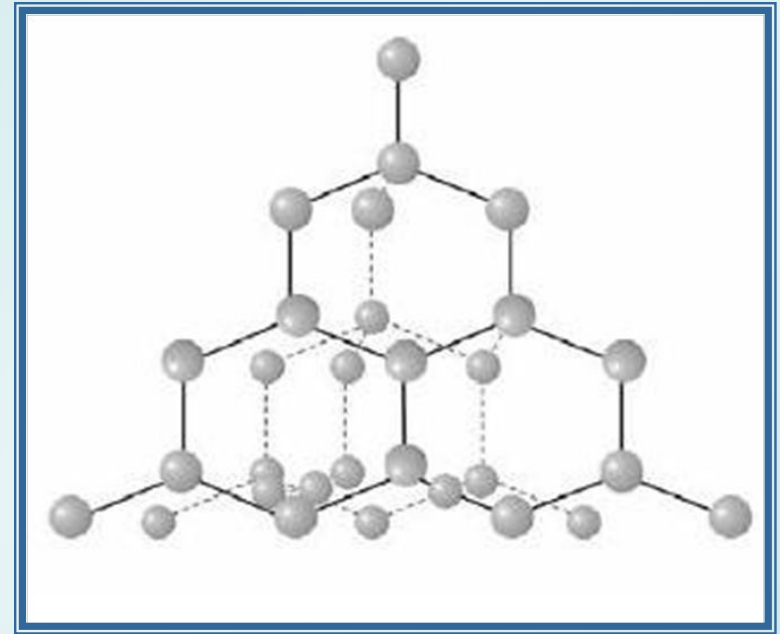
Плотность $\rho = 3,5\text{ г/см}^3$



Адамантан

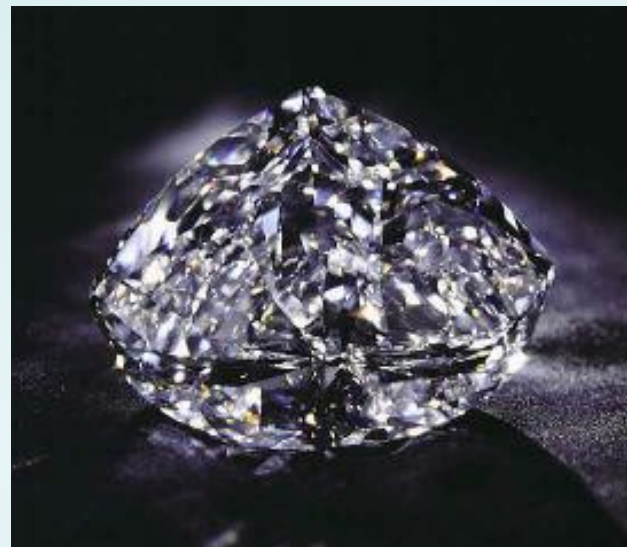


Структура кубического алмаза



*Структура
гексогонального алмаза
Лонсдейлит
(обнаружен в метеоритах)*

Алмаз и стразы



1790 г. - венский ювелир Штрассер
получает хрусталь

(содержание $PbO \sim 50\%$)

Шкала Мооса (шкала твердости)

1812 г. – создана немецким минерологом Фридрихом Моосом.

**Стандартные минералы
(эталонь):**

Десятибалльная шкала твердости, используемая геологами для определения относительной твердости минералов методом царапания.

Минерал	твердость по Шкале Мооса	Минерал	твердость по Шкале Мооса
Алмаз	10	Апатит	5
Корунд	9	Флюорит	4
Топаз	8	Кальцит	3
Кварц	7	Гипс	2
Ортоклаз	6	Тальк	1

ГРАФИТ

$$\rho = 2.3 \text{ г/см}^3$$

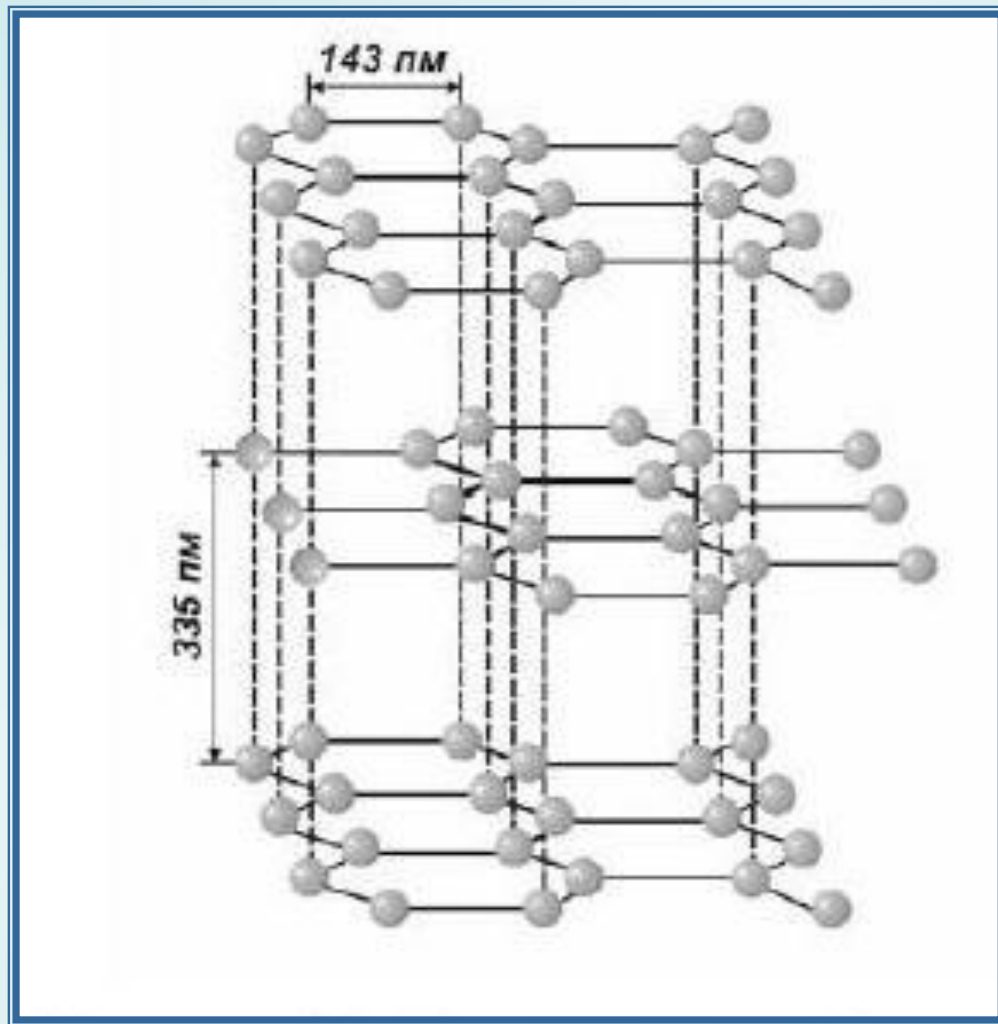
Мягкий

Металлический

блеск

Электропроводнос

ть

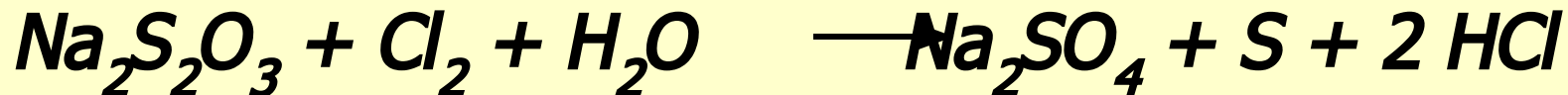


Структура графита



Противогаз

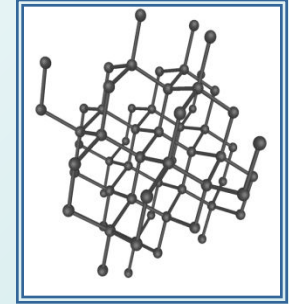
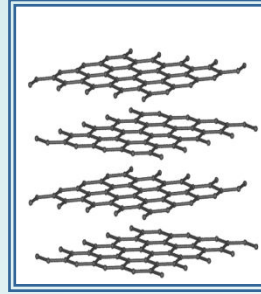
(Куманта-Зелинского-Авалова)



Адсорбент - **березовый уголь**

1916 г – 10 млн. противогазов с активированным березовым углем.

Карбин $\xleftarrow{2000^{\circ}\text{C}}$ **Графит** $\xrightarrow{3000^{\circ}\text{C}}$ **Алмаз**



«Черная сажа» – «Белая сажа»

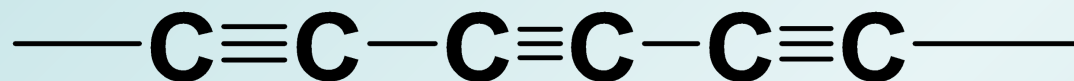
SiO_2 - для бесцветной резины

«Белый графит» – $(\text{CF})_n$ – изолятор

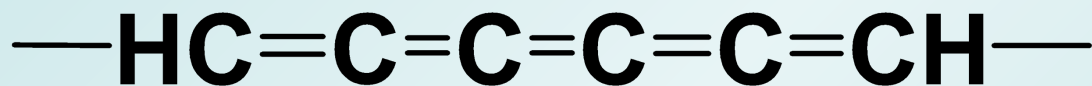
Карбин

$\rho = 1.7-2.0 \text{ г/см}^3$
полупроводник

1960 г – синтез А.М. Сладков



α -карбин



β -карбин

Фуллерен

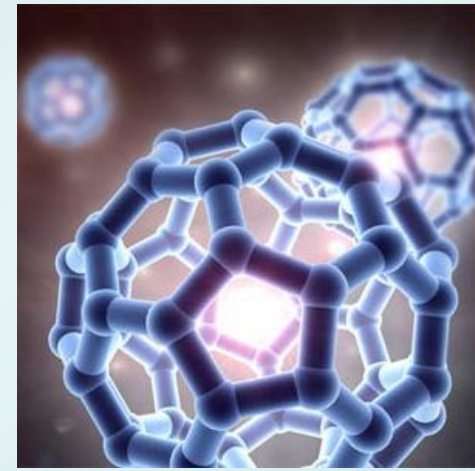
1985 г. – открытие C_{60}

1992 г. – обнаружены в природе

1996 г. – Нобелевская премия по

ХИМИИ

за открытие фуллеренов



R. Керл
(США)

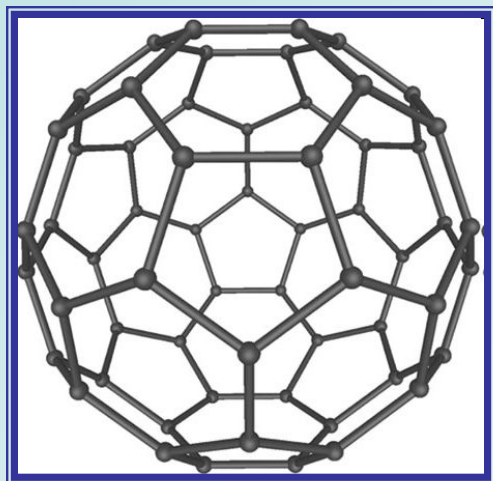


G. Крото
(Великобритания)



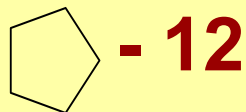
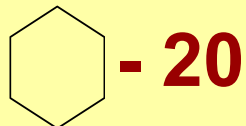
R. Смолли
(США)

Фуллерен



0,143нм

0,139нм

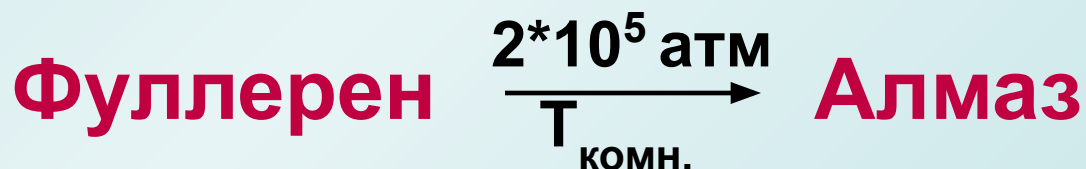


$\rho = 1.65 \text{ г/см}^3$

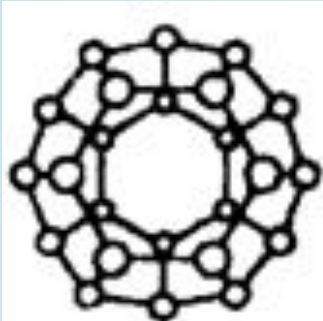
$d \sim 0.7 \text{ нм}$

Выдерживает:

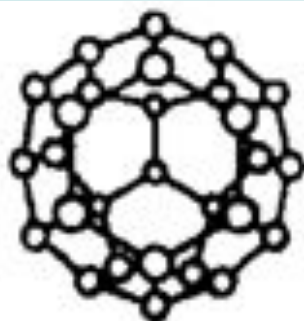
20ГПа 360⁰С



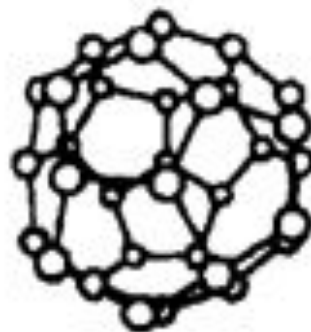
Гомологический ряд фуллеренов



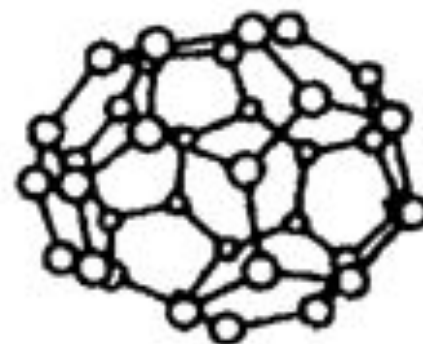
C₂₄



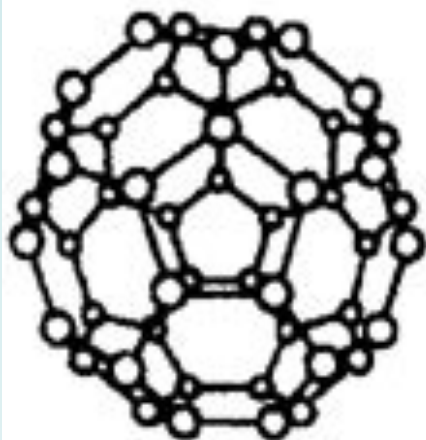
C₂₈



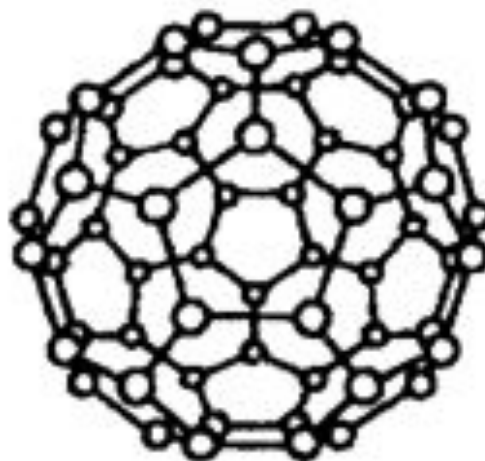
C₃₂



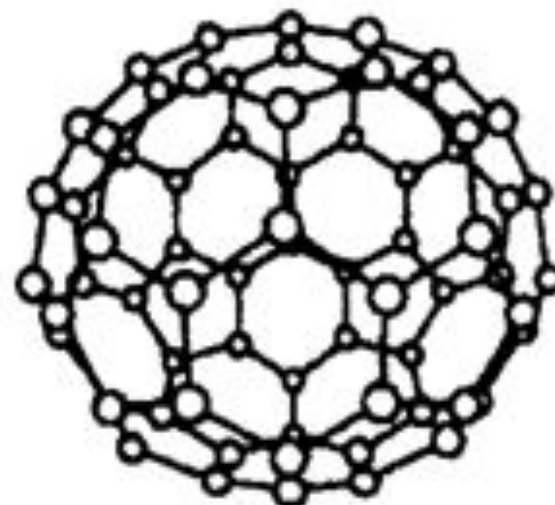
C₃₆



C₅₀



C₆₀



C₇₀

Происхождение названия

Химики назвали новую молекулу

«букминстерфуллерен»,

которое очень скоро превратилось в

«букибол».

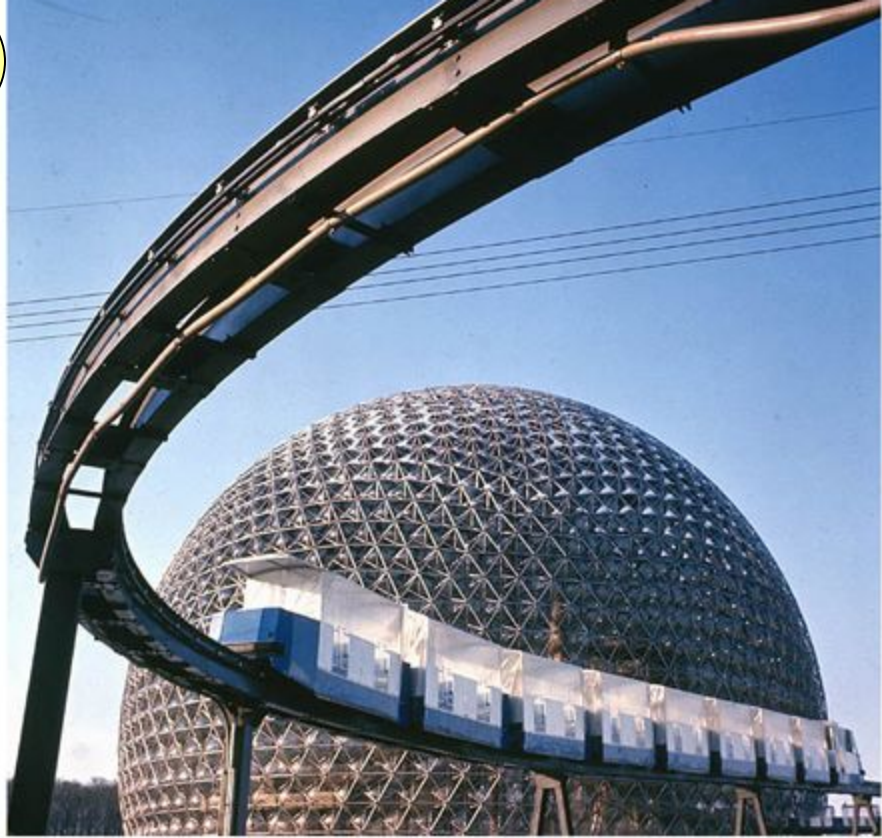
1954 г. – патент

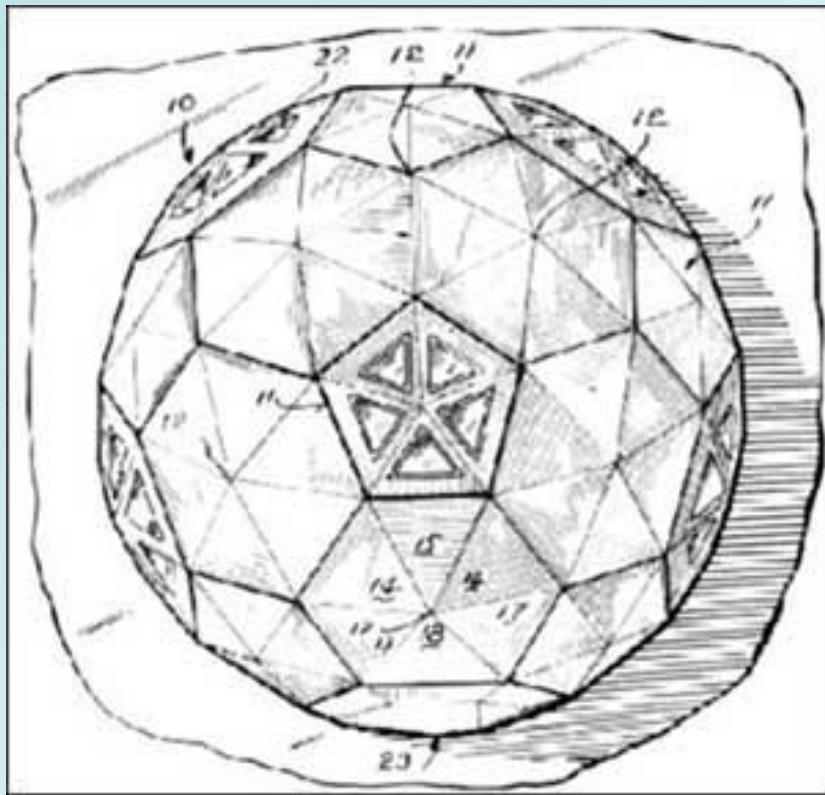
Букминстер Фуллер

конструкция геодезического купола.

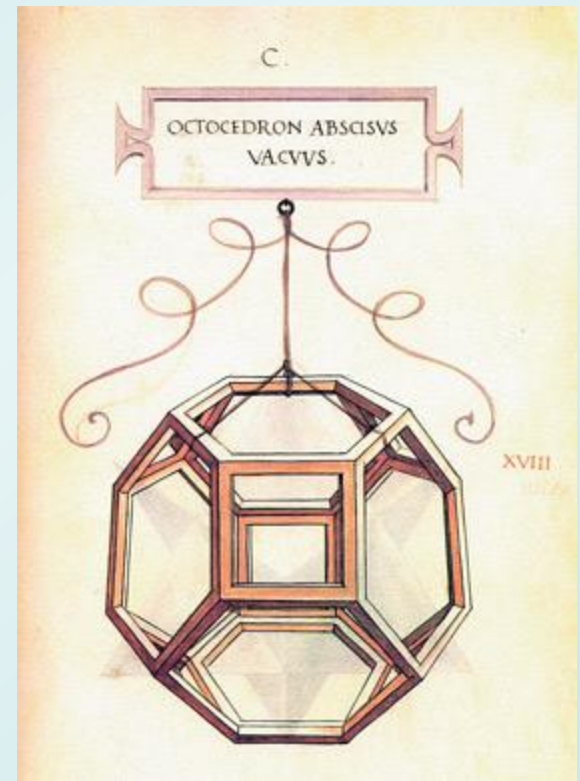


1
6





**Геодезический купол
Фуллера, основанный на
Архимедовом усеченном
икосаэдре**



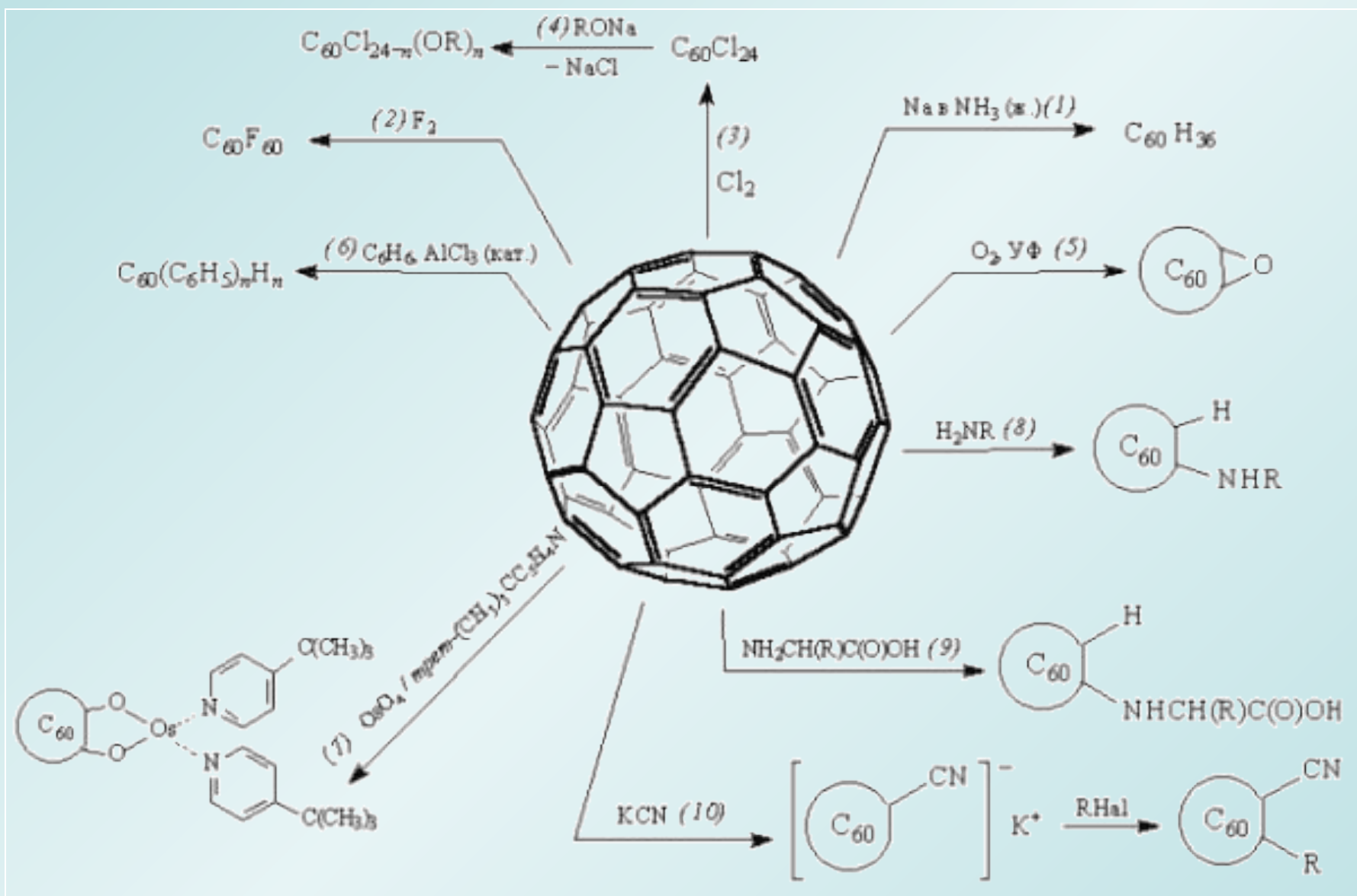
**Образ фуллерена
можно найти еще
в рисунках Леонардо
да Винчи**

«...По сути открытие, удостоенное Нобелевской премии, состояло в установлении факта, что углерод один без посторонней помощи образует молекулы в форме усеченного икосаэдра и более крупнык геодезические клетки. Углерод изначально, с момента возникновения Вселенной, одарен этой способностью к самопроизвольной сборке молекул фуллеренов... То, что нам удалось в действительности открыть, сводится к тому, что если создать из атомов углерода пар и дать ему медленно конденсироваться (придерживая при этом температуру столь высокой, чтобы растущие промежуточные частицы могли бы делать все, что природа заложила в них), то один из эффективно реализуемых каналов приводит к образованию сфероидальных фуллеренов...»

**Р. Смолли, Нобелевская лекция
«Открытие фуллеренов»
(Стокгольм, 7 декабря 1996 г.)**

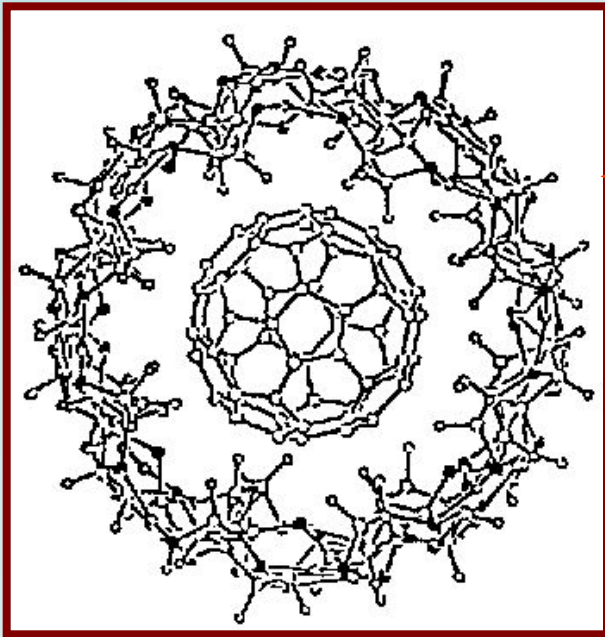
«...При обработке экспериментальных данных наше внимание вскоре привлекло появление незванного гостя. Он состоял из 60 атомов углерода... Содержание C₆₀ в кластерном пучке определенно превышало содержание соседей... Идея о замкнутой гексагональной клетке напомнила мне о моем посещении всемирной выставки ЭКСПО-67 в Монреале, над которой возвышался купол, построенный Бакминстером Фуллером... Мое предложение назвать молекулу «бакминстерфуллерен» (ей определенно подходит окончание –ен) после некоторо дискуссии было принято, и мы отправили статью в «Nature». Дата поступления ее в редакцию 13 сентября».

**Г.Крото, нобелевская лекция
«Симметрия, космос, звезды и C₆₀»
(Стокгольм, 7 декабря 1996 г)**



Комплекс циклодекстринов с C_{60}

1
9

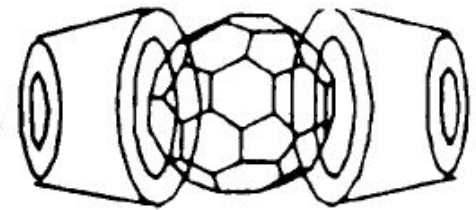
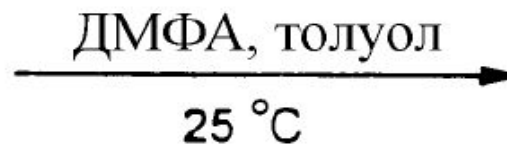


γ - циклодекстрин : C_{60} (1 : 1)

β - циклодекстрин : C_{60} (2 : 1)



+



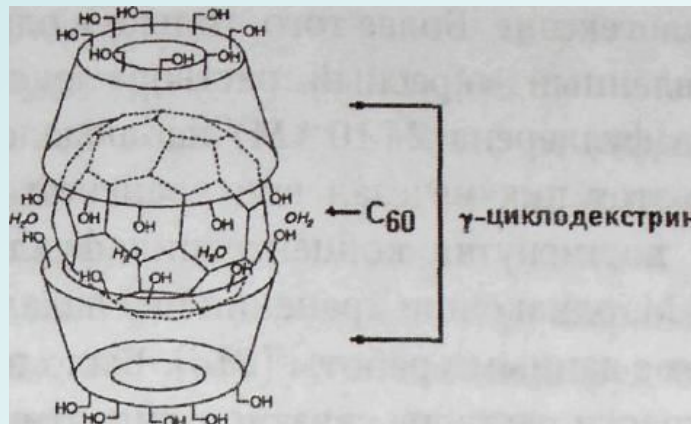
Синтез комплекса включения [60]фуллерен - β -циклодекстрин

Способы введения в биологические системы

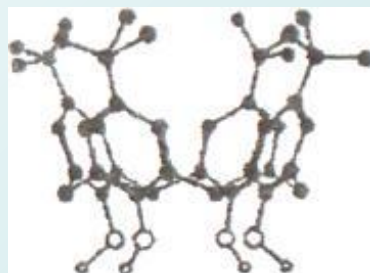
Коллоидный раствор или суспензия в воде

Водорастворимые комплексы с гидрофильными органическими молекулами

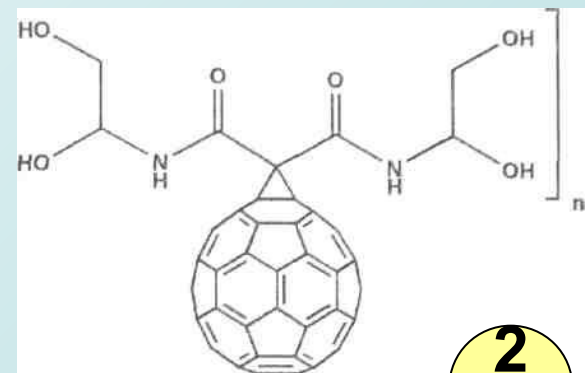
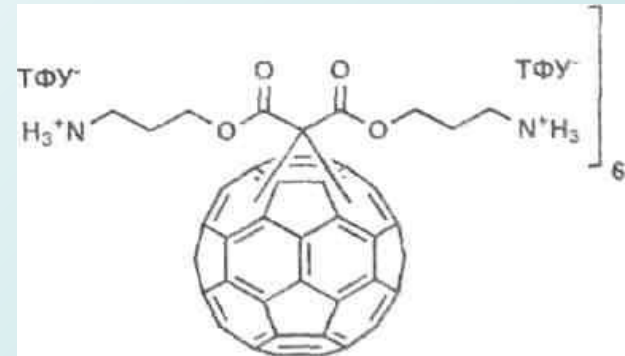
Синтез водорастворимых производных



Строение комплекса включения C₆₀/гамма-ЦД

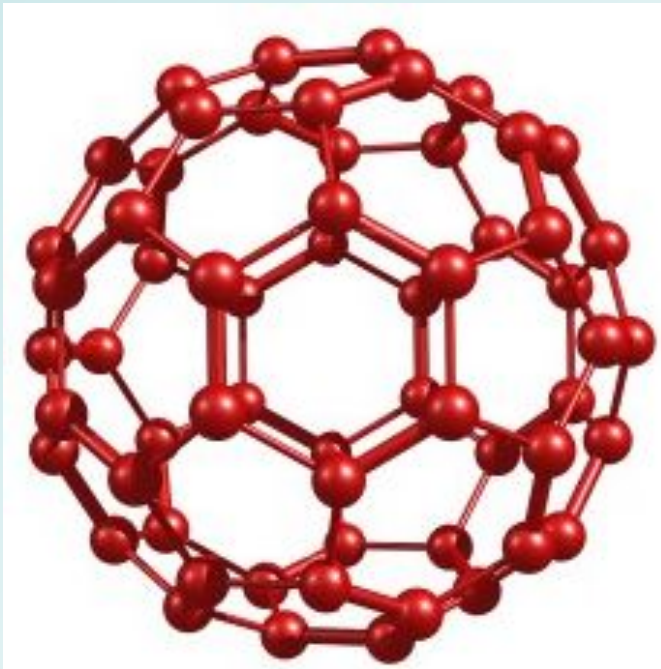


Каликс(4)арен



1985г.

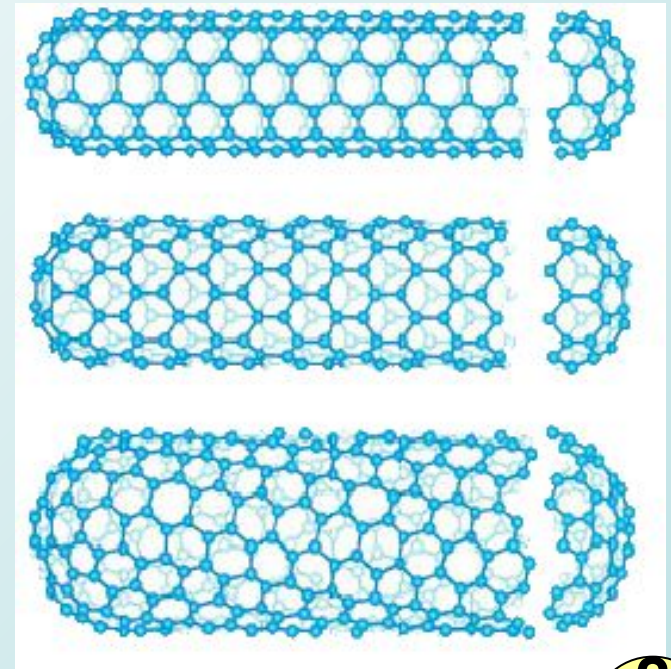
Роберт Ф.Кёрл
Ричард И.Смолли
Гарольд Крото



Фуллерен C_{70}

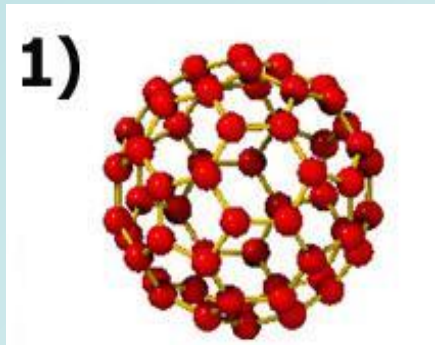
1991г.

С.Иджима

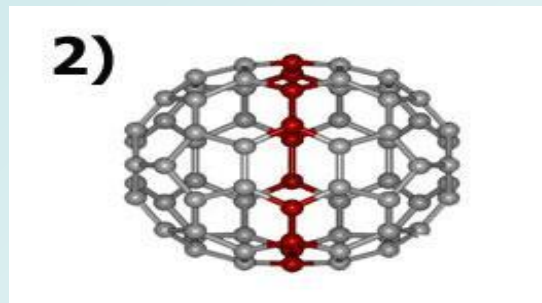


Нанотрубки

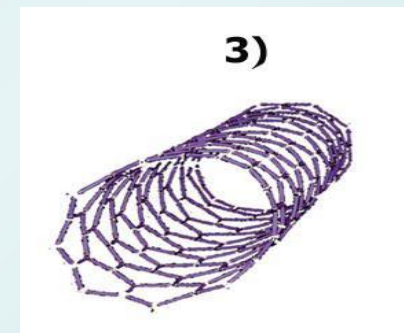
Основные типы фуллероидных наночастиц



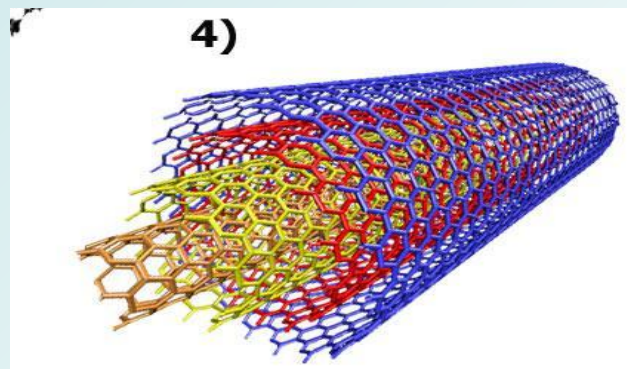
Фуллерен C-60
(0,67 nm)



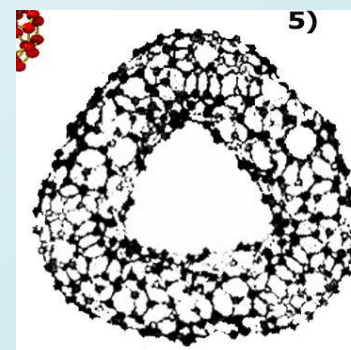
Фуллерен C-70
(0,69 nm)



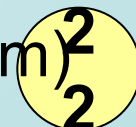
Однослойные углеродные нанотрубки (диаметр 1 nm)



Многослойные углеродные нанотрубки (диаметр 6-60 nm)



Астралены
(средний размер – 45 nm)



Наличие внутренней полости

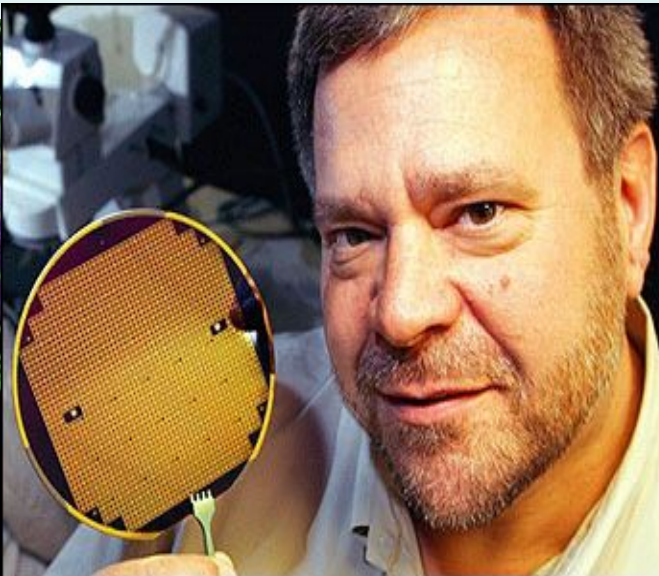
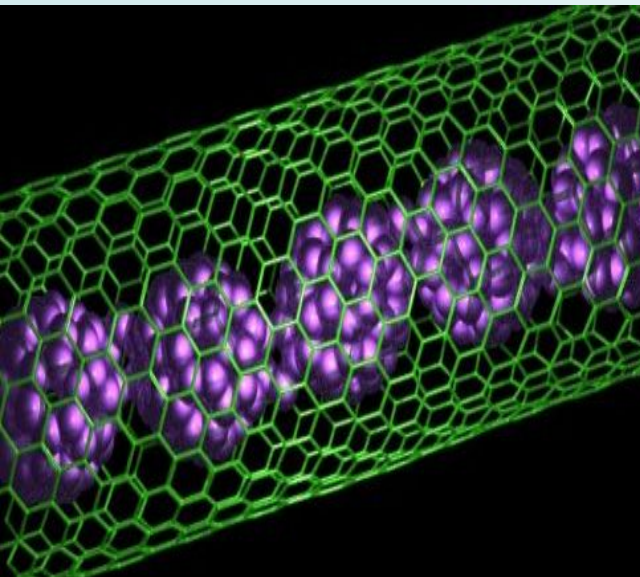
2

3

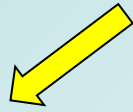
Направленная
доставка
лекарственных
средств в
различные органы и
ткани

Сенсор газов

Рентгеноконтрастные
вещества



Материалы



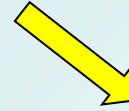
Биокерамика

— Хрупкость

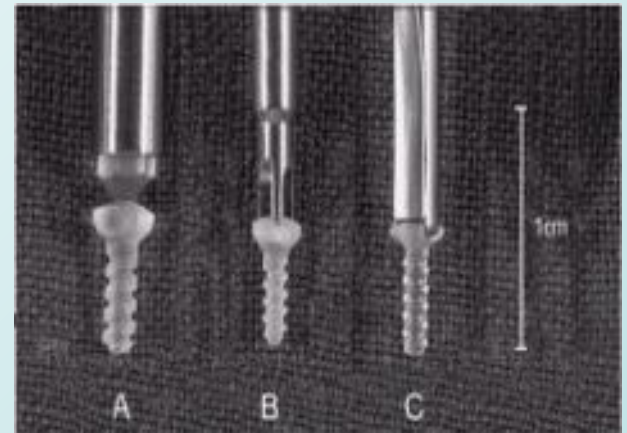


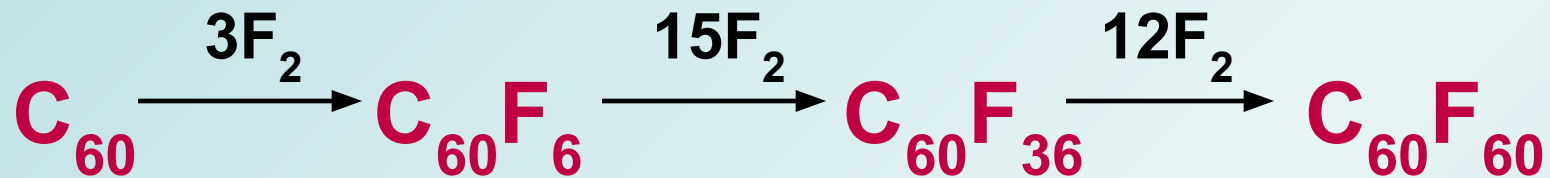
Металло-
остеосинтез

- Тяжелые
- Коррозия
- Разрушение и резорбция кости



Биодеградируемые
полимеры



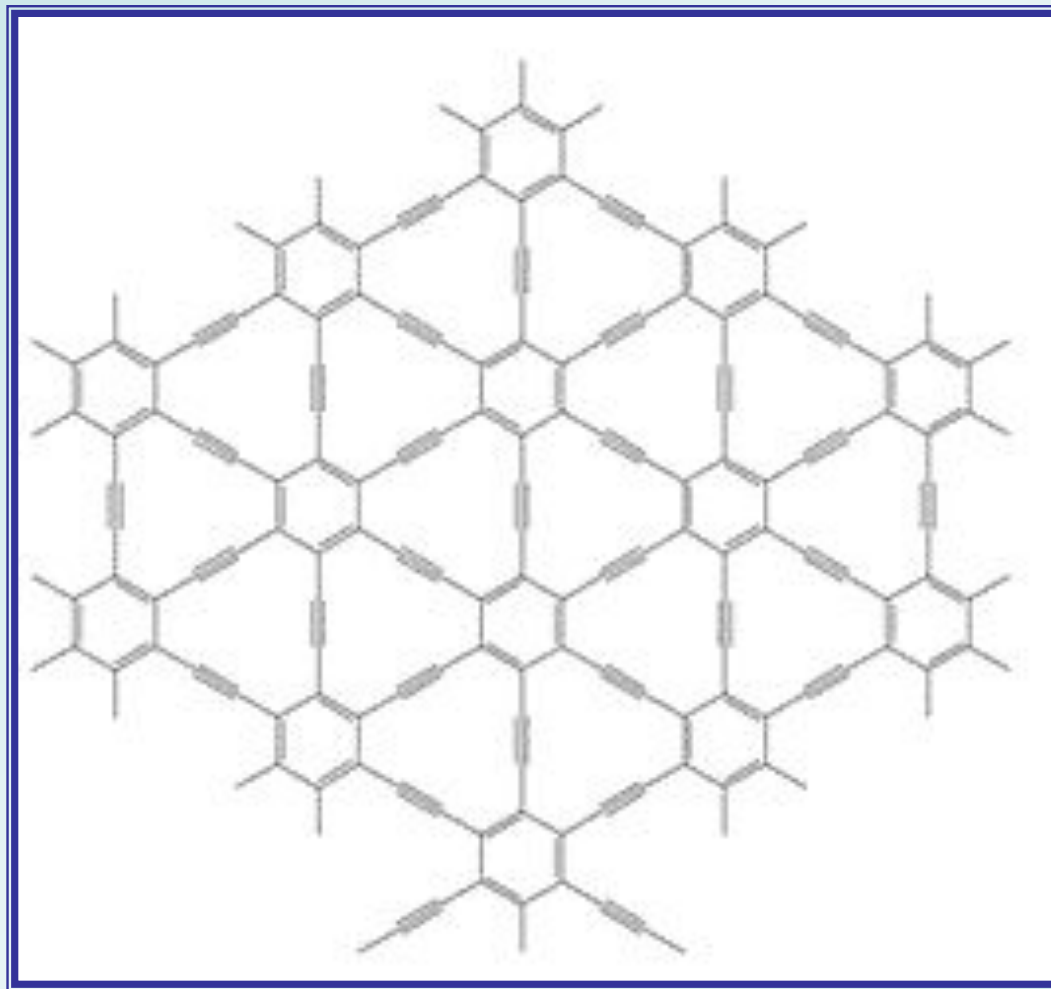


Капсулы для введения лекарственных препаратов (радиотерапия)

C_{60}M_3 – фуллериды – полупроводники

$\text{RbCs}_2\text{C}_{60}$ – сверхпроводник при 33 К.

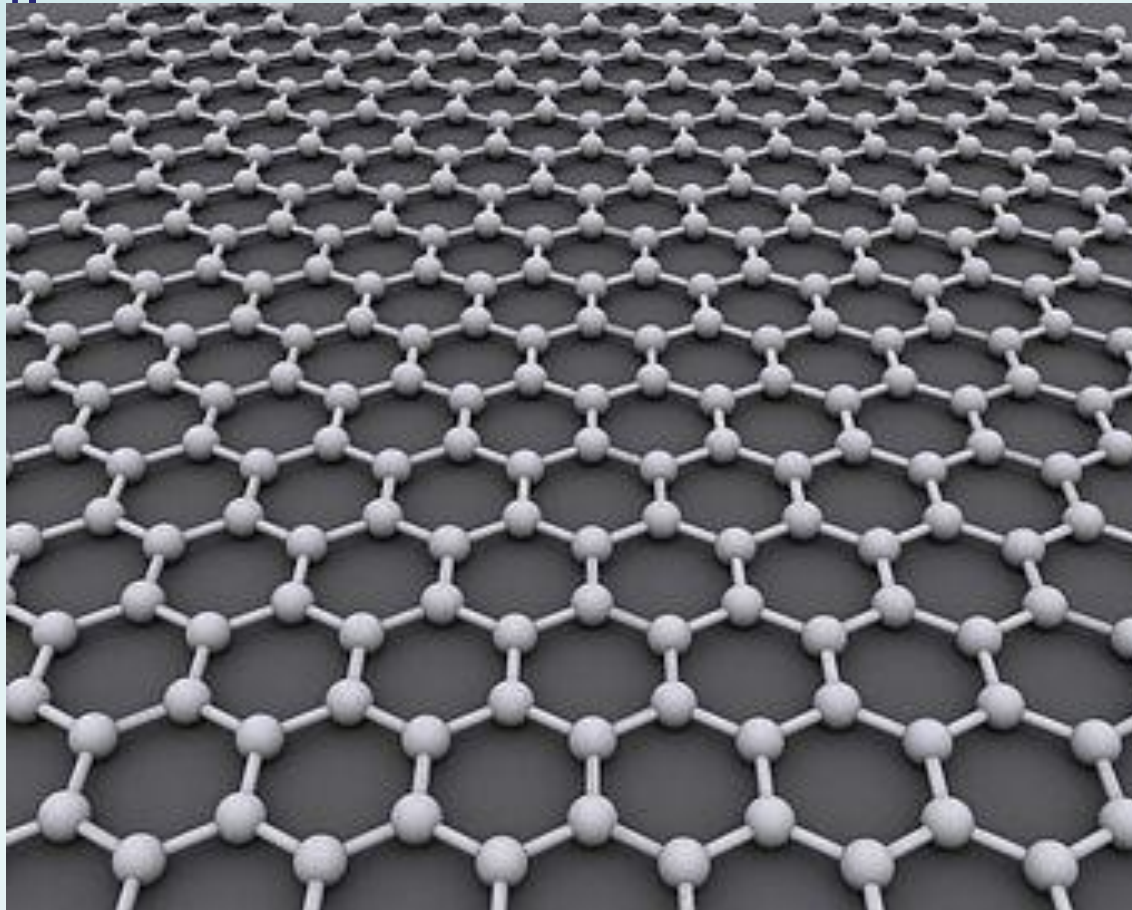
Графин



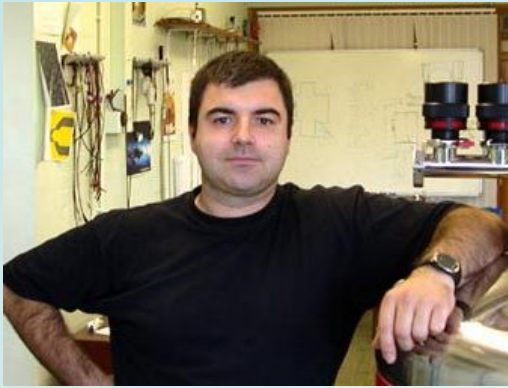
Графен

Нобелевская премия по физике, 2010

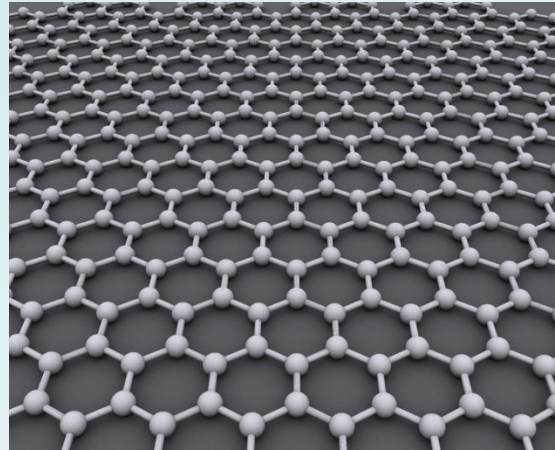
Г.



2010 г. – Нобелевская премия по физике за открытие и исследование **графена** - двумерной формы углерода.



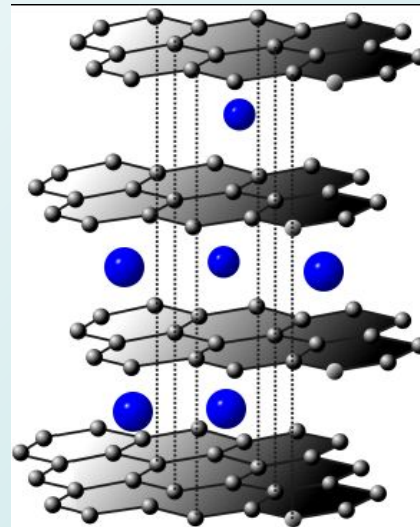
**Константин Сергеевич
Новосёлов**



Идеальная кристаллическая структура графена представляет собой гексагональную кристаллическую решётку.



Андрей Гейм



Слои интеркалированного графита можно легко отделить друг от друга.



Благодарю за внимание!