



Wrocław University of Technology

## WYKŁAD 5

### *Materiały węglowe*

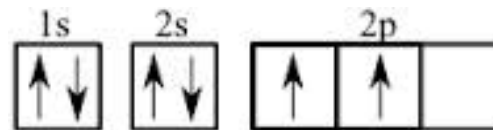
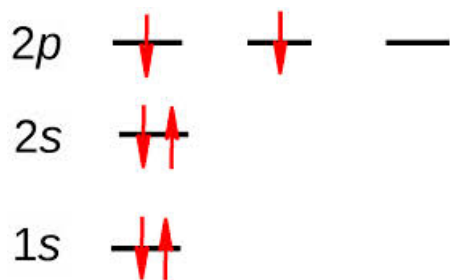
*Marek Jasiorski*



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

# Węgiel

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





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

**Węgiel**

**Co to jest węgiel i jaki jest?**



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

# Węgiel

Diament

Fulereny

Grafit

Grafen

Nanorurki węglowe

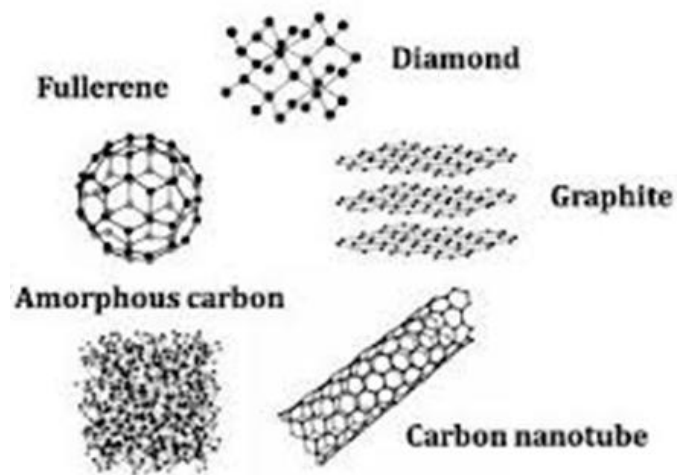
Sadza

Antracyt

Węgiel kamienny/brunatny

Węgiel drzewny

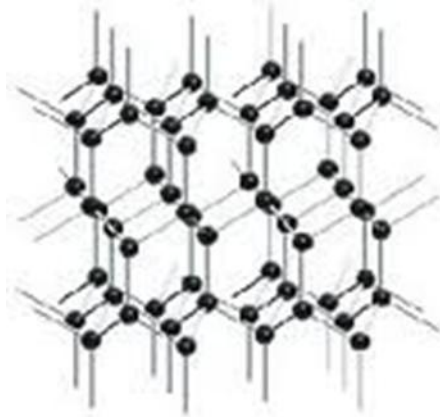
**Problem językowy i merytoryczny:**  
po polsku: węgiel (kopalny i pierwiastkowy)  
po angielsku: coal (kopalny) carbon (pierwiastkowy)



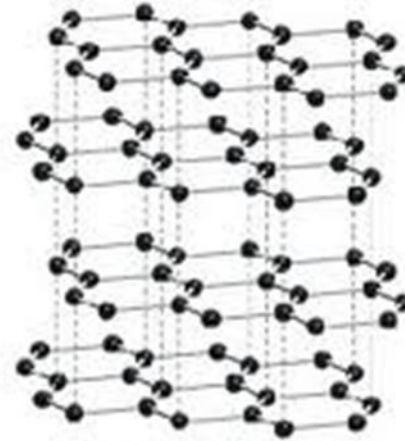


${}^6\text{C}$   
*Carboneum*

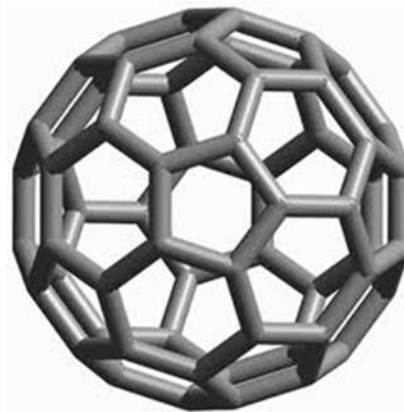
# Węgiel - struktury



struktura diamentu



struktura grafitu

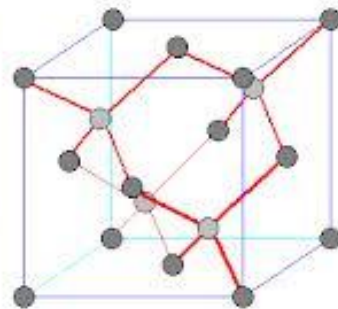
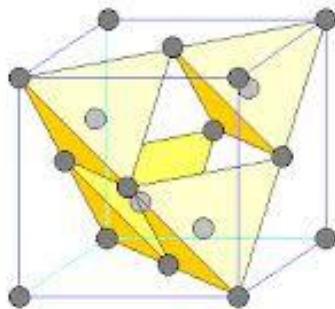




${}^6\text{C}$   
*Carboneum*

# 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.

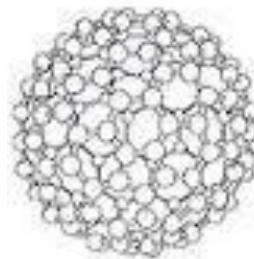
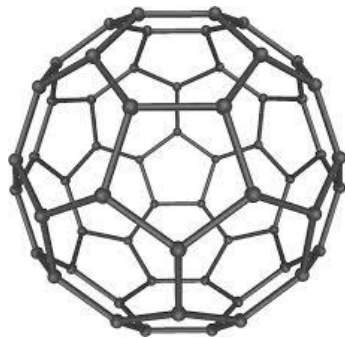


${}^6\text{C}$   
Carboneum

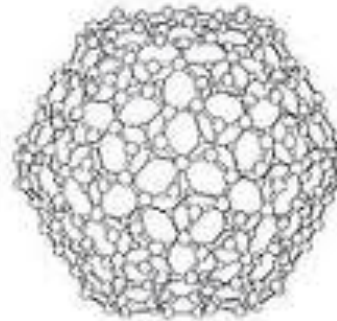
# Fulereny - synteza

*Sir Harold Walter Kroto, rok 1985*

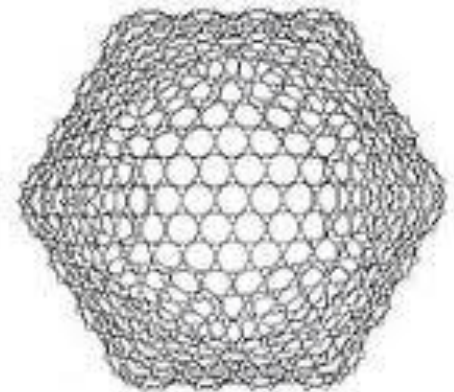
Fulereny zostały odkryte w 1985 roku podczas odparowywania grafitu w gazie szlachetnym pod niskim ciśnieniem.



$\text{C}_{140}$



$\text{C}_{260}$



$\text{C}_{960}$

Fulereny są produkowane przy użyciu łuku elektrycznego (niewielkie ilości, brak selektywności tworzenia struktur, problemy z oczyszczaniem) lub osadzania z fazy gazowej np. odparowując grafit w atmosferze helu za pomocą wiązki światła laserowego.

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



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

# Węgiel – fulereny/fuleryt

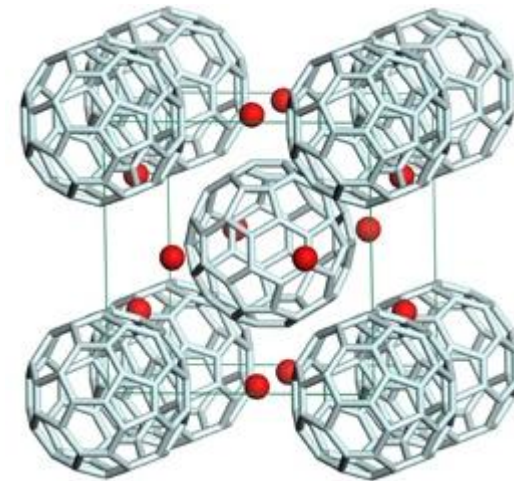
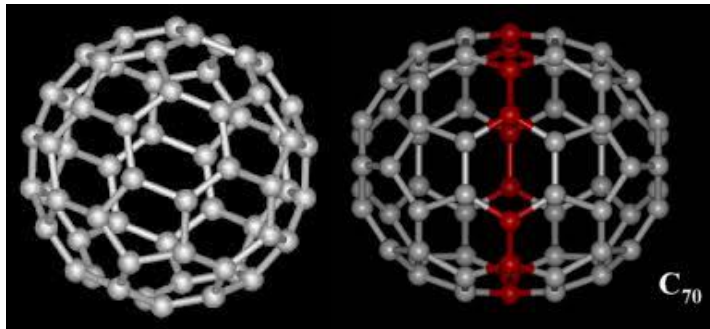
która forma tak naprawdę jest odmianą alotropową?

Najbardziej typowy jest fuleren  $\text{C}_{60}$ , (obok  $\text{C}_{70}$ ). 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:  $\text{C}_{32}$ ,  $\text{C}_{44}$ ,  $\text{C}_{50}$ ,  $\text{C}_{58}$ ,  $\text{C}_{60}$ ,  $\text{C}_{70}$ ,  $\text{C}_{240}$ ,  $\text{C}_{540}$ ,  $\text{C}_{960}$ .



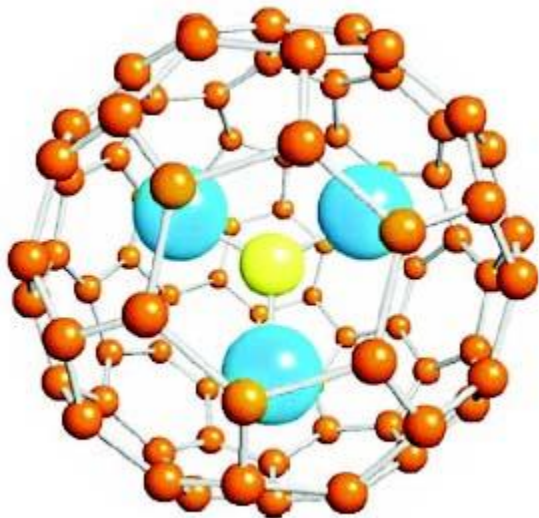


${}^6\text{C}$   
*Carboneum*

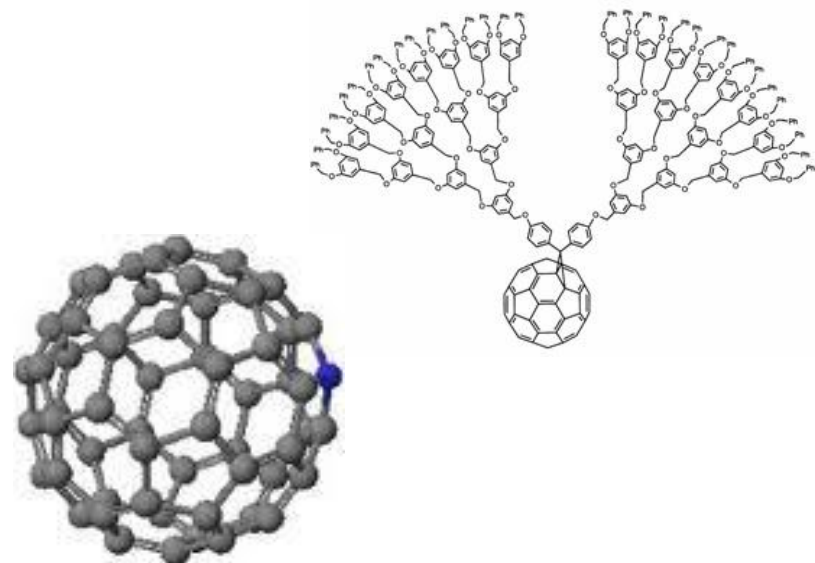
# Fulereny - modyfikacje

## Chemia fulerenów

endohedralna  
metalofulereny



egzohedralna





<sup>6</sup>C  
Carboneum

# fulereny – wybrane właściwości

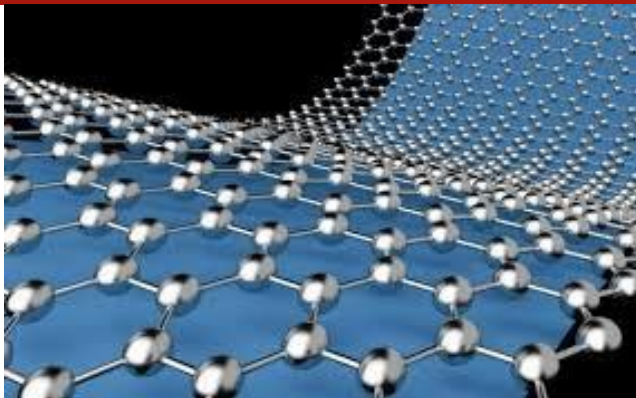
Fulereny są bardzo dobrymi antyoksydantami, które reagują z rodnikami – mogą być stosowane w medycynie (śmierć komórek w wyniku procesu utleniania), kosmetologii (kremy, żele), przemysł spożywczy (zapobieganie procesom psucia się żywności), rozkład tworzyw sztucznych czy zapobieganie korozji metali.

Fulereny znane są jako „gąbki rodnikowe” - cząsteczka fulerenu potrafi zneutralizować duże ilości wolnych rodników.

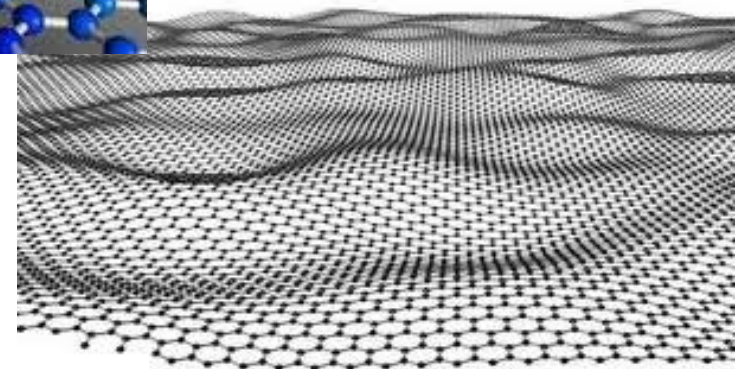
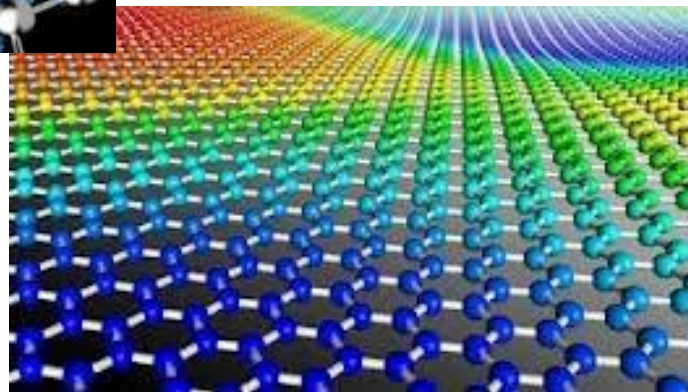


# Grafen

czy te grafiki są na pewno prawdziwe i mają



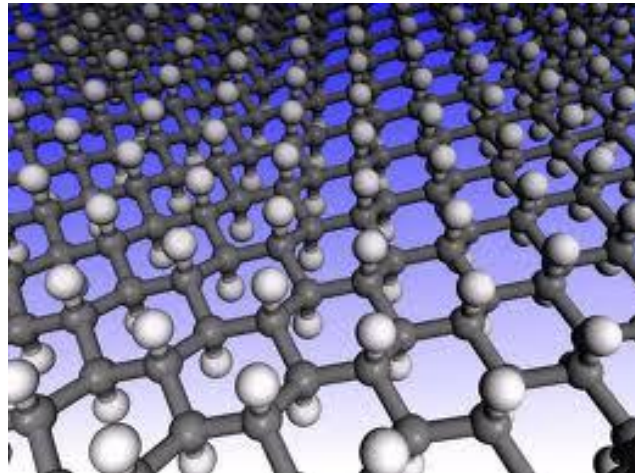
Monowarstwa atomowa  
100 razy twardszy od stali  
30 razy szybciej przewodzi prąd niż krzem (mikroprocesory)  
Węglowodór ??





# Grafen/grafan

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



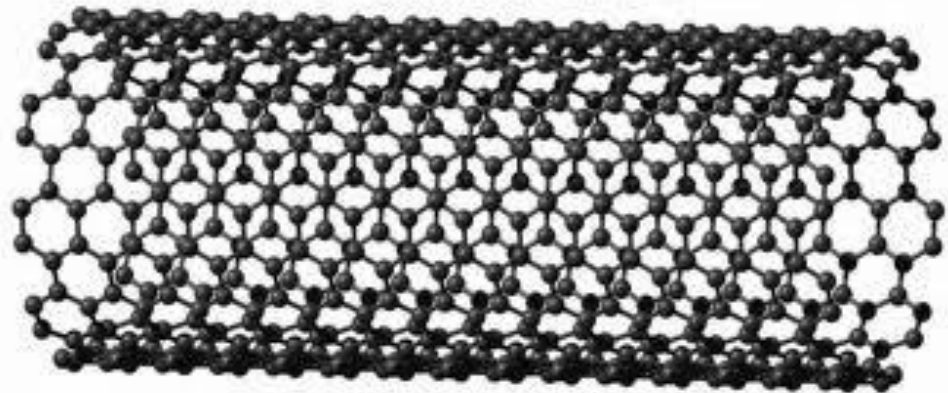
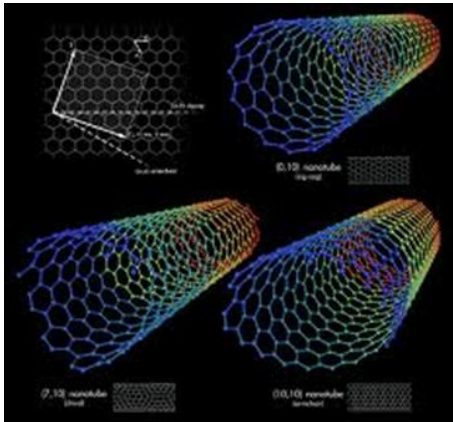
Nowy materiał (grafan), w przeciwieństwie do dobrego przewodnika, jakim jest grafen, stał się izolatorem. Oprócz efektu w postaci nowego materiału odkrycie grafanu dowiodło, że grafen można modyfikować chemicznie na różne sposoby.



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

# Nanorurki węglowe (1991)

charakteryzują się wyjątkowymi właściwościami chemicznymi – wysoka odporność mechaniczna - duża sztywność i wytrzymałość.



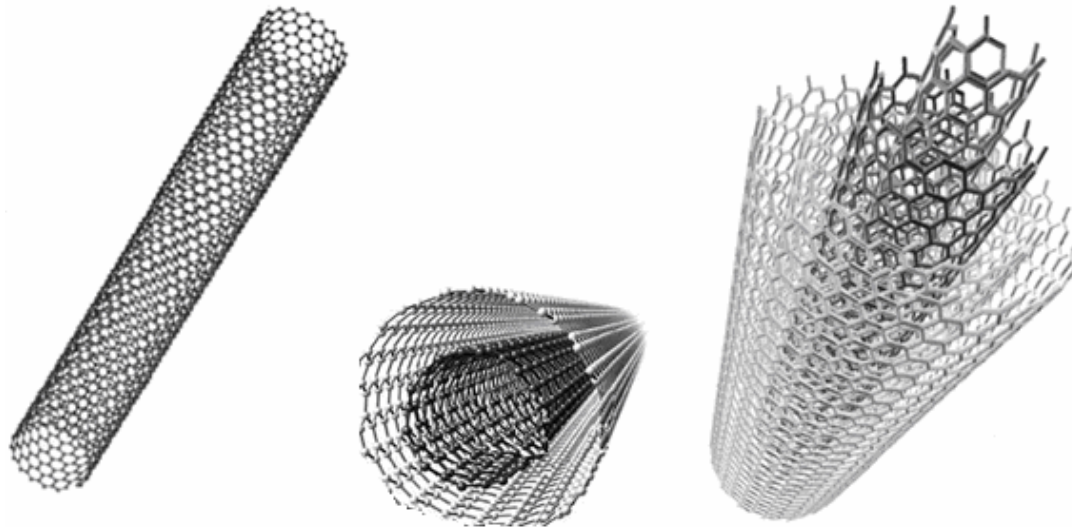
Właściwości elektryczne nanorurek zależą od ich średnicy, domieszek i stopnia skręcenia (półprzewodnik lub przewodnik). Nanorurki charakteryzuje bardzo dobra przewodność cieplna. Z punktu widzenia zastosowania nanorurek w elektronice kluczowa okazuje się jednak zdolność do przewodzenia prądów o bardzo dużych gęstościach, znacznie przekraczających możliwości innych przewodników.



# Nanorurki węglowe

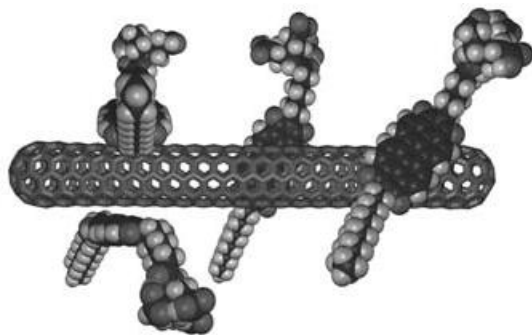
Wytrzymałość nanorurek węglowych na rozciąganie jest 50 – 100 razy większa niż dla stali, jednocześnie masa nanorurek jest sześciokrotnie mniejsza.

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.

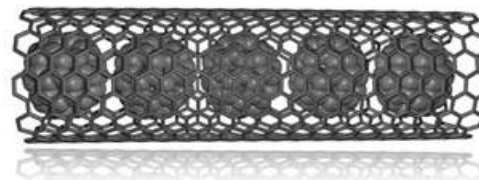




# Nanorurki węglowe



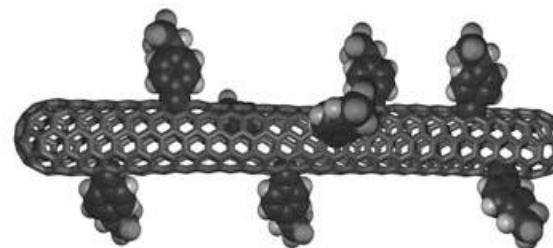
a) Funkcjonalizacja niekowalencyjna



b) Funkcjonalizacja endohedralna



c) Funkcjonalizacja defektów



d) Funkcjonalizacja ścian bocznych



# Nanorurki – wybrane zastosowania

**Należy pamiętać, że nanorurka to tylko kształt i wymiar a nie materiał!!  
Mogą być węglowe, ceramiczne, polimerowe lub węglowe**

- 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.