

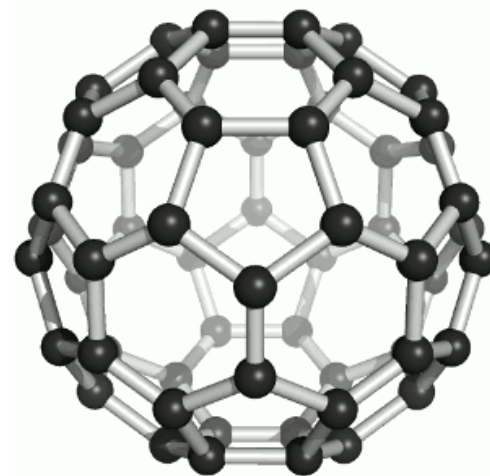
NANOMATERIAŁY WĘGLOWE

Węgiel niejedno ma imię...

diament

grafit

FULERENY



Materiałami węglowymi są nazywane materiały, w których wyłącznym lub dominującym składnikiem jest węgiel pierwiastkowy.

Powszechnie znane i stosowane materiały węglowe zawierają w swym składzie także **grafit i diament**.

Materiały węglowe znajdują szerokie zastosowanie ze względu na swoje właściwości.

Do najważniejszych z nich należą:

- wysoka odporność termiczna, charakteryzująca się zachowaniem przez nie prawie niezmięniętej wytrzymałości mechanicznej do bardzo wysokich temperatur 2500–3000°C,
- bardzo wysoka odporność na gwałtowne zmiany temperatury (wstrząsy cieplne),
- odporność na erozję i korozję,
- odporność na działanie kwaśnych i alkalicznych agresywnych ośrodków ciekłych i gazowych,
- mała gęstość,
- wysoka odporność na działanie promieniowania elektromagnetycznego.

Materiały pochodzenia węglowego

Wysoka wytrzymałość mechaniczna przy dosyć małej masie, pozwalaj na ich różnorodne zastosowanie w wielu dziedzinach życia.

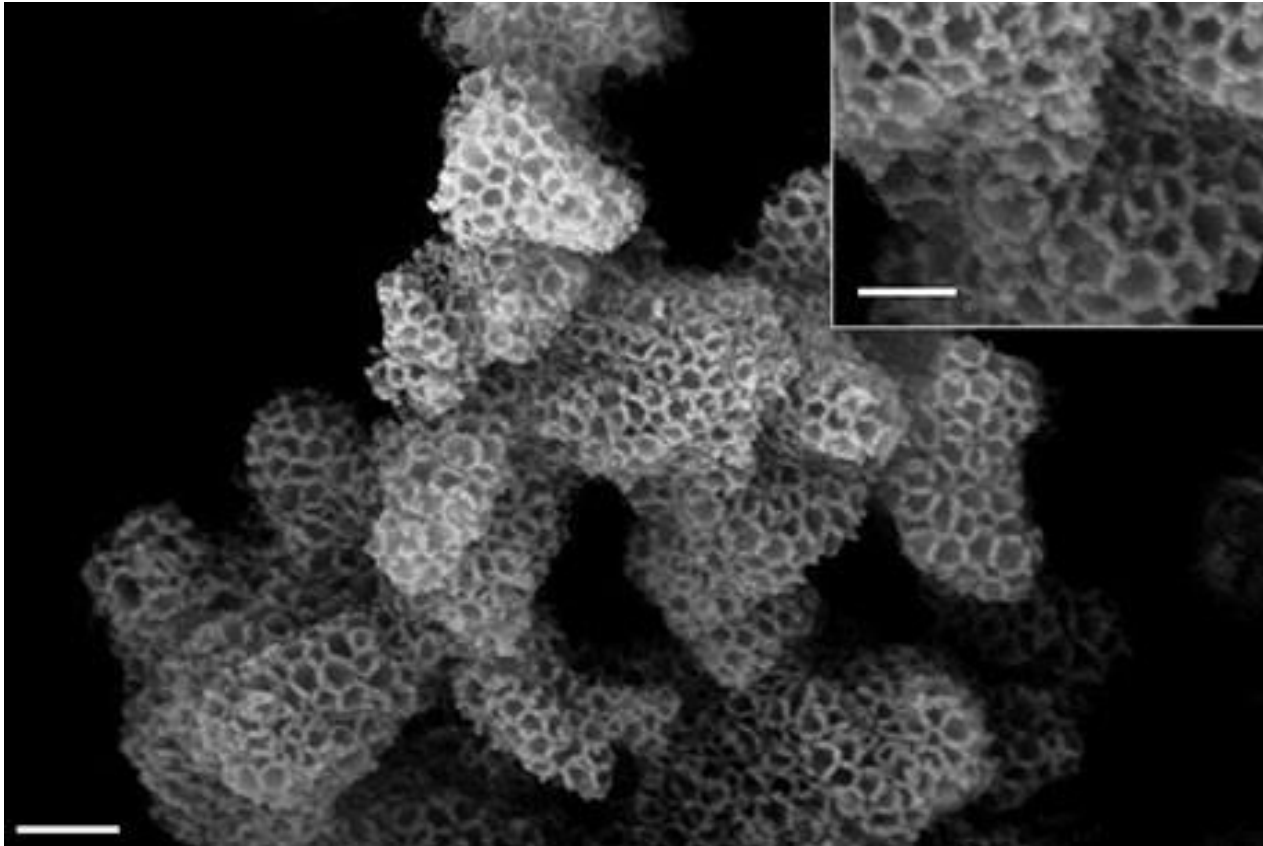
Odkrycie unikalnych nanostruktur węglowych wytyczyło nowy kierunek rozwoju w zakresie wykorzystywania materiałów zawierających w swoim składzie węgiel.

Materiały węglowe

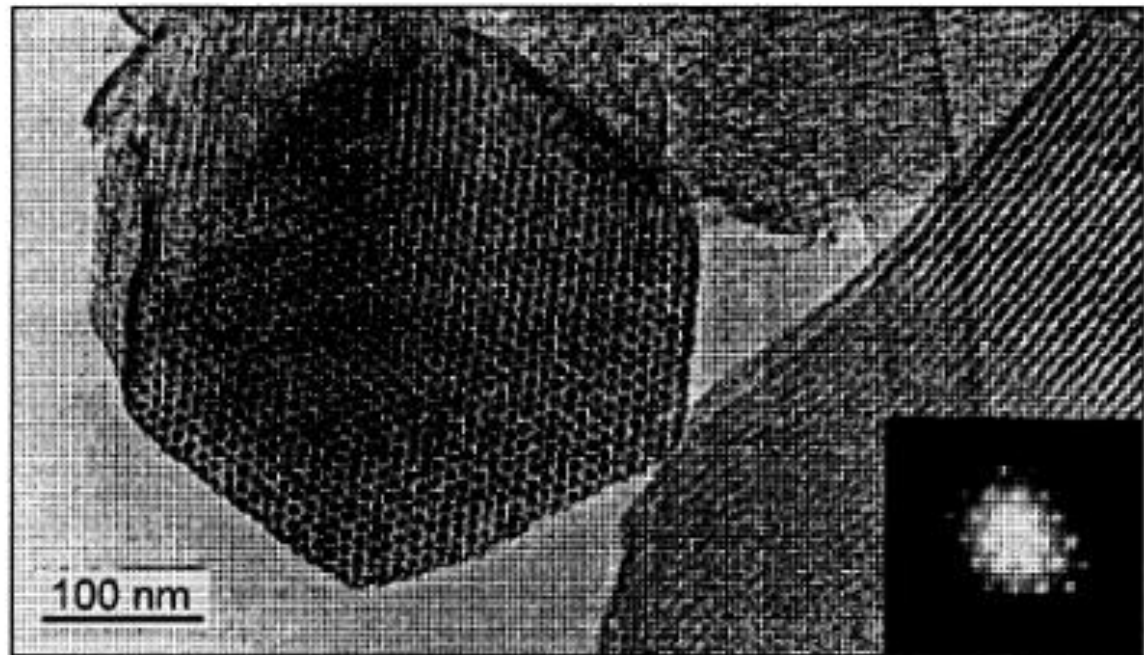
- nanoporowate materiały węglowe,
- grafen,
- fulereny,
- nanorurki węglowe,

Nanoporowate materiały węglowe,

Uporządkowane nanoporowate materiały węglowe zawierają pory o wymiarach 2–100 nm, zbudowane z amorficznego lub grafitopodobnego węgla, powstającego w wyniku karbonizacji różnych materiałów pochodzenia organicznego, takich jak: drewno, węgiel kamienny i brunatny,

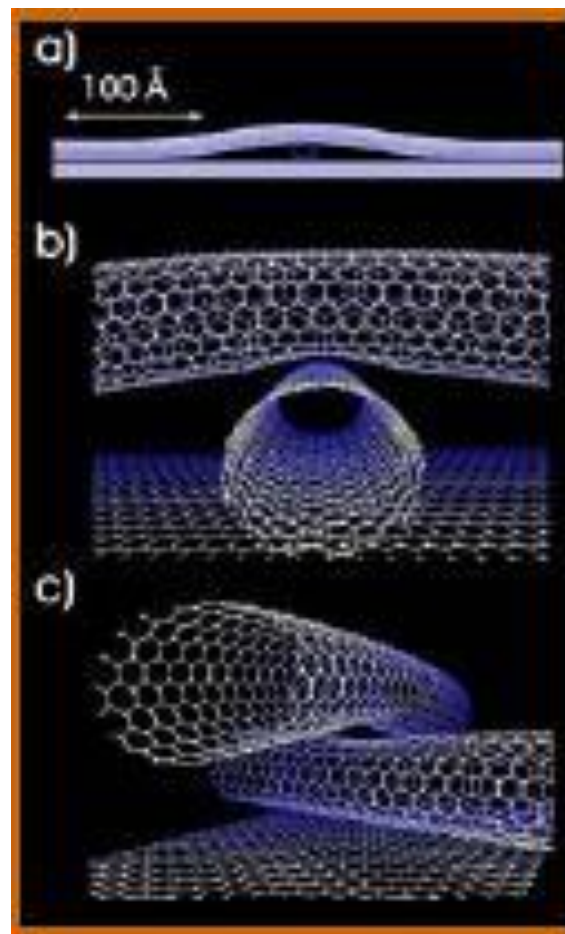
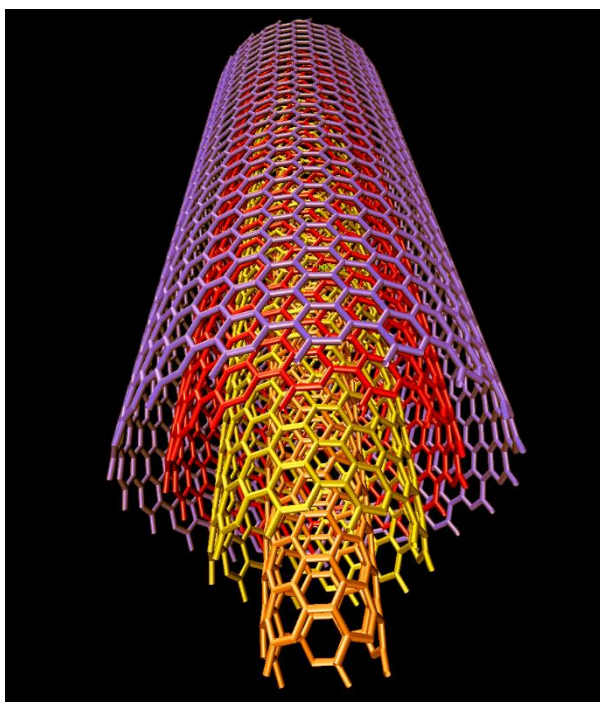
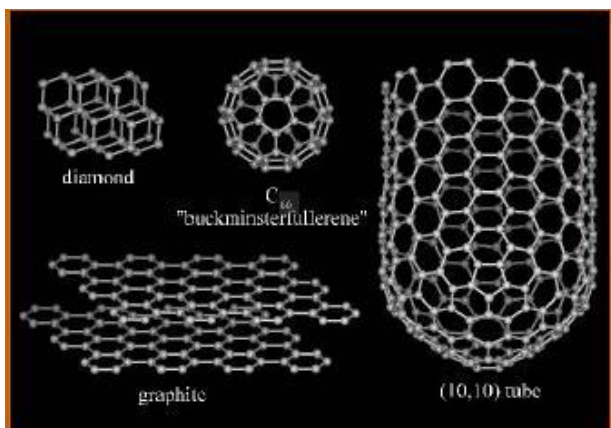


Nanoporowate materiały węglowe znalazły zastosowanie m.in. w oczyszczaniu gazów, odzyskiwaniu rzadkich i cennych metali lub jako katalizatory.



Typowy obraz HR TEM uporządkowanego nanoporowatego materiału węglowego (materiał zsyntezowano wykorzystując sacharozę jako źródło węgla i uporządkowany materiał krzemionkowy SBA-15 jako stałą matrycę)

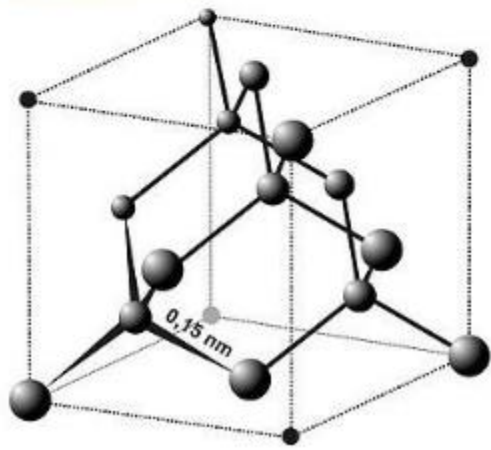
Nanorurki i fullereny



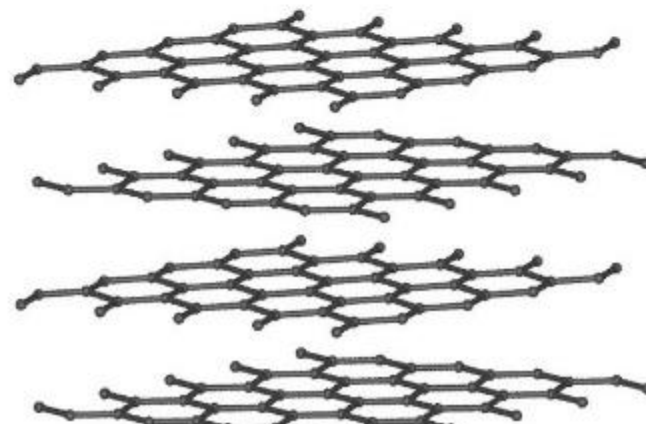
Nagroda Nobla w 1996r.

Dwie podstawowe formy krystaliczne węgla

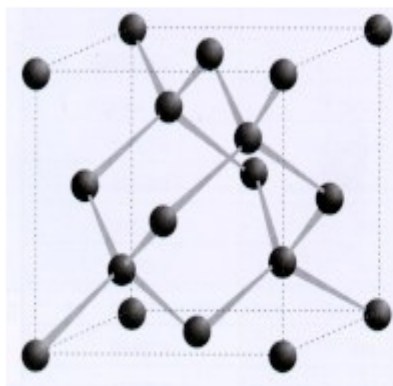
Diament



Grafit

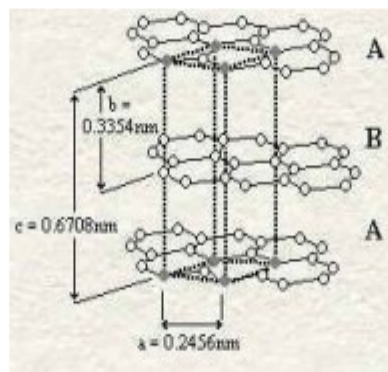


Odmiany alotropowe węgla



diament

gęstość: 3,47 - 3,56 g/cm³
barwa: biała, żółta, czerwona, zielona, niebieska, brązowa
przejrzystość: przejrzysty
przewodnictwo elektryczne: izolator
przewodnictwo ciepłe: bardzo dobre
twierdzość: najtwardszy materiał

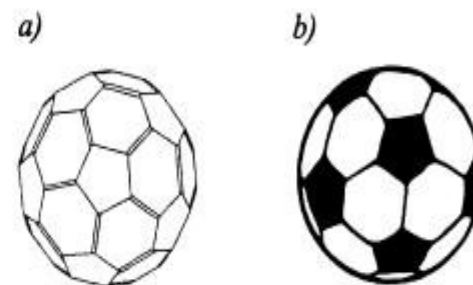


grafit

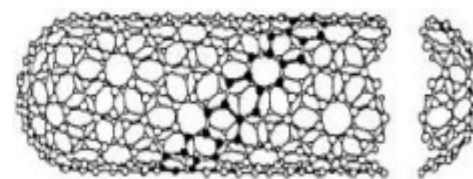
gęstość: 2,25 g/cm³
barwa: stalowoszary
przewodnictwo elektryczne: przewodzi prąd elektryczny
przewodnictwo ciepłe: przewodzi ciepło
twierdzość: bardzo miękki
dł. wiązania C-C: 0,142 nm

W wyższych temperaturach diament przechodzi w grafit

"Węgiel po 1985 roku"



fullereny



nanorurki

GRAFEN

Fulereny – cząsteczki węgla C_{60} mające formę piłki futbolowej zaobserwowano po raz pierwszy na Uniwersytecie Rice w Huston

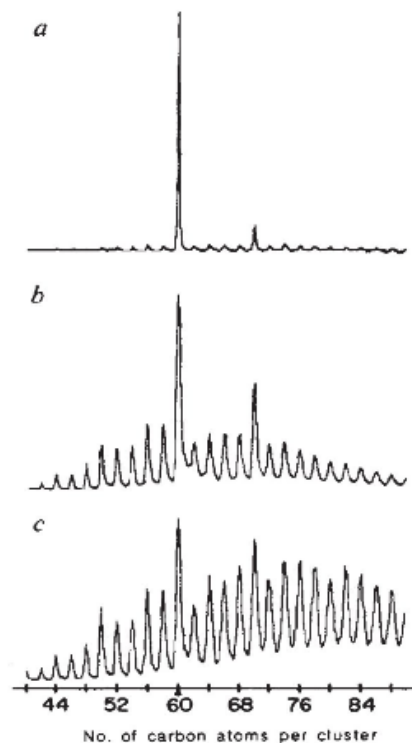
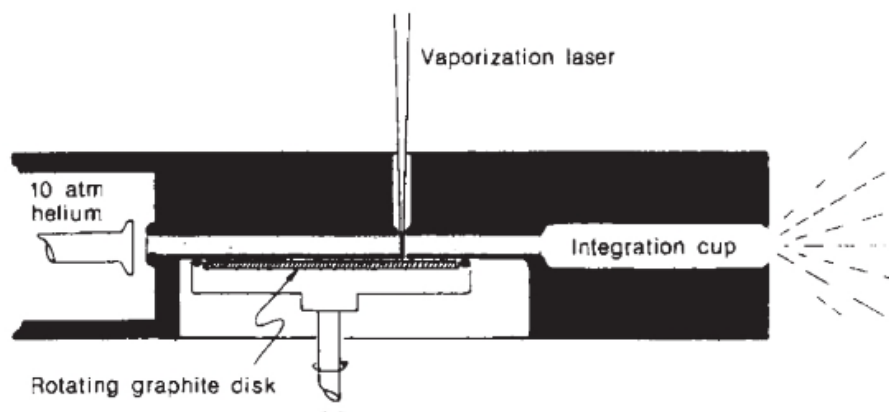
C_{60} : Buckminsterfullerene

H. W. Kroto*, J. R. Heath, S. C. O'Brien, R. F. Curl & R. E. Smalley

Rice Quantum Institute and Departments of Chemistry and Electrical Engineering, Rice University, Houston, Texas 77251, USA

During experiments aimed at understanding the mechanisms by which long-chain carbon molecules are formed in interstellar space and circumstellar shells¹, graphite has been vaporized by laser irradiation, producing a remarkably stable cluster consisting of 60 carbon atoms. Concerning the question of what kind of 60-carbon atom structure might give rise to a superstable species, we suggest a truncated icosahedron, a polygon with 60 vertices and 32 faces, 12 of which are pentagonal and 20 hexagonal. This object is commonly encountered as the football shown in Fig. 1. The C_{60} molecule which results when a carbon atom is placed at each vertex of this structure has all valences satisfied by two single bonds and one double bond, has many resonance structures, and appears to be aromatic.

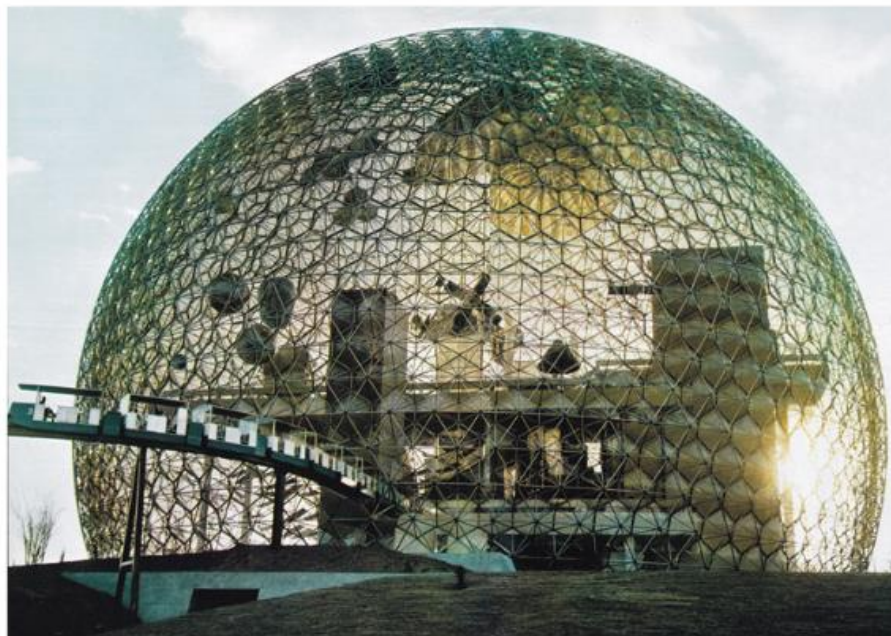
Fig. 1 A football (in the United States, a soccerball) on Texas grass. The C_{60} molecule featured in this letter is suggested to have the truncated icosahedral structure formed by replacing each vertex on the seams of such a ball by a carbon atom.



Nazwa fuleren pochodzi od nazwiska Richarda Buckminstera Fullera, amerykańskiego architekta, twórcy tzw. kopuły geodezyjnej



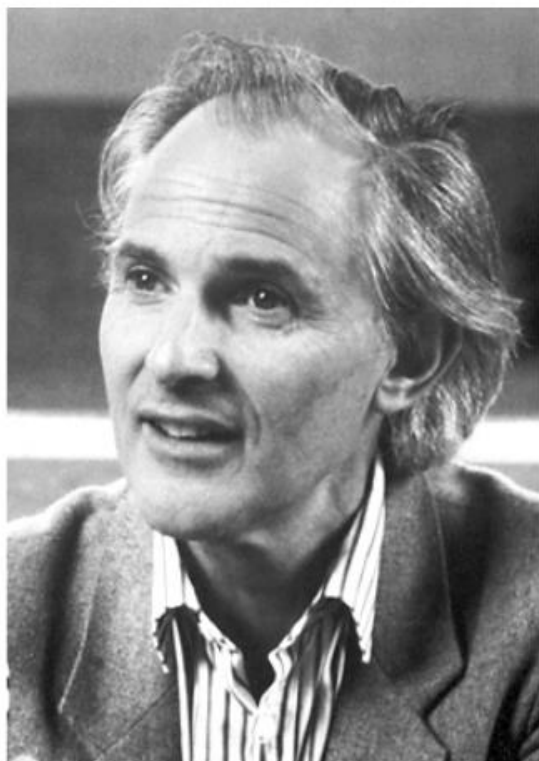
Richard Buckminster Fuller (1895-1983)



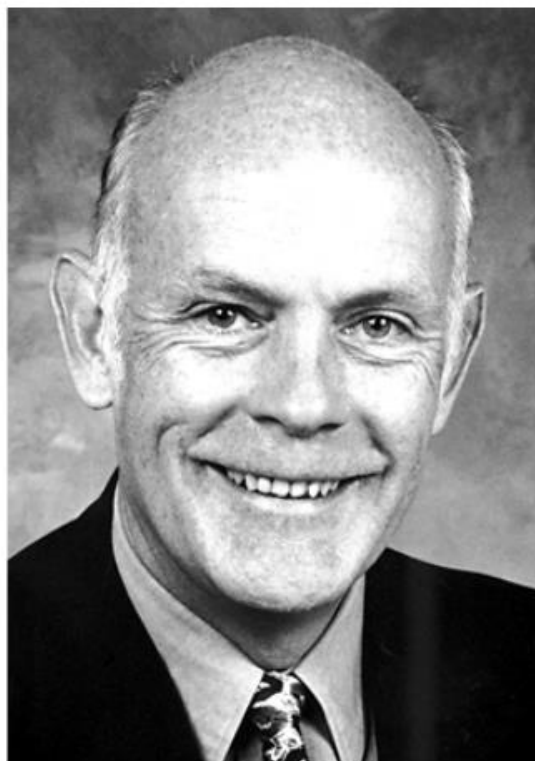
EXPO 1967 Montreal



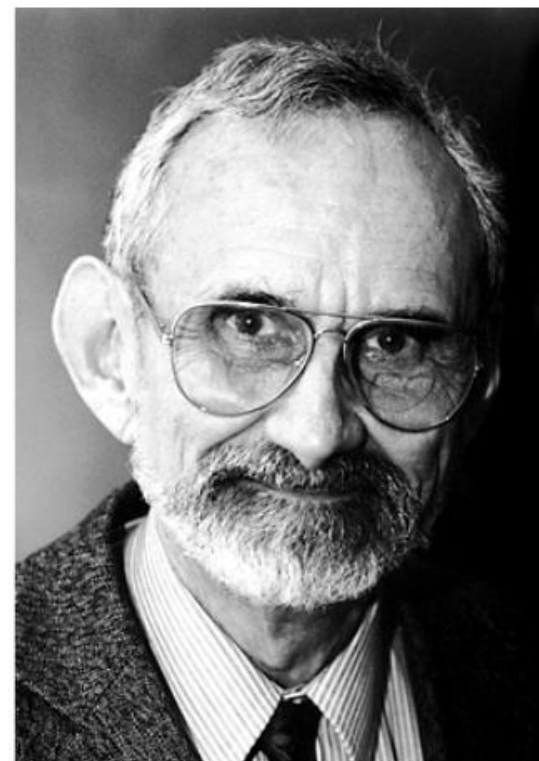
Nagroda Nobla z Chemii 1996 za odkrycie fulerenów



Harold Kroto



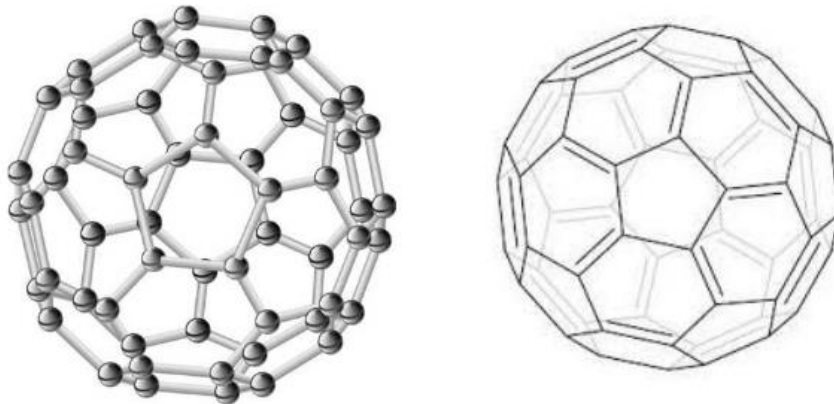
Richard E. Smalley



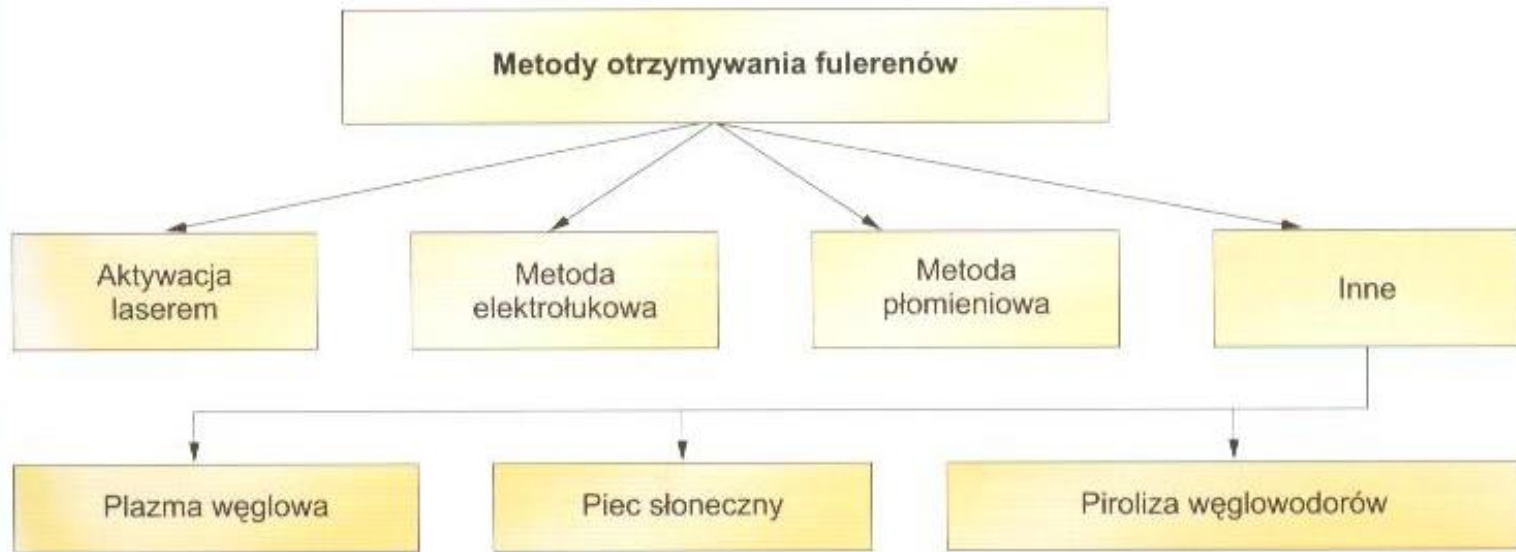
Robert F. Curl



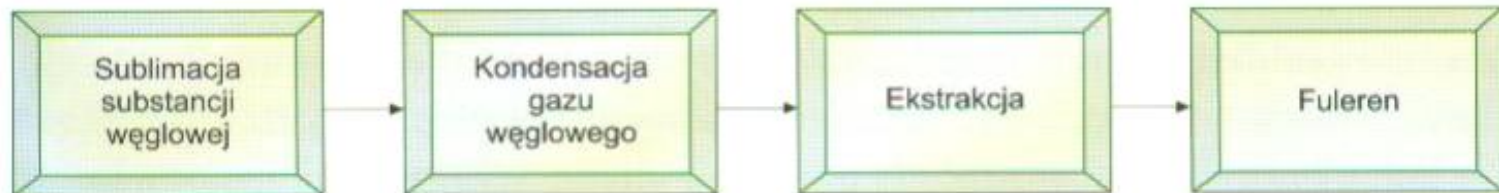
Fulereny posiadają symetrię dwudziestościanu foremnego



Metody wytwarzania fulerenów

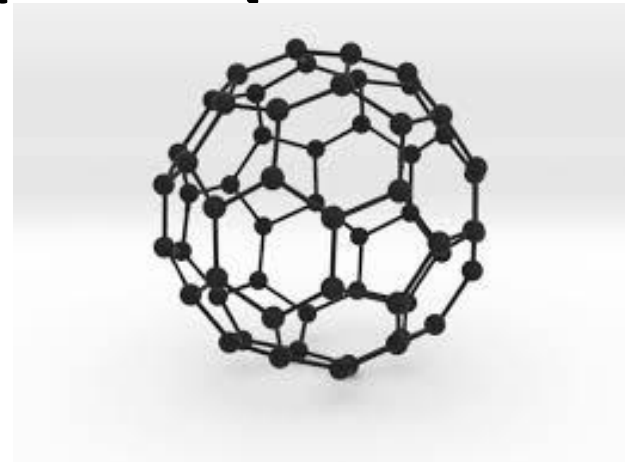


Metody wytwarzania fulerenów



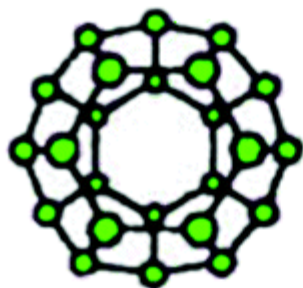
Schemat procesu otrzymywania fulerenów

- Fulereny charakteryzują się czarną barwą i metalicznym połyskiem,
- Fulereny mają interesujące właściwości fizyczne i chemiczne, ponieważ wszystkie wiązania między atomami węgla w cząsteczce są identyczne,
- Powierzchnię fulerenów tworzą sprzężone pięcio- i sześćoatomowe pierścienie zbudowane z atomów węgla, tworząc trójwymiarową strukturę

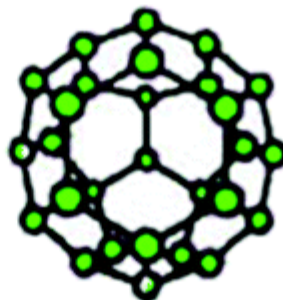




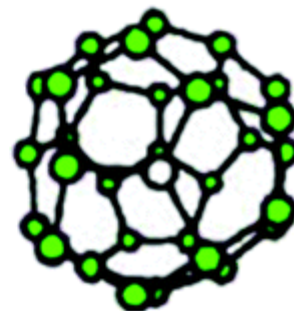
C_{20}



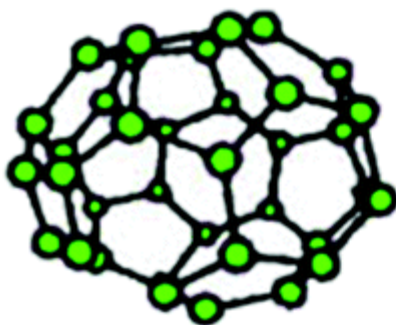
C_{24}



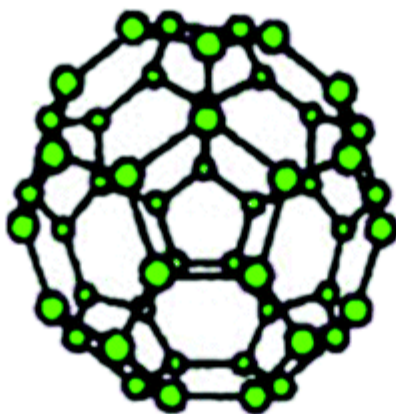
C_{28}



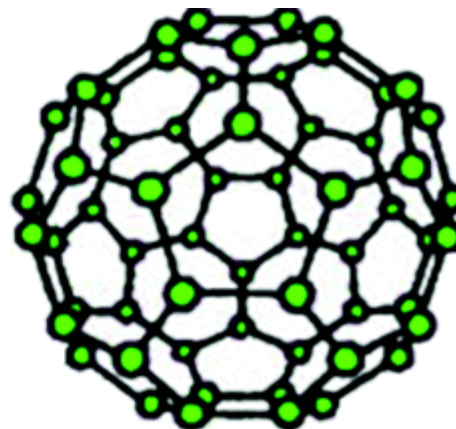
C_{32}



C_{36}



C_{50}

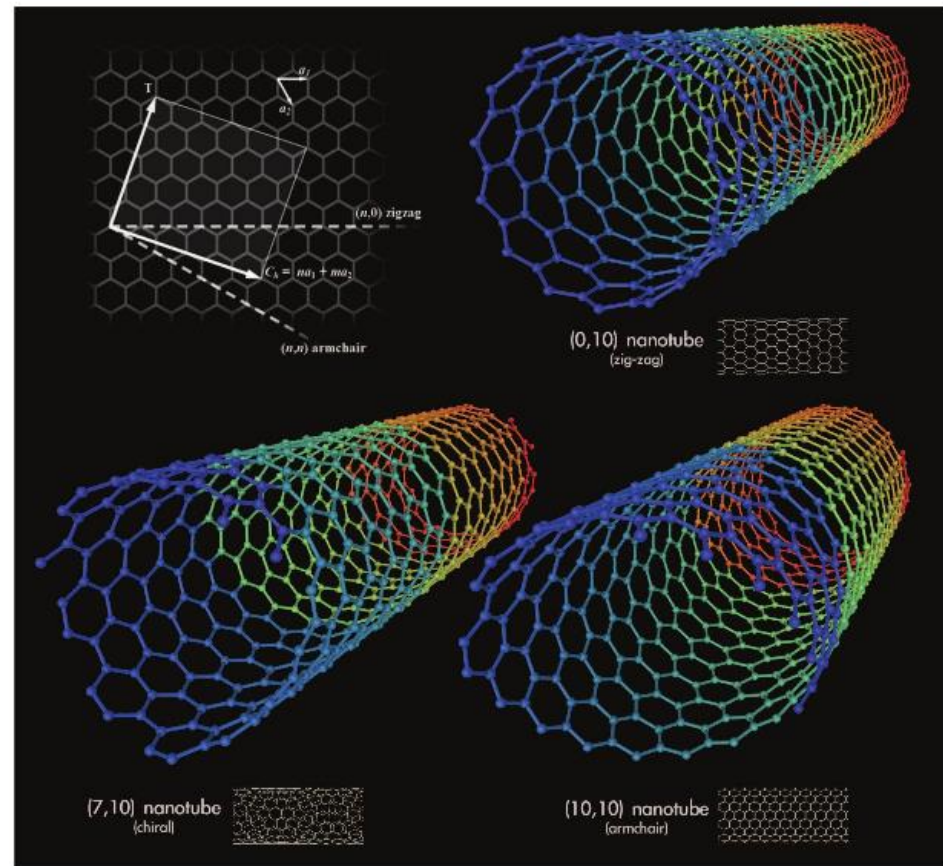
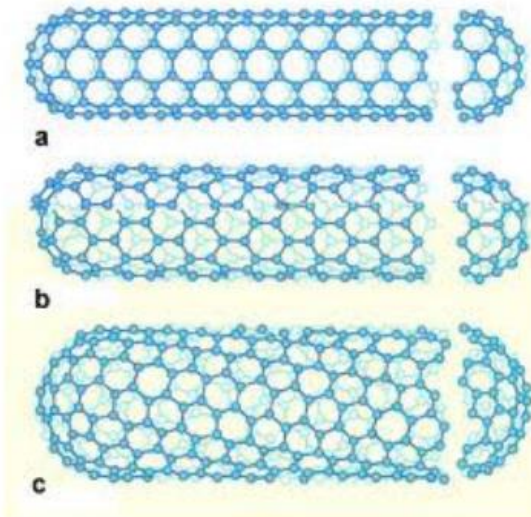


C_{60}

Nanorurki

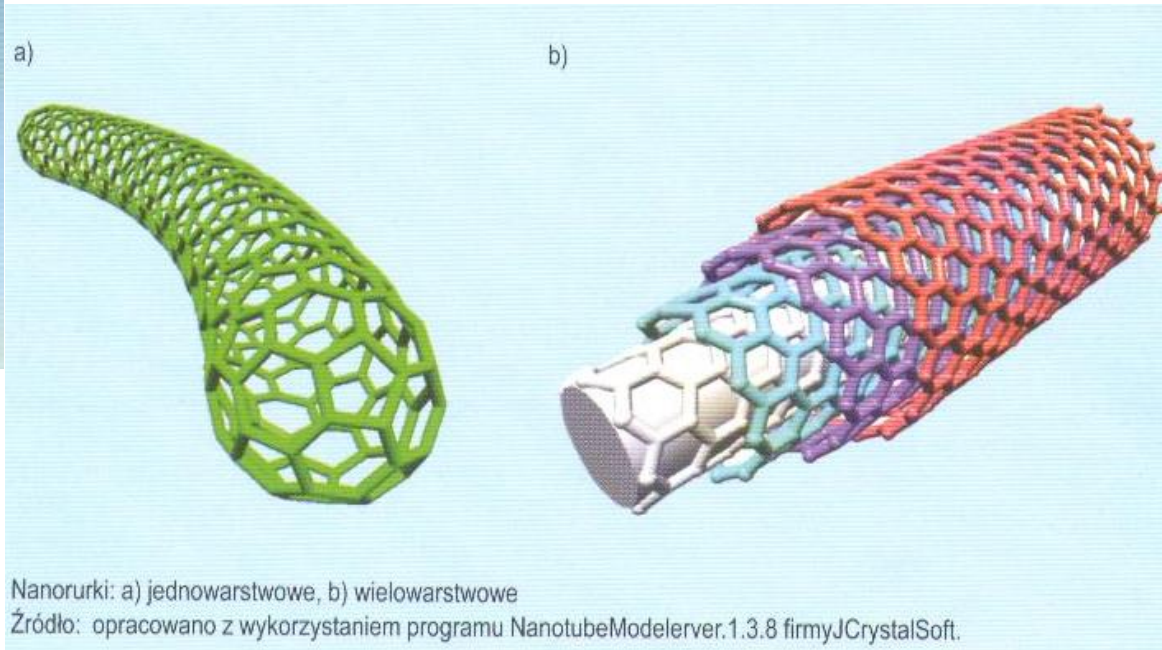
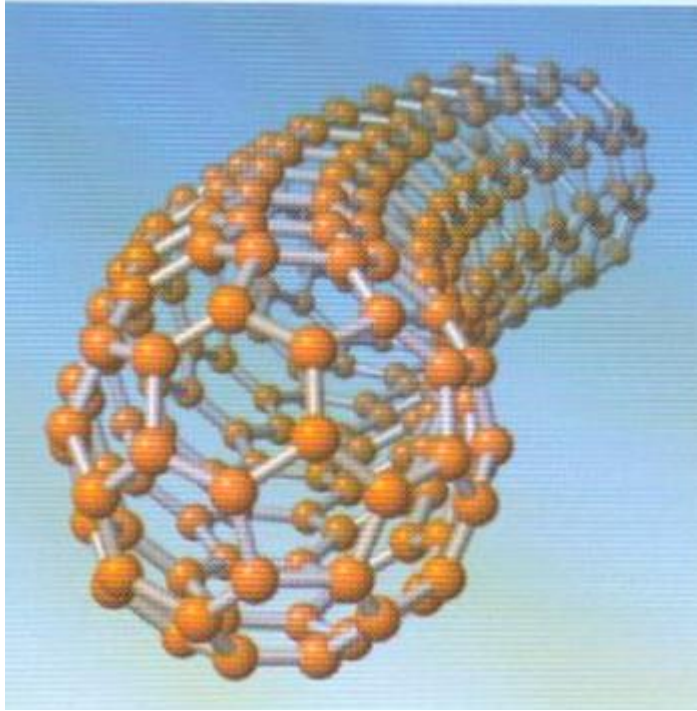


S. Iijima, Nature 354, 56 (1991)



NANOSTRUKTURY WĘGLOWE

NANORURKI WĘGLOWE



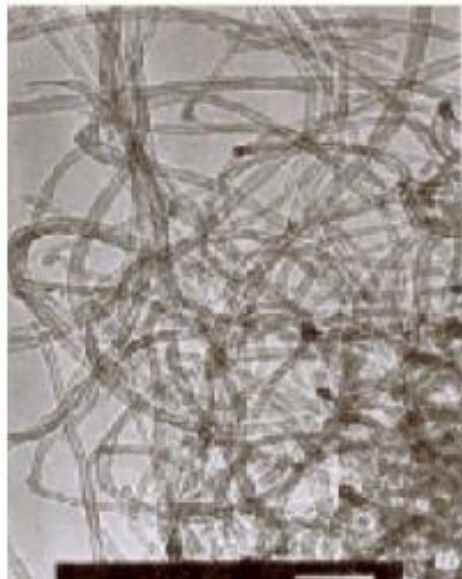
Nanorurki węglowe (1991)

W 1991 r. japończyk Sumoi Iijima oglądając za pomocą mikroskopu elektronowego w Laboratorium Badań Podstawowych Firmy NEC w Tsukubie w Japonii próbkę rozmazanej sadzy dostrzegł w niej dziwne nici o rozmiarach rzędu nanometrów nazwane później nanorurkami.



Sumoi Iijima

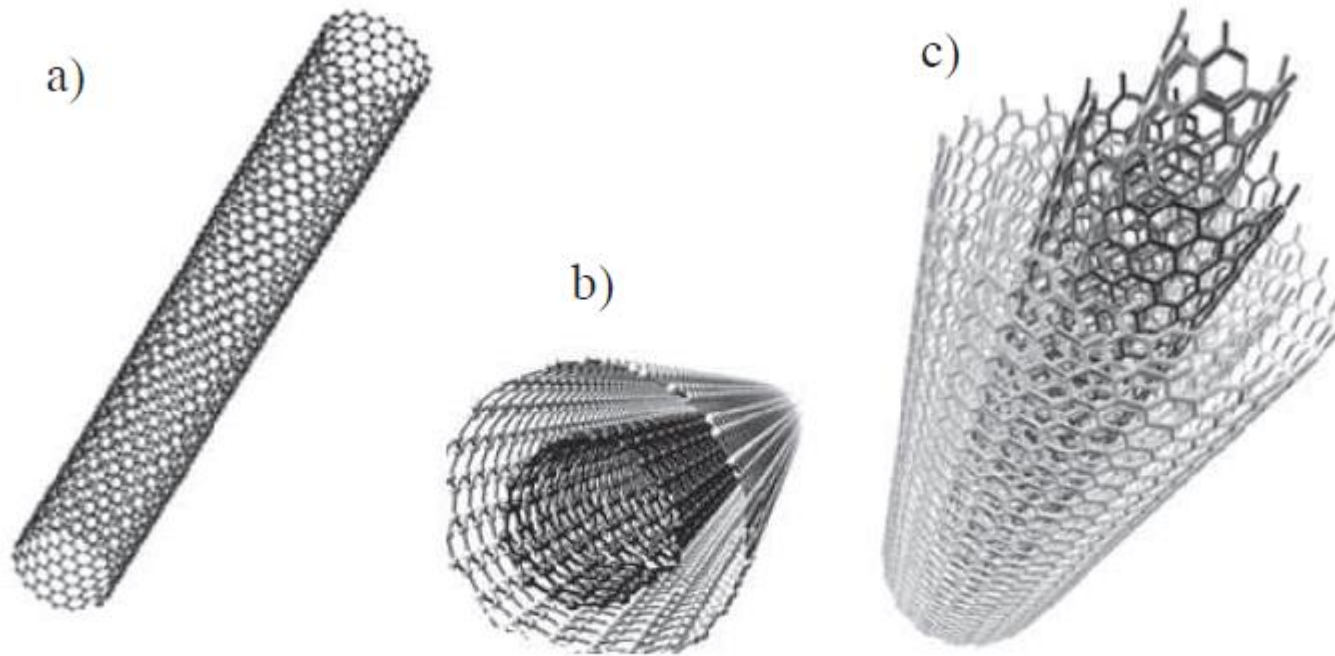
Minimalne ilości nanorurek mogli nieświadomie produkować neandertalczykcy, kiedy zaczęli rozpałać ogniska, by ogrzać swoje jaskinie. Atomy węgla występujące pojedynczo w wysokiej temperaturze rekombinują tworząc sadze, bezkształtne zlepki, fullereny, a także nanorurki.



plątanina nanorurek

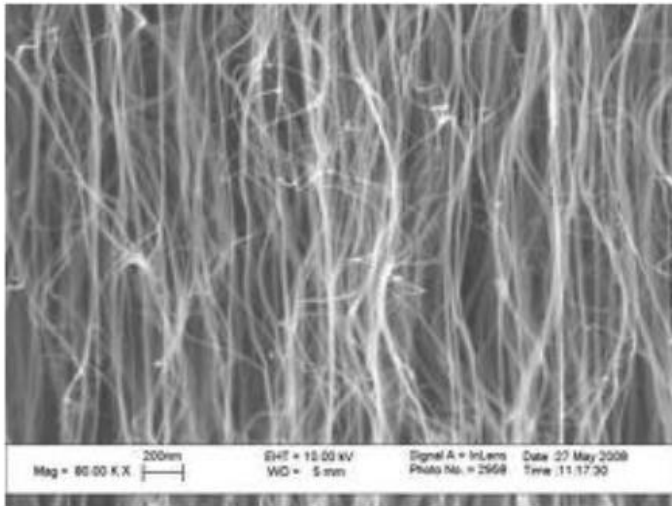
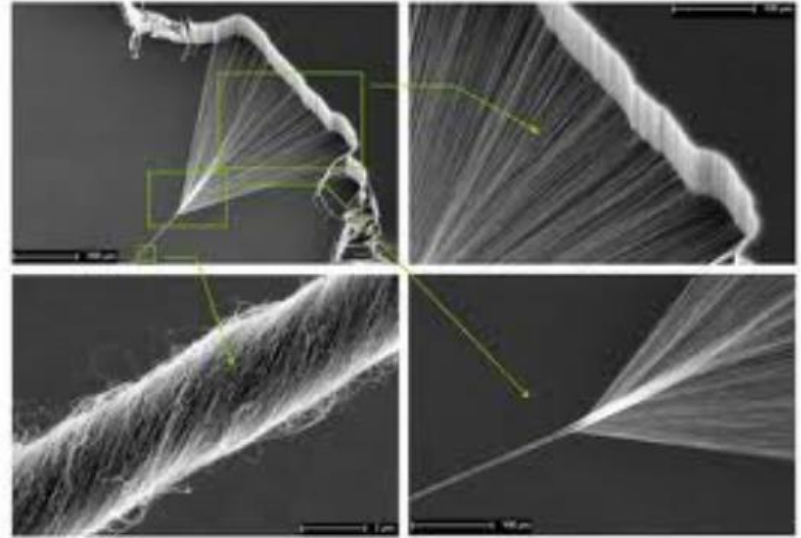
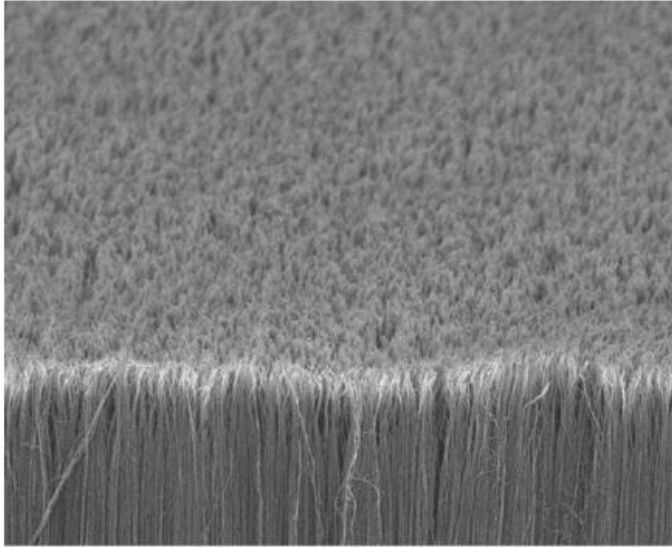


Gibraltar, 22.05.1973



Modele jednościennej (a), dwuściennej (b) i wielościennej (c) nanorurki węglowej (Bachmatiuk 2008)

- jednościenne (SWCNT ang. *single-walled carbon nanotubes*),
- dwuścienne (DWCNT ang. *double-walled carbon nanotubes*),
- wielościenne (MWCNT ang. *polyhedral carbon nanotubes*).

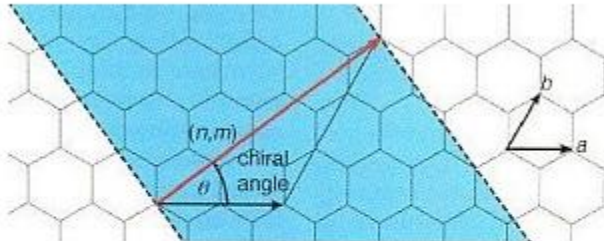
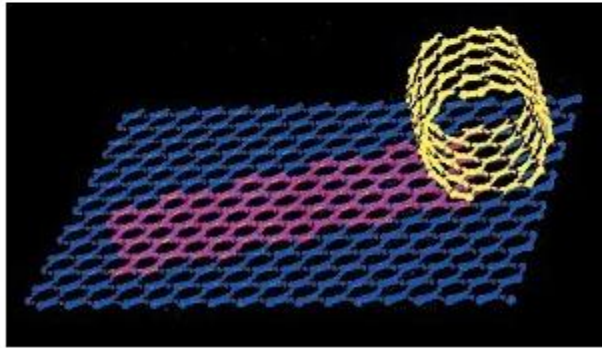


Orientacja nanorurek

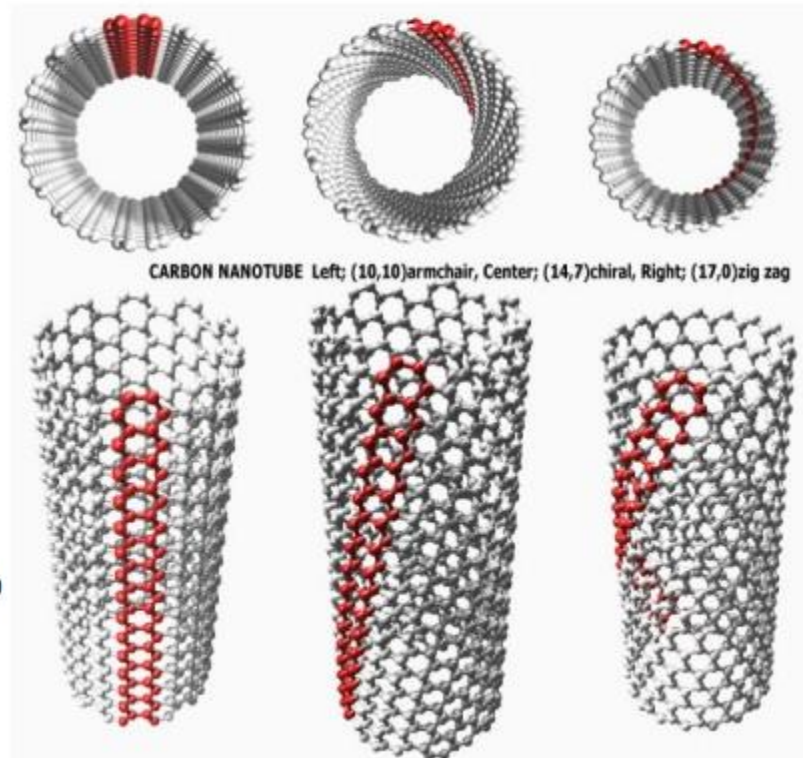
Nanorurki można sobie wyobrazić jako warstwy atomów węgla (takie jak w graficie), które zostały zrolowane.

Rozróżniamy orientacje:

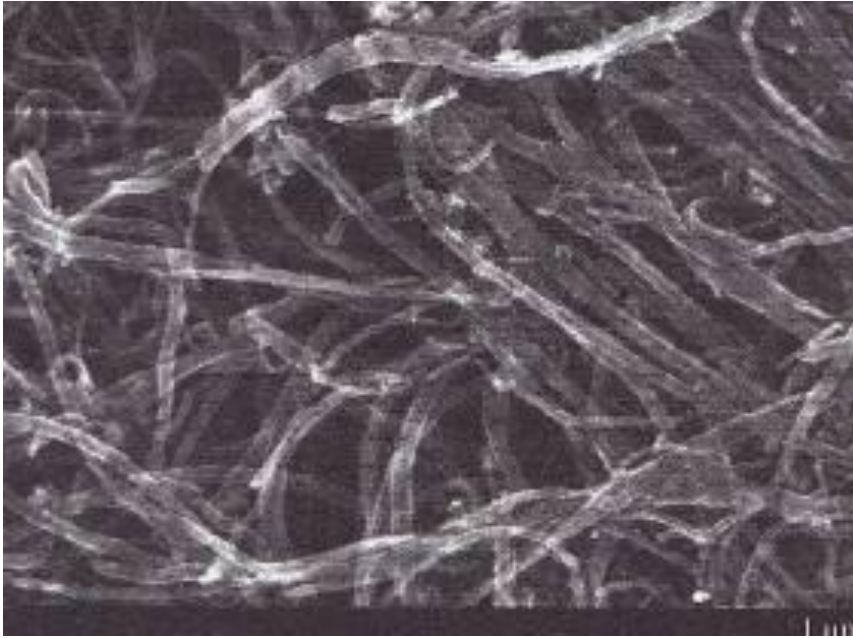
- * Armchair
- * Zig-zag
- * Chiral



Orientacja jest zdefiniowana przez wektor chiralny (n, m)
 $c_k = na + mb$



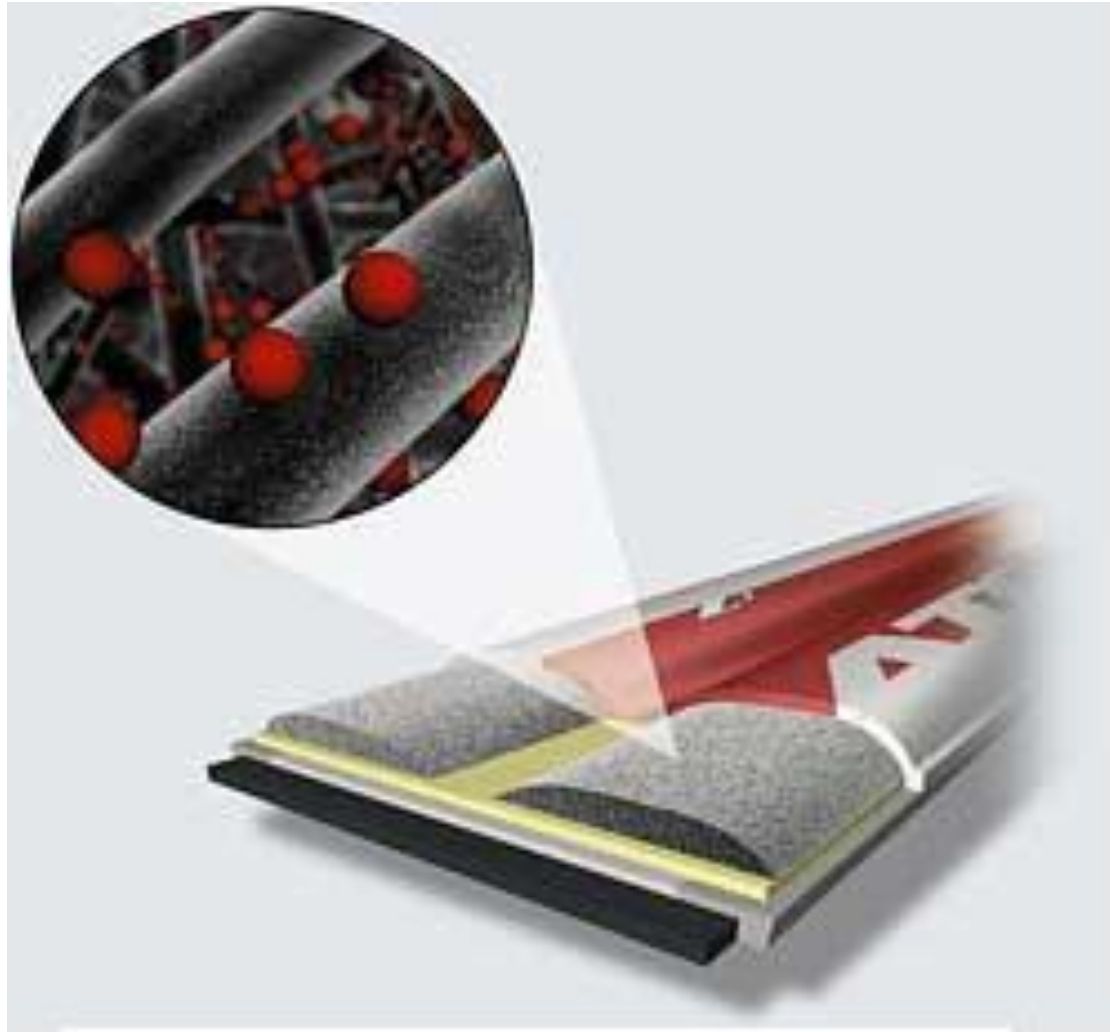
Wytwarzanie nanorurek węglowych



- metodą syntezy,
- metodą CVD,



ZASTOSOWANIE NANORUREK WĘGLOWYCH



Nanotechnologia w nartach