



Wrocław University of Technology

*FIZYKA I CHEMIA  
CIAŁA STAŁEGO*

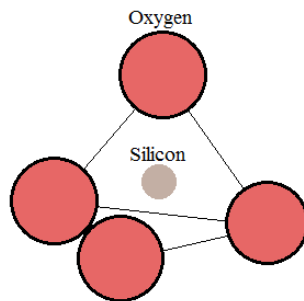
II część

Marek Jasiorski

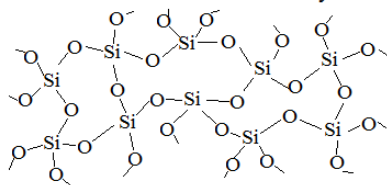
# szkło

materiał nieorganiczny powstały wskutek stopienia a następnie ochłodzenia osiągnąony przez powstrzymanie krystalizacji, w wyniku szybkiego chłodzenia w zakresie temperatury krzepnięcia nazywane przechłodzoną cieczą.

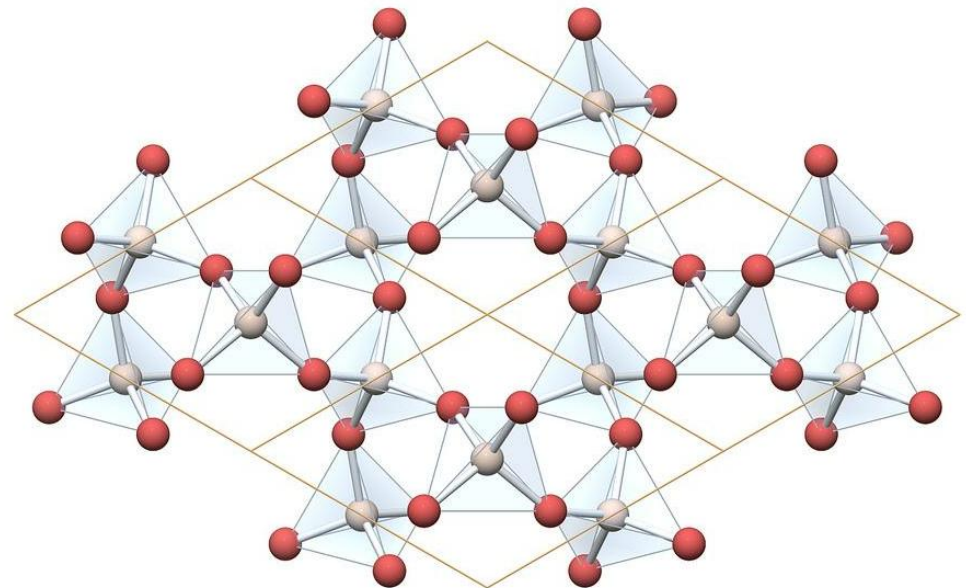
Single  $\text{SiO}_4$  Tetrahedron



Distorted 2-D "Reality"

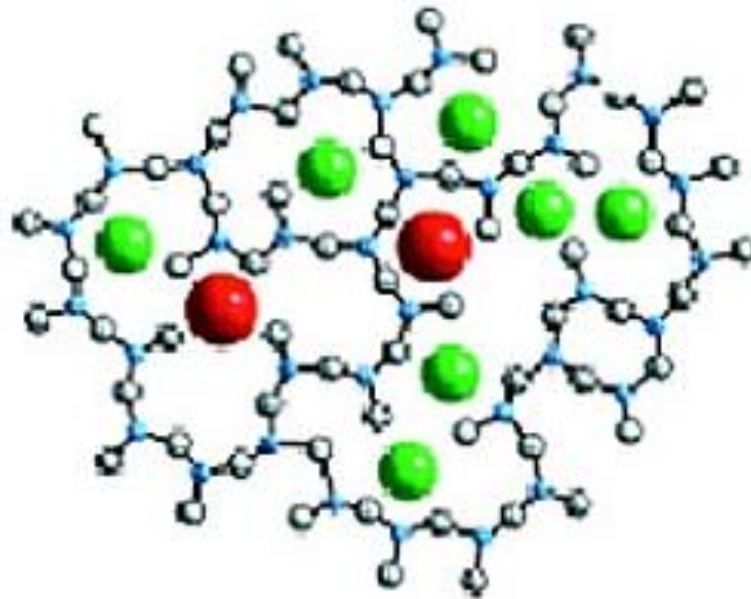


$\text{SiO}_4$  network



# Szkło – aspekt chemiczny

Podstawowymi składnikami szklotwórczymi są trzy tlenki:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$  i  $\text{P}_2\text{O}_5$ , a także arsenu i germanu. W skład szkła, oprócz składników szklotwórczych, mogą wchodzić modyfikatory oraz inne tlenki.



Calcium



Sodium

Oxygen

Silicon



# Szkło – aspekt chemiczny

## SUROWCE BARWIĄCE SZKŁO

Zielony: żelazo  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  , chrom  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  , mangan  $\text{MnO}$

Granatowy: związki kobaltu  $\text{CoO}$

Niebieski: związki miedzi przy określonych warunkach

Czerwony: związki miedzi, związki selenu, związki kadmu, wiązki srebra

Różowy: związki selenu, związki antymonu

Żółty: związki siarki - siarczek kadmu ( $\text{CdS}$ )

Bursztynowy: związki siarki i żelaza

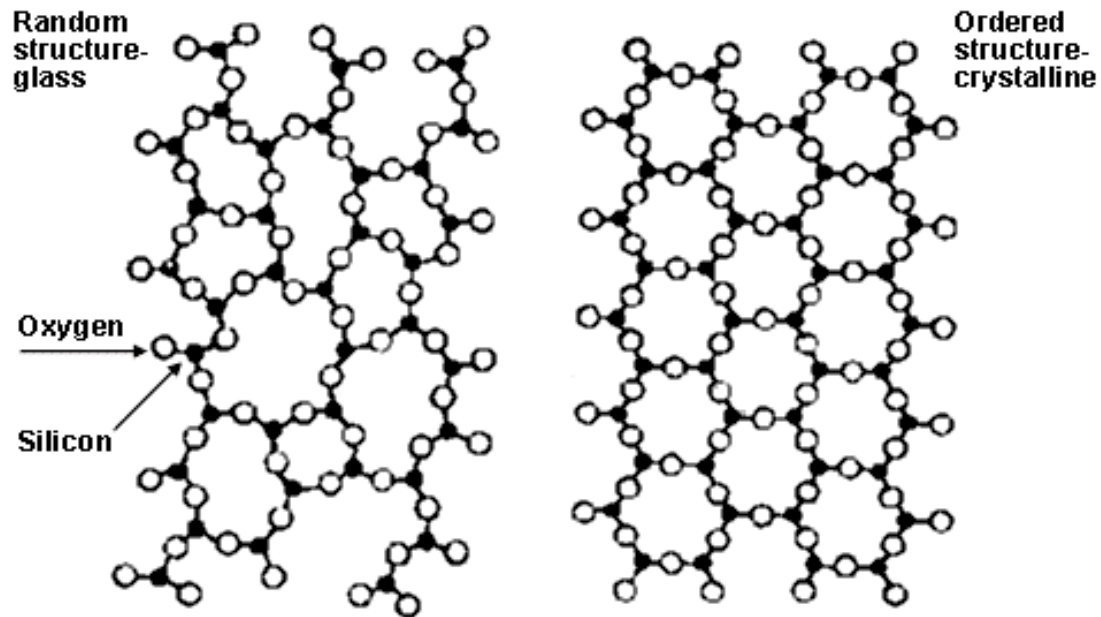
Czarny: mangan + kobalt + żelazo

Dodanie glinu i boru powoduje wzrost odporności mechanicznej i termicznej szkła, dodatek tlenku ołowiu, w szkłe zmienia się współczynnik załamania światła.

# szkło

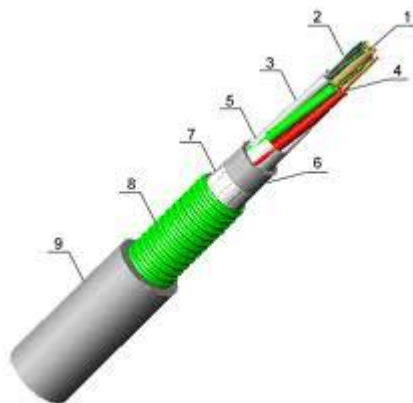
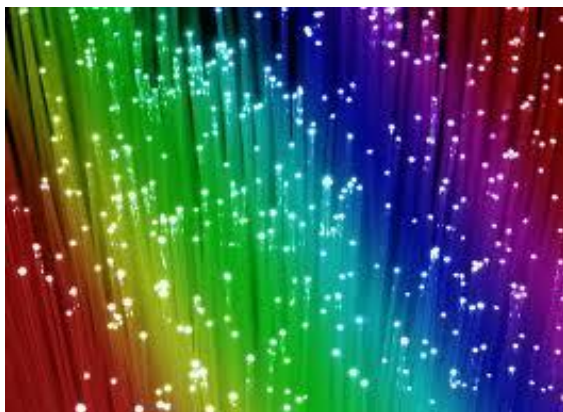
Materiały ceramiczne mają budowę krystaliczną, co zasadniczo odróżnia je od szkła, które charakteryzuje się budową amorficzną.

Szkła podlegają odszkleniu (dewitryfikacji), stając się materiałami krystalicznymi, lecz okres ten trwa minimum kilkaset lat.





# Szkło specjalne – włókna optyczne





# Szkło krystaliczne - kwarc

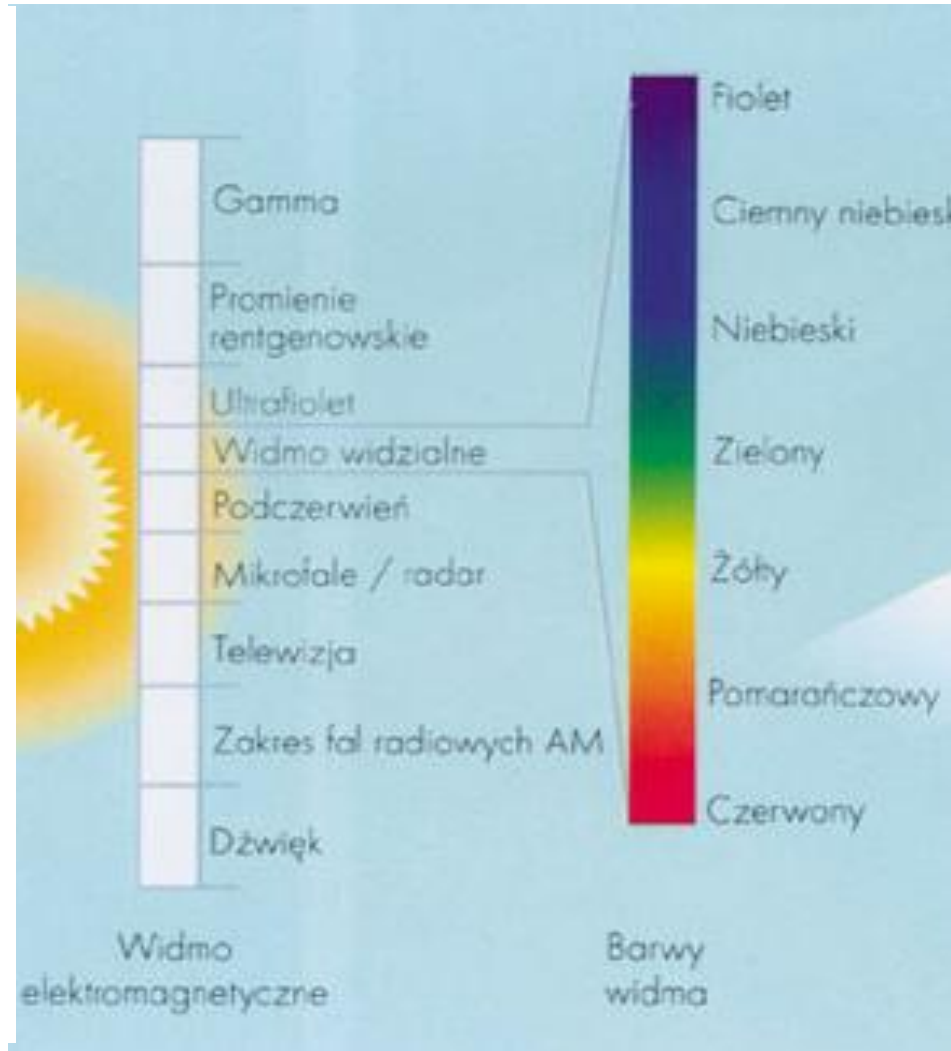
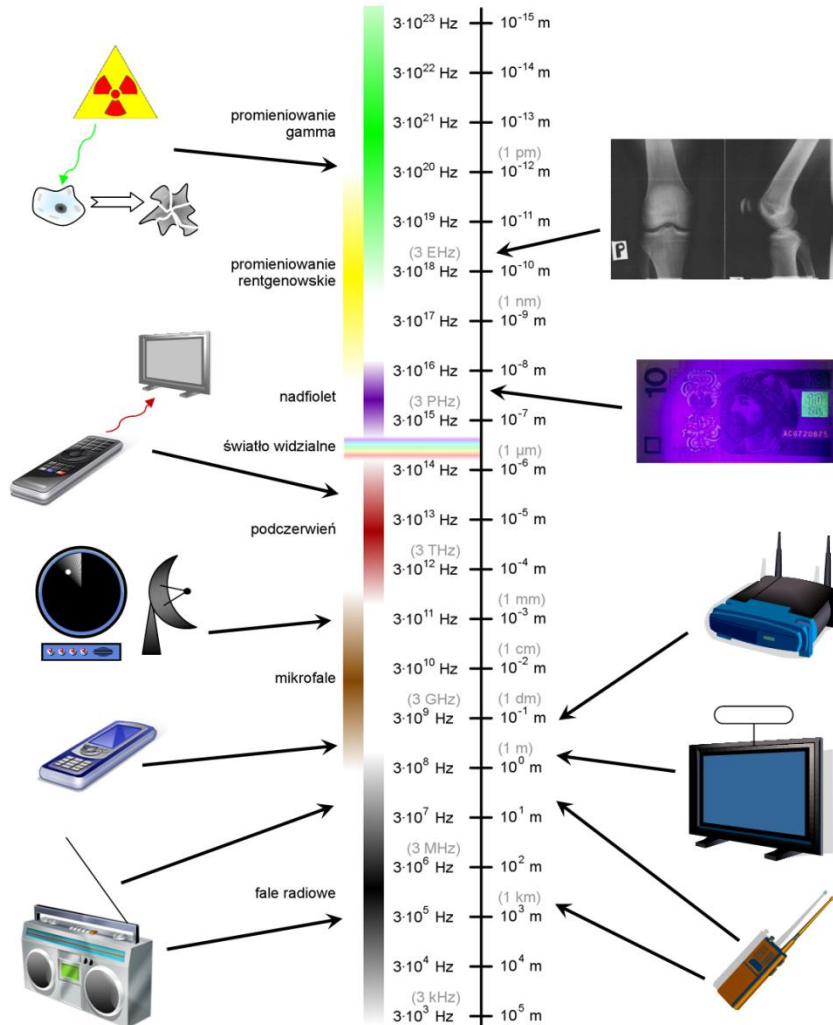
Szkło krystaliczne – przezroczyste szkło kwarcowe







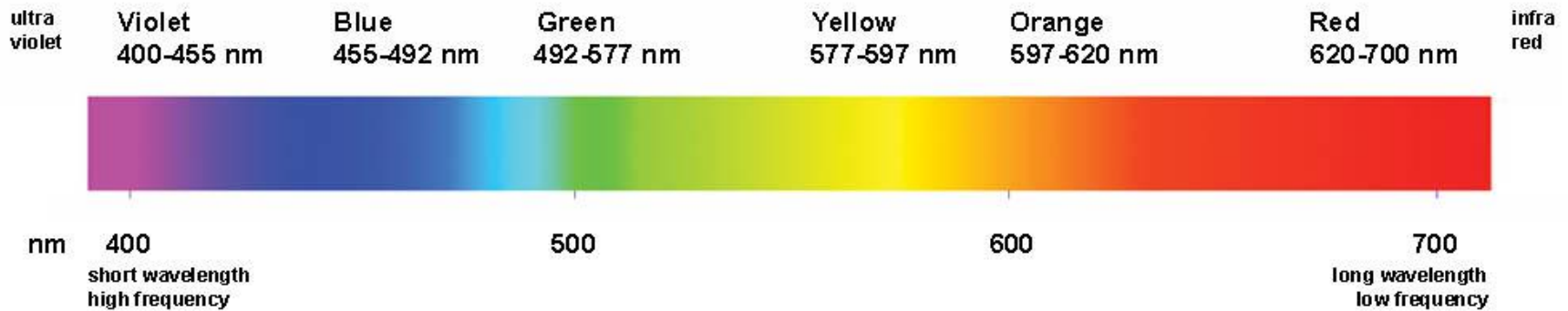
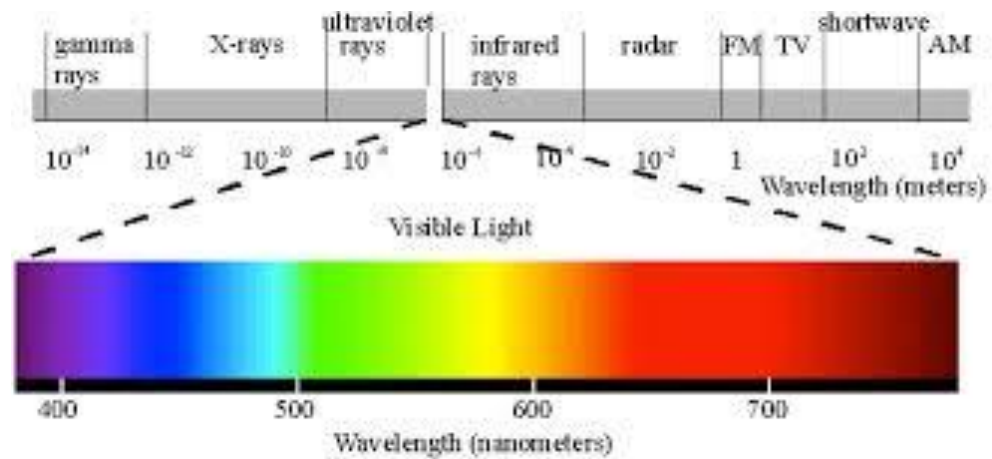
# Fale







# Światło białe





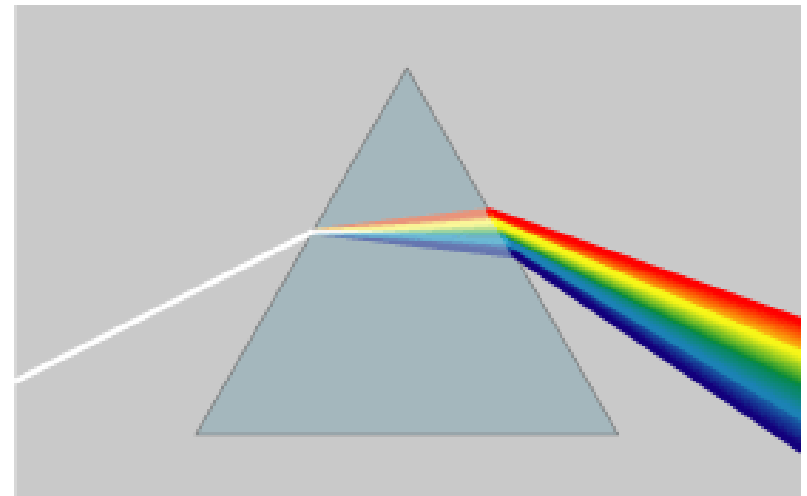
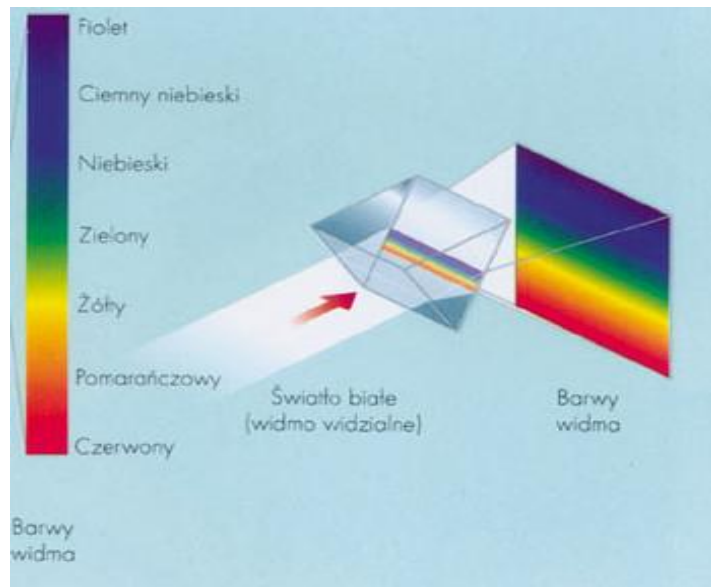
# *Zjawiska optyczne*

- Rozszczepienie światła białego
- Rozpraszanie światła
- Załamanie wiązki światła
- Odbicie wiązki światła



# Rozszczepienie światła

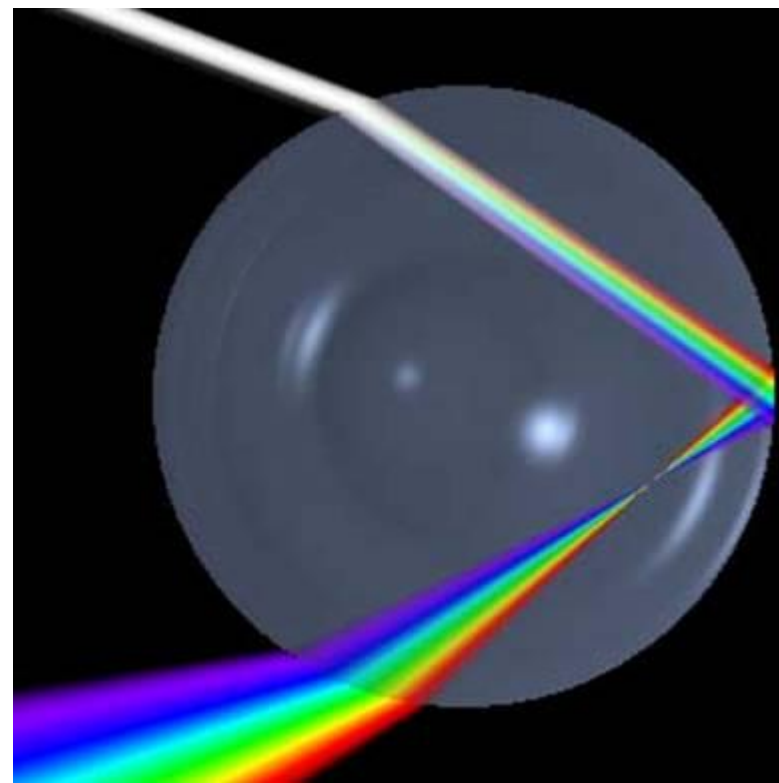
Rozszczepienie światła spowodowane jest różną prędkością rozchodzenia się promieni świetlnych o różnych barwach. Różna prędkość rozchodzenia się światła owocuje oczywiście różnym współczynnikiem załamania światła i różnym kątem załamania.



Ponieważ zaś światło białe jest mieszaniną światel o wielu barwach, to przepuszczenie go przez pryzmat spowoduje rozdzielenie poszczególnych składowych na paletę barw (tęczę).



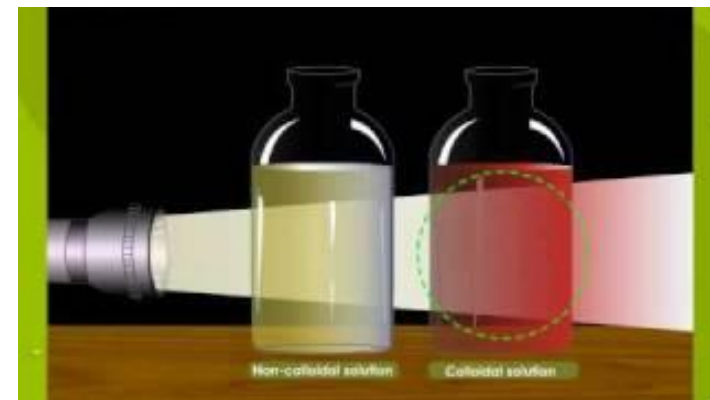
# *Tęcza*





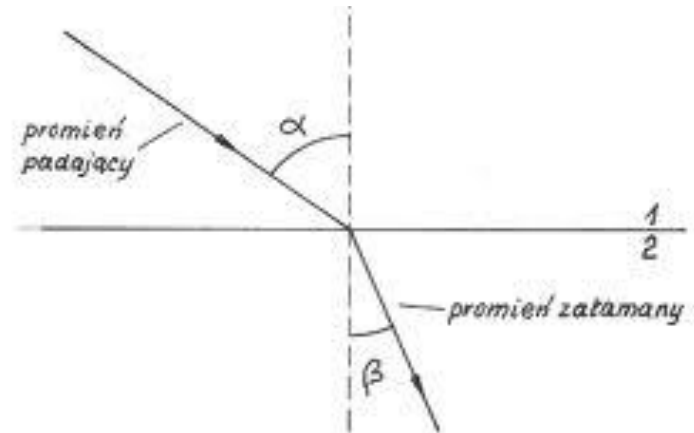
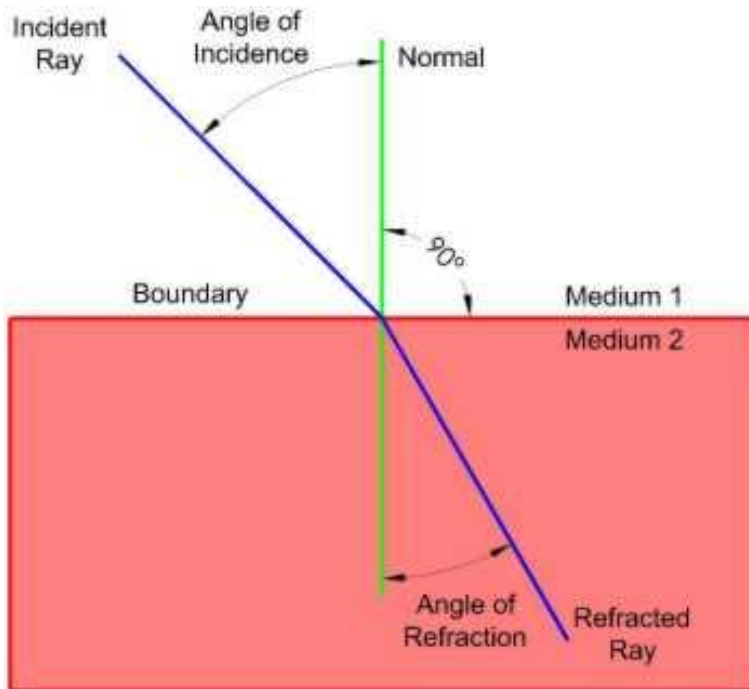
# *Rozpraszanie światła*

## *Efekt Tyndalla*



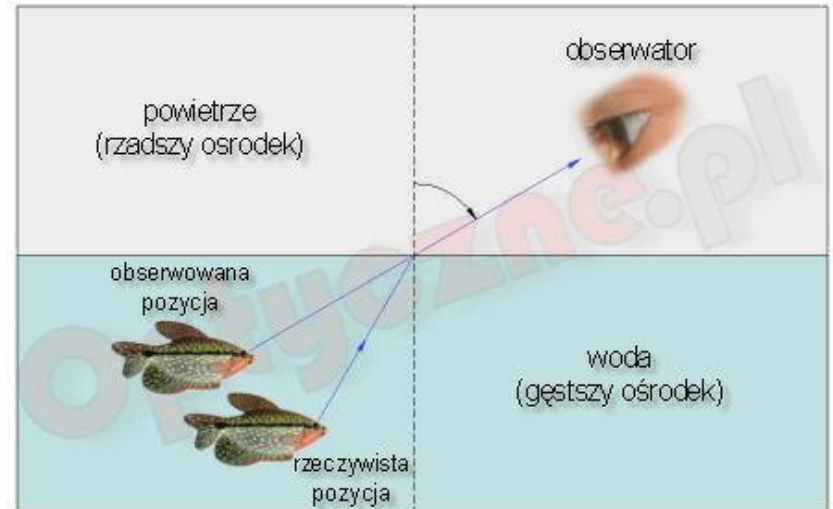


# Załamanie światła





# Załamanie światła







### III prawo załamania światła

"Jeżeli gdzieś wleci, to musi również wylecieć"

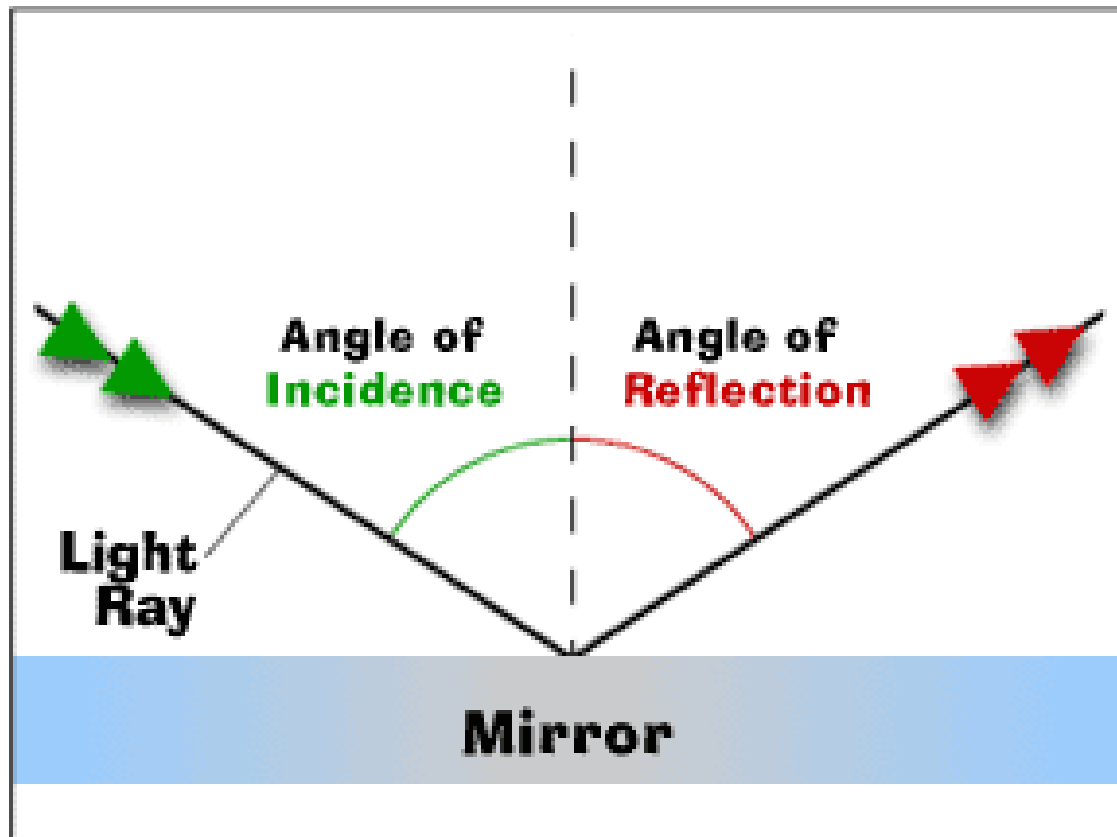


# *Załamanie światła - przykłady*





# *Odbicie światła*





# Spektroskopia/optyka

Cząsteczka może przyjmować tylko ściśle określone poziomy energetyczne a ich zmiana związana jest z pochłanianiem lub emitowaniem danego kwantu (porcji) energii.

Pochłanianie przez materię kwantu energii związane jest z **absorpcją** fali elektromagnetycznej

Oddanie zaabsorbowanej energii związane jest z **emisją** energii na dwa sposoby



# Spektroskopia/optyka

Oddziaływania te powodują zmianę energii wewnętrznej zgodnie z zasadą zachowania energii wyrażaną wzorem:

$$E = h \cdot \nu = hc/\lambda$$

E - zmiana energii

h - stała Plancka

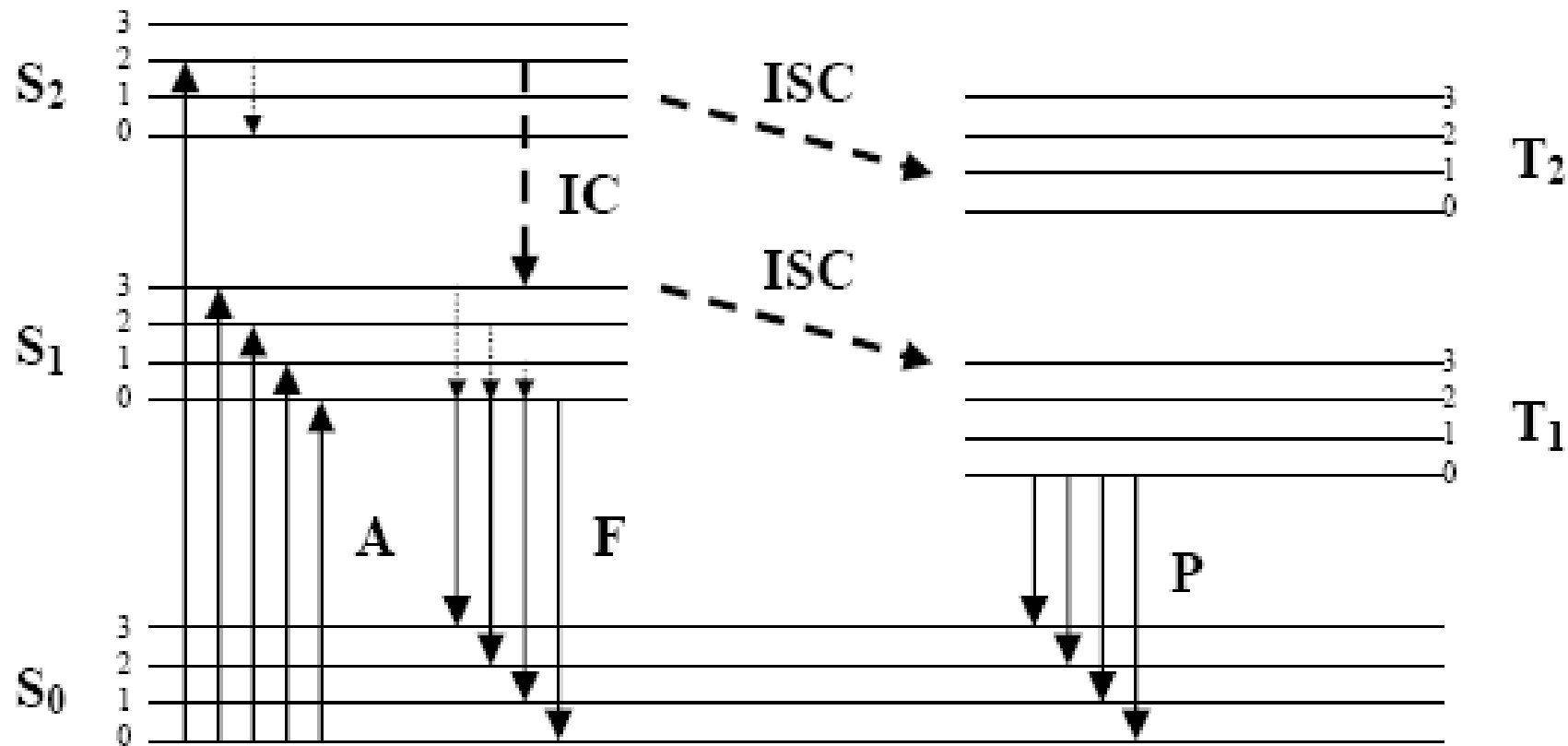
$\nu$  - częstotliwość

c - prędkość światła

$\lambda$  - długość fali promieniowania

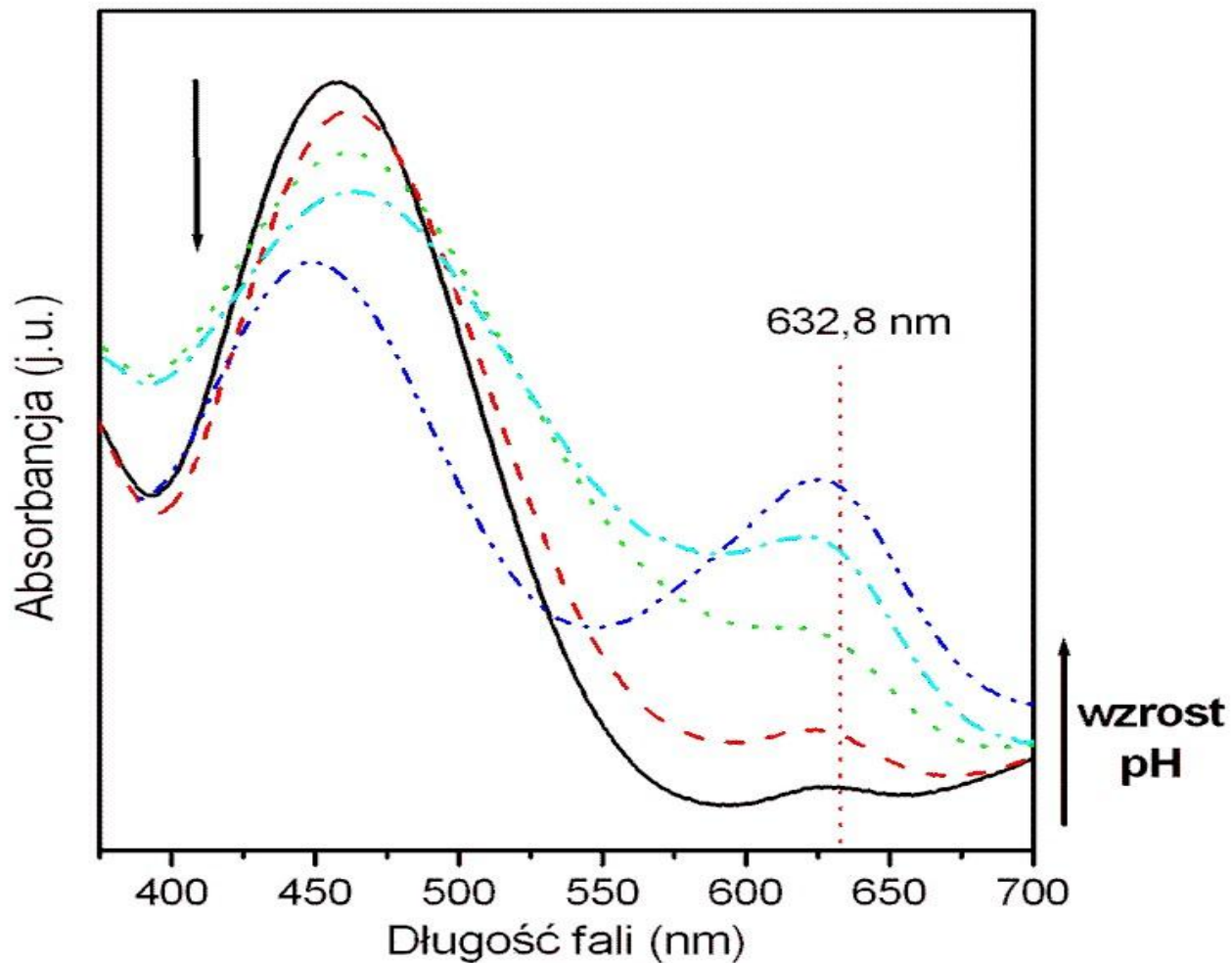


# Istota zjawiska





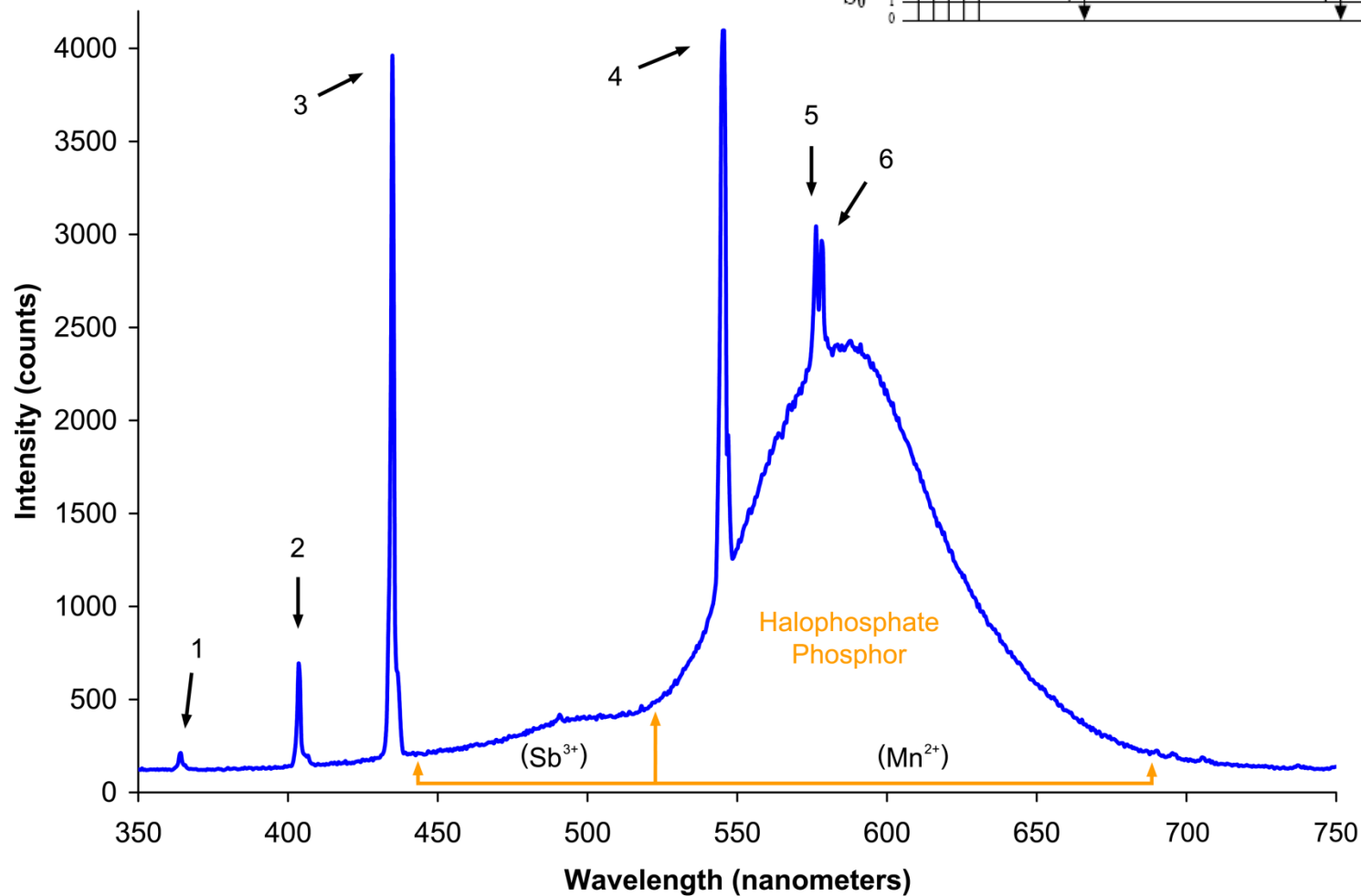
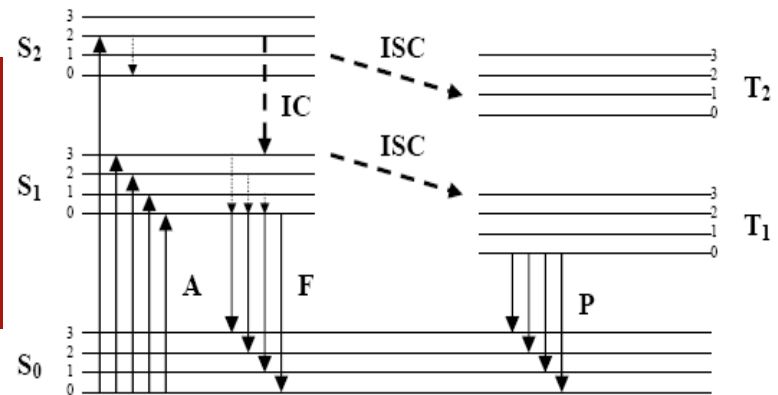
# Widmo absorpcyjne





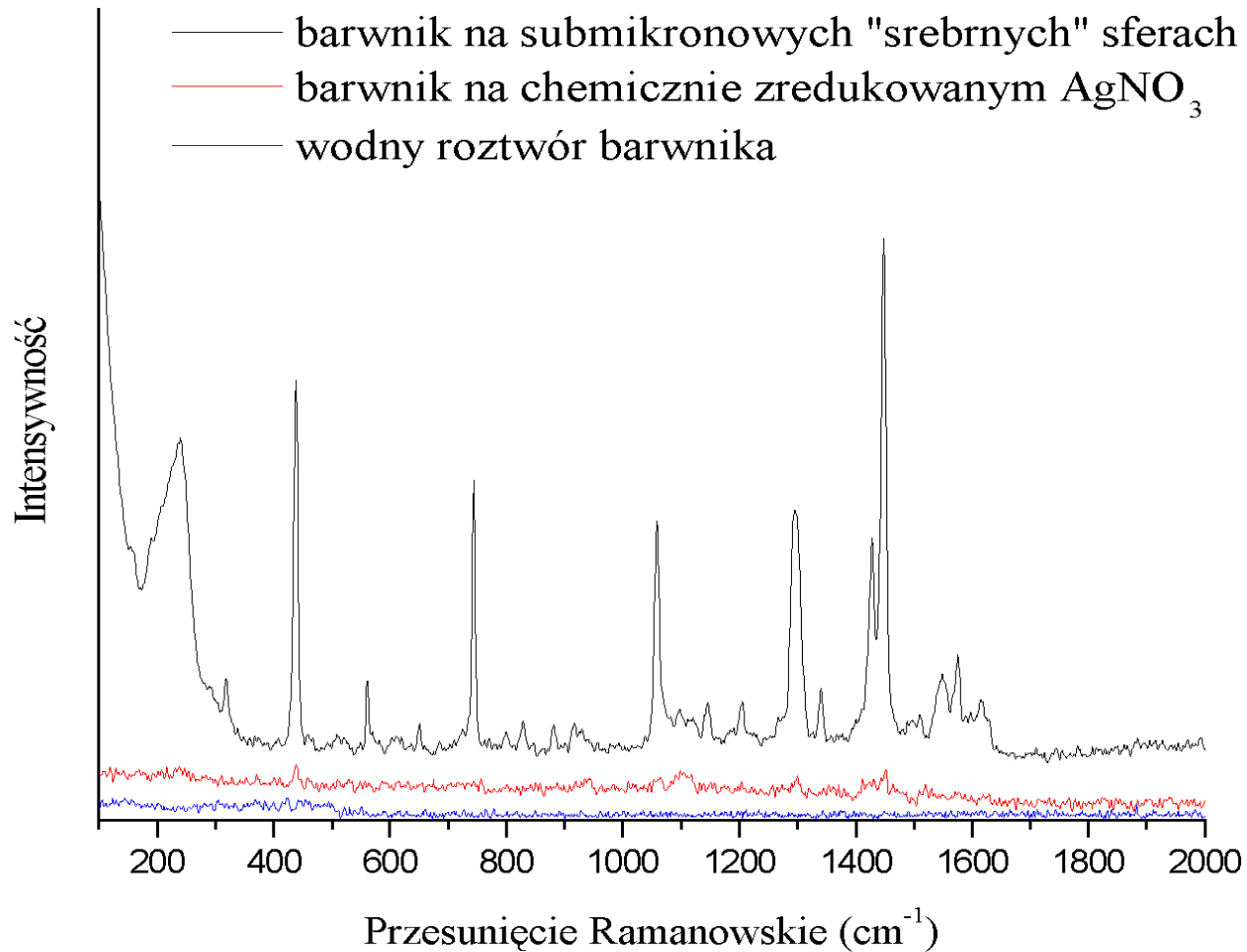


# Widmo

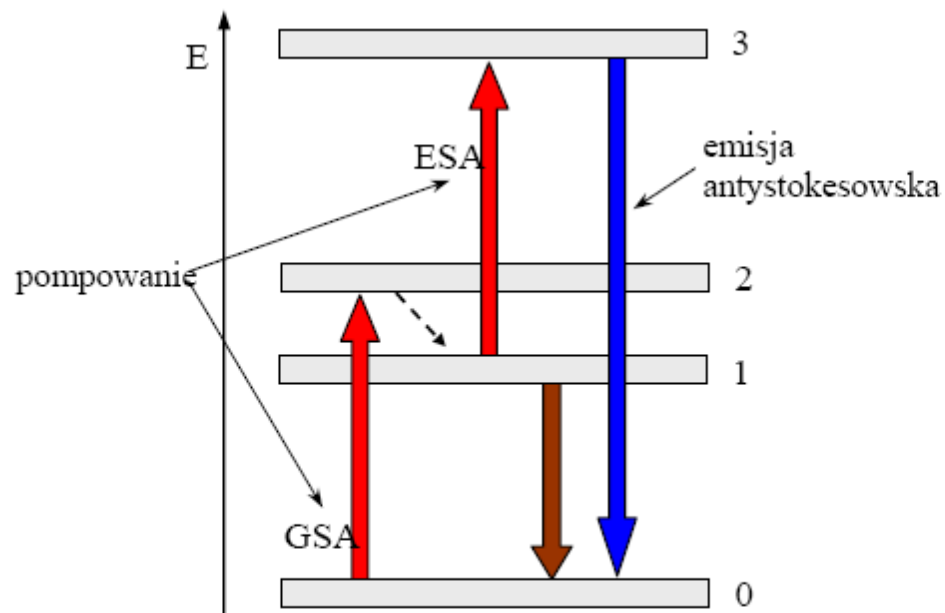




# *Widma rozproszenia Ramana próbek ze zredukowanym srebrem i kompleksem fenantroliny rutenu*



# Up-conwersja (widma antystokesowskie)



Schemat absorpcji ze stanu wzbudzonego prowadzącej do emisji antystokesowskiej.



# Instrumentalne metody badawcze

- Mikroskopia
- Dyfraktometria rentgenowska



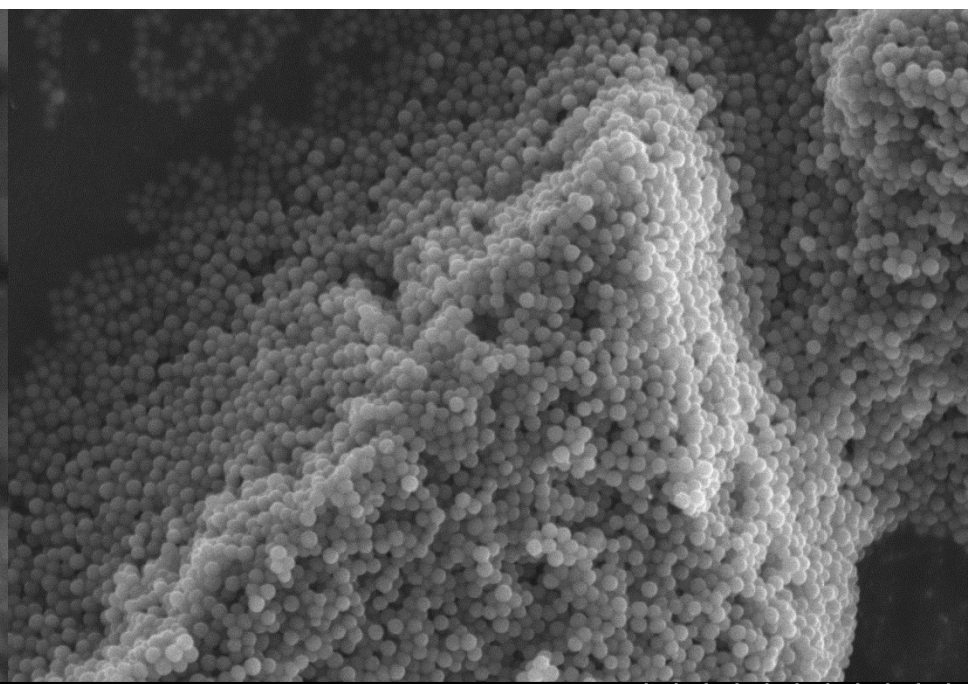
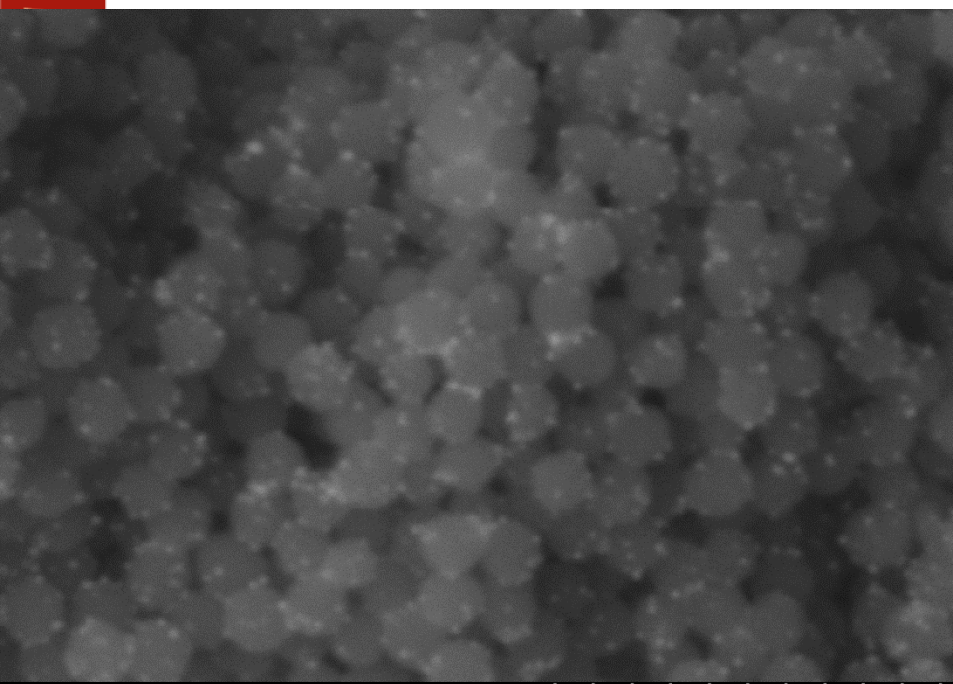
# Mikroskopia (zasada działania)

- Mikroskop optyczny
- Mikroskop elektronowy (skaningowy SEM, transmisyjny TEM)
- Mikroskop sił atomowych (AFM)
- Mikroskop konfokalny



# *Skaningowy mikroskop elektrony S-3400N*



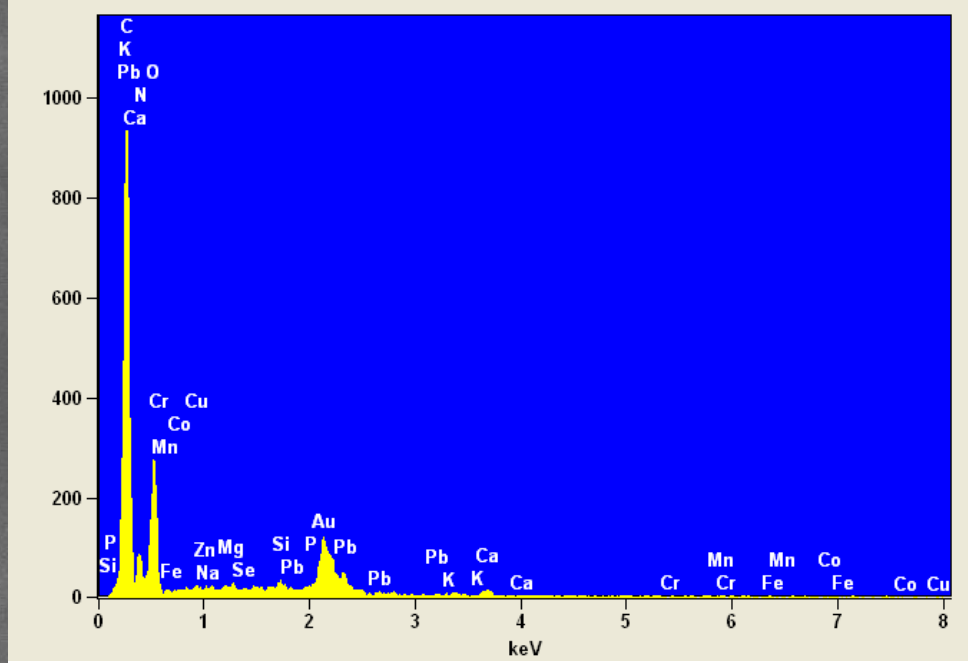


S3400 10.0kV 9.7mm x17.0k BSE3D 12/6/2012 3.00um

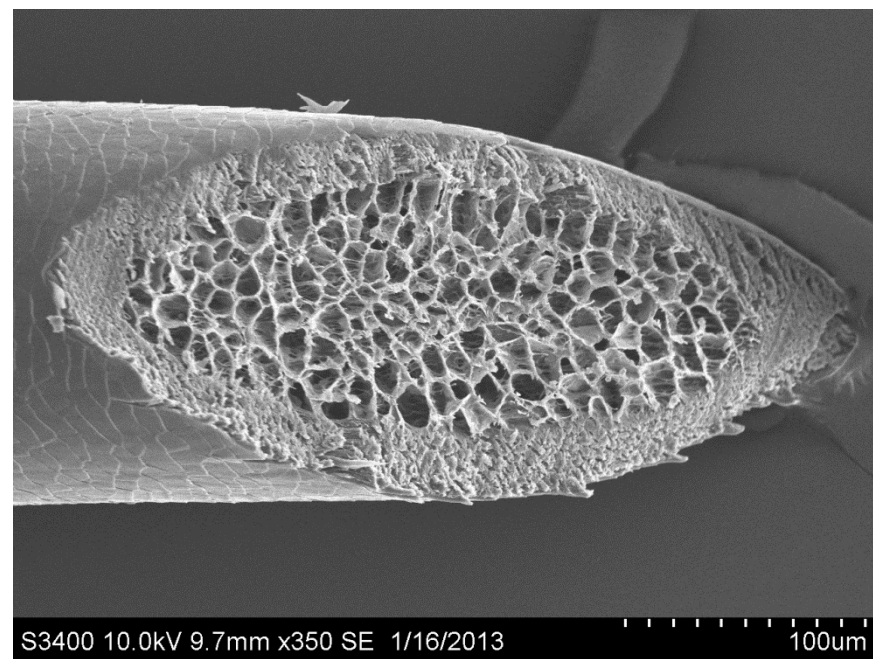
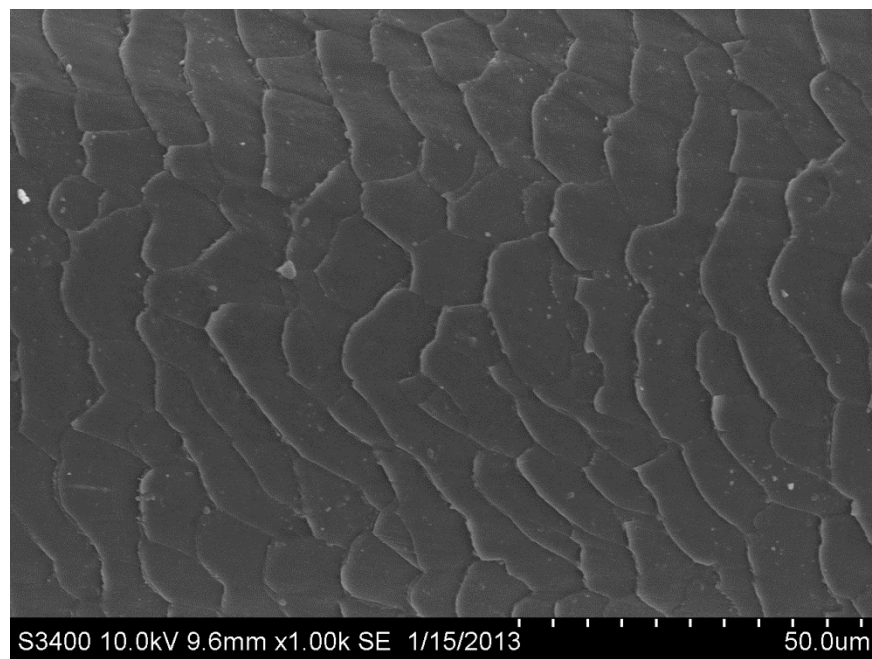
S3400 10.0kV 10.6mm x4.00k SE 12/6/2012 10.0um

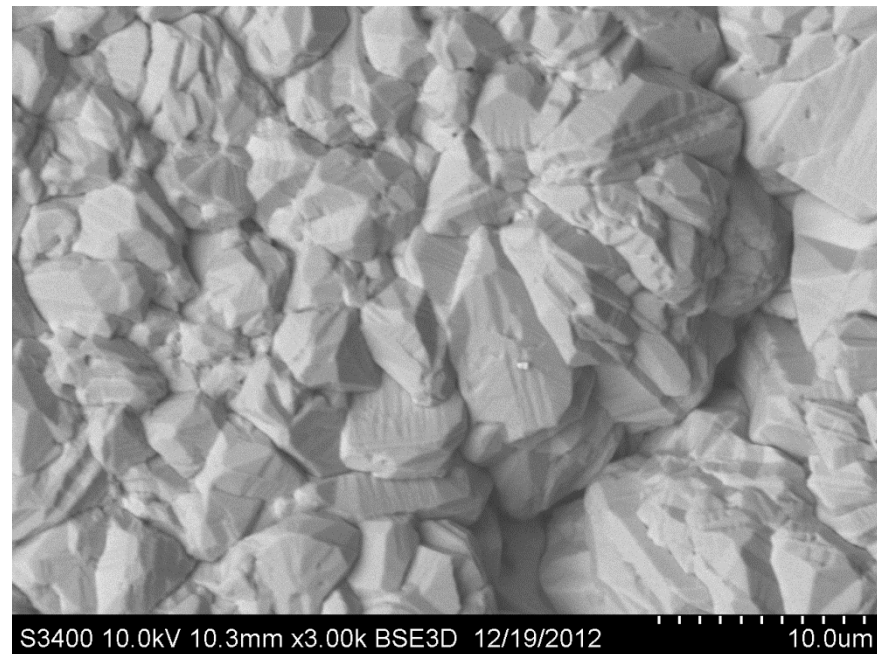
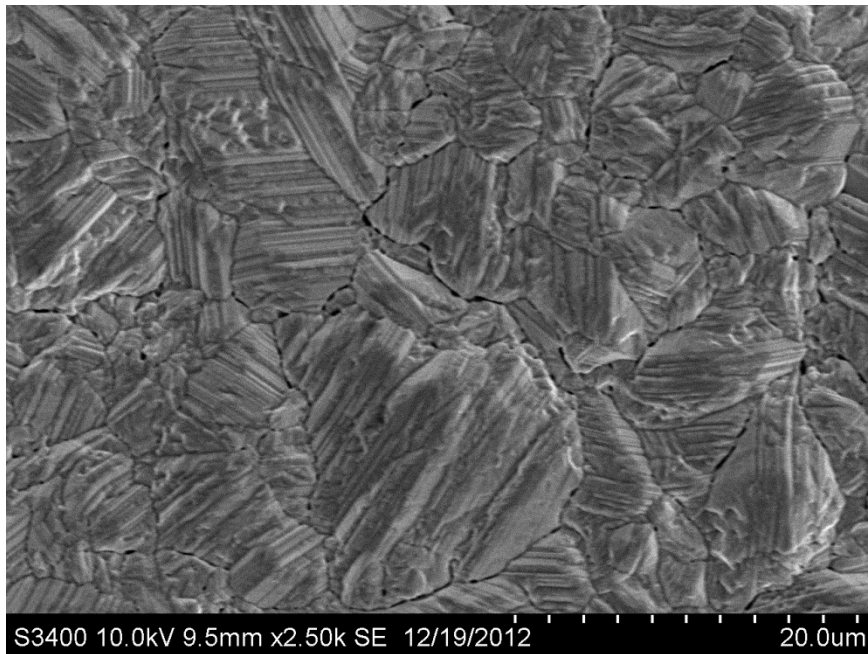
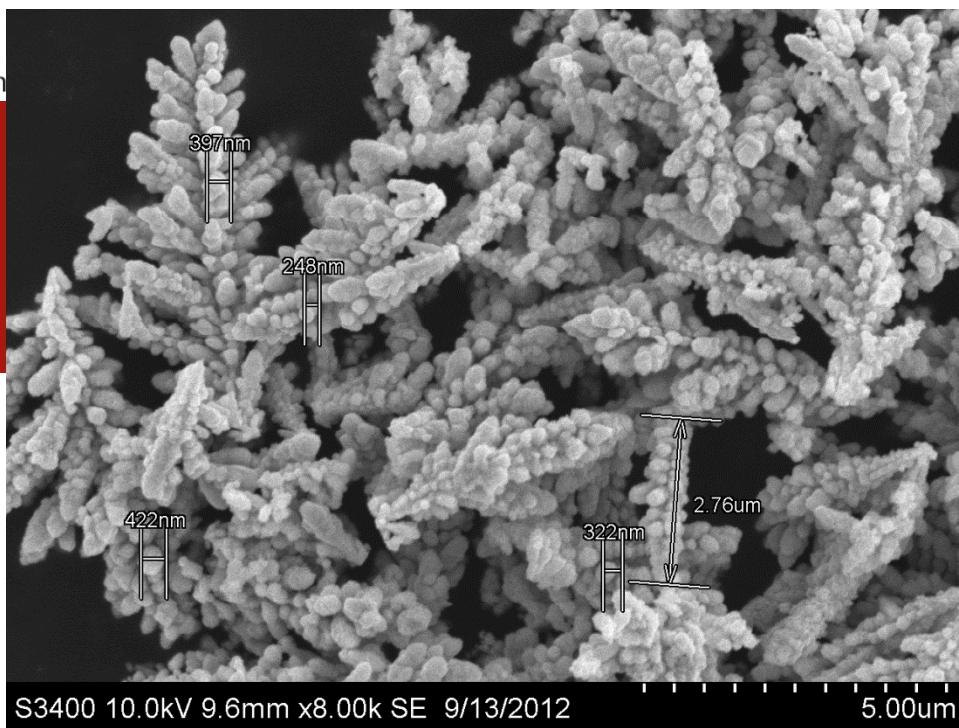


Full scale counts: 935 Base(1400)\_pt2



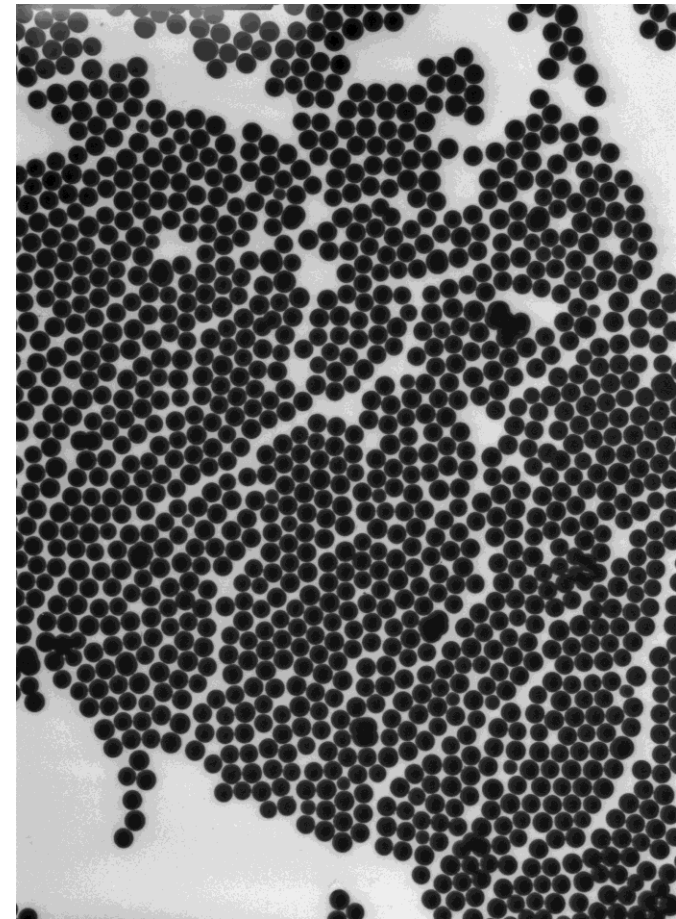
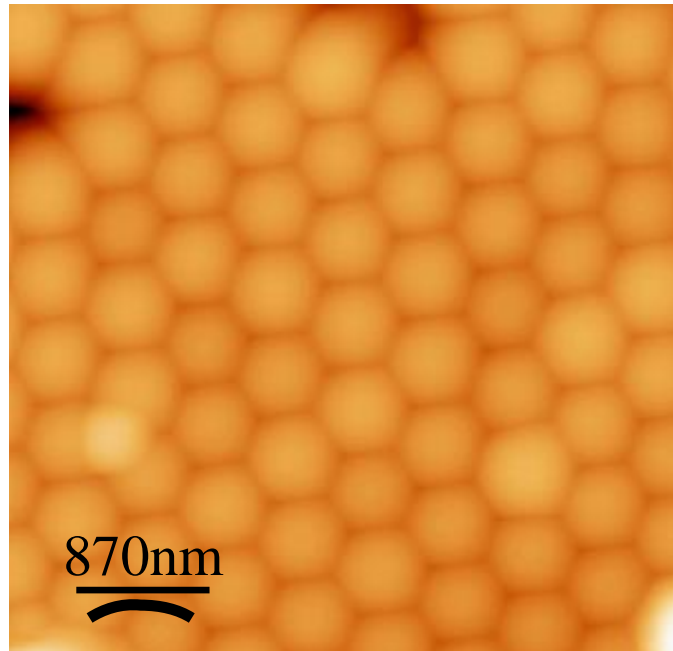
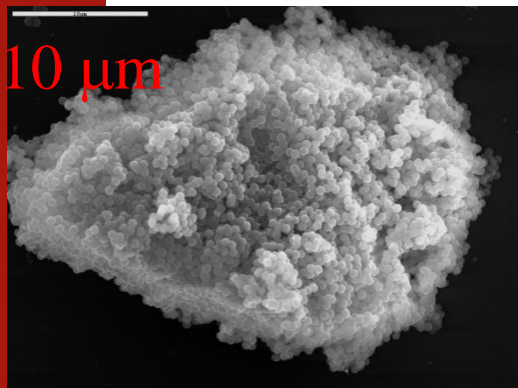
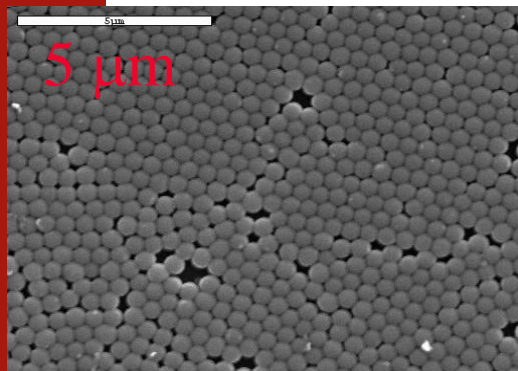








# Proszki – SEM, AFM, TEM





Wrocław University of Technology

*materiały węglowe*

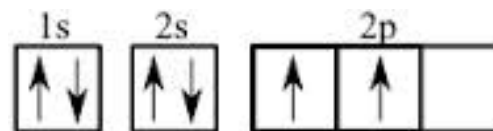
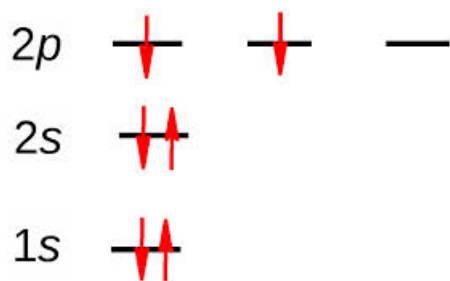
**Marek Jasiorski**



${}^6\text{C}$   
*Carboneum*

# Węgiel

Konfiguracja elektronowa:  $1s^2 2s^2 2p^2$





${}^6\text{C}$   
*Carboneum*

**Węgiel**

**Co to jest węgiel?**



${}^6\text{C}$   
*Carboneum*

# Węgiel

Diament

Fulereny

Grafit

Grafen

Nanorurki węglowe

Sadza

Antracyt

Węgiel kamienny/brunatny

Węgiel drzewny

Koks

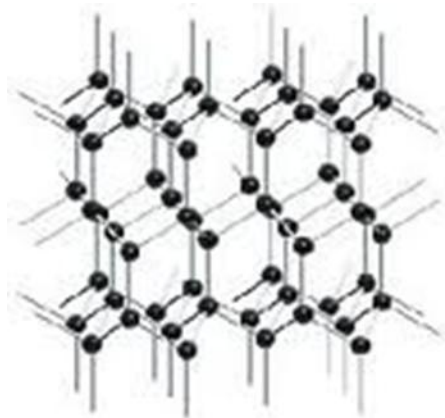




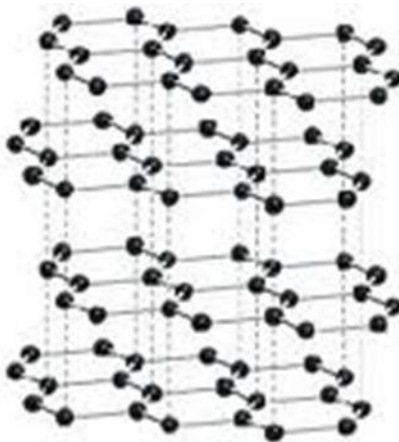
${}^6\text{C}$   
*Carboneum*

# Węgiel - struktury

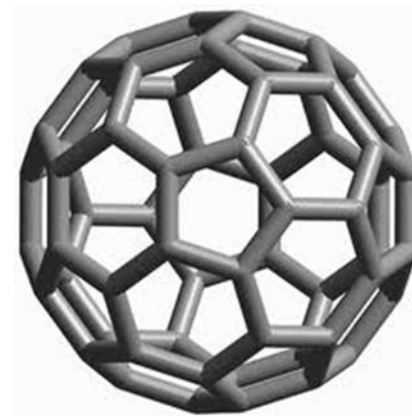
**Jakie mają właściwości i z czego one wynikają**



struktura diamentu



struktura grafitu

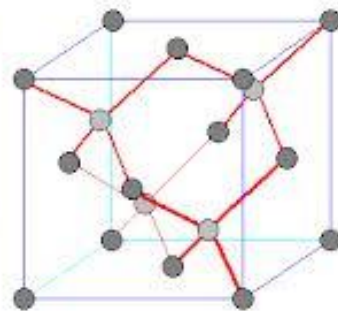
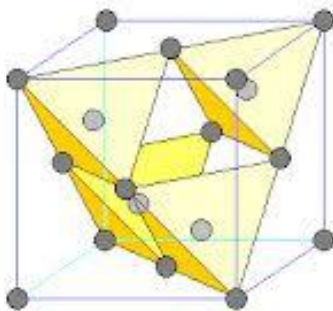




${}^6\text{C}$   
*Carboneum*

# Węgiel - diament

Bardzo duża przewodność cieplna diamentu daje możliwość zastosowania tego materiału do odprowadzania ciepła w układach elektronicznych.



Obecnie pracuje się nad urządzeniami elektronicznymi opartymi na syntetycznych diamentach. Domieszkowanie tego izolatora **azotem** pozwala uzyskać dużą przewodność. Domieszki nie są w tym przypadku wprowadzane do sieci krystalicznej, ale są umieszczane między nanocząstkami ziaren węgla i dzięki temu nie ulegają przemianie w grafit.

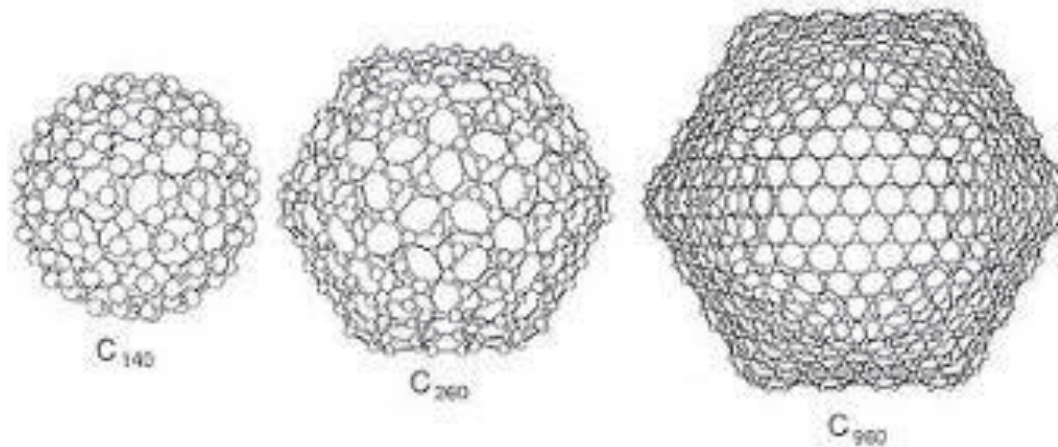


${}^6\text{C}$   
*Carboneum*

# Fulereny - synteza

Sir Harold Walter Kroto, rok 1985

Fulereny zostały odkryte w 1985 roku podczas odparowywania grafitu w gazie szlachetnym pod niskim ciśnieniem. Stwierdzono, że w wysokiej temperaturze tworzy się obok węgla atomowego forma jego klasterów.



Oczyszczanie fulerenów polega na ekstrakcji ich z sadzy przy użyciu rozpuszczalników organicznych takich jak benzen czy toluen (barwa)



<sup>6</sup>C  
Carboneum

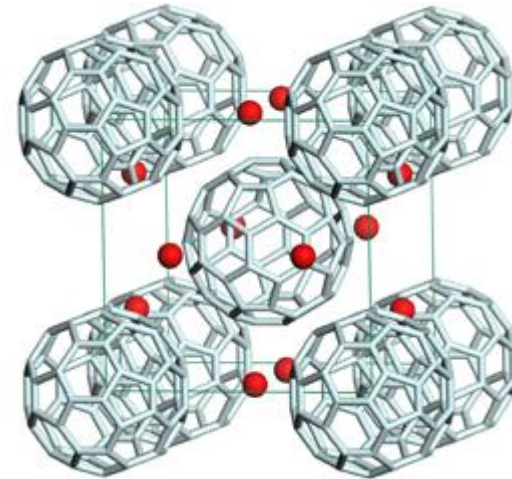
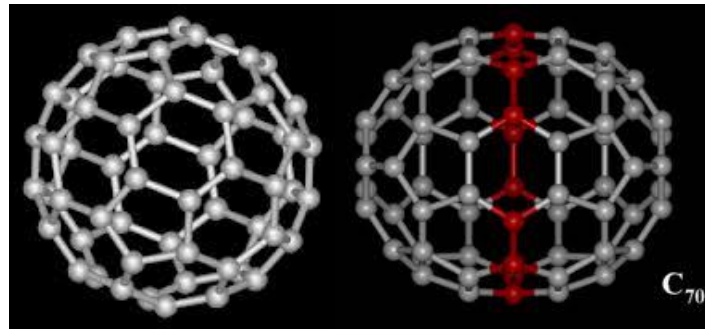
# Węgiel – fulereny/fuleryt

Najbardziej typowy jest fuleren  $C_{60}$ , (zaraz obok  $C_{70}$ ), który ma strukturę klatkową zbudowaną z 12 pierścieni pentagonalnych i 20 pierścieni heksagonalnych. Ilość pierścieni heksagonalnych zgodna jest z twierdzeniem Eulera o izolacji pięciokątów i sprzężonych z nimi sześciokątów dla struktur zamkniętych:

$$m = (n - 20)/2, \text{ gdzie:}$$

m - ilość sześciokątów,

n - ilość równocennych atomów węgla



Cząsteczki tworzące kryształ są pustymi wewnątrz, symetrycznymi wielościanami składającymi się z kilkudziesięciu do kilkuset atomów węgla. Najbardziej trwałe fullereny to:  $C_{32}$ ,  $C_{44}$ ,  $C_{50}$ ,  $C_{58}$ ,  $C_{60}$ ,  $C_{70}$ ,  $C_{240}$ ,  $C_{540}$ ,  $C_{960}$ .

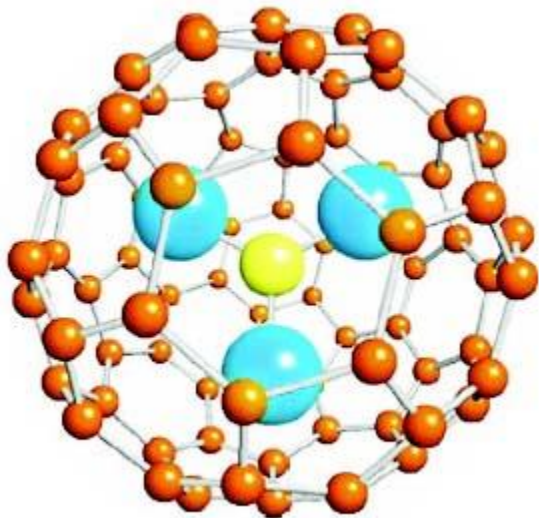


${}^6\text{C}$   
*Carboneum*

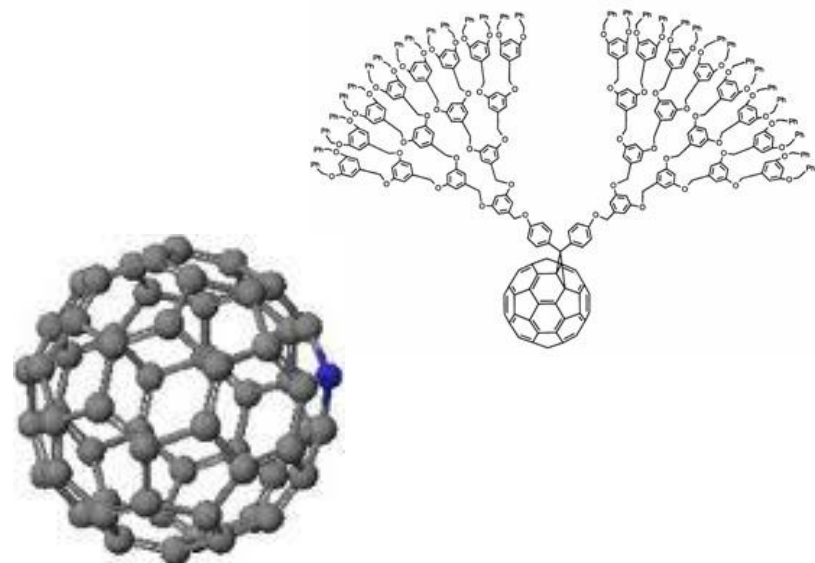
# Fulereny - modyfikacje

## Chemia fulerenów

endohedralna  
metalofulereny



egzohedralna





<sup>6</sup>C  
*Carboneum*

# fulereny – wybrane właściwości

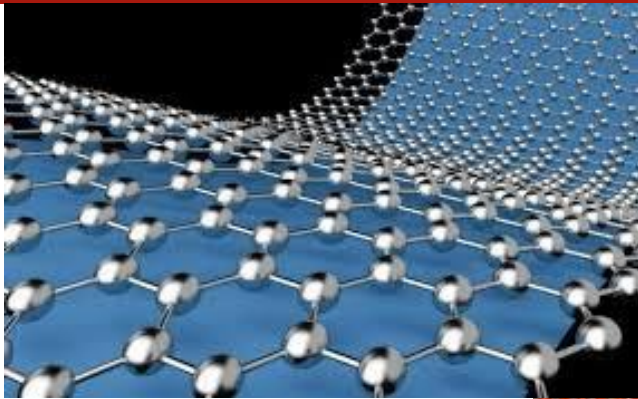
Fulereny znane są jako „gąbki rodnikowe”

Fulereny są bardzo dobrymi antyoksydantami, które reagują z rodnikami – mogą być stosowane w medycynie (zapobieganie zniszczeń i śmierci komórek w wyniku procesu utleniania), kosmetologii (kremy, żele), przemysł spożywczy (zapobieganie procesom psucia się żywności), rozkład tworzyw sztucznych czy zapobieganie korozji metali.



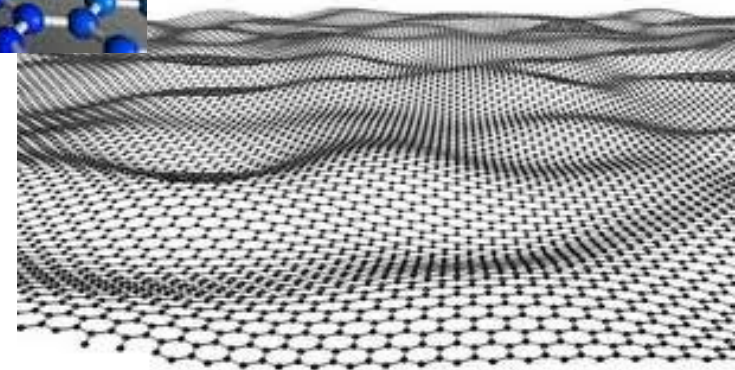
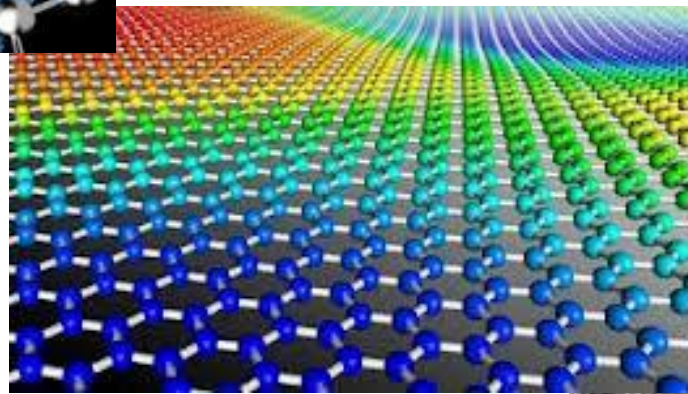


# Grafen



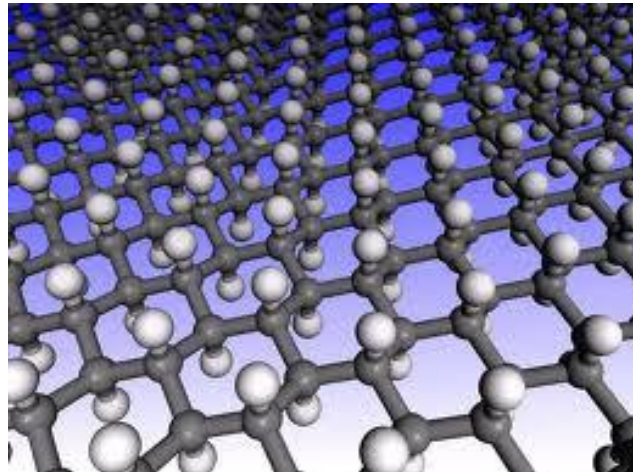
Monowarstwa atomowa  
100 razy twardszy od stali  
30 razy szybciej przewodzi prąd niż krzem (mikroprocesory)

Węglowodór?



# Grafen/grafan

Nowy materiał – **grafan**, będący modyfikacją grafenu powstał w wyniku jego połączenia z wodorem.



Uzupełnienie sieci atomów węgla atomami wodoru nie zmieniło dwuwymiarowej struktury, jednak diametralnie zmieniło jego właściwości. Nowy materiał (grafan), w przeciwieństwie do dobrego przewodnika, jakim jest grafen, stał się izolatorem. Oprócz efektu w postaci nowego materiału odkrycie grafanu dowiodło, że grafen można modyfikować chemicznie.

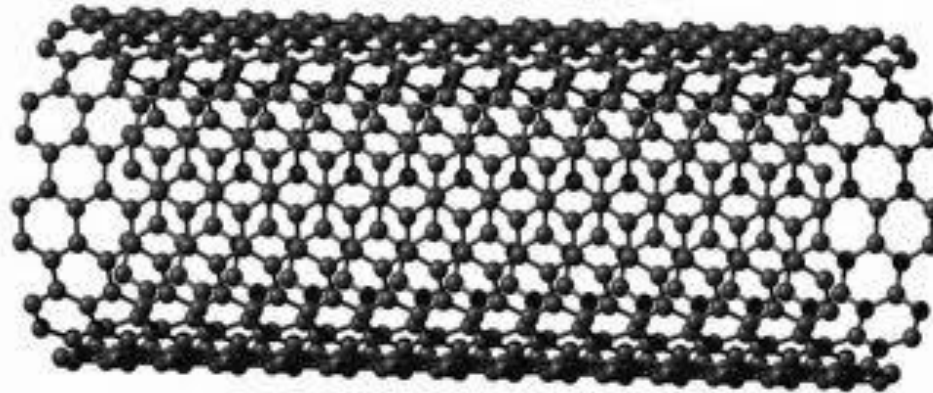




${}^6\text{C}$   
*Carboneum*

# Nanorurki węglowe (1991)

charakteryzują się wyjątkowymi właściwościami chemicznymi – wysoka odporność na działanie chemikaliów, mechanicznymi - duża sztywność i wytrzymałość a także właściwościami optycznymi czy magnetycznymi.

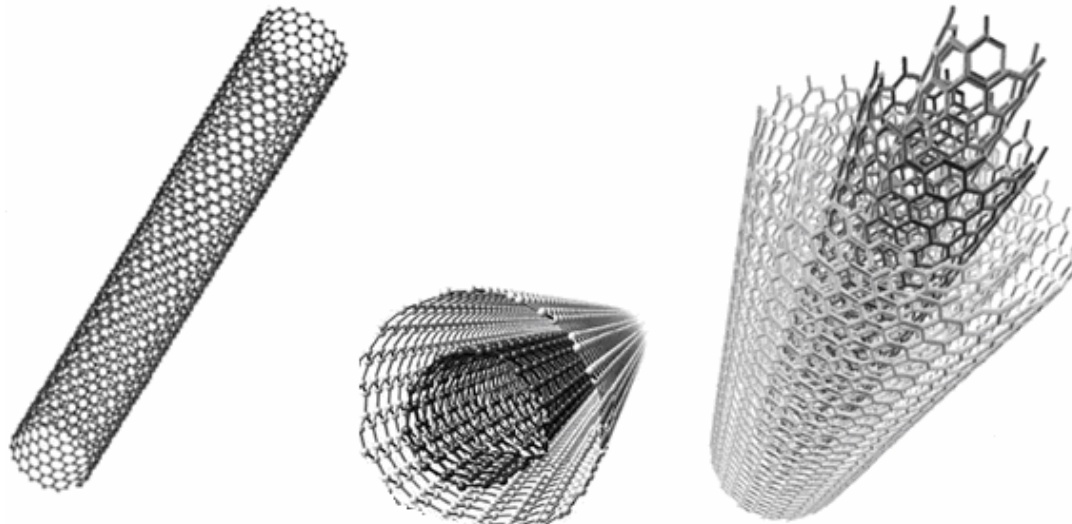


Właściwości elektryczne. Z punktu widzenia zastosowania nanorurek w elektronice kluczowa okazuje się jednak zdolność do przewodzenia prądów o bardzo dużych gęstościach, znacznie przekraczających możliwości innych przewodników.

# Nanorurki węglowe

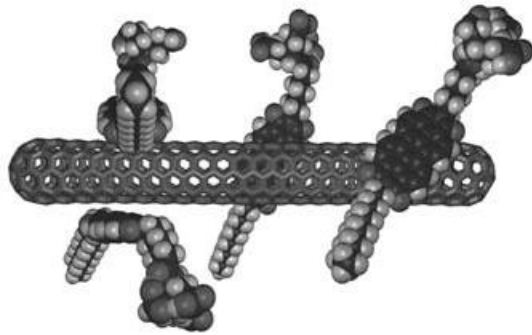
Wytrzymałość nanorurek węglowych na rozciąganie jest 50 – 100 razy większa niż dla stali, jednocześnie masa nanorurek jest sześciokrotnie mniejsza.

Podczas rozciągania długość nanorurki może powiększyć się do 40 % bez naruszenia jej konstrukcji! Charakteryzują się dużą elastycznością i sprężystością co umożliwia ich zginanie, skręcanie czy ściskanie.

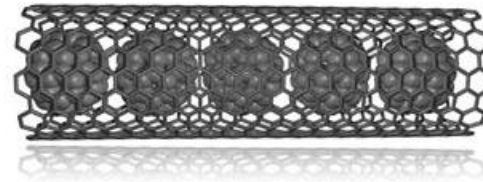




# Nanorurki węglowe



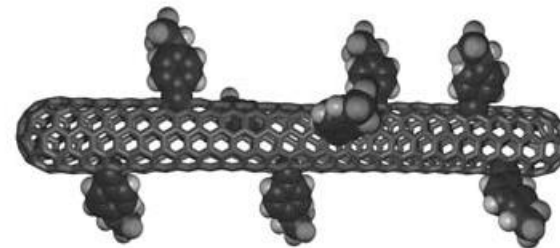
a) Funkcjonalizacja niekowalencyjna



b) Funkcjonalizacja endohedralna



c) Funkcjonalizacja defektów



d) Funkcjonalizacja ścian bocznych



# Nanorurki – wybrane zastosowania

- Znakomite właściwości sorpcyjne (wychwytywanie różnych związków występujących w śladowych ilościach w fazie ciekłej i gazowej - czujniki (sensory) gazów i śladowych ilości zanieczyszczeń,
- Nośniki katalizatorów (przemysł chemiczny) i elektrokatalizatorów (ogniwa paliwowe, samoczyszczące się powierzchnie), fotoogniwa (ogniwa słoneczne),
- Membrany filtracyjne (ochrona środowiska),
- Materiały elektrodowe (baterie litowe),
- Wypełniacze materiałów kompozytowych.