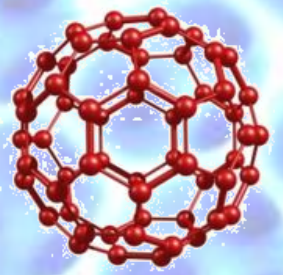
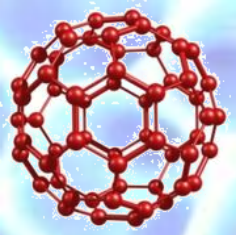


Лекция 3

УГЛЕРОДНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ



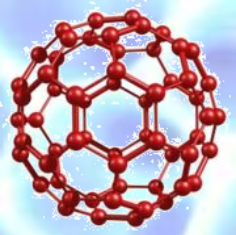
Элемент - способен образовывать длинные цепочки

Энергии гомоядерных связей (кДж/моль)

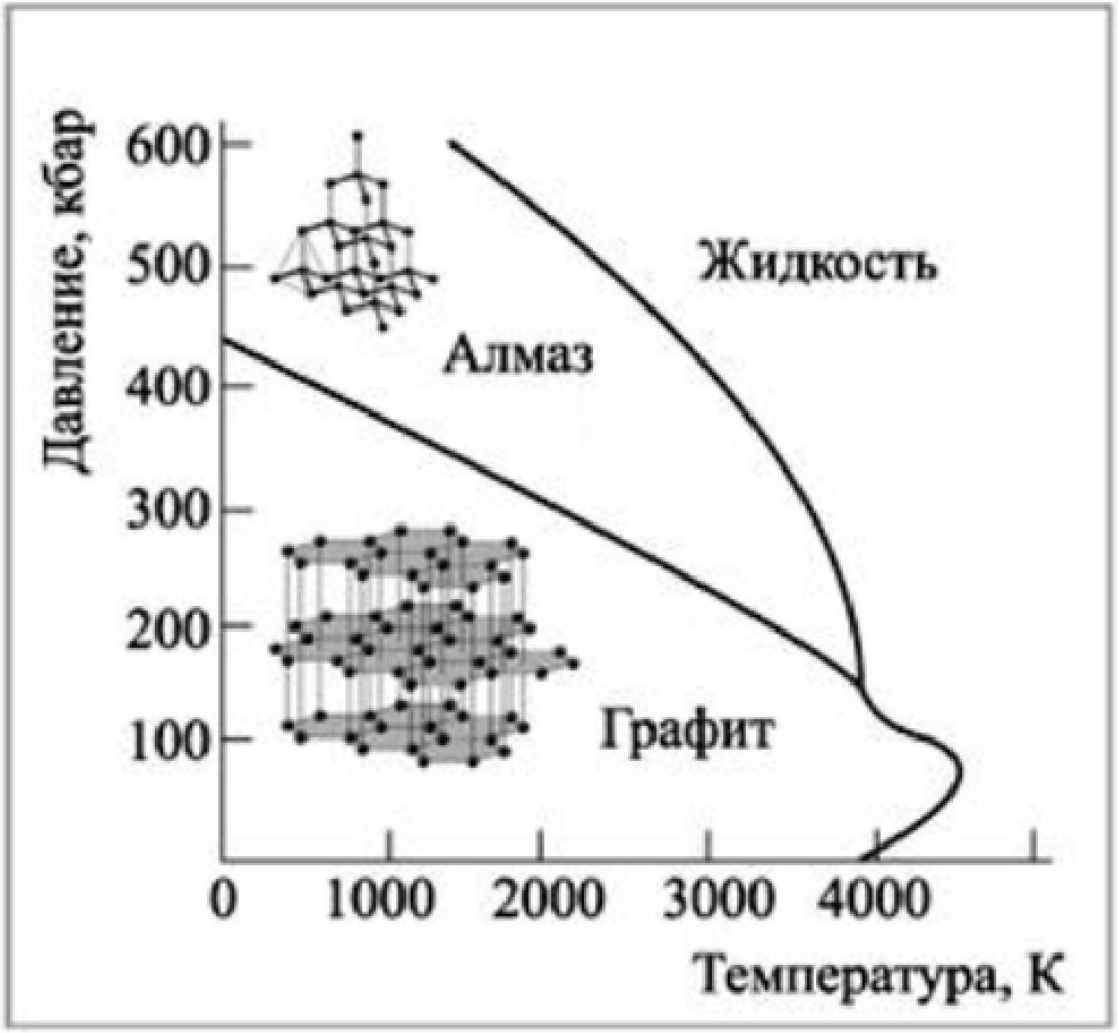
Химическая связь	C-C	N-N	O-O	Si-Si	P-P	S-S
Энергия связи	348	163	146	226	201	264

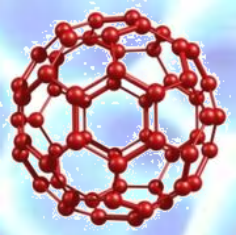
Энергии связей углерод-углерод (кДж/моль)

Химическая связь	C-C	C=C	C≡C
Энергия связи	348	612	838
Гибридное состояние атома углерода	sp^3	sp^2	sp

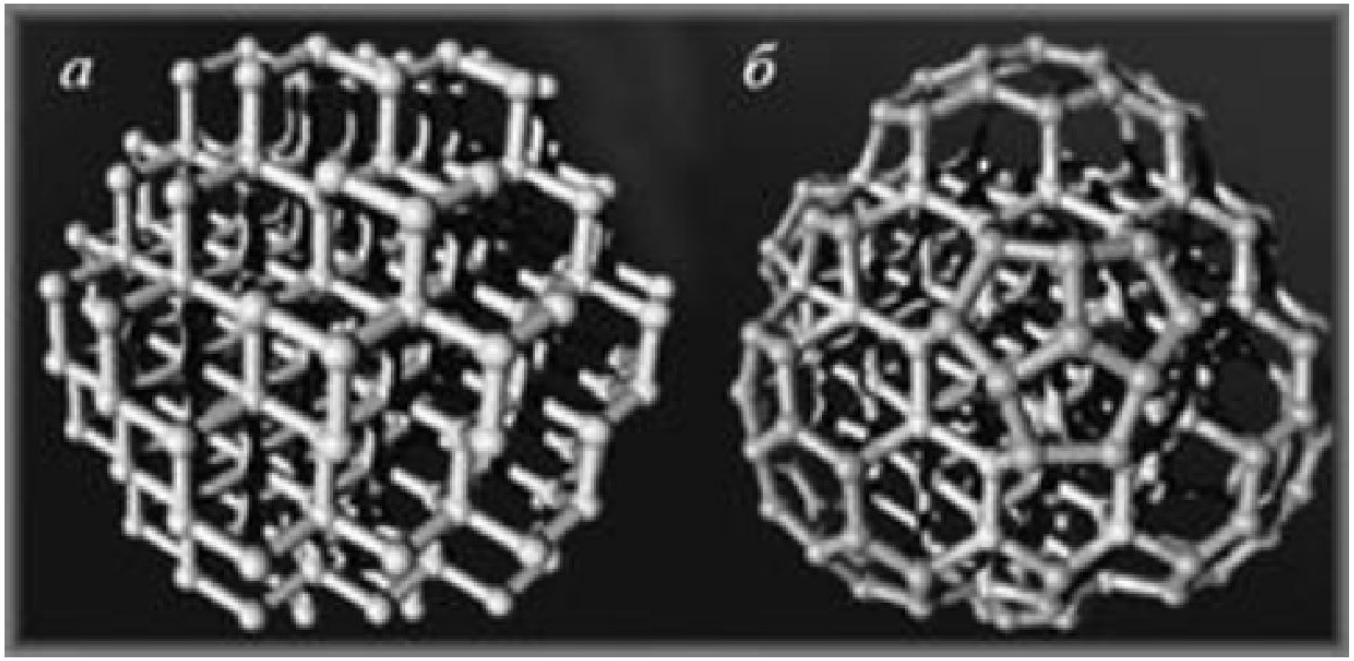


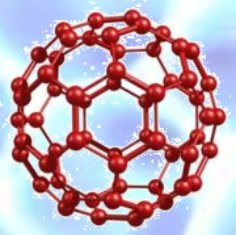
устойчивых аллотропных формы





Наноалмазы

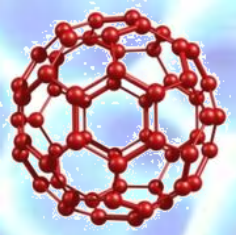




Наноалмазы

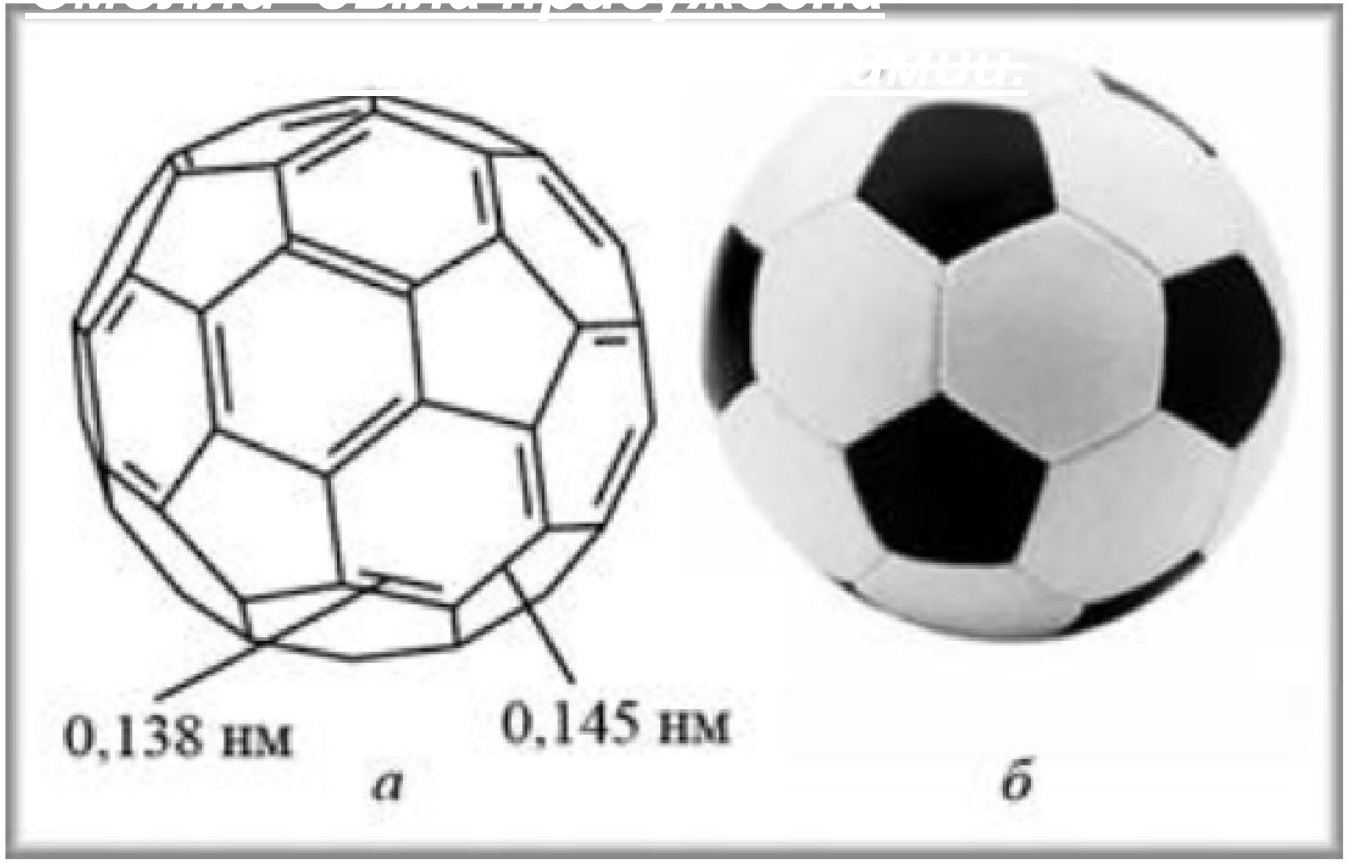
Теплоты образования алмаза и наноалмаза

Вид алмаза	$Q_{обр}$(298 К), кДж/моль	$\Delta H_{обр}$(298 К), кДж/моль
Обычный алмаз	–1,8	+1,8
Наноалмаз (5 нм)	+4,0	–4,0

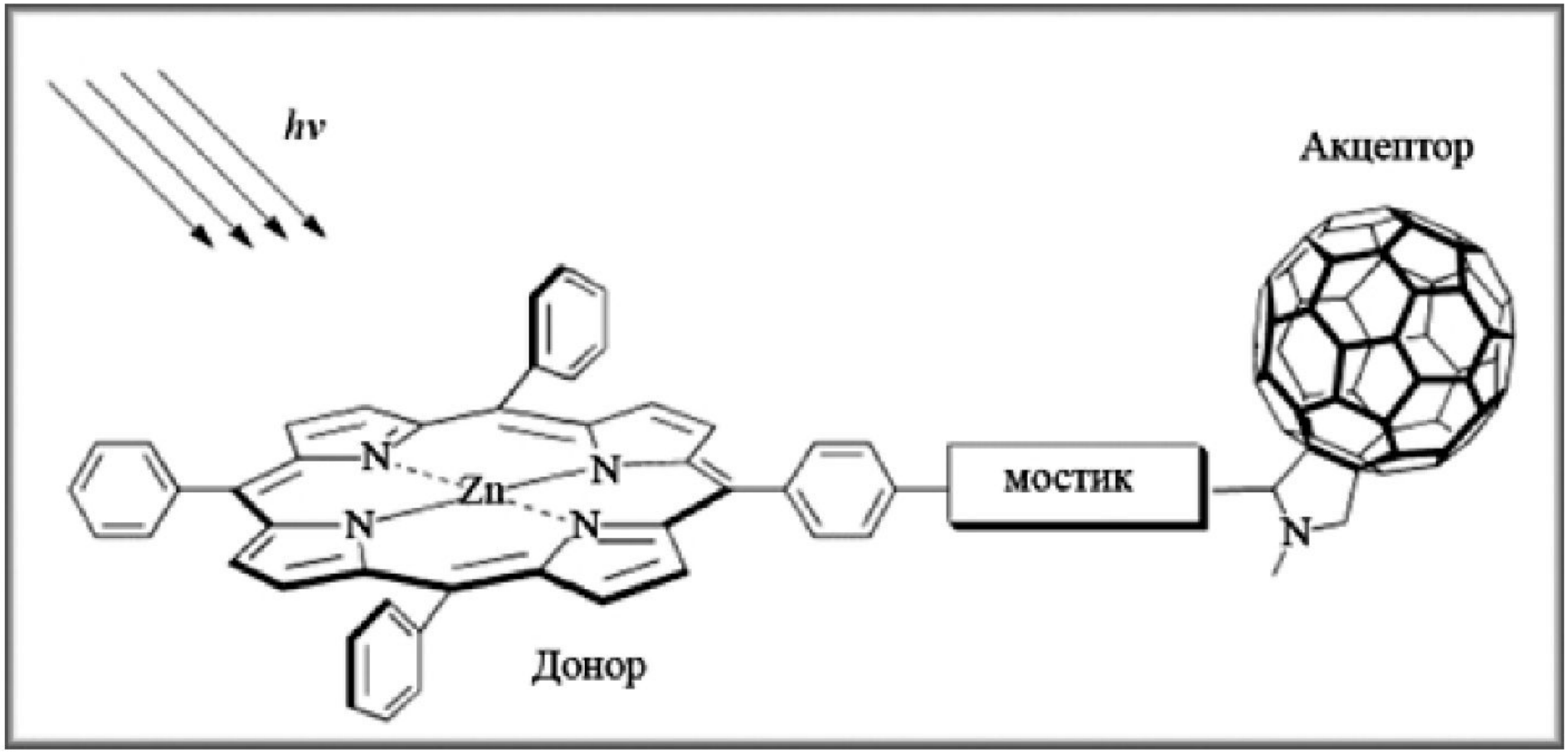


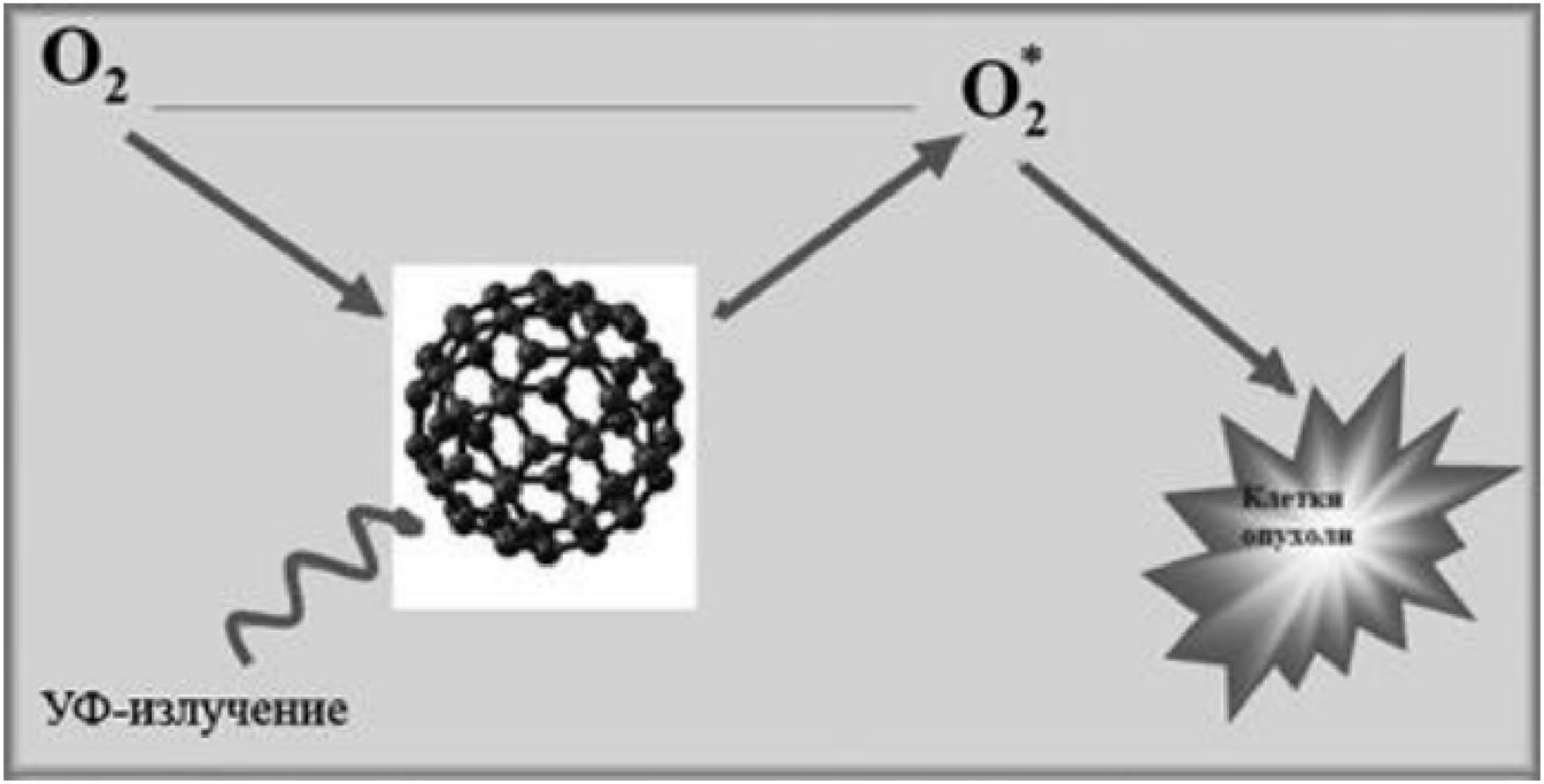
Бакминстера (buckyballs)

В 1996г. первооткрывателям фуллеренов Р.Керл, Х.Крото, Р.Смолли, Э.Нобелевская премия.



Солнечные батареи




O_2
O_2^*
Клетки опухоли
УФ-излучение

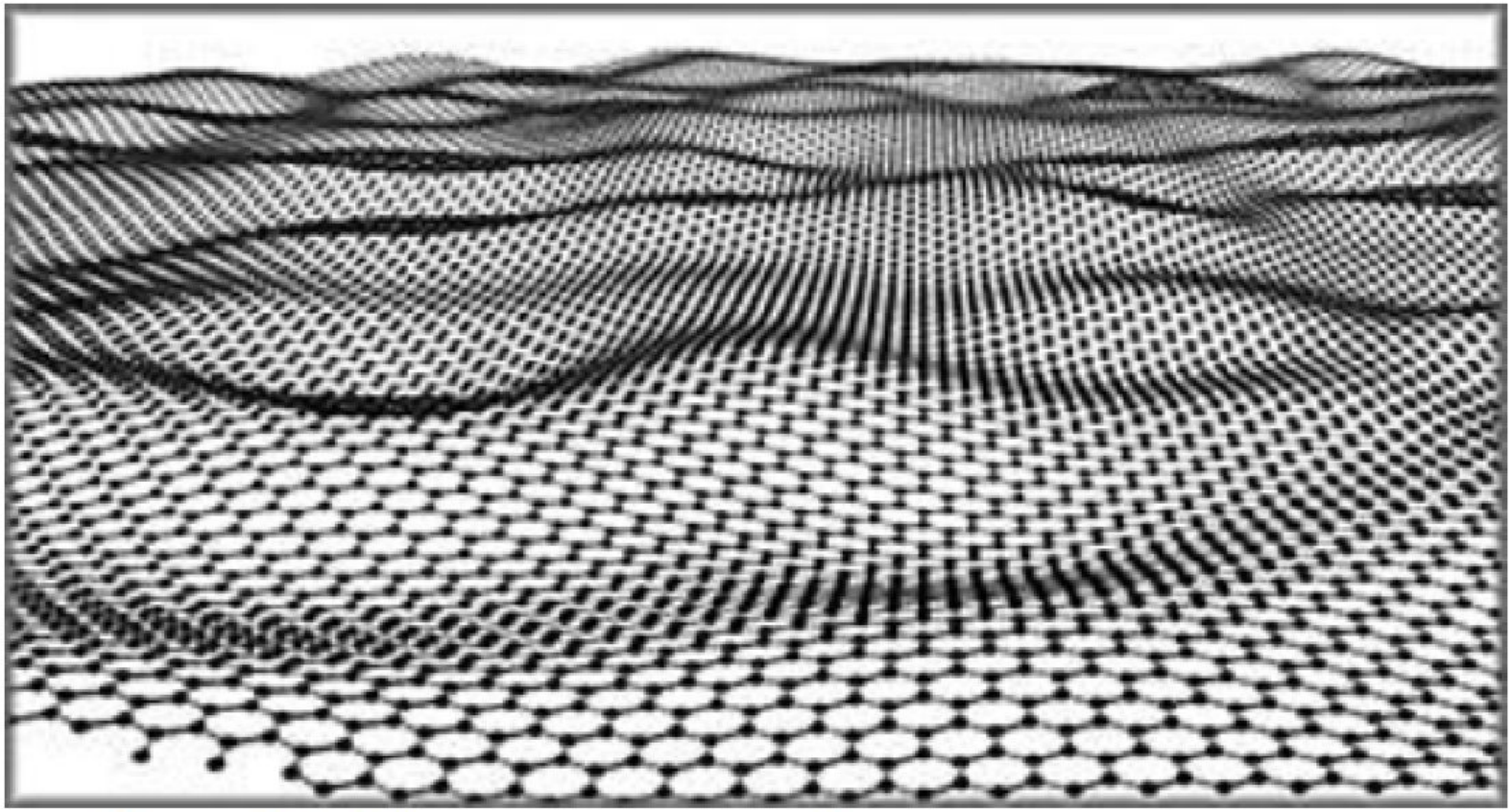


Рис. 12. Структура графенового монослоя

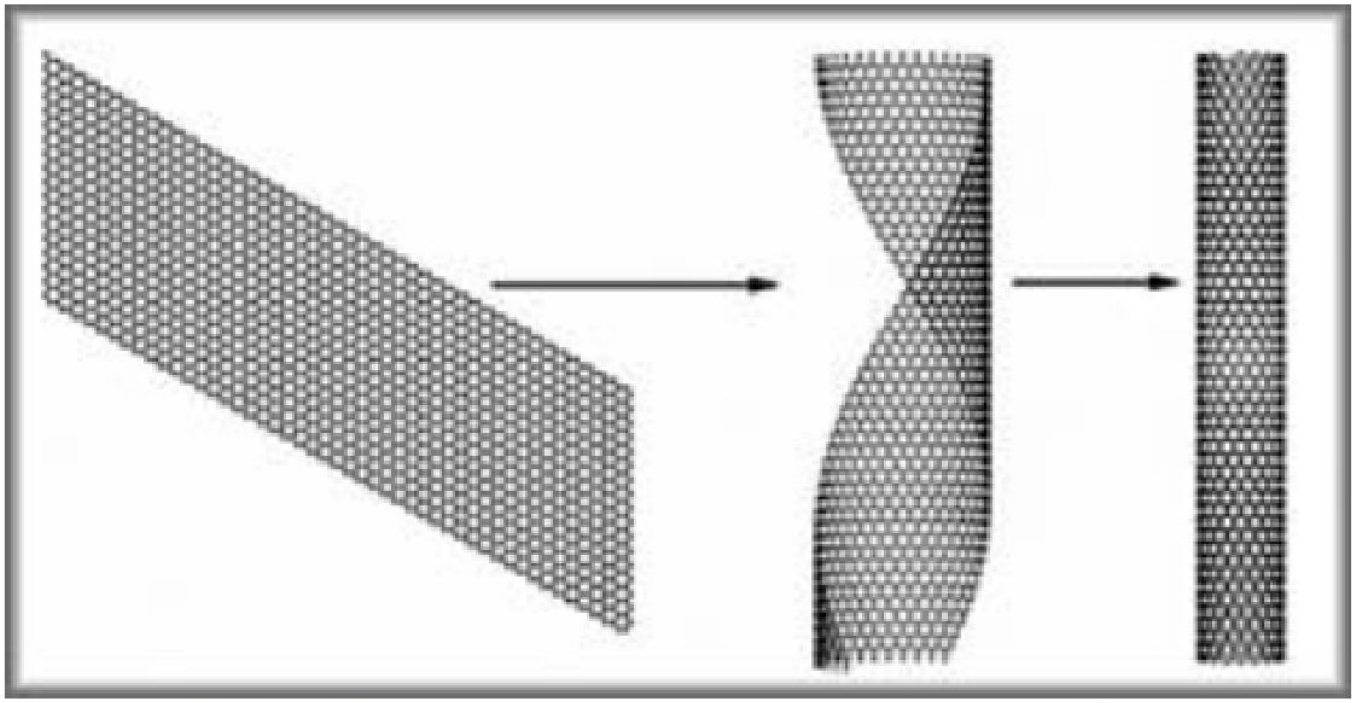


Рис. 13. Образование одностенной трубки при сворачивании графенового слоя

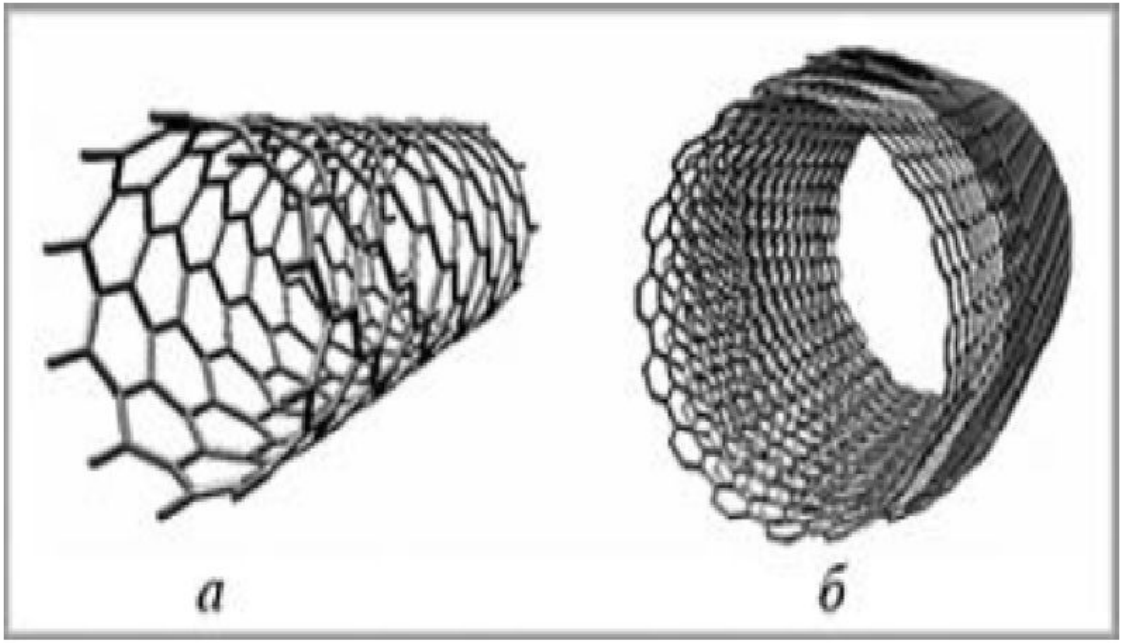
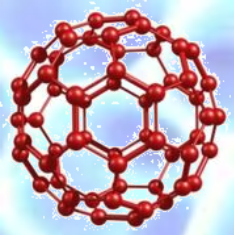


Рис. 14. Одностенные (а) и многостенные (б) углеродные нанотрубки



Удельная поверхность открытых одностенных углеродных нанотрубок равна 1000 $м^2/г$, а плотность составляет 1.3 $г/см^3$. Считая, что у всего материала отношение объема к поверхности – такое же, как и у одной трубки, оцените диаметр нанотрубки.

Решение

Возьмем 1 г материала, его объем равен 1/1.3 = 0.77 см^3 = $7.7\cdot10^{-7}$ м^3, а площадь поверхности, по условию, составляет 1000 м^2. Отношение объема к поверхности:

$$V / S = 7.7\cdot10^{-7}\ \text{м}^3 / 1000\ \text{м}^2 = 7.7\cdot10^{-10}\ \text{м}.$$

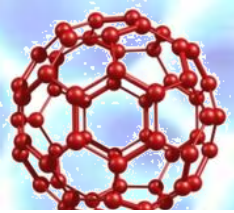
Открытые одностенные нанотрубки можно представить в виде цилиндра диаметром d и длиной l. Для цилиндра отношение объема к поверхности равно:

$$\frac{V}{S} = \frac{\left(\pi d^2 / 4\right) l}{\pi d l} = \frac{d}{4}$$

Отсюда $d = 4\cdot7.7\cdot10^{-10} = 3.1\cdot10^{-9}$ м **≈ 3 нм**.

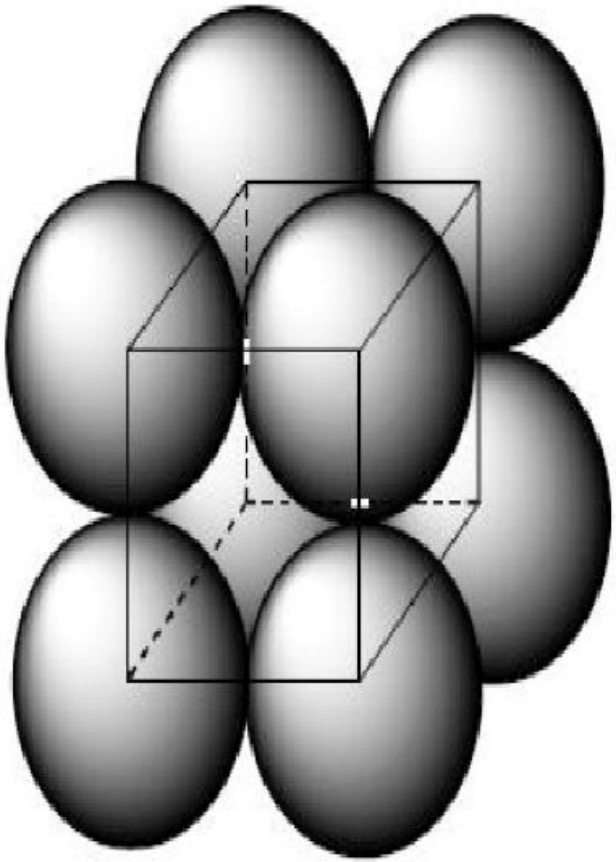
На самом деле, у материала отношение V/S больше, чем у одной трубки, так как трубки не могут плотно заполнить весь объем, и между ними существует свободное пространство. Поэтому реальный диаметр таких нанотрубок – меньше, чем 3 нм.

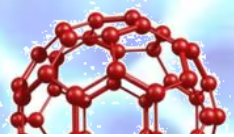
Ответ. 3 нм.



Найдите расстояние между центрами соседних молекул фуллерена в его низкотемпературной модификации (плотность 1.7 г/см^3), которая имеет примитивную кубическую решетку, где молекулы находятся только в вершинах кубической элементарной ячейки.

В примитивной кубической решетке каждая молекула в вершине куба принадлежит 8 соседним элементарным ячейкам. На одну ячейку приходится 8·1/8 = 1 молекула C_{60}.





Объем одного моля фуллерена составляет:

$$V_m = M / \rho = 720.6 / 1.7 = 424 \text{ см}^3/\text{моль}.$$

Объем одной элементарной ячейки:

$$V_{яч} = V_m / N_A = 424 / 6.02 \cdot 10^{23} = 7.04 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3 = 0.704 \text{ нм}^3.$$

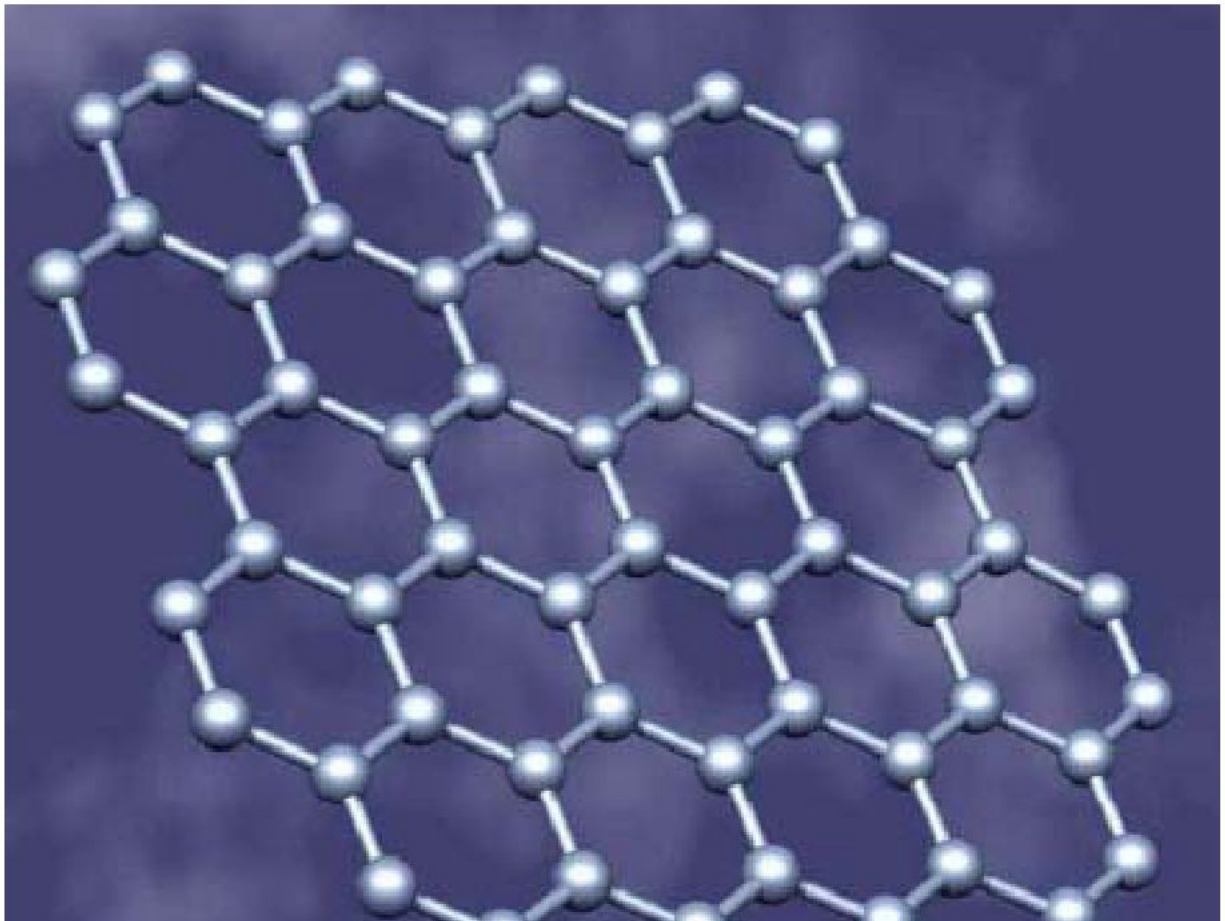
Расстояние между центрами соседних молекул равно ребру элементарной ячейк

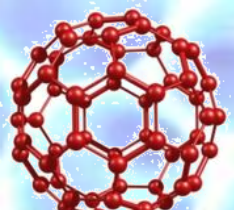
$$a = V_{яч}^{1/3} = \mathbf{0.89\ нм}.$$

Ответ. 0.89 нм.

(Олимпиада «Ломоносов», 2011)

Монослой графита – двумерную сетку правильных шестиугольников из атом углерода – называют графеном.





В 2004 г. А. Гейм и К. Новоселов, работающие в Англии, смогли выделить такой сл
из монокристалла графита и разместить его в виде пленки на поверхности кремниев
подложки. В октябре 2010 г. это достижение было отмечено Нобелевской премией
физике.

Рассчитайте массу графенового квадрата размером 10×10 мм. Длину связи С
в графите найдите в справочной литературе.

Для насыщения свободных валентностей углерод в графене способен образов
вать связи с газообразными веществами. Чему равно максимальное число атомов во
рода, которые может присоединить указанный выше графеновый квадрат?