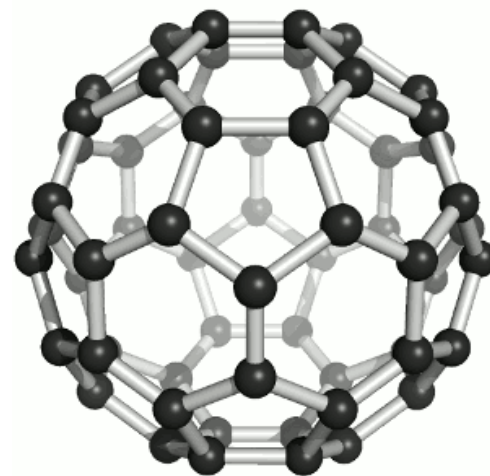


Węgiel niejedno ma imię...

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.

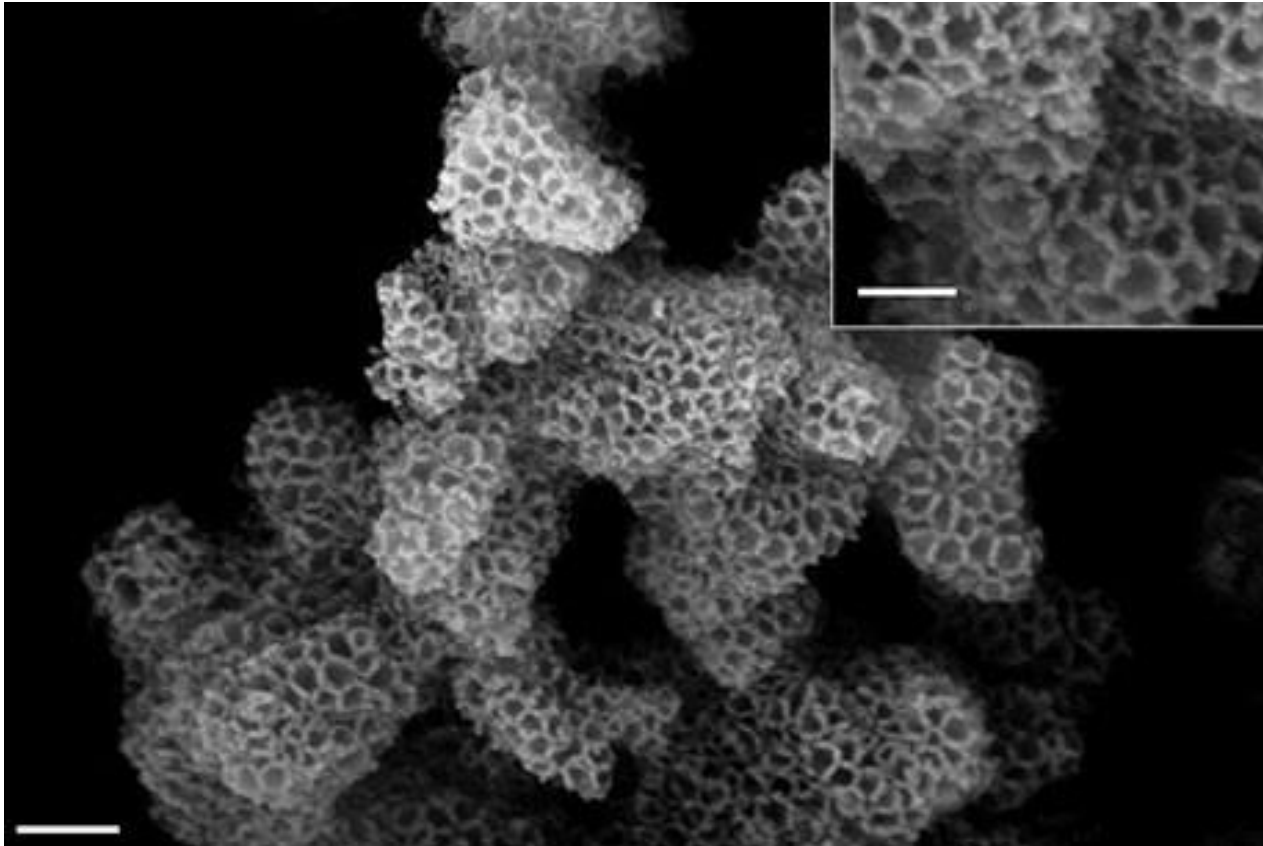
Odkrycie unikalnych nanostruktur węglowych wytyczyło nowy kierunek rozwoju w zakresie wykorzystywania materiałów zawierających w swoim składzie węgiel.

Materiały węglowe

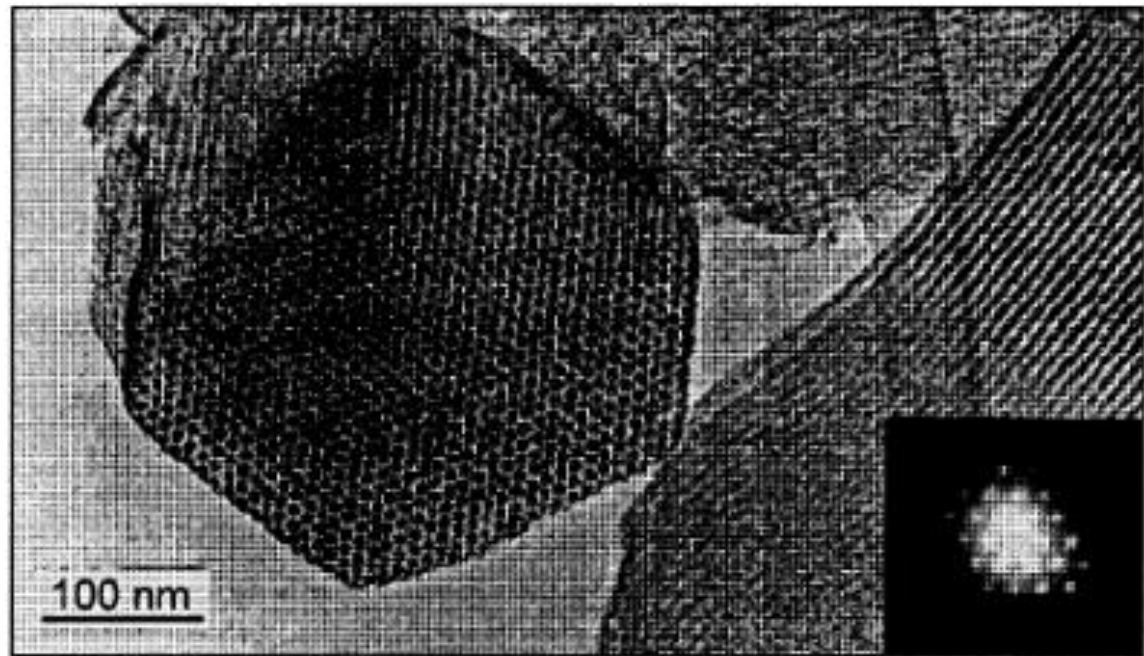
- nanoporowate materiały węglowe,
- grafen,
- fulereny,
- nanorurki węglowe,

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,

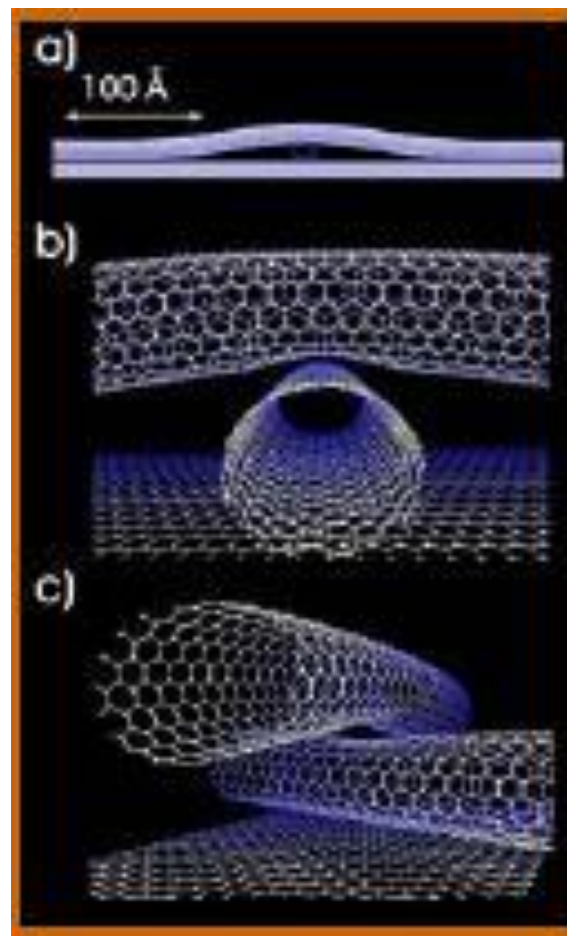
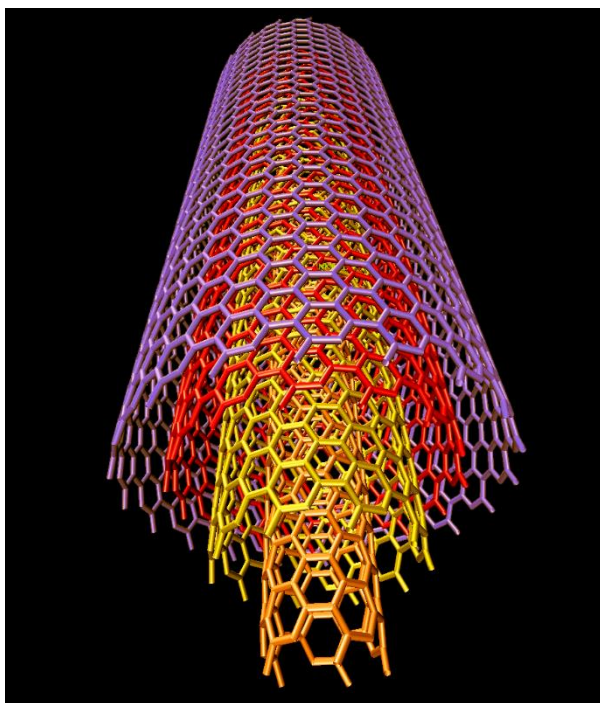
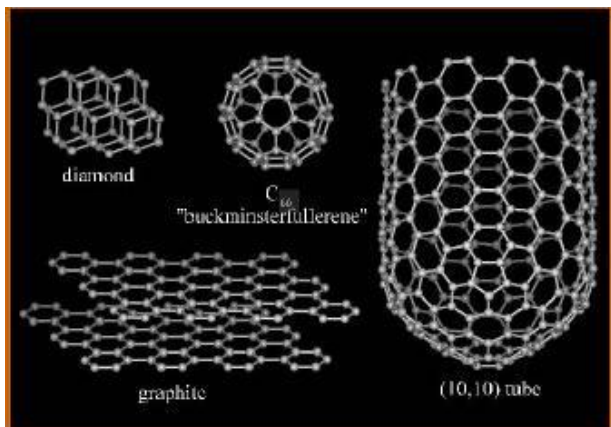


Nanoporowate materiały węglowe znalazły zastosowanie m.in. w oczyszczaniu gazów, odzyskiwaniu rzadkich i cennych metali lub jako katalizatory.



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

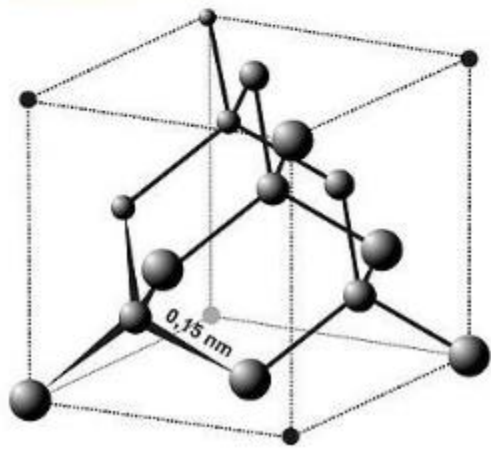
Nanorurki i fullereny



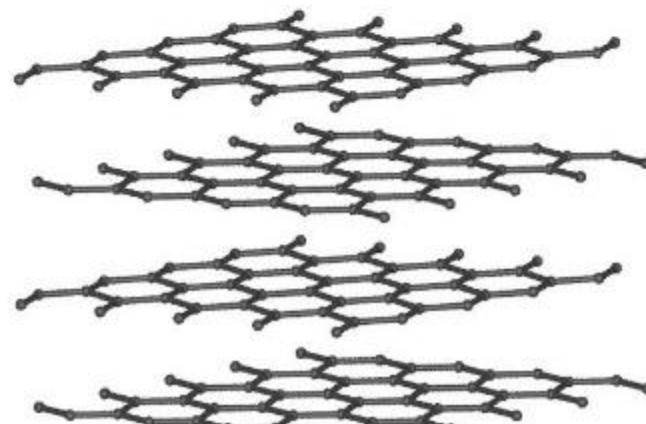
Nagroda Nobla w 1996r.

Dwie podstawowe formy krystaliczne węgla

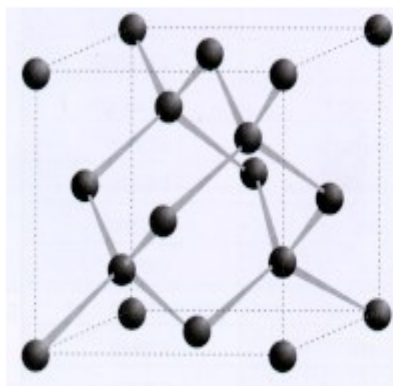
Diament



Grafit

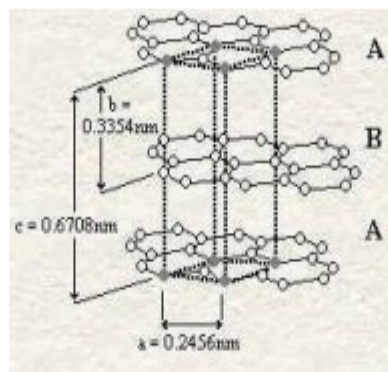


Odmiany alotropowe węgla



diament

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

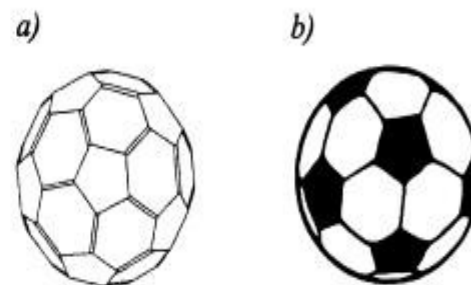


grafit

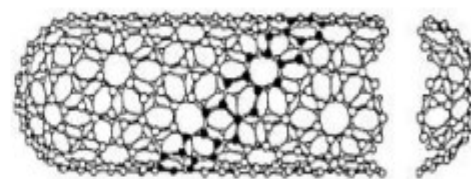
gęstość: 2,25 g/cm³
barwa: stalowoszary
przewodnictwo elektryczne: przewodzi prąd elektryczny
przewodnictwo ciepłe: przewodzi ciepło
twierdność: bardzo miękki
dł. wiązania C-C: 0,142 nm

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

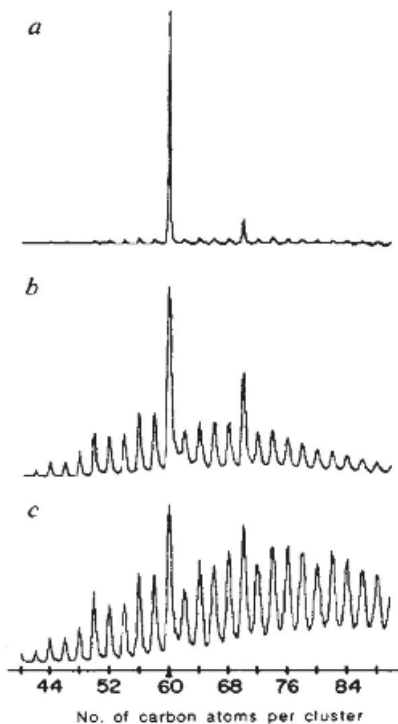
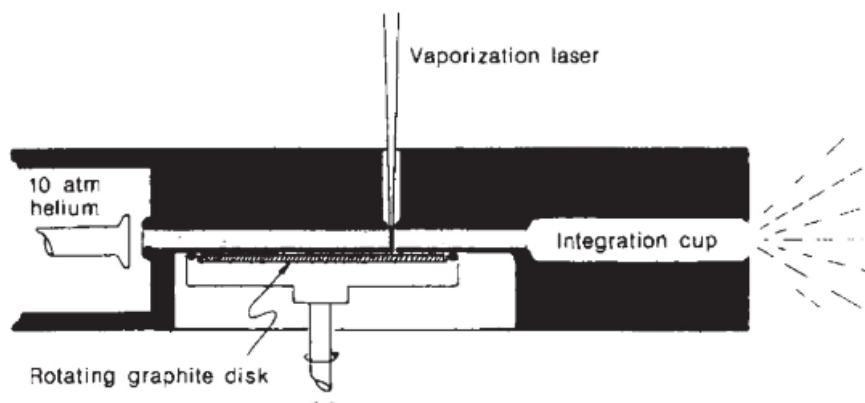
C_{60} : Buckminsterfullerene

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.

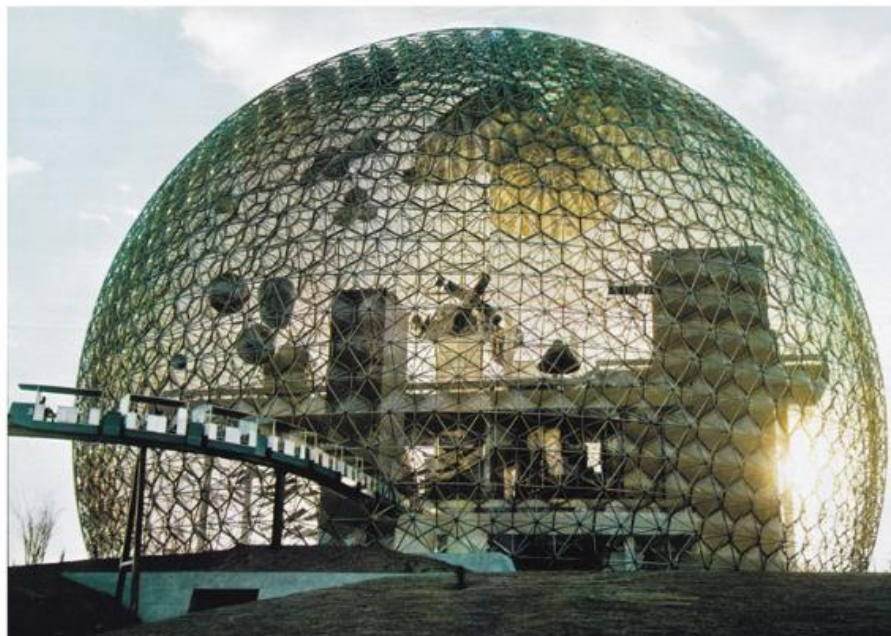
Fig. 1 A football (in the United States, a soccerball) on Texas grass. The C_{60} molecule featured in this letter is suggested to have the truncated icosahedral structure formed by replacing each vertex on the seams of such a ball by a carbon atom.



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



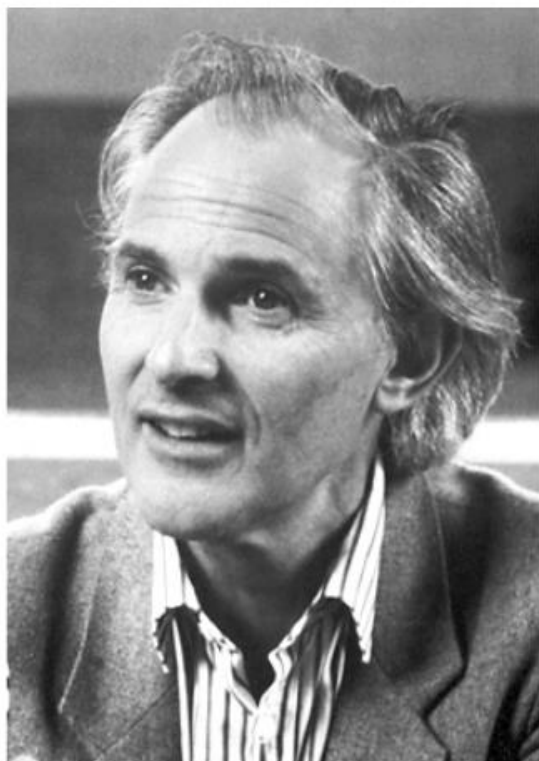
Richard Buckminster Fuller (1895-1983)



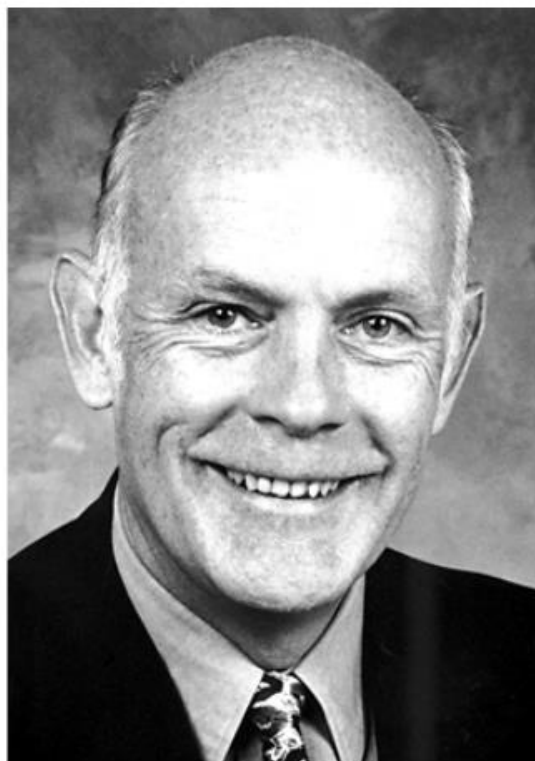
EXPO 1967 Montreal



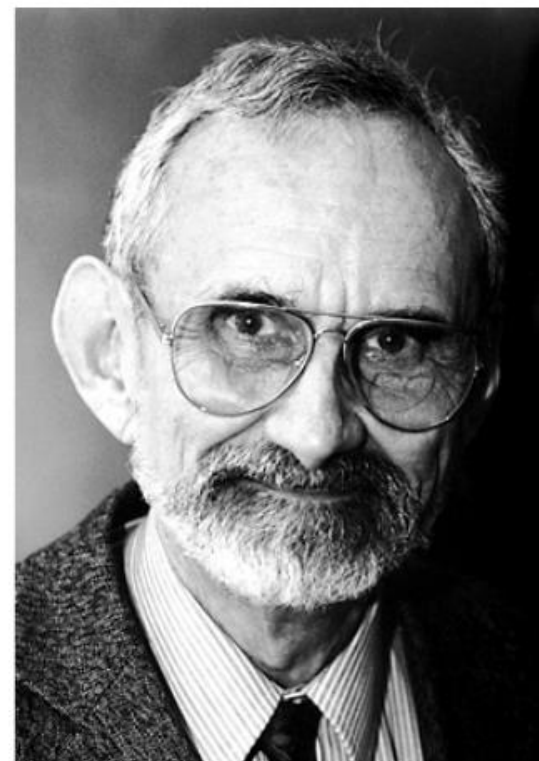
Nagroda Nobla z Chemii 1996 za odkrycie fulerenów



Harold Kroto



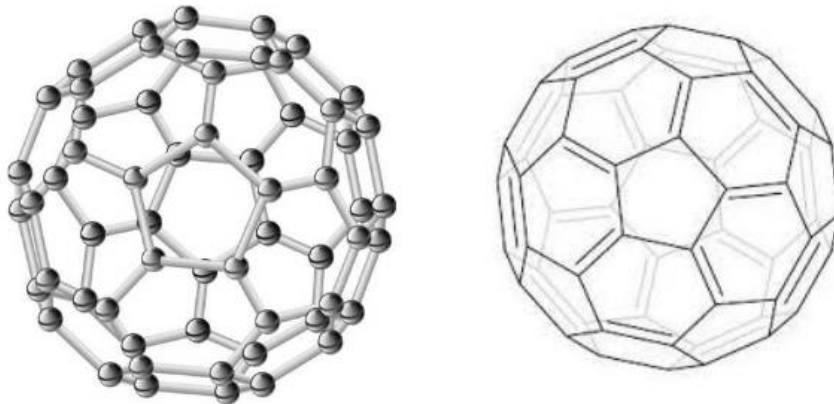
Richard E. Smalley



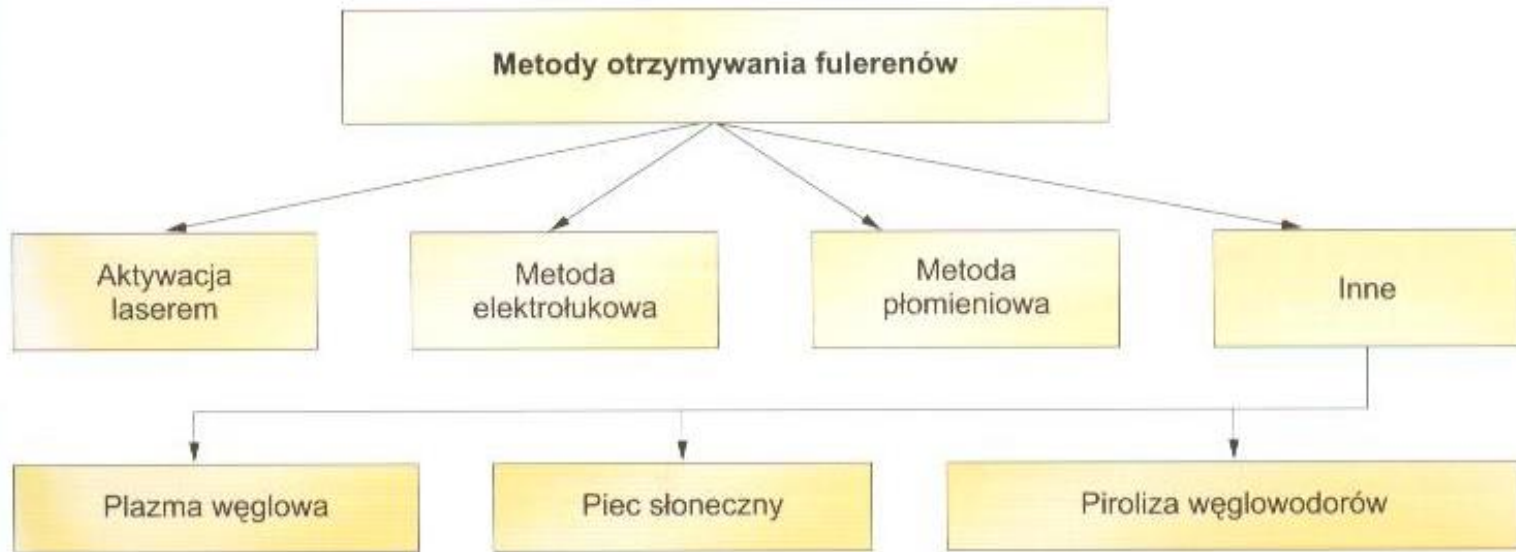
Robert F. Curl



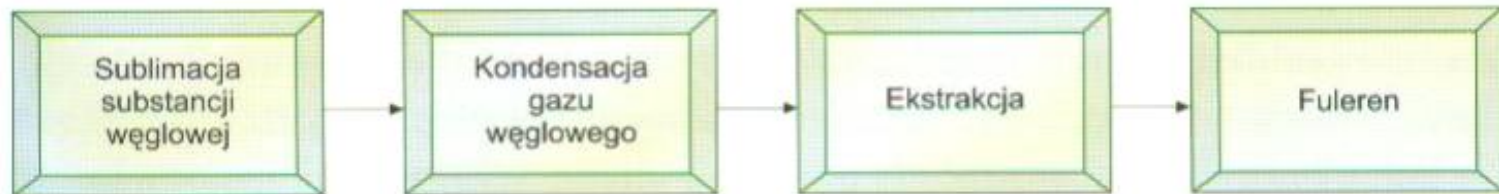
Fulereny posiadają symetrię dwudziestościanu foremnego



Metody wytwarzania fulerenów

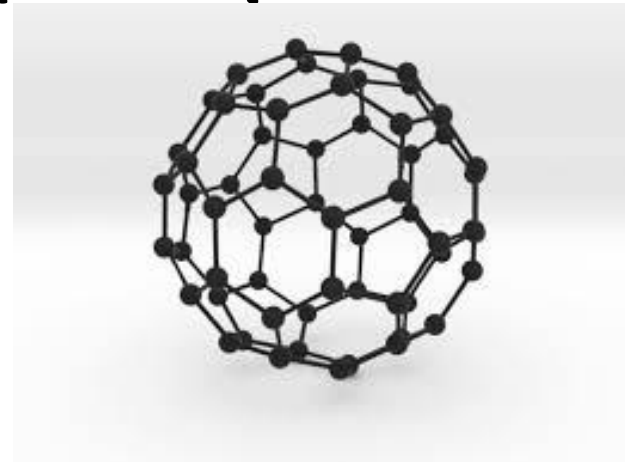


Metody wytwarzania fulerenów



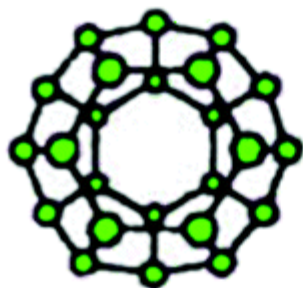
Schemat procesu otrzymywania fulerenów

- 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

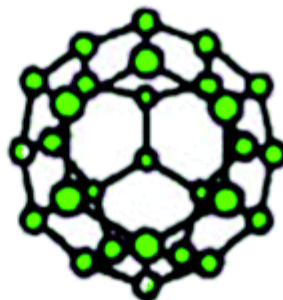




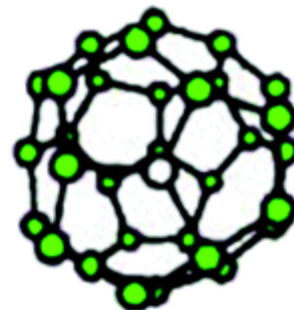
C_{20}



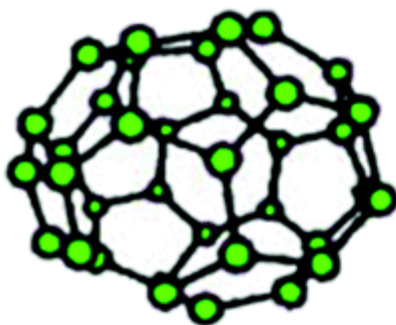
C_{24}



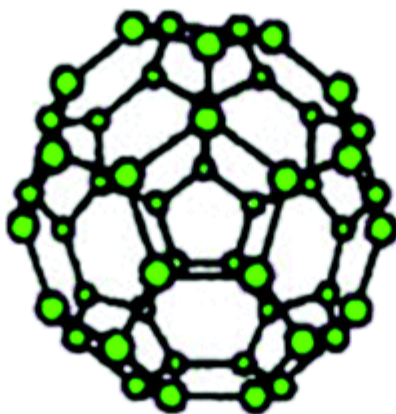
C_{28}



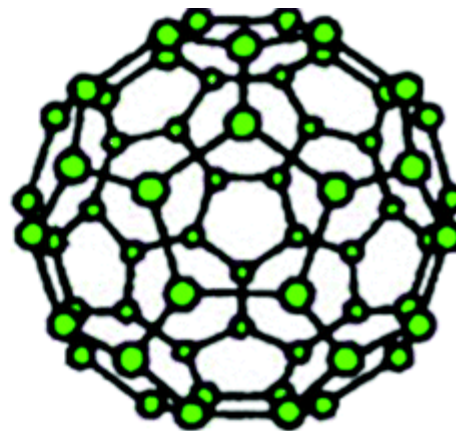
C_{32}



C_{36}



C_{50}

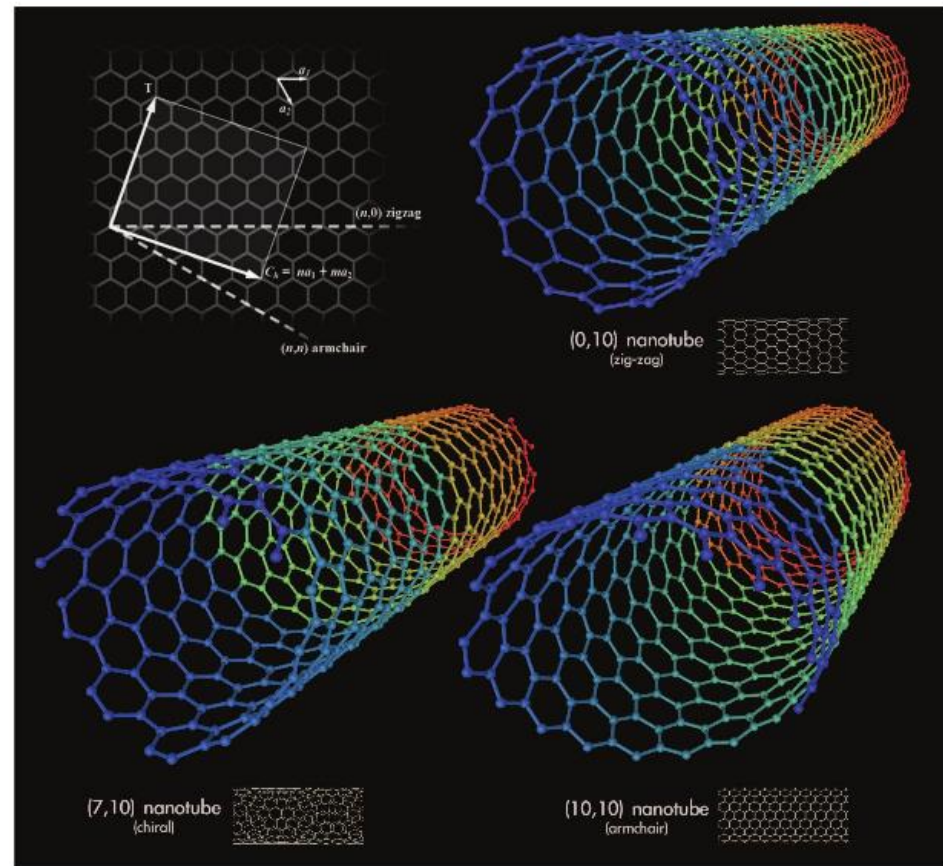
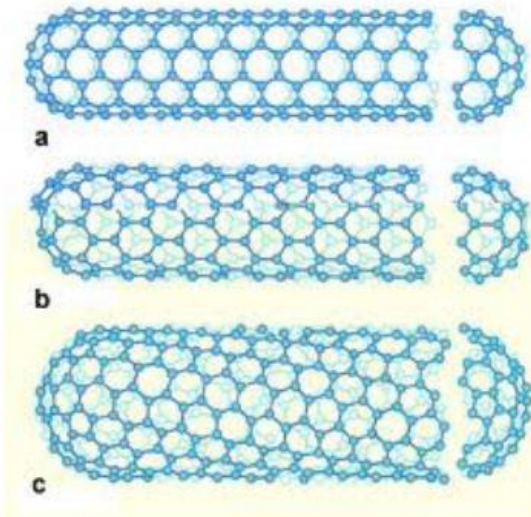


C_{60}

Nanorurki

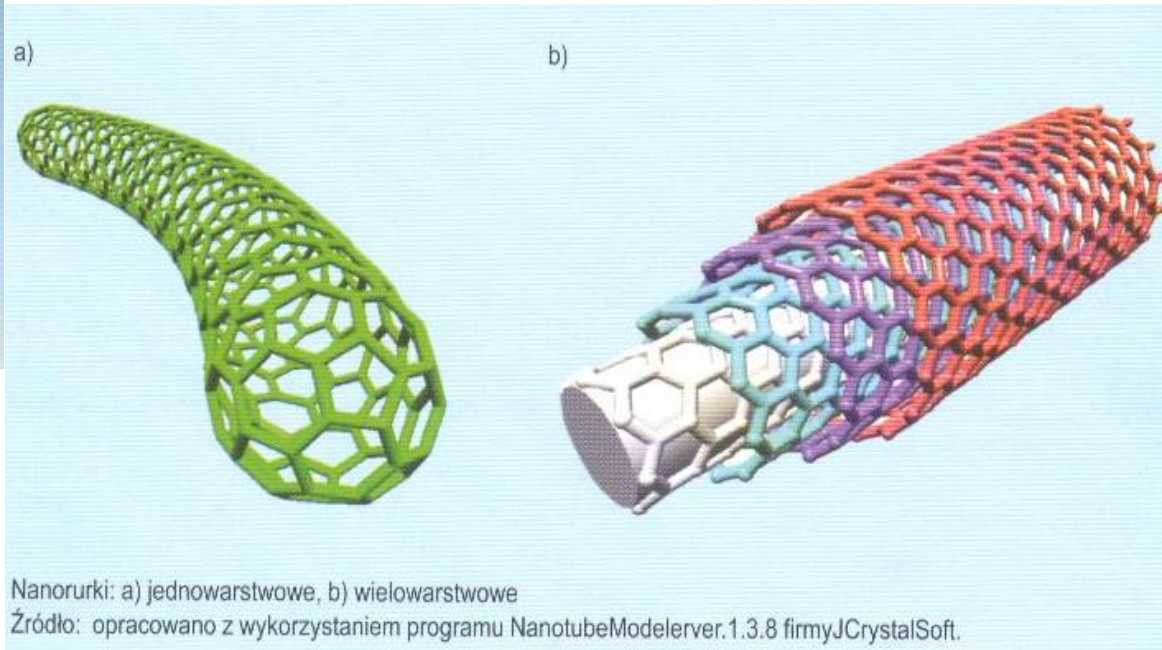
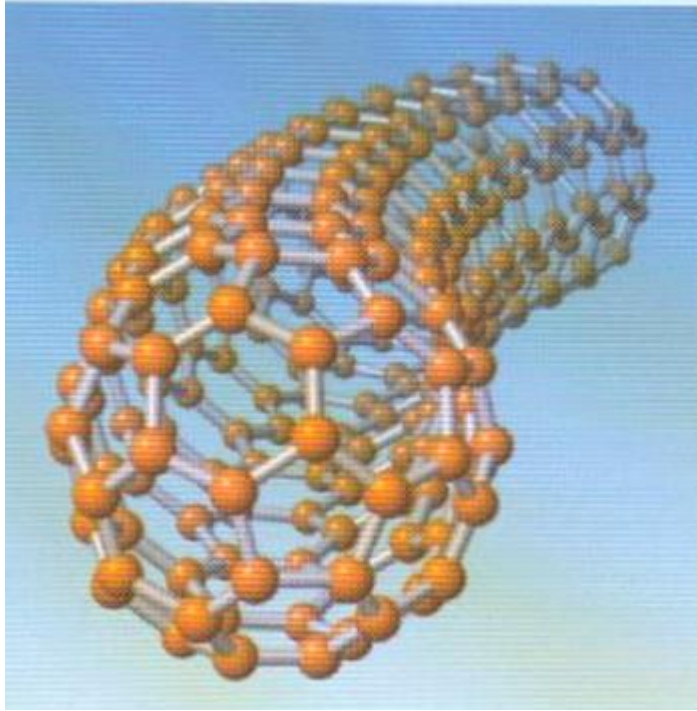


S. Iijima, Nature 354, 56 (1991)



NANOSTRUKTURY WĘGLOWE

NANORURKI WĘGLOWE



Nanorurki: a) jednowarstwowe, b) wielowarstwowe

Źródło: opracowano z wykorzystaniem programu NanotubeModelerver.1.3.8 firmyJCrystalSoft.

Nanorurki węglowe (1991)



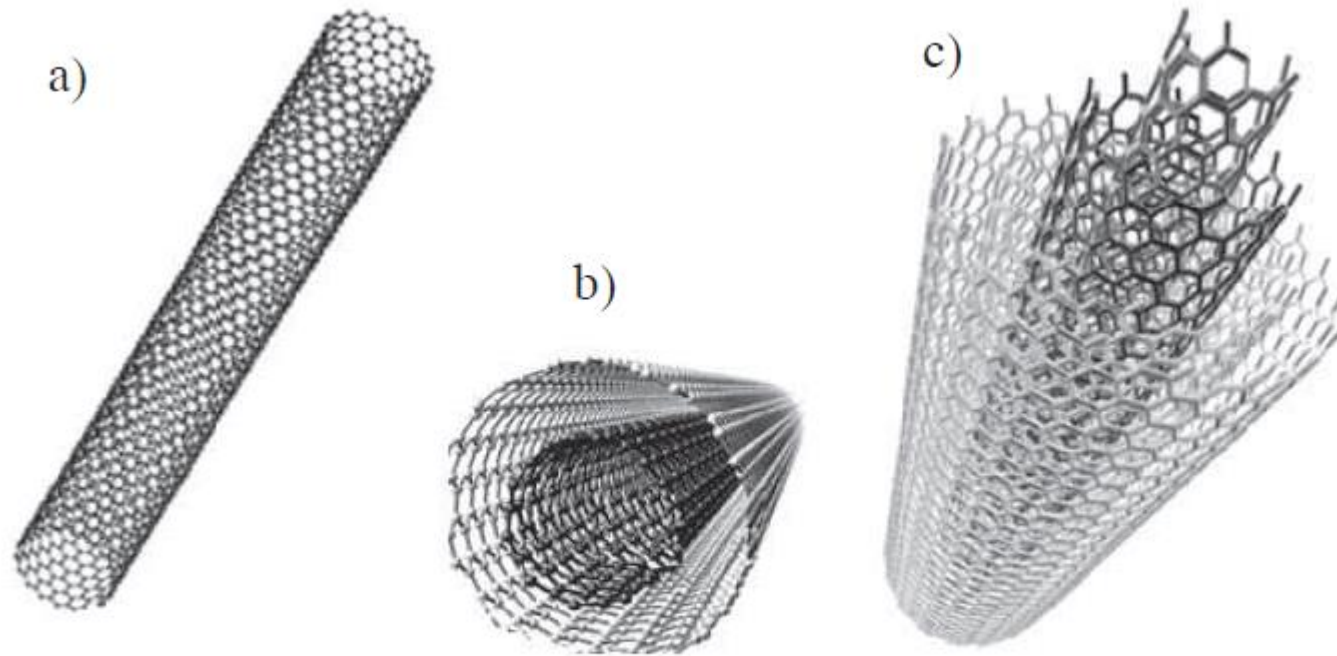
Sumoi Iijima



plątanina nanorurek

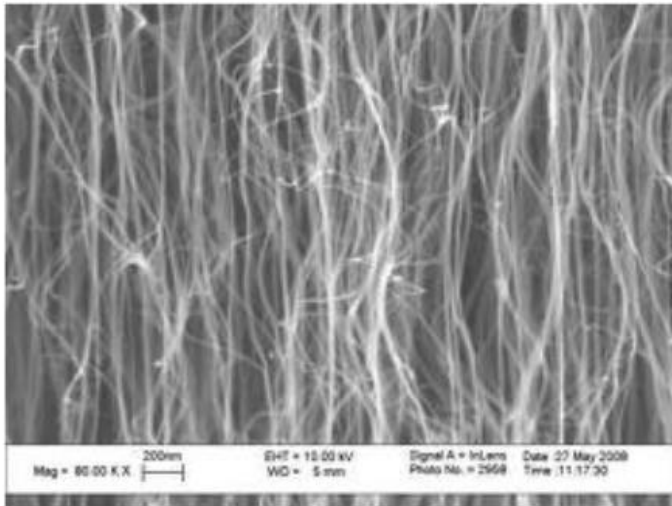
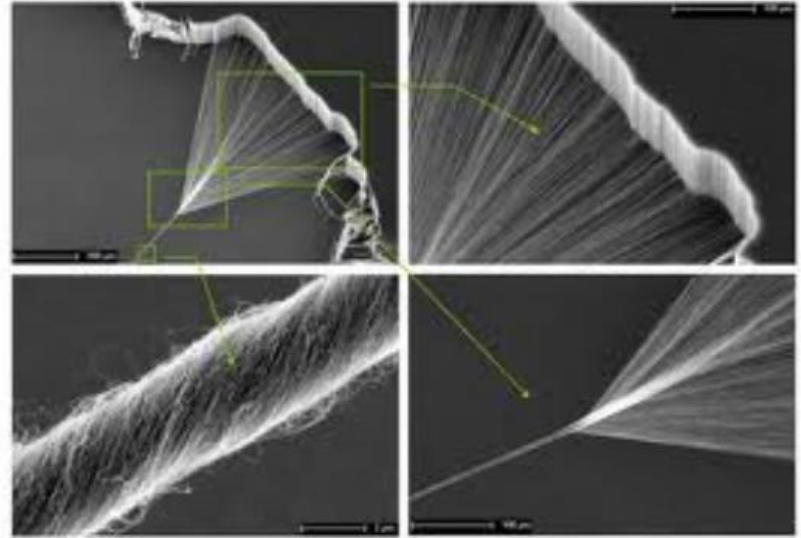
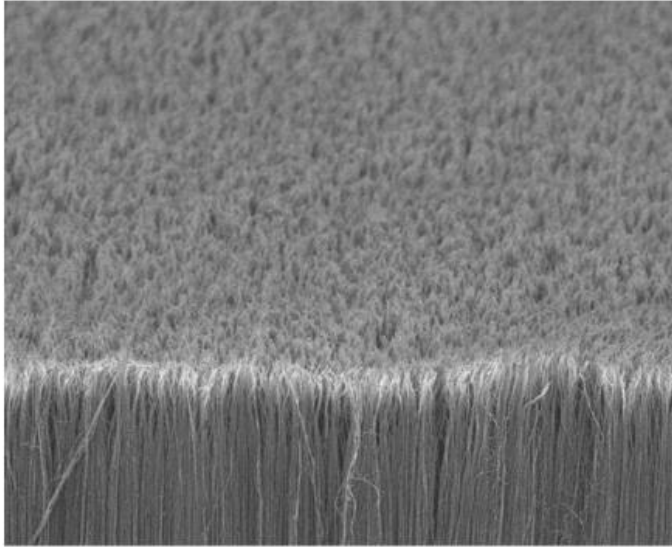


Gibraltar, 22.05.1973



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

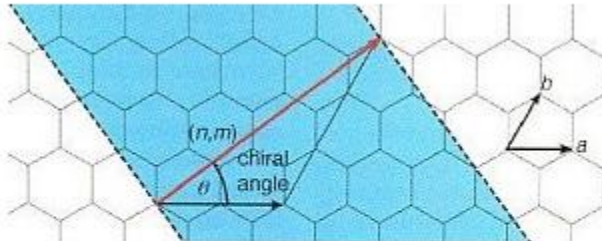
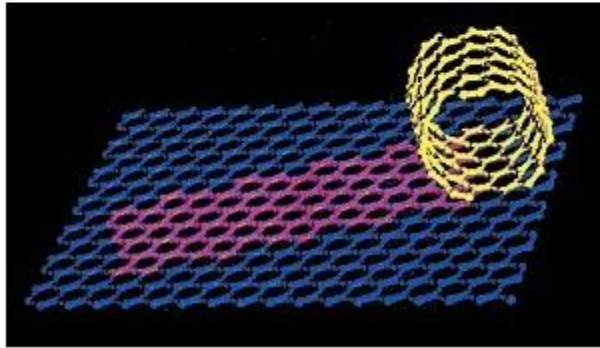
- jednościenne (SWCNT ang. *single-walled carbon nanotubes*),
- dwuścienne (DWCNT ang. *double-walled carbon nanotubes*),
- wielościenne (MWCNT ang. *polyhedral carbon nanotubes*).



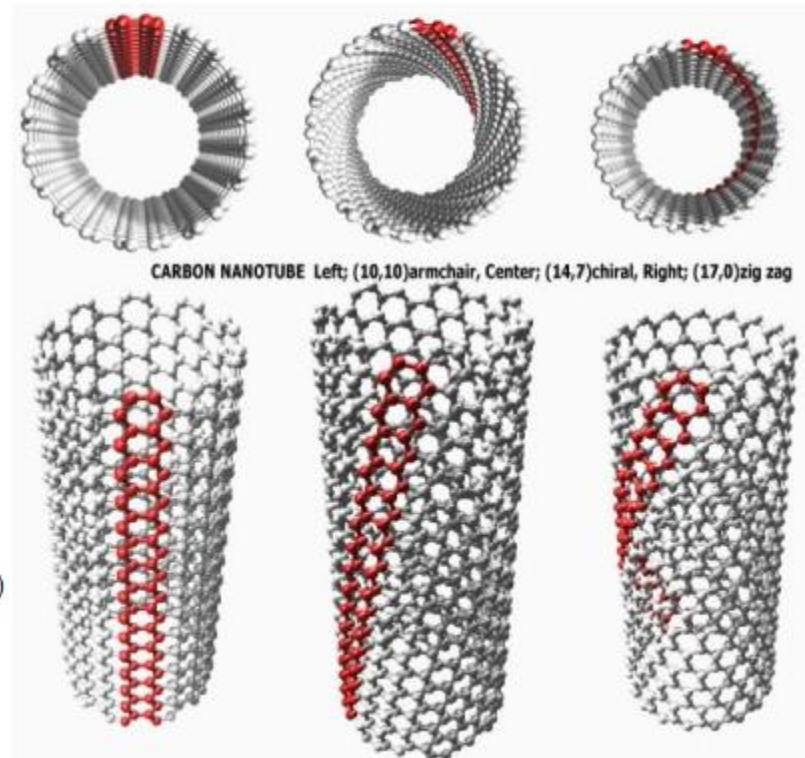
Orientacja nanorurek

Rozróżniamy orientacje:

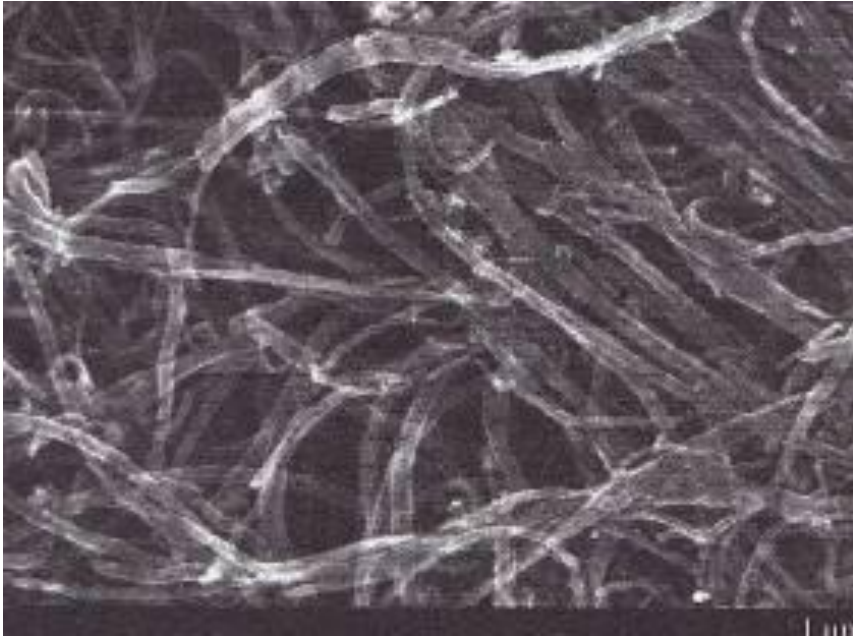
- * Armchair
- * Zig-zag
- * Chiral



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



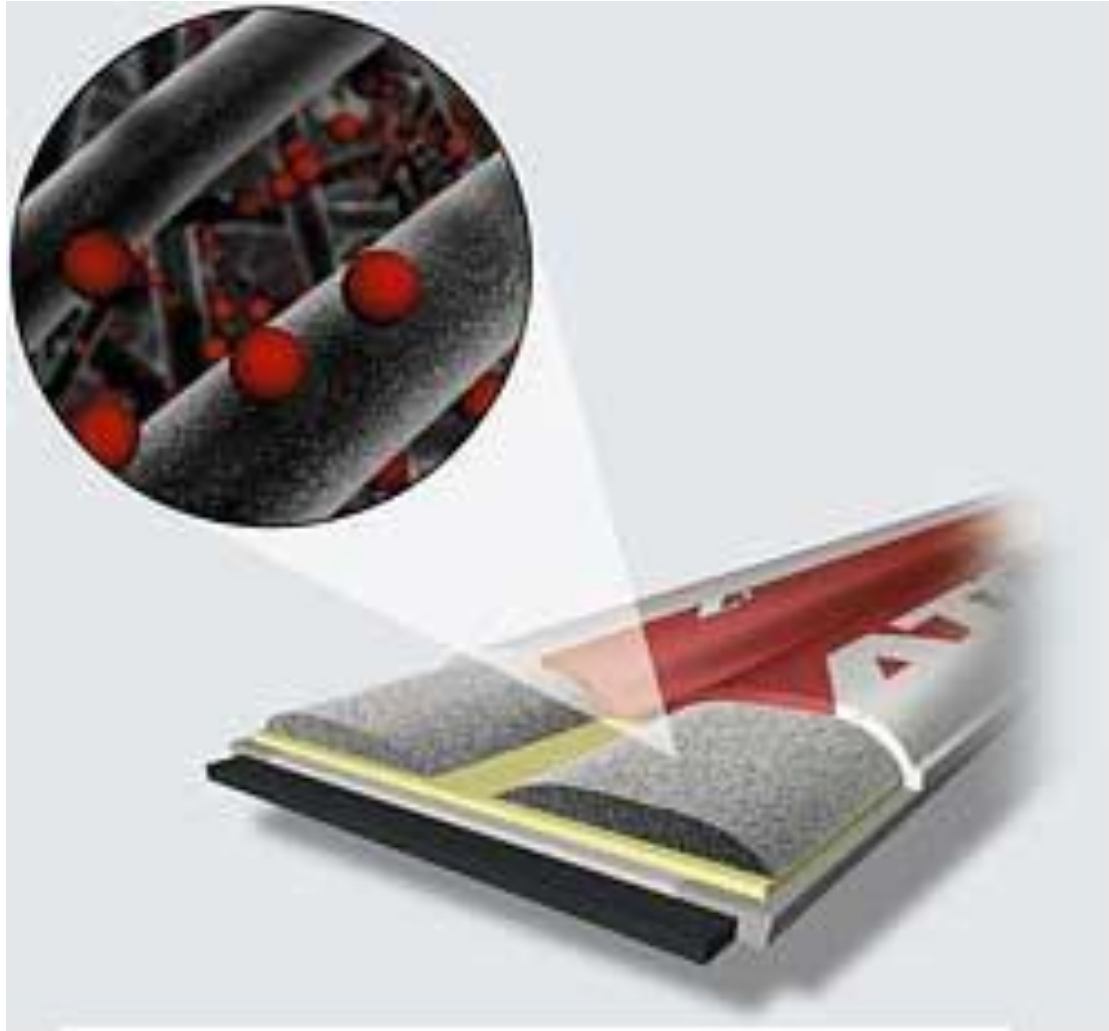
Wytwarzanie nanorurek węglowych



- metodą syntezy,
- metodą CVD,



ZASTOSOWANIE NANORUREK WĘGLOWYCH



Nanotechnologia w nartach



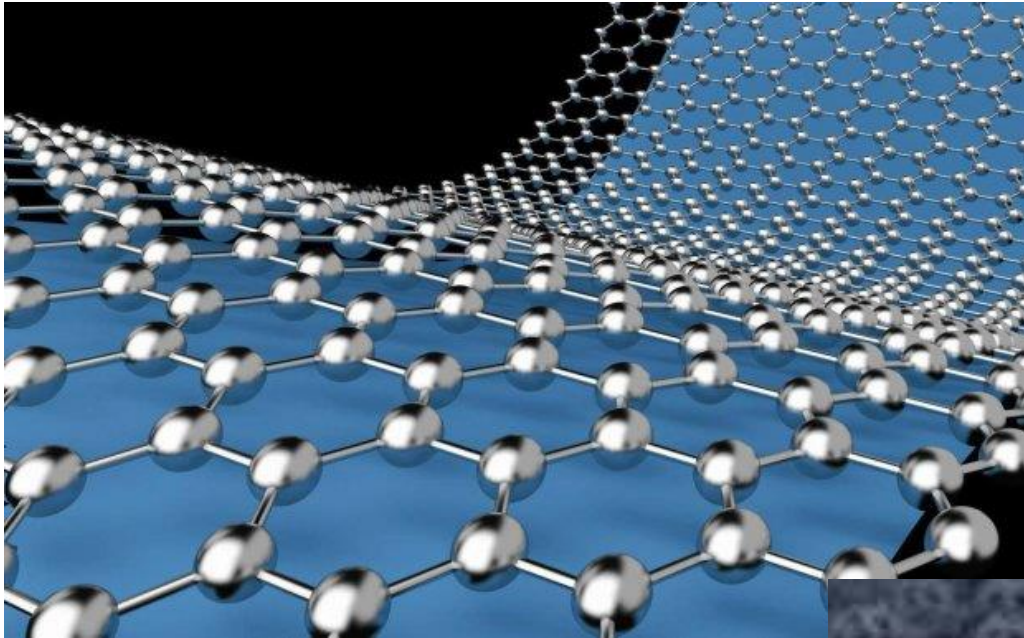
GRAFEN

Po latach badań naukowych rozwój technologii grafenowych nabiera tempa.

Pojawiają się już pierwsze urządzenia bazujące na polskim grafenie

CO TO JEST GRAFEN?

Grafen to pojedyncza warstwa atomów węgla połączonych ze sobą i tworzących powtarzający się wzór heksagonu.



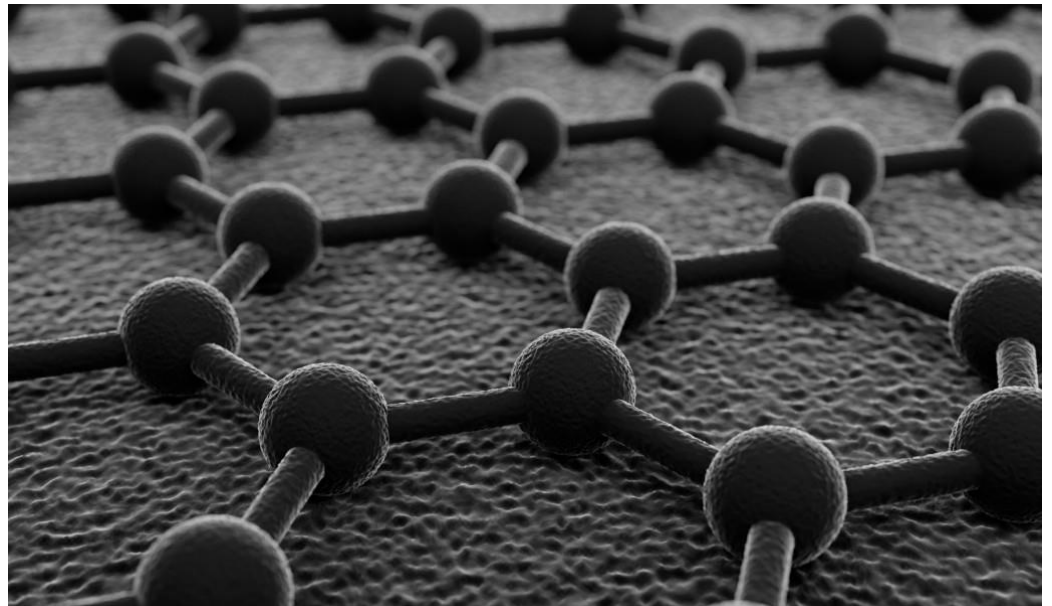
NAGRODA NOBLA

Historia grafenu zaczyna się wraz z badaniami nad strukturą grafitu w pierwszej połowie dwudziestego wieku. W 1962 Hanns-Peter Boehn opisał pojedynczą warstwę węgla i wymyślił nazwę – grafen. Grafen po raz pierwszy wyizolowany został w 2004 roku. Dokonali tego Andriej Gejm i Konstantin Nowosiołow i w 2010 roku otrzymali za to Nagrodę Nobla.

2004r.

dwuwymiarowa struktura

GRAFEN



Właściwości

Struktura: dwuwymiarowa krystaliczna odmiana alotropowa węgla

Wytrzymałość na rozciąganie: 130 GPa

(dla stali $\sim 0,350$ GPa)

Właściwości optyczne: grafen jest w stanie zaabsorbować 2,3 % światła białego

Waga: $0,77 \text{ mg/m}^2$

Metody produkcji

- Chemicznego osadzania z fazy gazowej (CVD)
- Metalurgiczna (HSMG)

Potencjalne zastosowania

Przemysł kosmiczny

Budownictwo

Sensory

Ekran dotykowe

Elektronika

Kompozyty

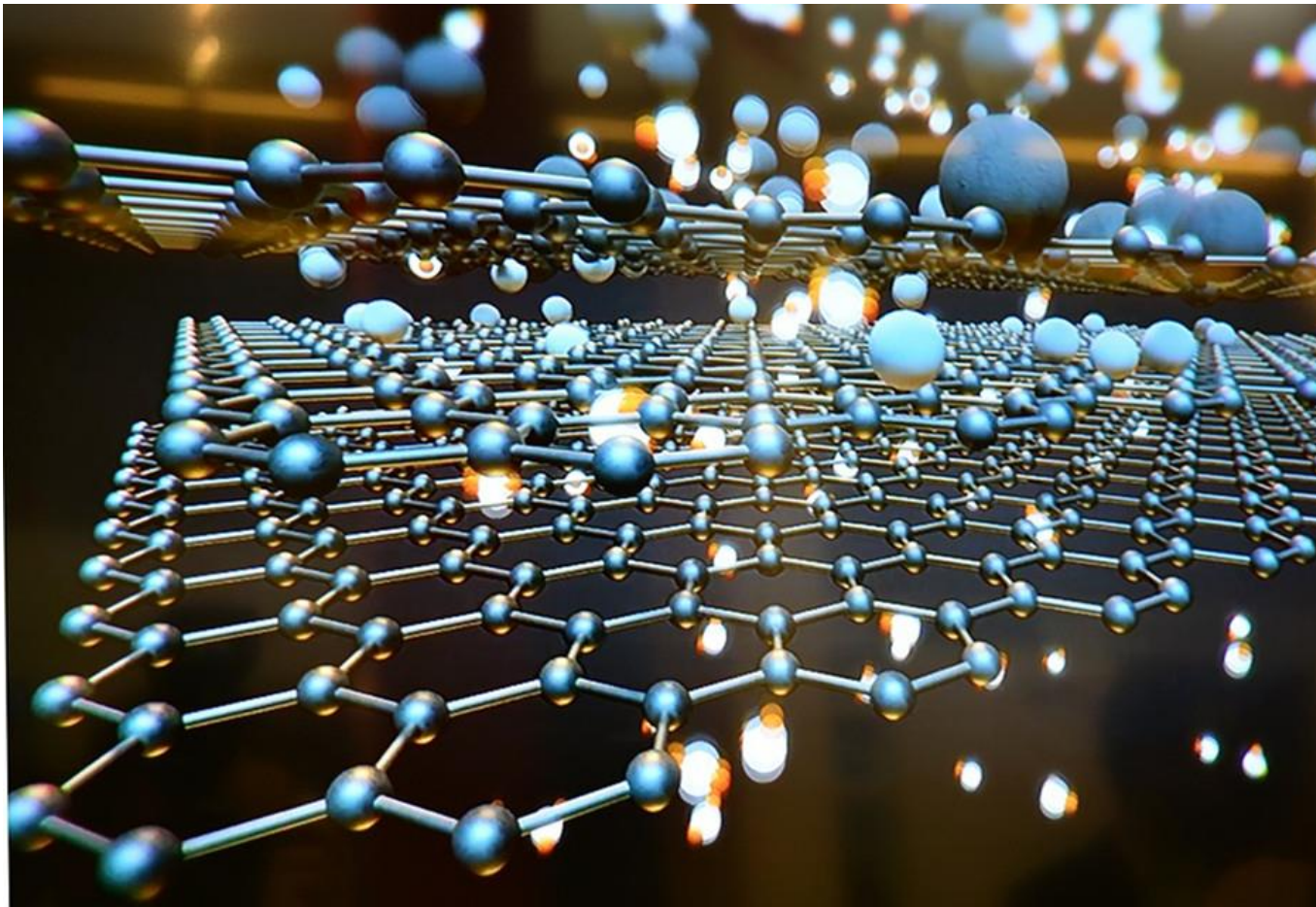
Membrany filtracyjne

Magazynowanie energii

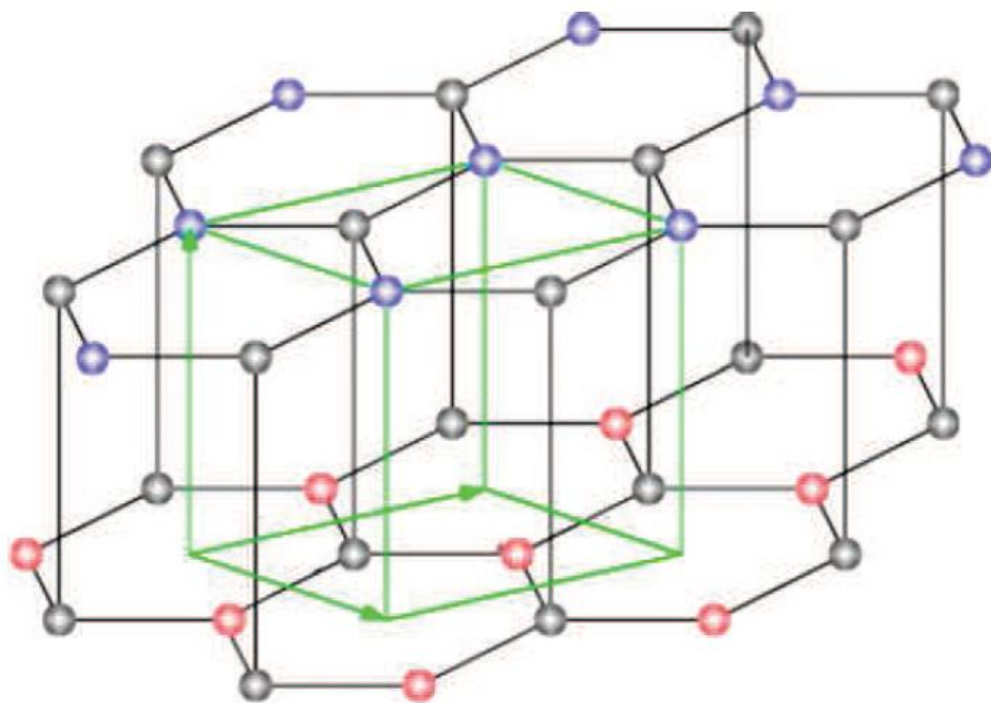
Sprzęt sportowy

I wiele, wiele innych!

- Wyświetlacz przenośnego komputera, który da się zwinąć w rulon i schować do kieszeni
- Elastyczne telefony komórkowe
- Przezroczyste ultracienkie zegarki



- Dobre przewodnictwo cieplne,
- Nie rozprasza energii,
- Nie pochłania światła,
- Mocniejszy od stali



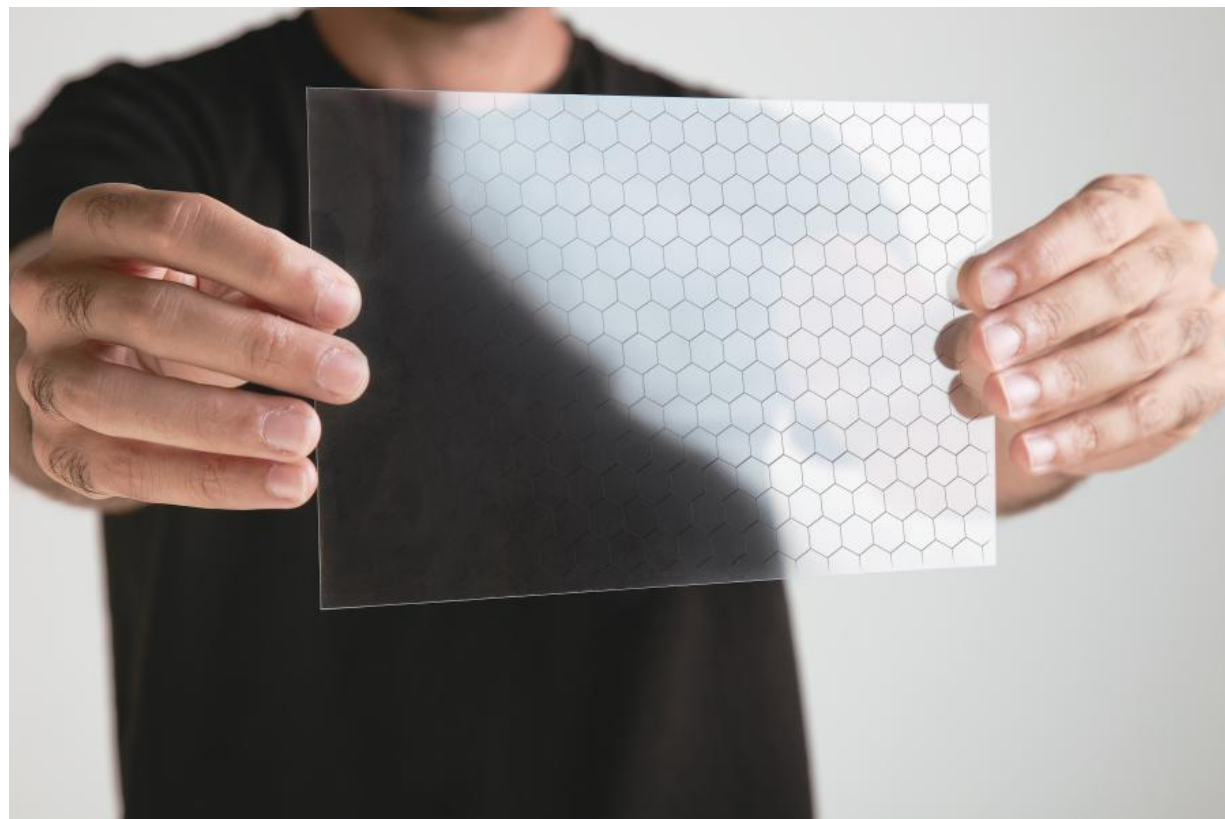
Model struktury grafenu (Vozmediano 2011)

Plastry grafenu układają się w stosy w odstępach 0,335 nm, tworząc grafit. Oznacza to, że stos 3 milionów plastrów grafenu miałby tylko jeden milimetr grubości.

„Musi minąć trochę czasu, zanim nowy materiał znajdzie zastosowanie w konkretnych produktach”

Grafen to materiał nowy, ale też trudny. Od momentu jego odkrycia minęło tylko 16 lat, a to za mało by zrewolucjonizować rynek!

Grafen to odmiana węgla przypominająca budową plaster miodu. W efekcie powstaje elastyczna przewodząca prąd węglowa „kartka”. Można ją wytwarzać w dwóch głównych odmianach.



Grafen płatkowy

Zmiana właściwości materiałów:

- lżejsze,
- bardziej elastyczne,
- wytrzymałe



Produkcja rakiet tenisowych



SPORTING GOODS WITH GRAPHENE MATERIAL

Novak Djokovic – Wimbledon 2015r.



ultralekkie kaski rowerowe

Firma Catlike



Karoserie samochodu



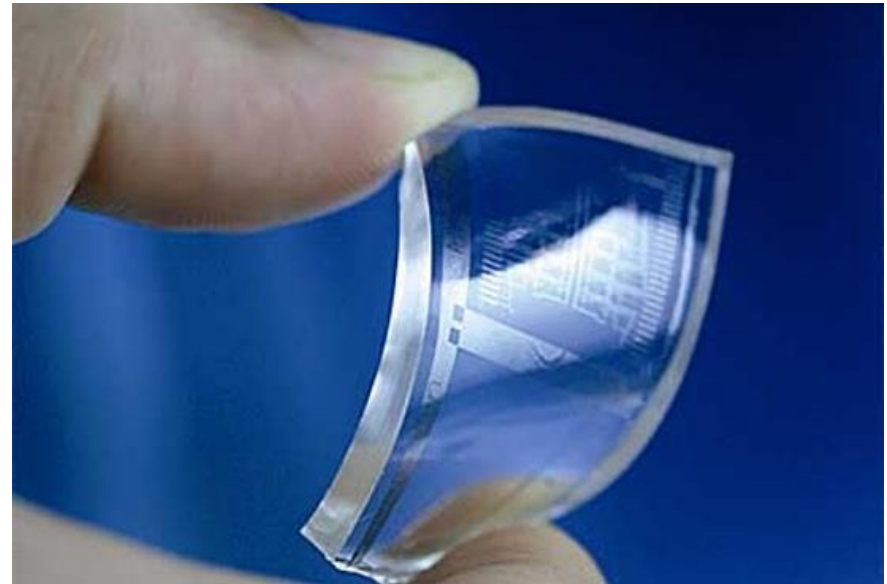
Monowarstwowa odmiana grafenu

Odpowiednie ułożenie atomów węgla na
powierzchni cienkiej folii metalu

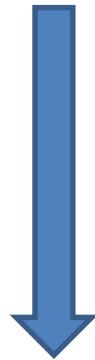
Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych

PATENTY

wyświetlacze grafenowe



Politechnika Łódzka – opracowanie własnej,
opatentowanej na całym świecie metody
wytwarzania monowarstwowego grafenu



Advanced Graphene Products

Konferencja Graphene Week, Warszawa

ITME – szyba powleczone warstwą grafenu

Technologie grafenowe

Czujniki pola magnetycznego

Baterie słoneczne

co zrobić z grafenu???

ITME – Nano Carbon

Firma: MOXI

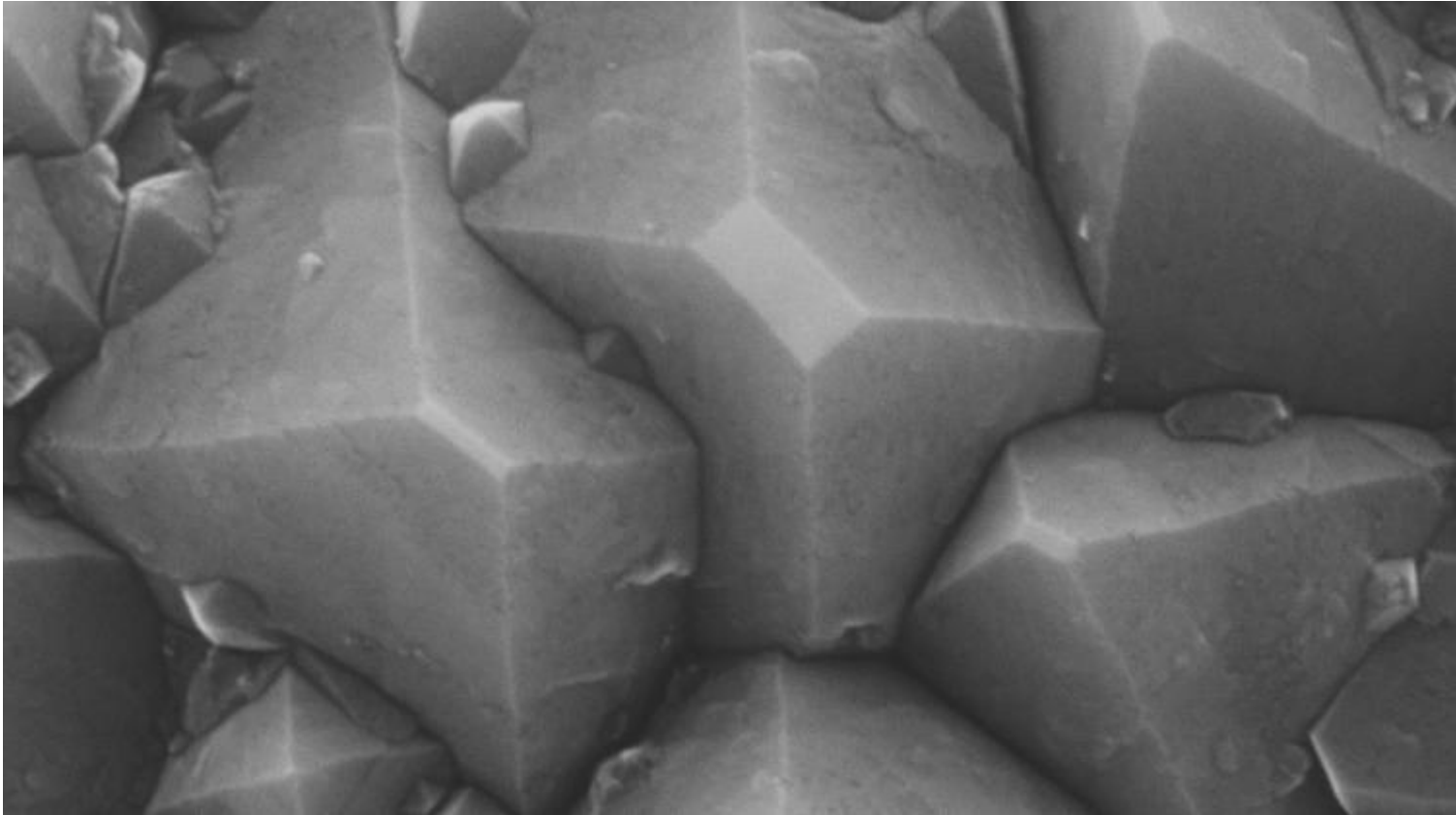


800 dolarów

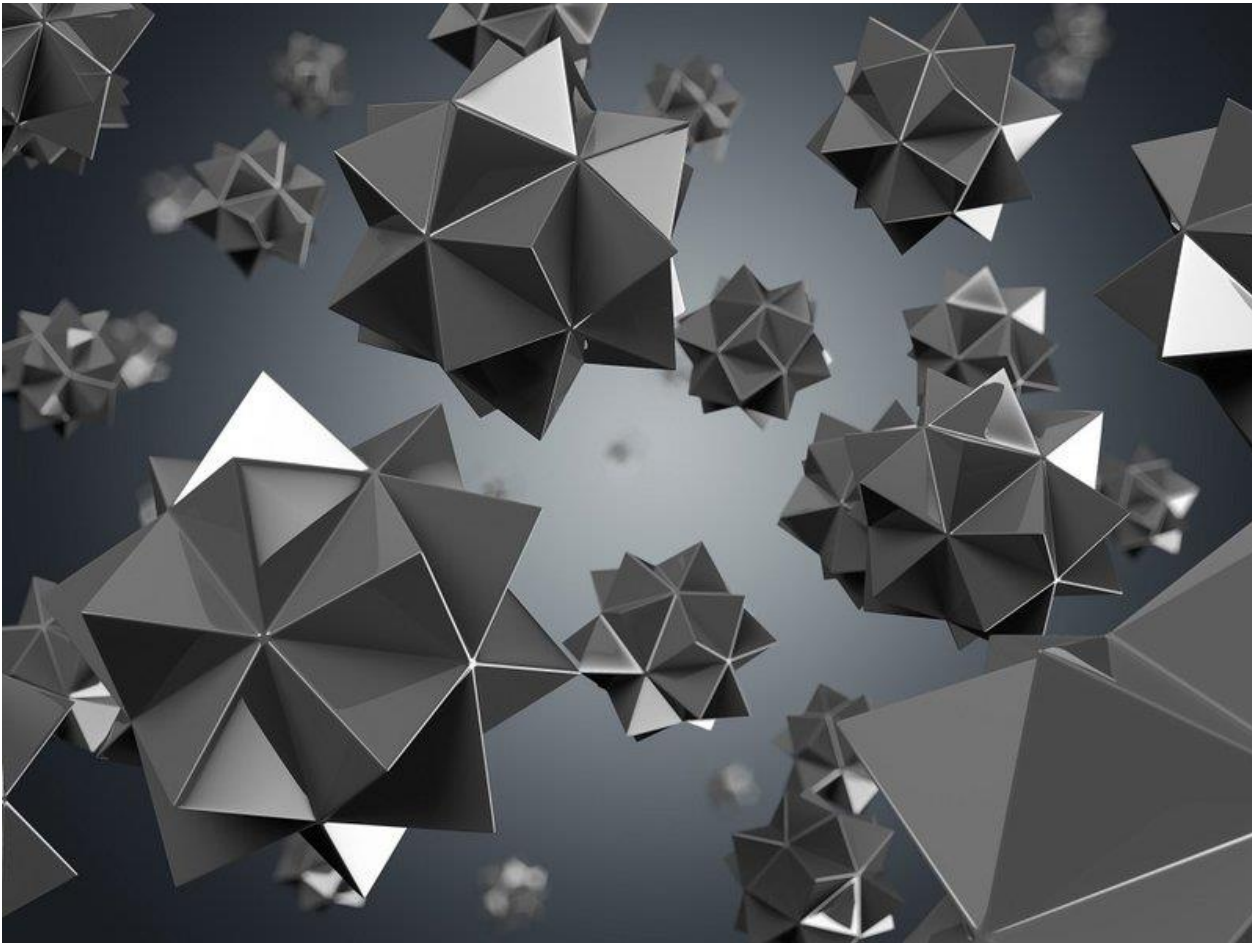
„Wielki przemysł przypatruje się z boku naszym działaniom. Sprawdza czy powstające w laboratorium zastosowania mają szansę zrewolucjonizować rynek.

Grafenowy boom prędzej czy później nadejdzie. I jest spora szansa na to, że polska nauka i polski biznes będą częścią tej rewolucji technologicznej”

Polacy doskonałą technologie nanodiamentowe



Liderem konsorcjum jest Wydział Fizyki
Uniwersytetu Warszawskiego, zaś wysokość
przyznanego grantu to ponad 18,5 mln zł.



Nanodiamenty

Technologie oparte na nanodiamentach

- badania podstawowe,
- praca lekarzy,
- poprawa jakości i szybkości precyzyjnej diagnostyki medycznej.

Superczułe metody diagnostyczne,
pozwalające na szybkie diagnozowanie
chorób neurodegeneracyjnych i
nowotworowych

Ogromne możliwości badawcze i aplikacyjne stwarzają nanodiamenty z tzw. centrami barwnymi.

- dokładne czujniki pól magnetycznych, elektrycznych, temperatury i ciśnienia.

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej
Uniwersytetu Jagiellońskiego

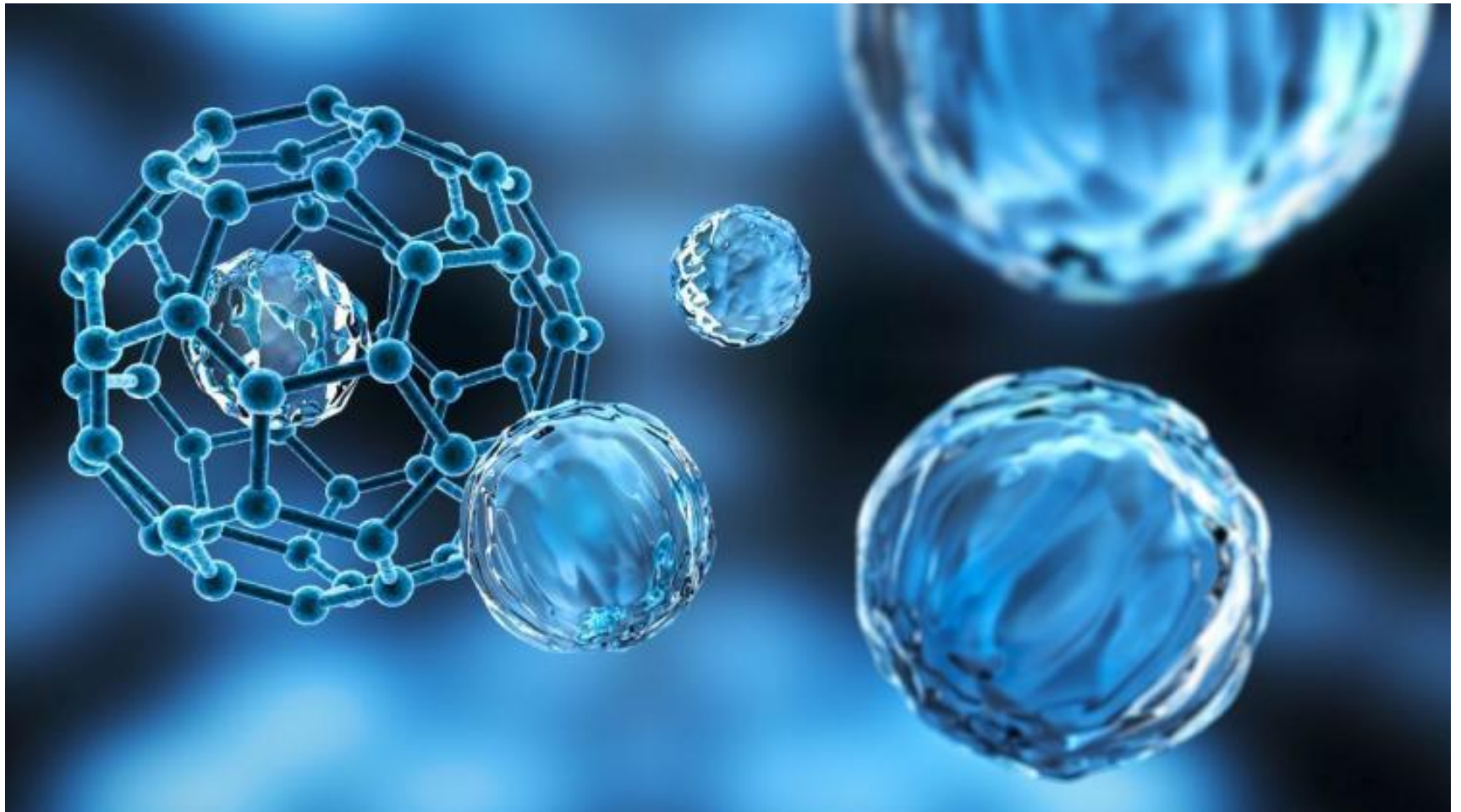
Wytwarzanie nanodiamentów!!!

Projekt TEAM-NET

Technologia syntezy i chemicznego modyfikowania nanocząstek diamentowych w tzw. diamentowe origami, o zaprojektowanych parametrach geometrycznych, właściwościach elektrycznych i optycznych

Interdyscyplinarne konsorcjum:

- Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego,
- Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego,
- Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej,
- Instytut Biotechnologii i Medycyny Molekularnej



Dane GUS

Główny Urząd Statystyczny podał, że nakłady wewnętrzne poniesione przez przedsiębiorstwa na działalność biotechnologiczną w 2018 r. wyniosły 1223,7 mln zł i zwiększyły w skali roku o 48,2%.

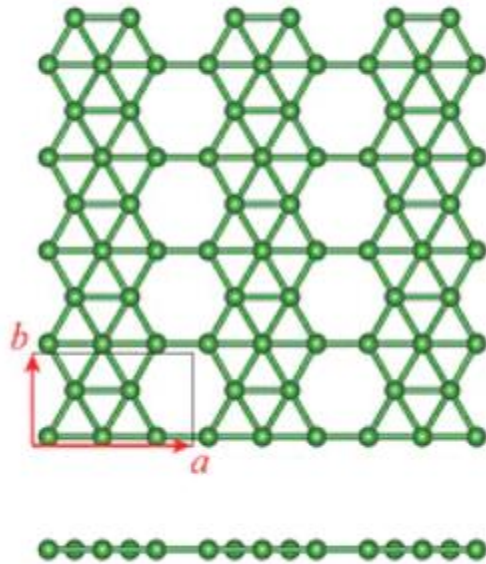
Wzrosła też liczba przedsiębiorstw prowadzących działalność w tej dziedzinie – w 2018 roku było ich 208, czyli o 10,6% więcej niż rok wcześniej.

Grafen to już przeszłość???

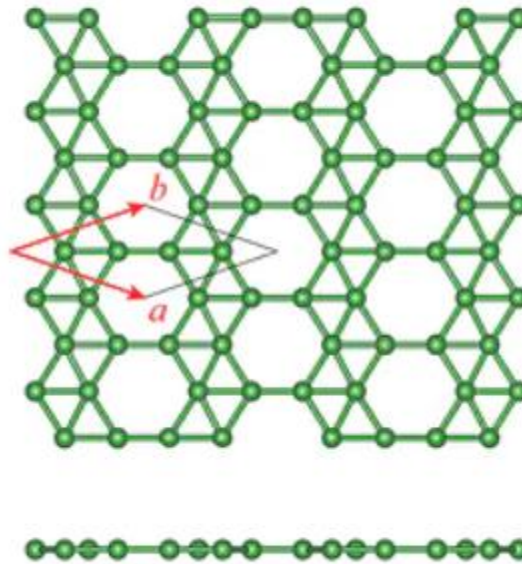


Czym jest borofen i do czego go użyć?

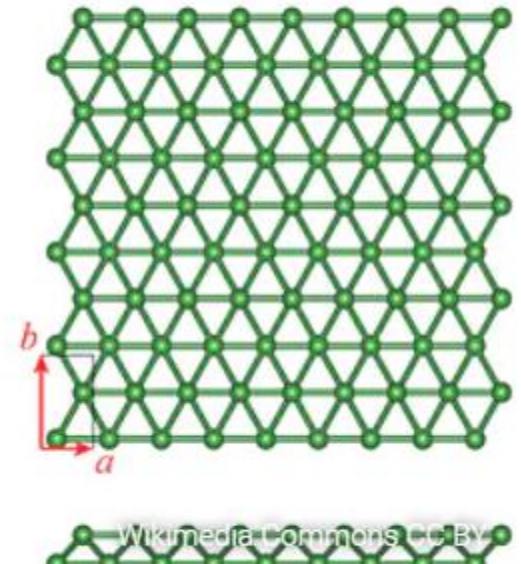
(a) β_{12} borophene



(b) X_3 borophene



(c) striped borophene



(Wikimedia Commons CC BY)

