

NOWOCZESNE TECHNIKI BADAWCZE W INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ

Wykład 1
Beata Grabowska, pok. 84A, Ip
godziny konsultacji: **czwartki 8.00 – 9.30**
<http://home.agh.edu.pl/~graboska/>

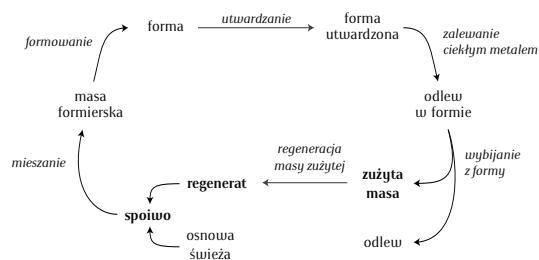
NOWOCZESNE TECHNIKI BADAWCZE W INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ

Materiałoznawstwo –
nauka o materiałach
(budowie, właściwościach i
metodach badań)

Inżynieria materiałowa –
nauka o kształtowaniu
właściwości materiałów przez
zmianę struktury.

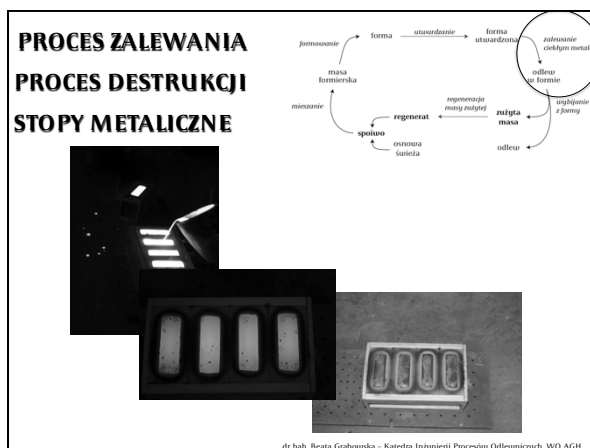
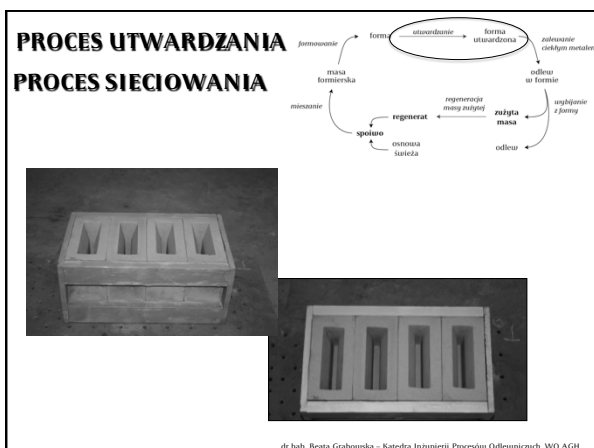
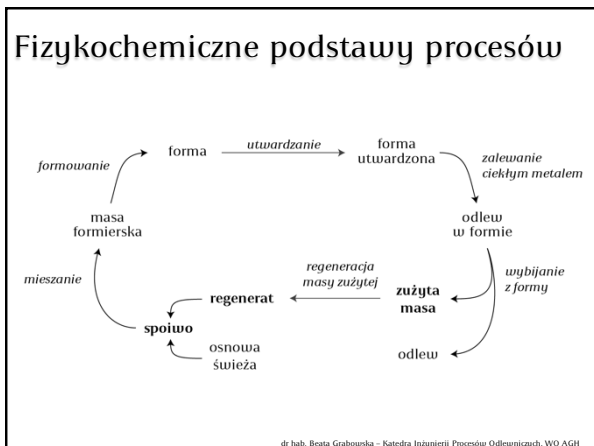
TECHNIKI/METODY BADAWCZE
w inżynierii materiałowej

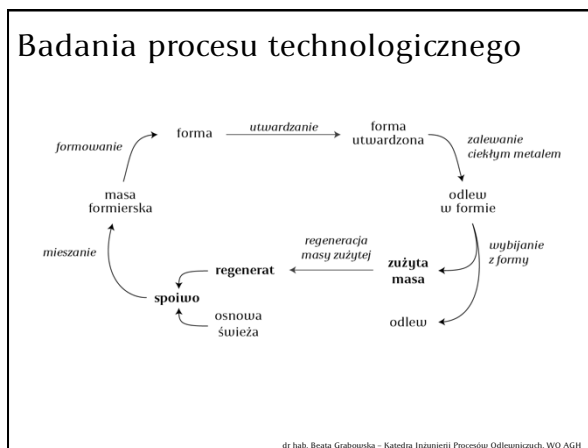
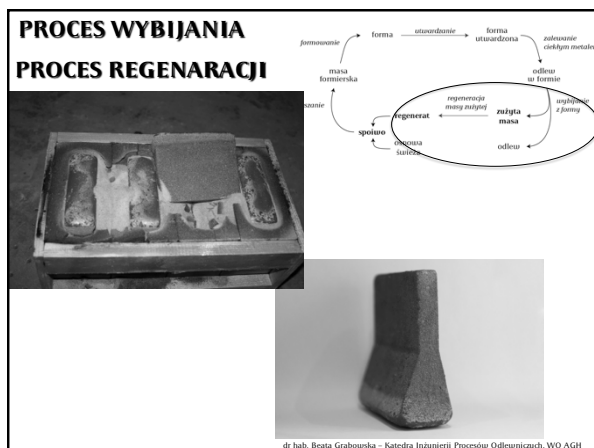
Fizykochemiczne podstawy procesów



Materiały w inżynierii odlewniczej

- Składniki mas formierskich
- Materiały pomocnicze
- Metale, stopy, kompozyty





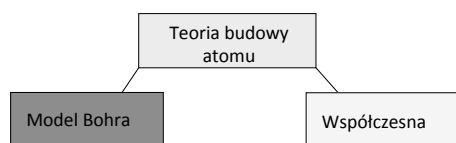
Charakterystyka Materiałów

- Materia i jej składniki
- Główne grupy materiałów inżynierskich
- Dobór materiałów

Materia

Teorie budowy atomu

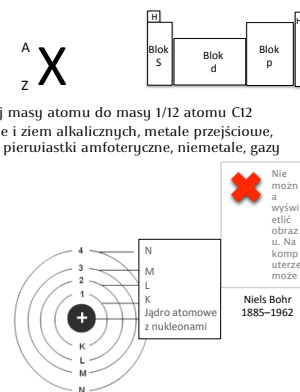
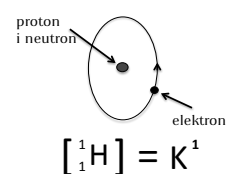
- Ponad 300 cząstek, złożonych z 6 kwarków i 6 leptonów
- Najważniejsze: elektrony i neutrina (leptony), protony i neutrony (nukleony)
- Atomy: jądra i elektrony
- Pierwiastki chemiczne: zbiory atomów o jednakowych ładunkach jąder



Teoria klasyczna

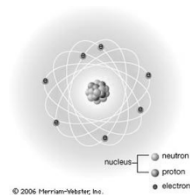
- Liczba masowa
- Liczba atomowa
- Masa atomowa: stosunek średniej masy atomu do masy 1/12 atomu C12
- Układ okresowy: metale alkaliczne i ziem alkalicznych, metale przejściowe, metale ziem rzadkich, aktywnowce, pierwiastki amfoteryczne, niemetale, gazy szlachetne

MODEL ATOMU BOHRA



Niels Bohr
1885-1962

Teoria współczesna



- Dualizm korpuskularno-falowy
- Funkcja falowa
- Zasada nieoznaczoności Heisenberga
- Równanie Schrödingera

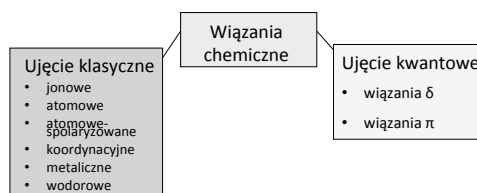


$$\Delta x \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{4\pi} = \frac{\hbar}{2}$$

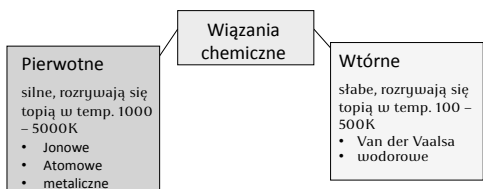
$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} + \frac{2m}{\hbar^2} \left(E + \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \right) \psi = 0$$

Wiązania chemiczne

- Siły które utrzymują atomy razem – siły międzyatomowe
- Sposób ułożenia atomów

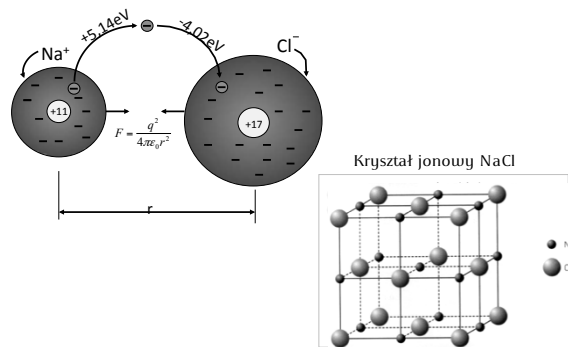


Ujęcie klasyczne

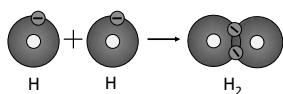


W materiałach ceramicznych i metalach atomy są utrzymywane jedynie przez wiązania pierwotne dlatego mają one wysokie właściwości mechaniczne.

Wiązania jonowe

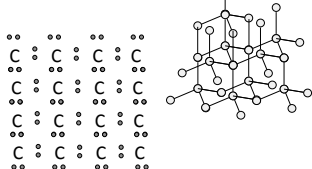


Wiązania kowalencyjne

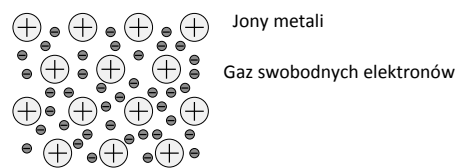


Występują w czystej formie w diamencie, Si czy Ge

Diamant - uwspólnione elektrony zajmują obszary rozciągające się ku narożom czworościanu, prowadząc do powstania kierunkowych wiązań



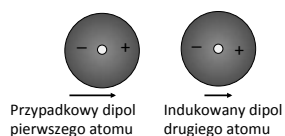
Wiązania metaliczne



Wiązania wtórne

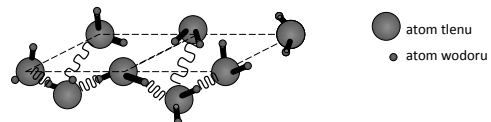
Oddziaływania Van der Waalsa -

są wynikiem dipolowego przyciągania pomiędzy atomami obojętnymi elektrycznymi



Wiązania wtórne

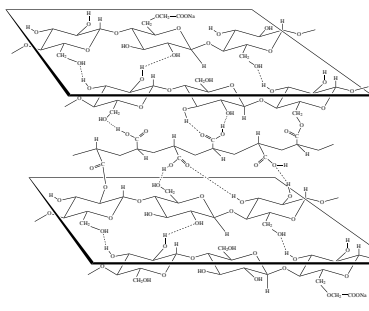
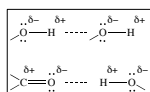
Wiązania wodorowe -



- Międzycząsteczkowe Wiązania Wodorowe
- Wewnątrzcząsteczkowe Wiązania Wodorowe

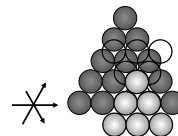
Wiązania wtórne

Wiązania wodorowe -



Ułożenie atomów w ciałach stałych

Wiele materiałów inżynierskich (metale, ceramiki) jest zbudowanych z małych kryształów, w których atomy są ułożone według regularnie powtarzających się, trójwymiarowych wzorów



Zależność właściwości metalu od jego budowy krystalicznej

ANIZOTROPIA – właściwość, która objawia się zróżnicowaniem badanej cechy w zależności od kierunku badania

POLIMORFIZM – możliwość występowania tego samego pierwiastka w różnych sieciach krystalograficznych, zwanych **odmianami alotropowymi**

UWAGA!

Niektóre metale mają więcej niż jedną odmianę alotropową np. żelazo w temperaturze do 912 °C posiada odmianę alotropową Fe (α) o sieci A2, natomiast w temperaturze powyżej 912 °C posiada odmianę alotropową Fe (γ) o sieci A1. Zmiana ułożenia atomów Fe skutkuje zmianą własności np. mechanicznych, chemicznych i fizycznych np. Fe (α) jest ferromagnetykiem a Fe (γ) nie daje się namagnesować.

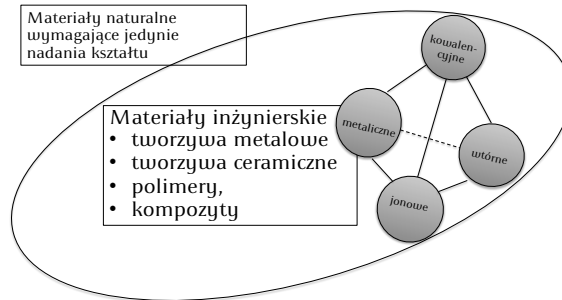
Grupy materiałów

Materiały ciała stałe o właściwościach umożliwiających ich stosowanie przez człowieka do wytwarzania produktów

Materiały naturalne wymagające jedynie nadania kształtu

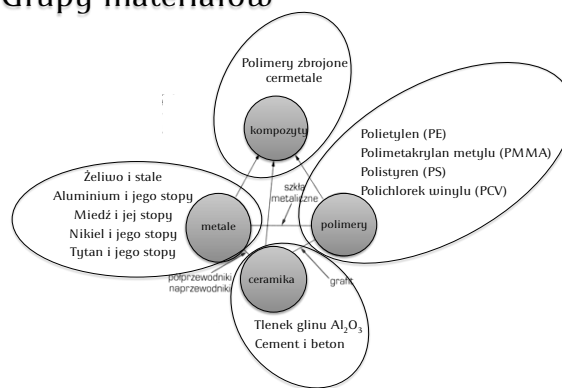
Materiały inżynierskie

- tworzywa metalowe
- tworzywa ceramiczne
- polimery,
- kompozyty



Materiały inżynierskie i ich właściwości

Grupy materiałów



Materiały w życiu codziennym



Właściwości ekonomiczne

Cena
Dostępność

Mechaniczne właściwości objętościowe

Współczynnik sprężystości i tłumienia
Granica plastyczności, wytrzymałości na rozciąganie, twardość
Odporność na pęknięcie
Wytrzymałość zmęczeniowa, odporność na zmęczenie cieplne
Odporność na pełzanie

Gęstość

Niemechaniczne właściwości objętościowe

Właściwości cieplne
Właściwości optyczne
Właściwości magnetyczne
Właściwości elektryczne

Właściwości powierzchni

Utlenianie i korozja
Tarcie
Ścieralność i zużycie

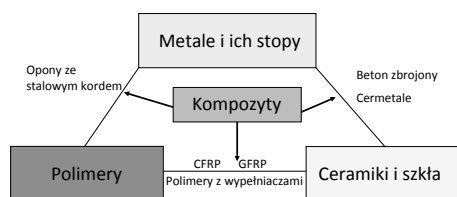
Właściwości produkcyjne

Łatwość wykonania,
Łatwość łączenia części
Łatwość wykończenia

Właściwości estetyczne

Wygląd, powierzchnia, dotyk

Grupy materiałów



Przybliżone ceny

Zastosowanie	Materiał	Cena za tonę (\$)
Konstrukcje duże i proste	Drewno, cement, stal konstrukcyjna	60 - 550
Konstrukcje średnie i małe	Metale, stopy i polimery W samolotach, samochodach przyrządach itp.	550 - 5500
Łopatkę turbin	Stopy, materiały specjalne nowoczesne kompozyty (CFRP BFRP)	5500 - 200 000
Łożyska, styki elektryczne, ścieżki w mikroukładach	Szafir, srebro, złoto	2000 000 - 2 mln
Narzędzia tnące i polerujące	Diamenty przemysłowe	900 mln

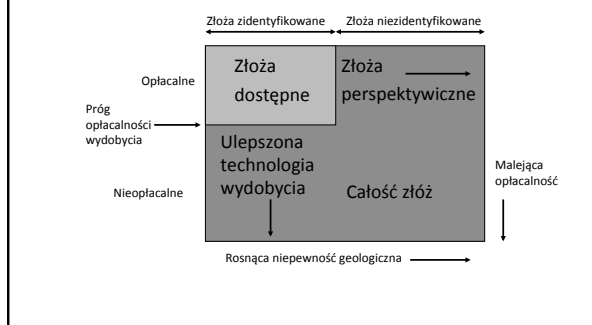
Projektowanie inżynierskie



Struktura zużycia materiałów

Materiał	% (całkowitych kosztów)
Zelazo i stal	27
Drewno i tarcica	21
Miedź	13
Tworzywa sztuczne	9,7
Srebro i platyna	6,5
Aluminium	5,4
Guma	5,1
Nikiel	2,7
Cynk	2,4
Cyna	2,2
Masa papiernicza/papier	1,6
Szkoło	0,8
Wolfram	0,3
Rtęć	0,2
Inne	1

Schemat McElveya



Energochłonność materiałów

Materiał	Energia GJ/t
Aluminium	300
Tworzywa sztuczne	100
Miedź	100 ze wzrostem do 500
Cynk	70
Stal	50
Szkoło	20
Cement	8
Cegła	4
Drewno	2
Żwir	0,1
Ropa naftowa	44
Węgiel	29
Koszt energii w 1980 4,4 \$/GJ	



Właściwości metali i stopów

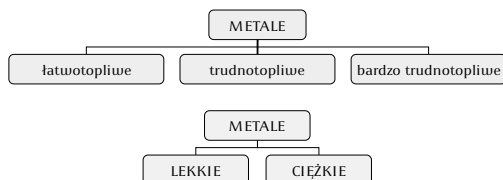
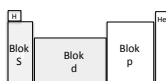
- Dobre przewodnictwo cieplne,
- Dobre przewodnictwo elektryczne, które maleje ze wzrostem temperatury,
- Dodatni temperaturowy współczynnik rezystywności,
- Połysk metaliczny,
- Zdolność do trwałych odkształceń plastycznych.

Tworzywa metalowe charakteryzują się wiązaniem metalicznym, Stopy metali: układy wieloskładnikowe złożone z więcej niż jednego pierwiastka, o przewadze wiązania metalicznego.



Podział metali

- Tworzywa metalowe charakteryzują się wiązaniem metalicznym,
- Stopy metali: układy wieloskładnikowe złożone z więcej niż jednego pierwiastka, o przewadze wiązania metalicznego.



Podstawowe stopy metali

- Podstawowym tworzywem stosowanym we współczesnej technice są stopy żelaza.
- Rozwój wielu dziedzin techniki jest jednak niemożliwy bez metali nieżelaznych i ich stopów.
- Podstawy teoretyczne metaloznawstwa stopów żelaza i metali nieżelaznych są analogiczne.
- Struktura stopów interpretowana jest w oparciu o wykresy równowagi fazowej.
- Oba rodzaje stopów kształtowane są przy użyciu tych samych technik i podlegają obróbce cieplnej.
- Do obu grup materiałów stosowane są wspólne metody badawcze.
- Specyficzną cechą stopów metali nieżelaznych jest ich duża ilość i bardzo zróżnicowane właściwości.

Podstawowe stopy metali

- Stopy żelaza z węglem: stale, staliwa, żeliwa
- Metale nieżelazne i ich stopy

Mosiądze – stopy miedzi z cynkiem, w których podstawowym składnikiem jest miedź, zawierające do ok. 45% Zn.



Brązy – stopy których podstawowym składnikiem jest miedź, a głównymi dodatkami stopowymi są cyna, aluminium, krzem, beryl, mangan, ołów, których zawartość jest większa od 2

Podstawową grupę stopów Al z Si stanowią stopy odlewnicze zwane siluminami o stężeniu 2÷30% Si (najczęściej 5÷13,5% Si).



Stopy aluminium – stopy, których podstawowym składnikiem jest glin, a dodatkami miedź, krzem, magnez, cynk i mangan. Rozróżnia się stopy dwuskładnikowe i wieloskładnikowe.

Procesy technologiczne metali i stopów



Otrzymywanie z rud procesami metalurgii.

Kształtowanie właściwości: obróbka cieplna.

Otrzymywanie elementów metalowych: odlewnictwo, przeróbka plastyczna, obróbka skrawaniem, metalurgia proszków.

Uszlachetnianie powierzchni: inżynieria powierzchni (warstwy wierzchniej).

Ceramika, szkło, glinokrzemiany

43

Charakterystyka ceramiki

Ceramiki: materiały nieorganiczne o jonowych i kowalencyjnych wiązaniach.



Wytwarzane zwykle w wysokotemperaturowych procesach nieodwracalnych



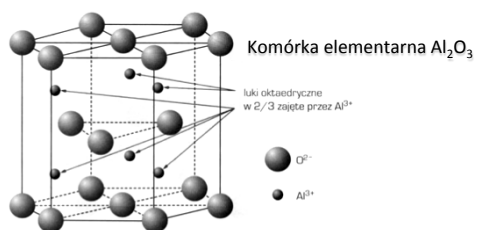
Materiały ceramiczne: ceramika inżynierska, cermetale, ceramika porowata, szkła, ceramika szklana

Właściwości materiałów ceramicznych

- Bardzo wysoka wytrzymałość
- Twardość
- Kruchość (plastyczność bliska zera)
- Niezdolność do poddawania obróbce cieplnej i plastycznej

Struktury krystaliczne materiałów ceramicznych

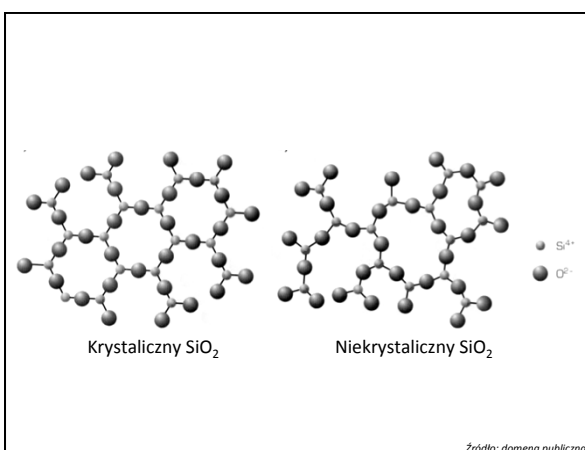
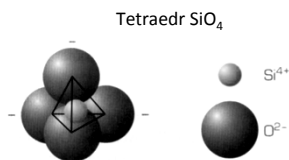
- Bardziej złożone niż metali
- Wiązania od czysto jonowych do czysto kowalencyjnych
- Struktury jonowe (liczba kationów równa liczbie anionów)



Źródło: domena publiczna

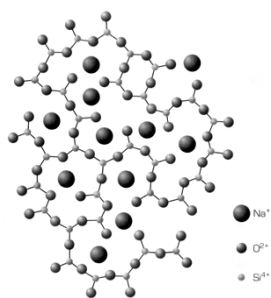
Ceramika krzemianowa

- Głównie atomy krzemu i tlenu
- Struktura tetraedryczna
- Krzemionka może występować jako kryształ, ciało niekryształiczne lub szkło, o ułożeniu atomów typowym dla cieczy zamrożonej
- Krzemiany warstwowe



Źródło: domena publiczna

Schemat rozmieszczenia jonów w szkle sodowo-krzemianowym



Źródło: domena publiczna

Krzemiany

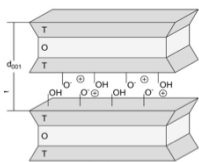
Klasyfikacja krzemianów według Bragga

Rodzaj anionu	Nazwa	Przykłady wzoru anionu	Stosunek kationów krzemu do tlenu
Monokrzemiany	Monokrzemiany	[SiO ₄] ⁴⁻	1:4
Krzemiany grupowe	Oligokrzemiany	[Si ₂ O ₇] ⁶⁻ , [Si ₃ O ₁₀] ⁸⁻ , itd.	1:3,5 – 1:3
	Cyklokrzemiany		
Krzemiany łańcuchowe	Inokrzemiany	[SiO ₃] ²⁻	1:3 – 1:2,5
Krzemiany warstwowe	Fyllokrzemiany	[Si ₄ O ₁₀] ⁴⁻	1:2,5
Krzemiany szkieletowe	Tektokrzemiany	[SiO ₂]	1:2

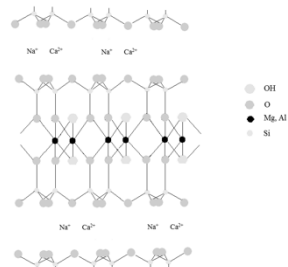
Glinokrzemiany

Montmorylonit (główny składnik bentonitu) zbudowany jest z trzech pakietów T-O-T charakterystycznych dla krzemianów o strukturze 2:1.

Warstwa tetraedryczna (T) jest zbudowana z krzemu, natomiast oktaedryczna (O) zawiera glin. Tetraedry mogą posiadać zamiast krzemu również i glin, a oktaedry, krzem, glin, magnez czy żelazo.



Glinokrzemianem nazywamy jednostkę strukturalną, w której w określonych warunkach termodynamicznych dochodzi do zastąpienia atom krzemu, atomem glinu. Efektem tej podmiiany jest utworzenie się tetraedru glino-tlenowego.



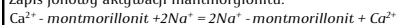
Właściwości montmorylonitu

- Bentonit sodowy jest powszechnie znany ze swoich wybitnych **zdolności pęcznienia**. Może adsorbować 5 razy więcej wody niż sam waży, a **przy pełnym nasyceniu wodą zajmuje objętość 12-15 razy** większą niż w stanie suchym. Niezwykła zdolność adsorpcji wody czyni go również bardzo plastycznym i odpornym na przełamania i pęknięcia, jego granica płynności jest rzędu 600-800%.
- Istotną właściwością jest też **łatwość oddawania adsorbowanej wody w podwyższonej temperaturze**. Zdolność pęcznienia zanika jeśli temperatura suszenia przekroczy 500-600°C, następuje tzw. wydzielenie wody konstytucyjnej.
- Z uwagi na dostępność dla wody i jonów wymiennych, oprócz powierzchni zewnętrznej cząstek, również powierzchni w przestrzeniach międzypakietowych, montmorylonit sodowy **charakteryzuje się wyjątkowo dużą powierzchnią właściwą: 700-800 m²/g**.

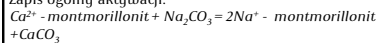
Modyfikacje montmorylonitu

• Aktywacja kationami sodu

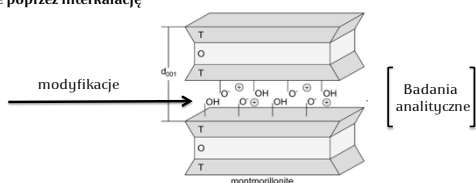
Zapis jonowy aktywacji montmorylonitu:



Zapis ogólny aktywacji:



• Modyfikacje poprzez interkalację



Montmorylonit sodowy

Cechy bentonitu	Rodzaj montmorylonitu wapniowy	Rodzaj montmorylonitu sodowy
Chłonność wody według Enslina	mała	duża
Zdolność do pęcznienia	mała	b. duża
Żaroodporność	mniejsza	większa
Własności odlewnicze	słabe	dobre
Własności reologiczne	słabe	dobre
Hydroizolacja	średnia	dobra
Zdolność do tworzenia tiksotropowego żelu	mała	duża

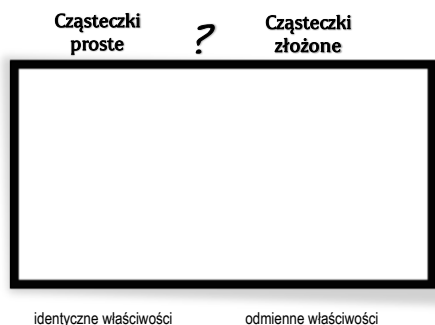
Polimery

55

W przyrodzie

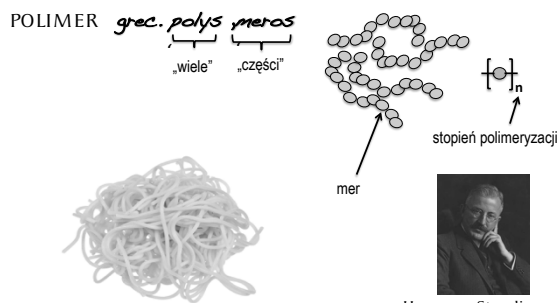
56

ale ... co to jest polimer



57

Budowa polimerów

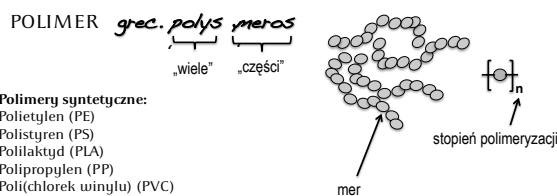


Polimer stanowi zbiór łańcuchów o różnej długości i masie.

Hermann Staudinger (1920)

58

Przykłady polimerów



Polimery syntetyczne:

- Polietylen (PE)
- Polistyren (PS)
- Polilaktyd (PLA)
- Polipropylen (PP)
- Poli(chlorek winylu) (PVC)
- Poli(kwas akrylowy) (PAA)
- Kopolimer akrylonitrylo-butadieno-styrenowy (ABS)

Polimery naturalne (biopolimery):

- Polisacharydy np. skrobia, celuloza
- Polipeptydy
- DNA, RNA

59

Rozkład mas molowych

Funkcje rozkładu mas molowych

Właściwości określonego polimeru nie zależą tylko od wartości liczbowej odpowiednich średnich ale też od kształtu rozkładu mas molowych.

$$\bar{M}_n = \frac{\int_0^\infty Mn(M)dM}{\int_0^\infty n(M)dM} \qquad \bar{M}_w = \frac{\int_0^\infty M^2n(M)dM}{\int_0^\infty Mn(M)dM}$$

liczbowo średnia masa molowa

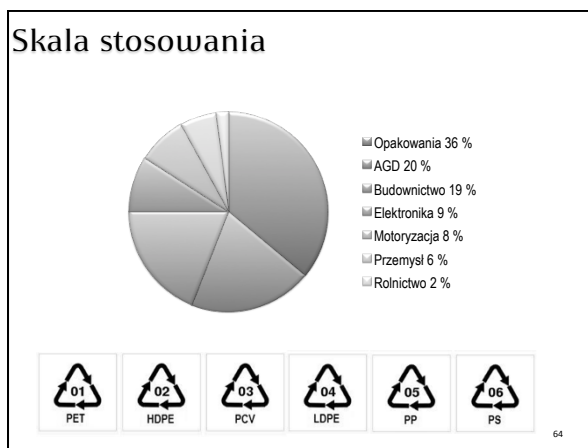
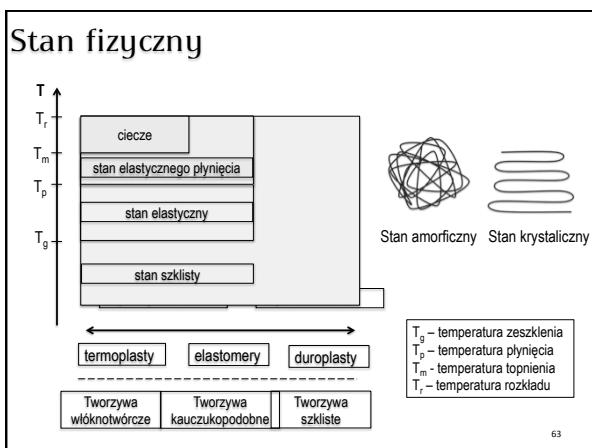
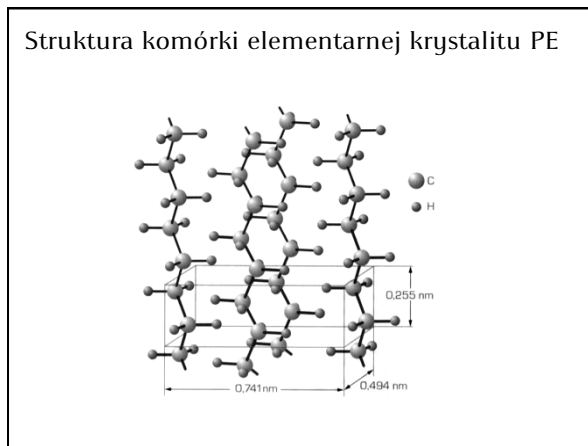
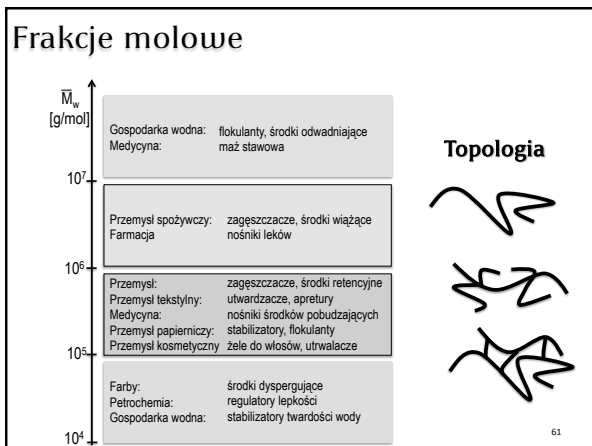
wagowo średnia masa molowa

Srednia liczbowa (ilość)
Srednia wagowa (waga)

np. syntetyczny kauczuk o wąskim rozkładzie mas dobrze miesza się z sadzą, a o szerokim rozkładzie żle – ma to znaczenie przy produkcji opon.



60



Polimery a tworzywa sztuczne

<http://bill.waw.pl>

Tworzywo sztuczne „Plastik”
g. *Plastikos - formowalny*

Polimer + ...

polimer + dodatki

- wypełniacze
- plastyfikatory
- antystatyki
- antypireny
- barwniki i pigmenty
- przeciwutleniaacze
- stabilizatory

Makrocząsteczka

Mery

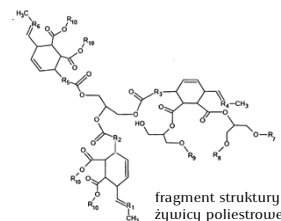
65

Polimery a żywice

Żywice polimerowe (syntetyczne) – substancje o konsystencji płynnej, półpłynnej lub miękkiego ciała stałego, wytworzone na drodze polimeryzacji, polikondensacji lub poliaddycji. Stanowią mieszaniny prepolymerów (oligomerów i polimerów) zawierających reaktywne grupy funkcyjne, które umożliwiają dalsze prowadzenie polireakcji bądź sieciowania.

- Przykłady:
- Żywice fenolowe
 - Żywice epoksydowe
 - Żywice poliestrowe
 - Żywice mocznikowo-formaldehydowe

- Zastosowania:
- Produkcja tworzyw sztucznych
 - Lakier
 - Laminaty
 - Kleje
 - Materiały konstrukcyjne



Bakelit

Radio Pionier U2 (1948)

Radio Beliot 39 (1938)

Suszarka firmy AEG (1930)

Telefon Ericssona (1931)

Radio Ve301 (1933)

BAKELIT (1907-1909)
żywica fenolowo-formaldehydowa
+ wypełniacze: azbest, papier, mączka drzewna

Leo H. Baekeland

Źródło: domena publiczna

67

Polimery w samochodzie

1915 rok
FORD T
Po raz pierwszy polimery

1955 rok
CHEVROLET CORVETTE C1
Nadwozie wykonane z tworzywa sztucznego

1957 rok
TRABANT P-50
Karoseria z duroplastu (bakelit wzmocniony)

1962 rok
FIAT 1500
100 kg (1%) polimerów i tworzyw sztucznych
Masa pojazdu ok. 960 kg

1977 rok
BMW
100 kg (8%) polimerów i tworzyw sztucznych
Masa pojazdu ok. 1200 kg

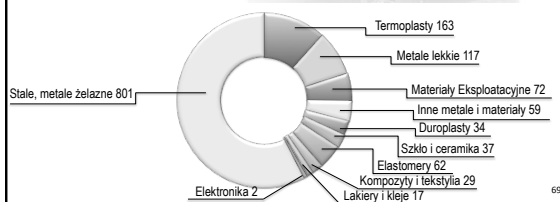
68

Polimery w samochodzie

Ok. 21%
XXI WIEK BMW₃
Masa pojazdu 1403 kg



<http://www.themotorreport.com.au>



69

Kompozyty

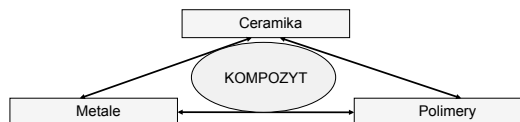
70

Charakterystyka kompozytów

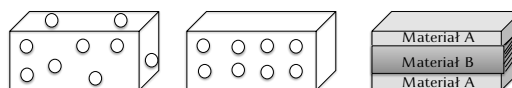
Kompozyt – materiał zbudowany z co najmniej dwóch różnych składników (faz) połączonych na poziomie makroskopowym w celu uzyskania nowego „lepszego” materiału.

Własności „wypadkowe” kompozytu zależą od:

- własności faz składowych
- udziału objętościowego faz
- sposobu rozmieszczenia fazy rozproszonej w osnowie
- cech geometrycznych fazy rozproszonej



Charakterystyka kompozytów



Kompozyty
ziarniste (cząstkowe)

Kompozyty
włókniste

Kompozyty
warstwowe

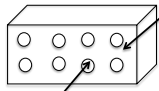
Kompozyty składają się zazwyczaj z 2 faz:

- (1) ciągłej, osnowy (matryca),
- (2) rozproszonej, otoczona osnową (zbrojeniem)

Podział ze względu na osnowę: metalowe, ceramiczne i polimerowe.

Wzmocnienie (zbrojenie): proszek, krótkie włókna lub płátky, długie włókna.

Charakterystyka kompozytów



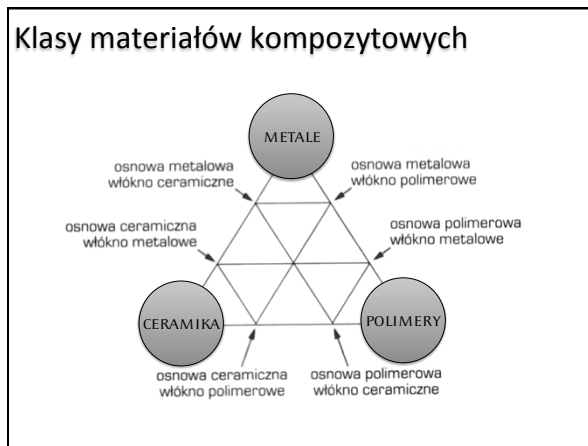
ZBROJENIE
zadaniem zbrojenia jest wzmacnianie materiału, poprawianie jego właściwości mechanicznych.

Zbrojenie może mieć postać:

- Włókna ciągłego lub nieciągłego
- Proszku


OSNOWA
najczęściej polimer (poliepoksyd, poliester) ale może być to metal (Ti, Ni, Fe, Al, Cu) lub ich stopy oraz ceramika (np. Al_2O_3 , SiO_2 , SiC, TiO_2)

- utrzymuje zbrojenie
- zapewnia wytrzymałość na ściskanie
- przenosi naprężenie zewnętrzne na zbrojenie,
- zatrzymuje rozprzestrzenianie się pęknięć,
- nadaje wyrobom żądany kształt.



Charakterystyka kompozytów

- doskonałe parametry sztywnościowe i wytrzymałościowe,
- doskonałe właściwości mechaniczne,
- mały ciężar właściwy,
- tworzenie materiału o określonych właściwościach.

beton,		eternit	
cermetale		drewno	
szkło zbrojone siatką metalową		węgliki spiekane	

Źródło: domena publiczna

Charakterystyka kompozytów

OSNOWA

Metalowa		Żywicze polimerowe	
- aluminiowe, - miedziane, - magnezowe, - tytanowe	Włókna: - węglowe - borowe - borsicowe	- termoplastyczne - termoutwardzalne	- aramidowe - węglowe - grafitowe - szklane
Bardzo dobre wł. mechaniczno wytrzymałościowe w wysokich temperaturach, duża odporność na pęknięcie i pełzanie – przemysł lotniczy		Dobre właściwości techniczne, produkowane w największych ilościach, stosunkowa niska cena	

Materiały węglowe

77

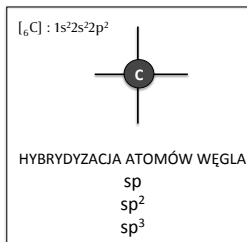
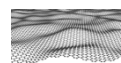
Węgiel



GRAFIT



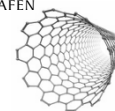
DIAMENT

SADZA
(węgiel amorficzny)

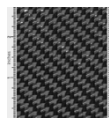
GRAFEN



FULLERENY



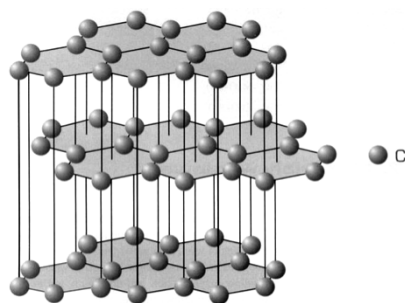
NANORURKI



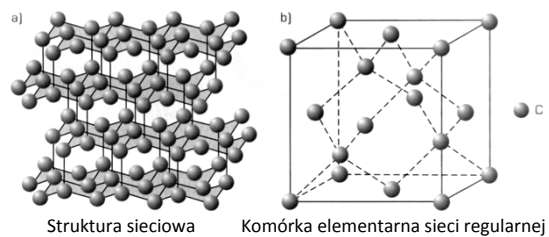
WŁÓKNA WĘGLOWE

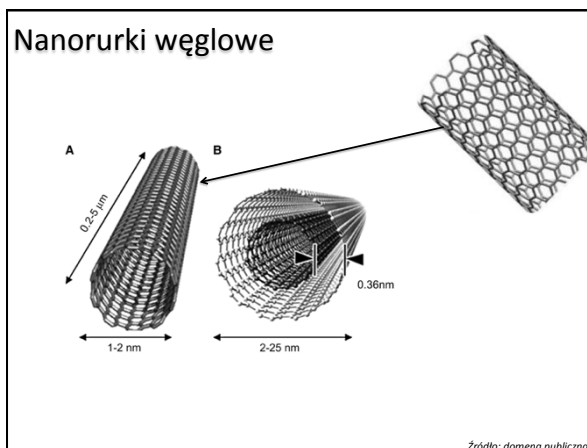
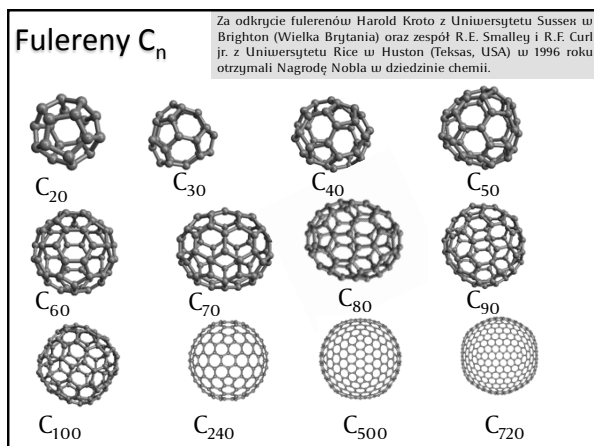
Źródło: domena publiczna

Struktura sieciowa grafitu



Struktura sieciowa diamentu

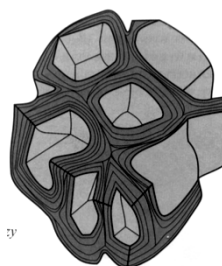




Porównanie właściwości

DIAMENT	GRAFIT	FULEREN
- Najtwardszy minerał	- Nieprzezroczysty, miękki, łupliwy materiał	- Fulereny w stanie stałym są barwy żółtej
- Przezroczysta substancja o stałym stanie skupienia	- Stalowoszara substancja stała	- Nie rozpuszczają się w wodzie ani w eterze
- Bezbarwny lub błękitny	- Dobrze przewodzi prąd elektryczny i ciepło	- Rozpuszczają się w węglowodorach i tetrachlorku węgla
- Dobrze przewodzi ciepło	- Jest odporny na działanie wysokiej temperatury	- Posiadają własności nadprzewodzące i półprzewodnikowe
- Trudno topliwy, odporny na działanie kwasów. Spala się w wysokiej temperaturze.		- Ich właściwości są zbliżone do sprzężonych węglowodorów aromatycznych
Zastosowanie: proszki ściernie, kołcówki wiertel, noże do cięcia szkła, biżuteria	Zastosowanie: smary, elektrody, grafity do otłuków	Zastosowanie: Mikroelektronika, Nadprzewodniki, wysoko temperaturowe, Elektrokatalizatory

Model cząstki sadzy



produkt powstający w trakcie niepełnego spalania paliw i innych materiałów zawierających w swoim składzie chemicznym znaczne ilości węgla. Głównym choć nie jedynym składnikiem sadzy jest amorficzna postać węgla.

Źródło: domena publiczna

Grafen

Grafen to jedna z odmian węgla. Jest jednym z pierwszych, odkrytych i stabilnych dwuwymiarowych materiałów. Na grafen składa się pojedyncza, przezroczysta warstwa, ciasno upakowanych atomów. Jego struktura przypomina plaster miodu. Innymi odmianami węgla są diament lub grafit. Ten drugi składa się bowiem z wielu warstw grafenu ułożonych na sobie.

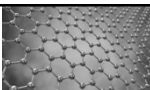
Już w XIX wieku naukowcy spekulowali, że grafit składa się z warstw. Jednak dopiero na początku XX wieku udało się tego dowiedzieć za pomocą badań. W 1947 roku powstał pierwszy teoretyczny opis grafenu, ale jego właściwe odkrycie i fizyczne oddzielenie od grafitu nastąpiło prawie 40 lat później. Andriej Gejm i Konstantin Nowosiołow z Uniwersytetu w Manchesterze otrzymali grafen w 2004 roku przyklejając, a następnie odrywając od grafitu kawałek taśmy klejącej. Za swoje odkrycie otrzymali w 2010 roku Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki.

To obecnie najcieńszy, najlżejszy i najmocniejszy odkryty przez człowieka materiał. Świetnie przewodzi elektryczność oraz ciepło i jest bardzo elastyczny. Grafen można spokojnie rozciągnąć nawet o 20%. Naukowcy uznają, że nowy materiał jest ponad dwustukrotnie wytrzymalszy od stali, chociaż składa się wyłącznie z jednej warstwy atomów węgla.

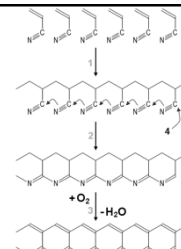
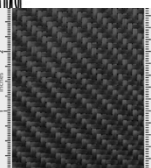
Membrana z grafenu nie przepuszcza gazów, w tym atomów helu, a w wyniku prostej obróbki, materiał może zmienić się z doskonałego przewodnika w doskonały izolator.



Polska może pochwalić się sukcesami we wspomnianym, naukowym wyścigu – między innymi za sprawą Instytutu Technologii Materiałów Elektronicznych, który produkuje największe ilości grafenu w Europie.



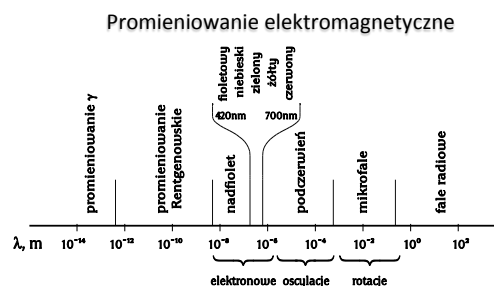
Włókna węglowe



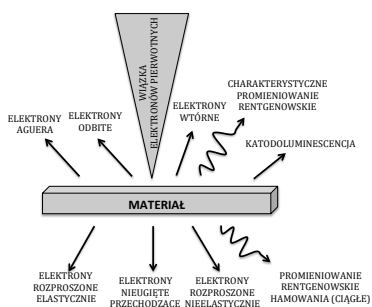
Materiały w inżynierii procesów odlewniczych

- Składniki mas formierskich (osnowy mineralne, żywice, glinokrzemiany, polimery, substancje organiczne i nieorganiczne)
- Materiały pomocnicze (min. powłoki wodne i alkoholowe, grafit, pył węglowy)
- Metale, stopy, kompozyty

Oddziaływanie czynników na materię



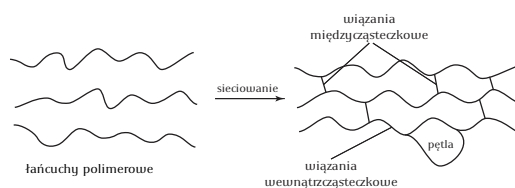
Odziaływanie czynników na materię



Odziaływanie czynników na materię

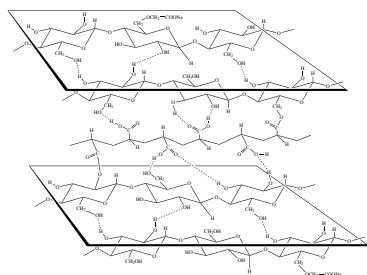
Sieciowanie:

- Czynniki fizyczne – temperatura, promieniowanie elektromagnetyczne (mikrofałe, UV)
- Czynniki chemiczne



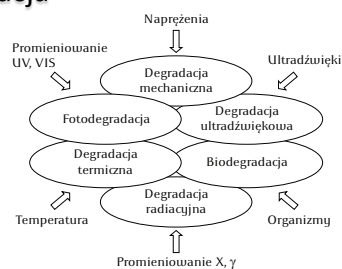
Odziaływanie czynników na materię

Sieciowanie

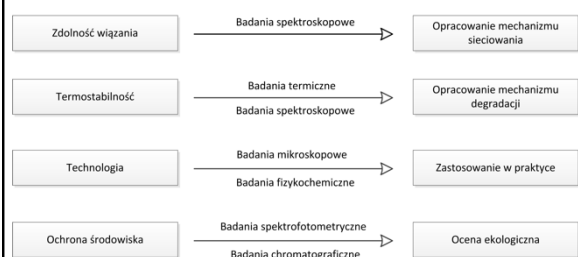


Odziaływanie czynników na materię

Degradacja



Techniki badawcze



Koniec