



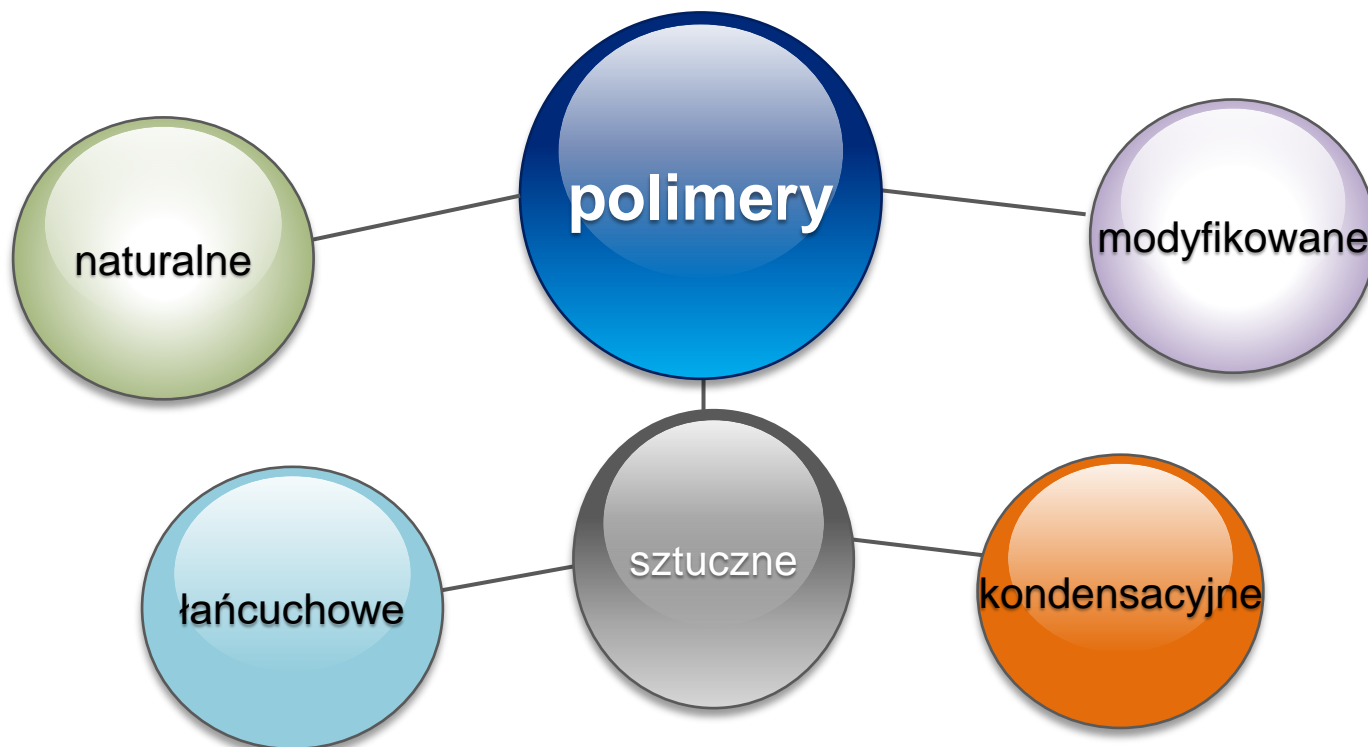
**AGH**

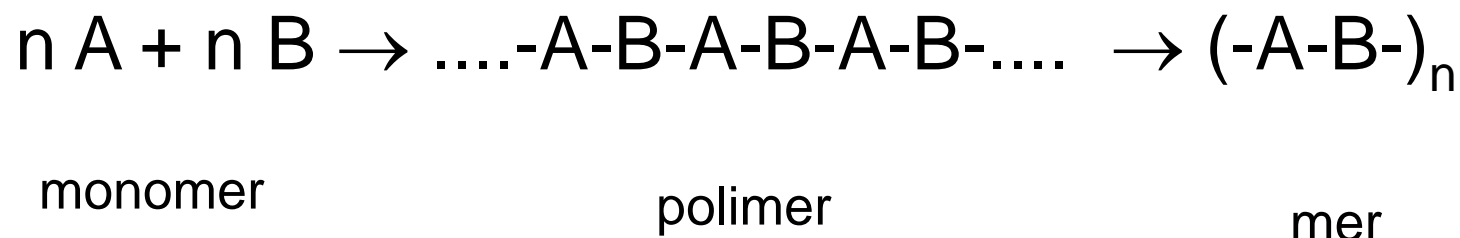
**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE**

# Polimery



Związki wielkocząsteczkowe o strukturze składającej się z powtarzających się elementów zwanych merami powstające w reakcji polimeryzacji. Są to związki, których masa cząsteczkowa przekracza umownie przyjętą granicę 10 000 u.



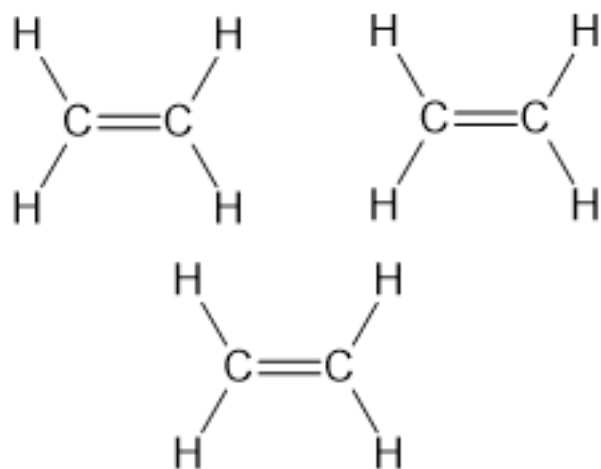


**Monomer** – związek chemiczny posiadający co najmniej dwa centra aktywne (wiązanie podwójne lub dwie grupy funkcyjne),

**Polimer** – związek wielkocząsteczkowy o masie  $> 10\,000$  u,

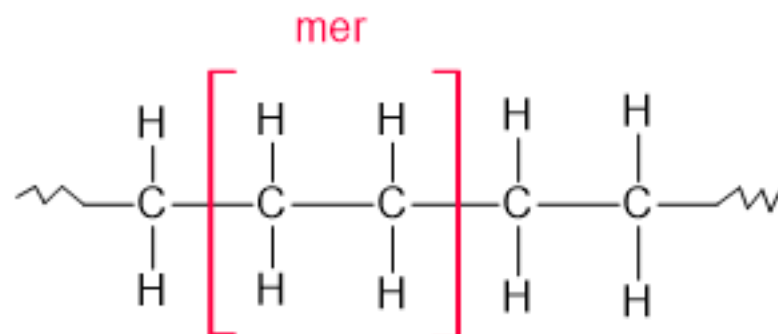
**Mer** – najmniejsza powtarzająca się część łańcucha polimeru.

# Przykład

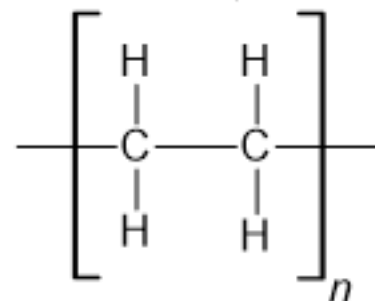


monomery

polimeryzacja  $\longrightarrow$



fragment łańcucha polimerowego

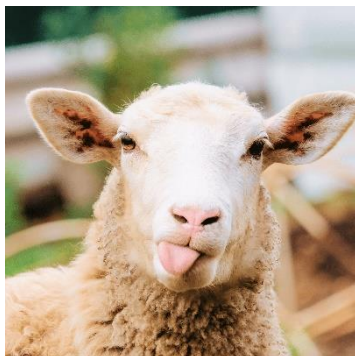


wzór polimeru

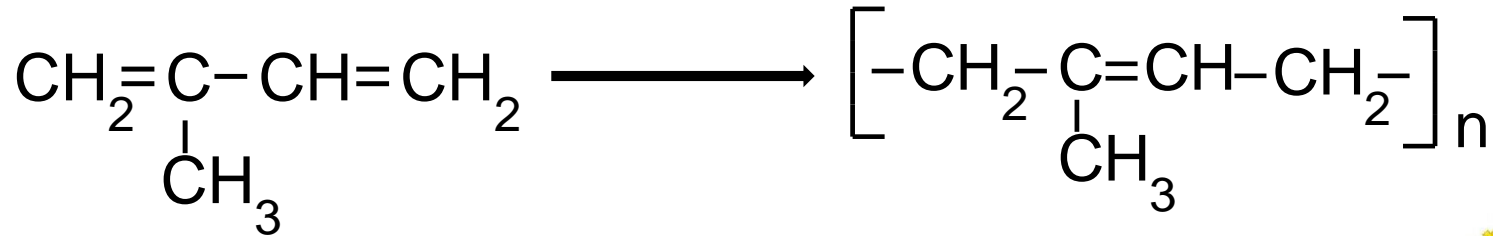
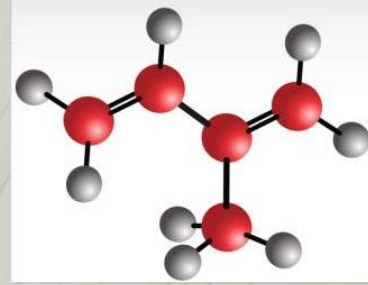
polimer

# POLIMERY NATURALNE

Związki wielkocząsteczkowe wytwarzane w 100% przez organizmy żywe.

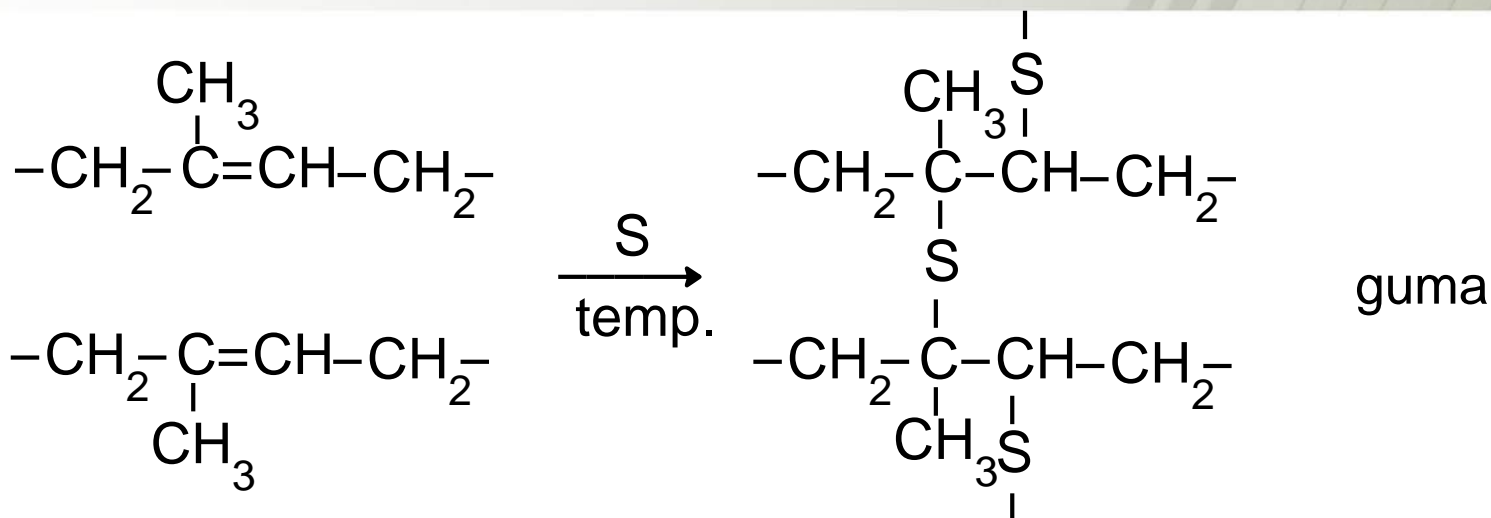


# Kauczuk naturalny - poliizopren

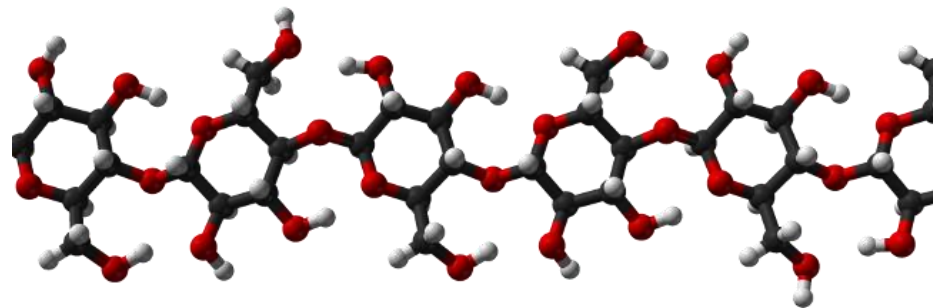
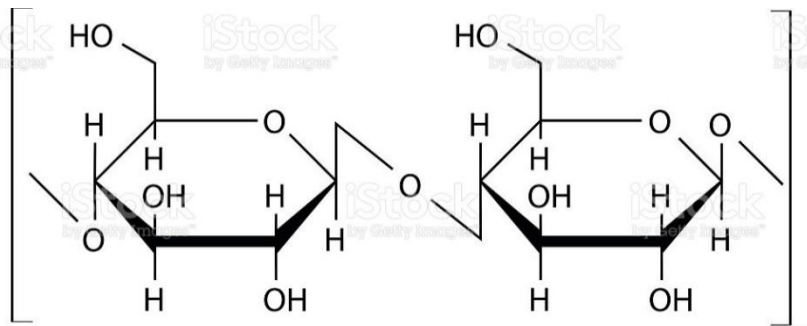


lateks – mleczko kauczukowe

# Kauczuk naturalny - wulkanizacja



# Polisacharydy (celuloza)

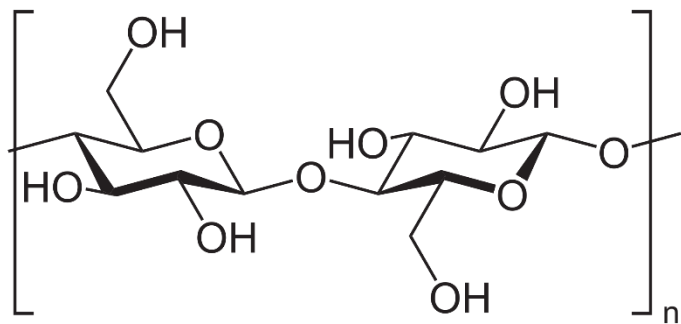


celuloza

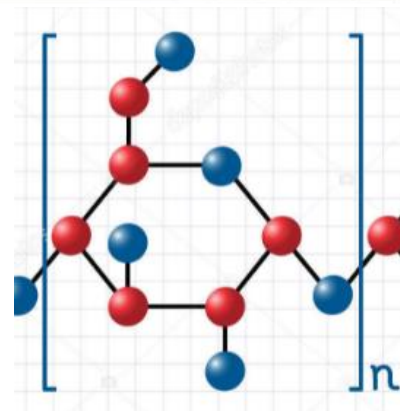




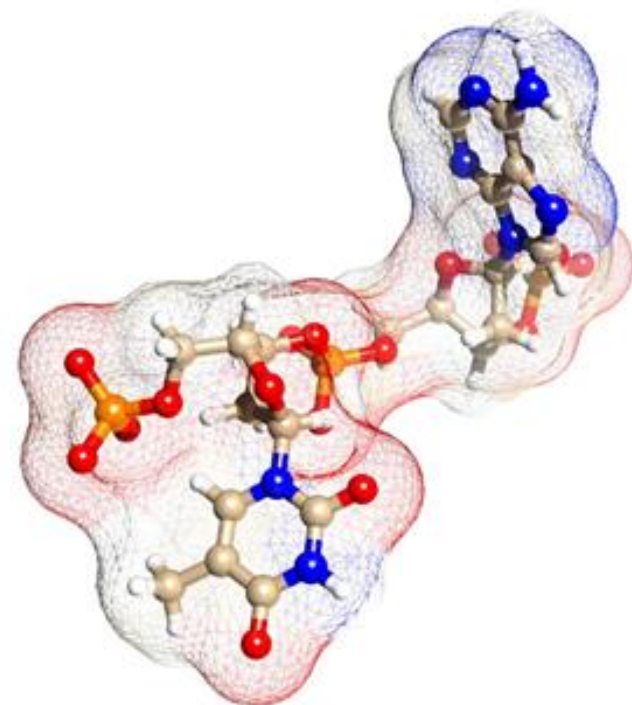
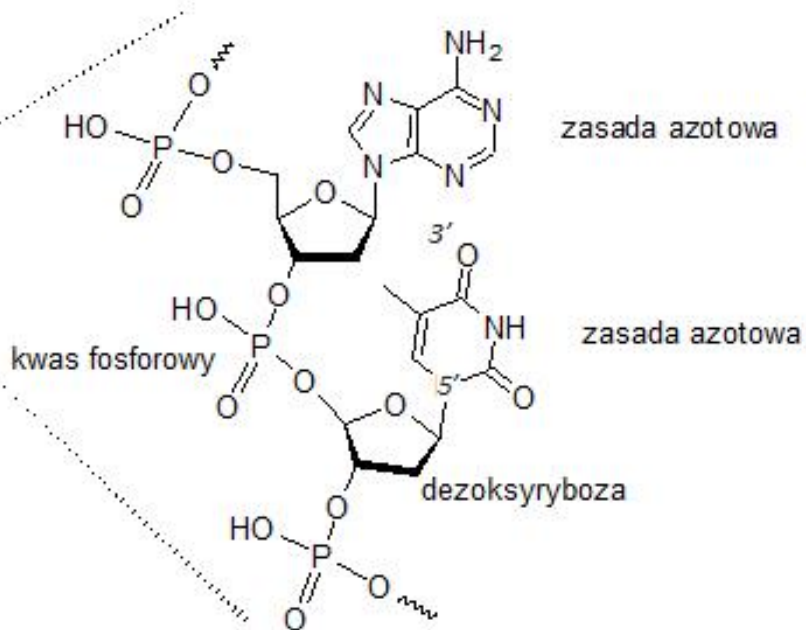
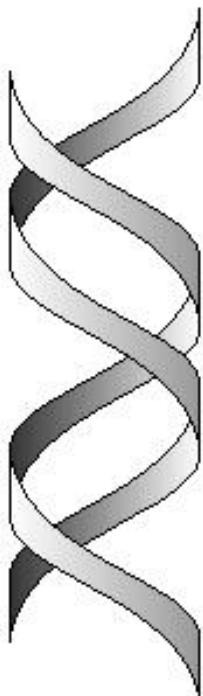
# Polisacharydy



skrobia



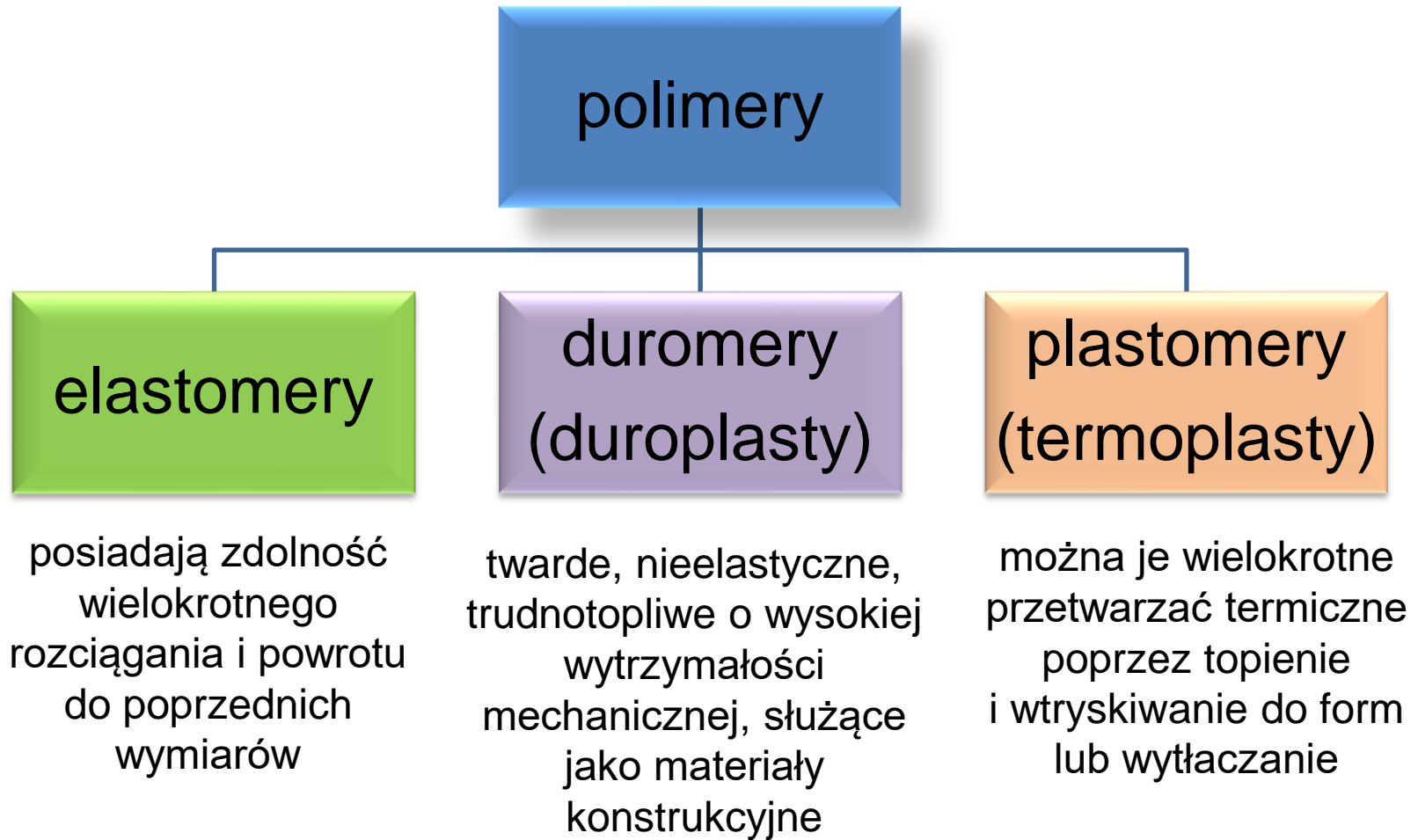
# Kwasy nukleinowe (DNA, RNA)

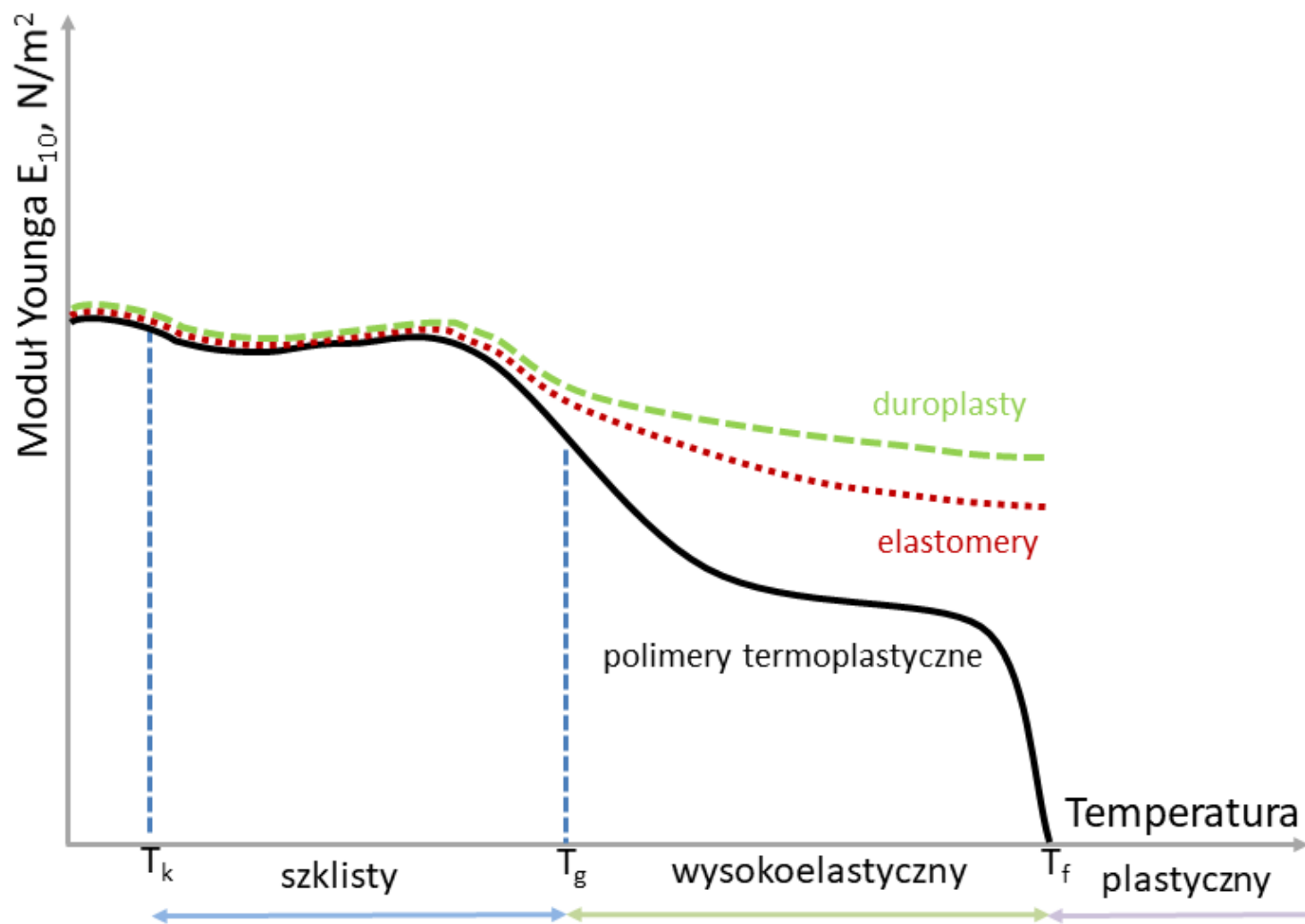


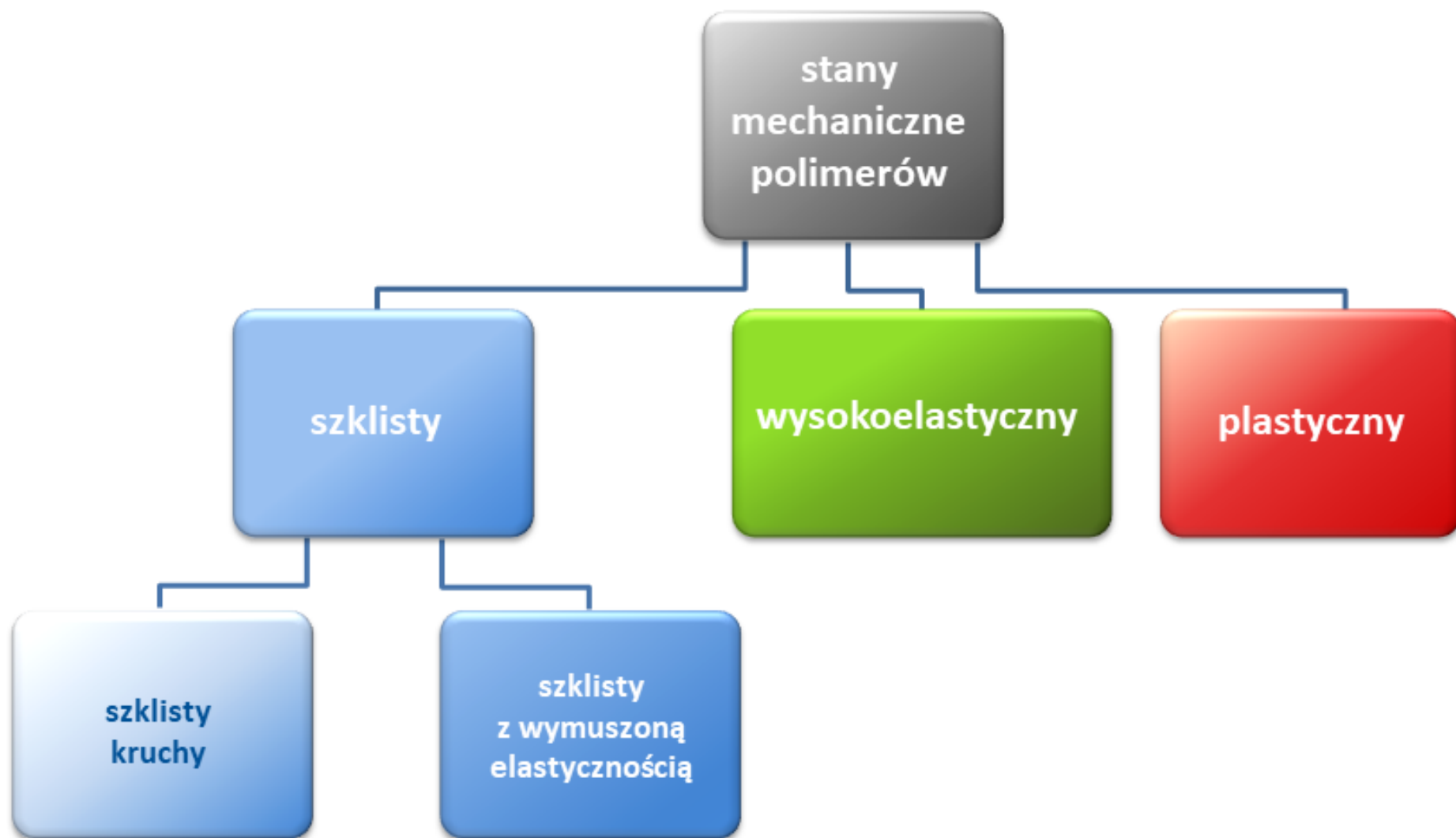
# POLIMERY SZTUCZNE



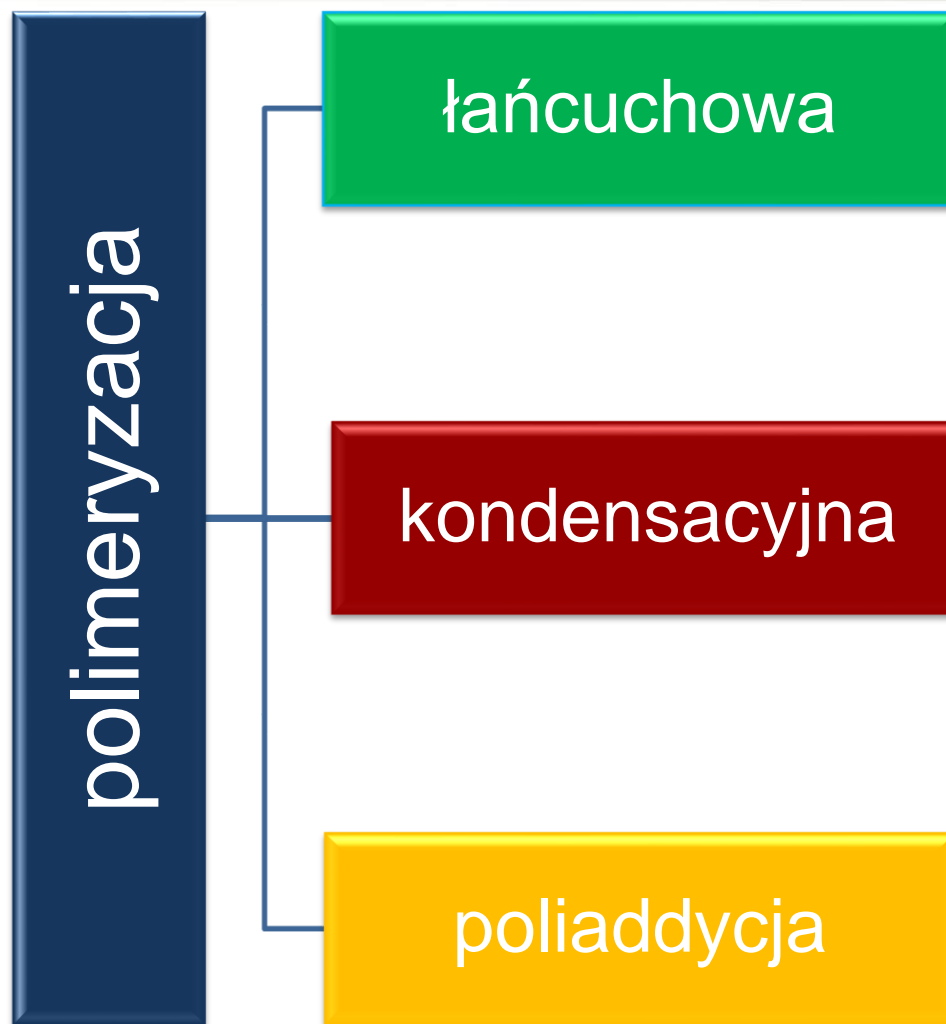
# Właściwości mechaniczne polimerów





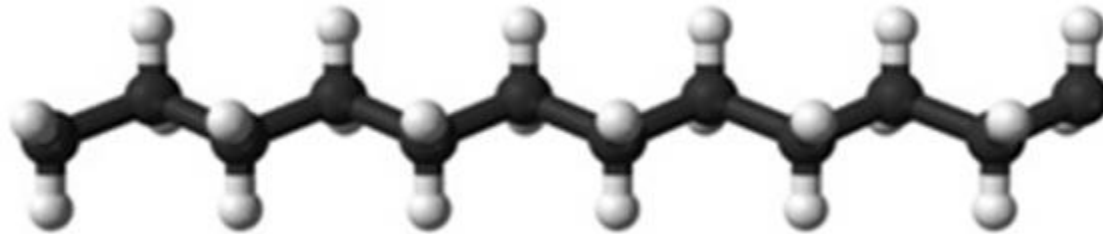
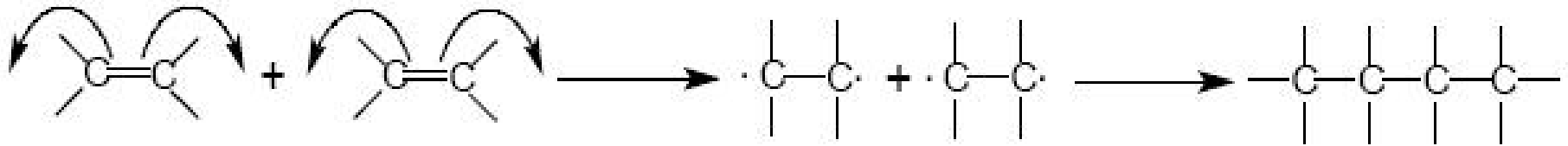


# Rodzaje polimeryzacji



# Polimeryzacja łańcuchowa (rodnikowa)

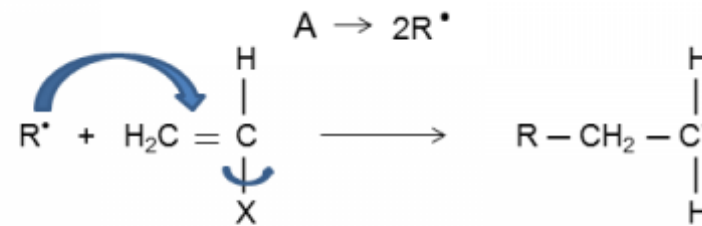
zachodzi dla monomerów posiadających wiązania wielokrotne, które pękają pozwalając na tworzenie się rodników zdolnych do łączenia się w długie łańcuchy. **Inicjator** – związek chemiczny, który w wyniku rozpadu termicznego (termoinicjator), kwantu światła (fotoinicjator) lub reakcji redoks (inicjator redoks) jest zdolny do wytworzenia rodników.



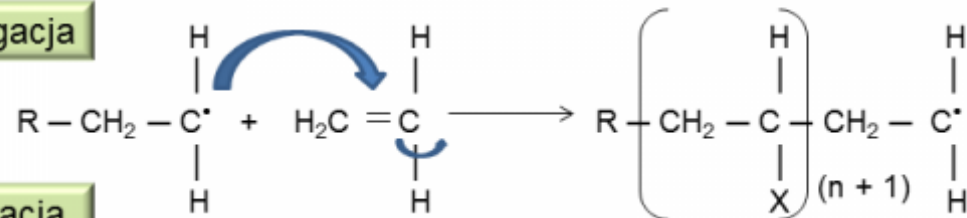


# Mechanizm polimeryzacji łańcuchowej

## Inicjacja

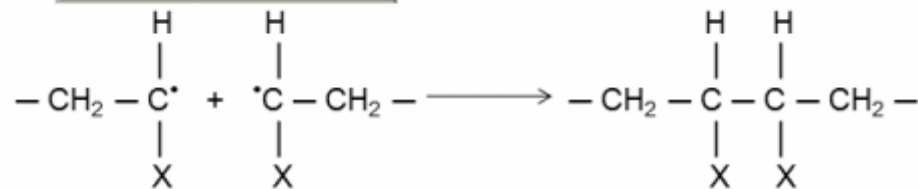


## Propagacja

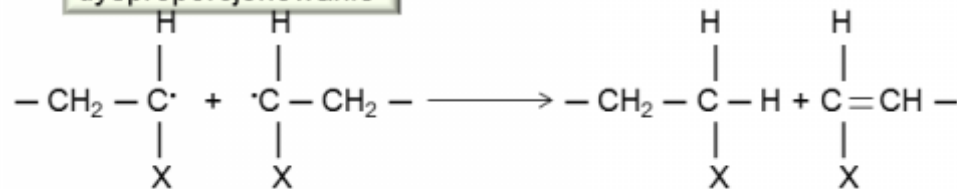


## Terminacja

### rekombinacja



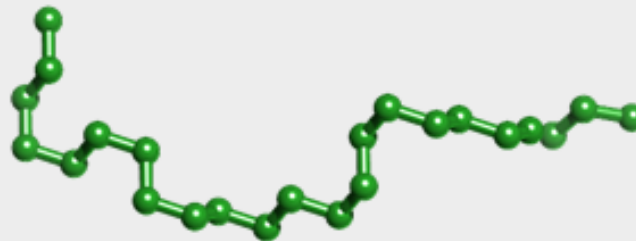
### dysproporcjonowanie



(X – oznacza np. H, Cl, F, CN, COOH, COOR, CO, OR)

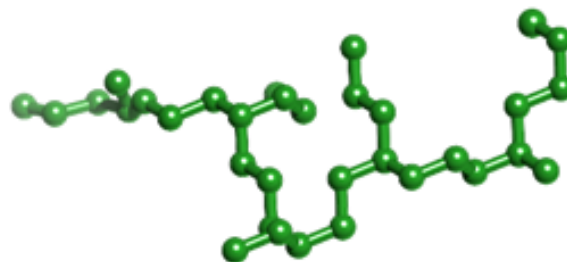
liniowy

polietylen  
teflon



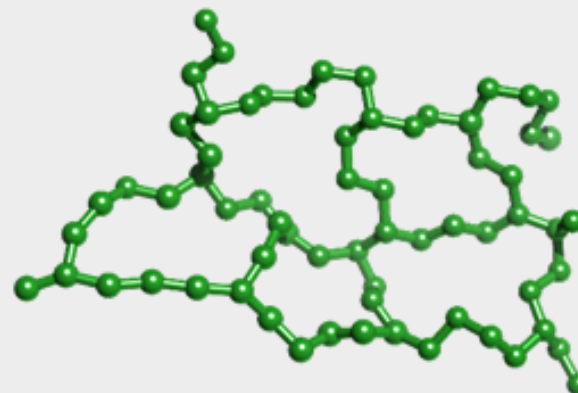
rozgałęziony

poliwęglany  
poliizopren  
polisacharydy  
glikogen  
amylopektyna  
skrobia



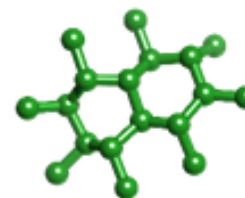
usieciowane

elastomery  
polichloropren  
poliizobutylen



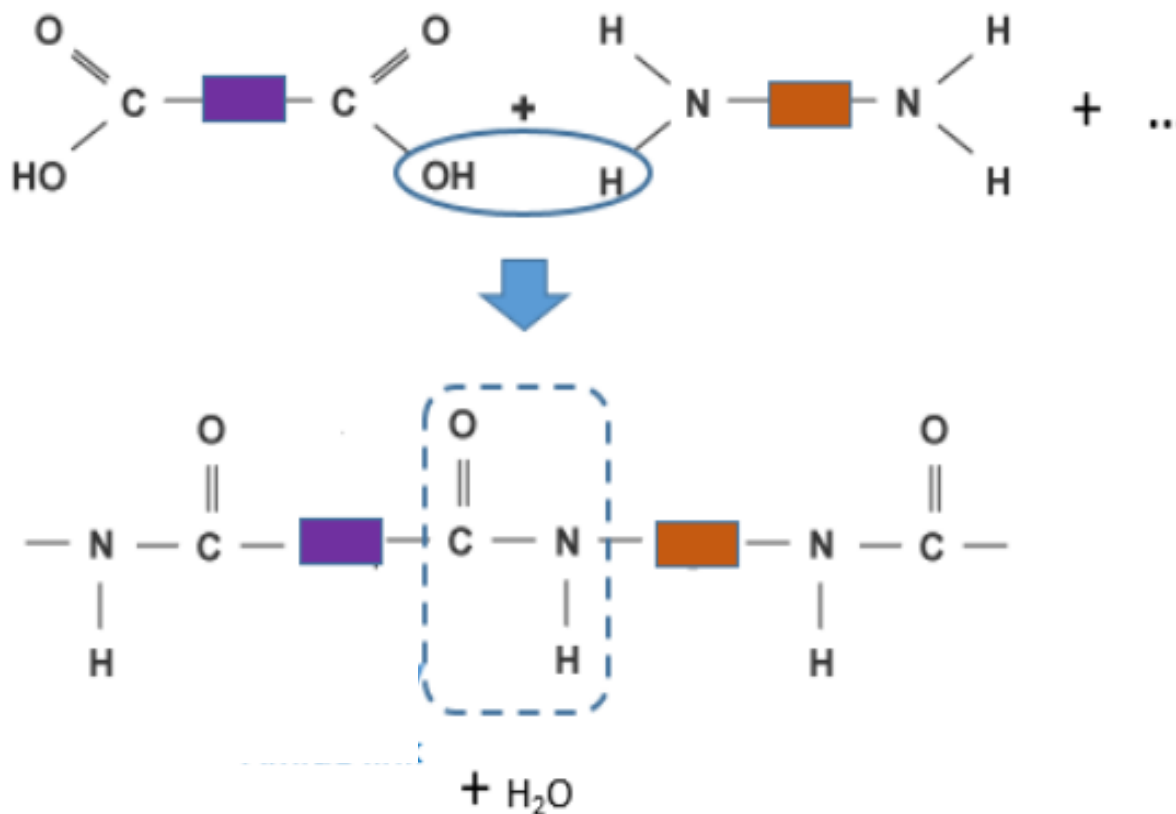
sieci polimerowe

epoksydy  
fenoplasty



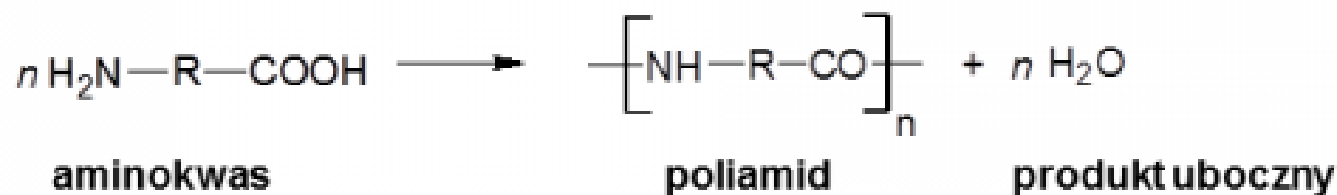
# Polimeryzacja kondensacyjna

zachodzi dla monomerów posiadających co najmniej dwie grupy funkcyjne, które reagują z wydzieleniem produktu ubocznego (najczęściej wody)

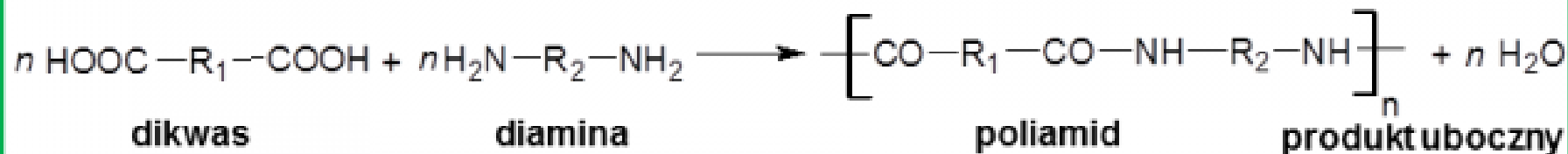


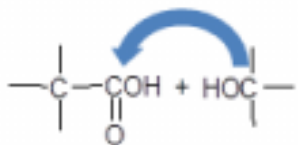
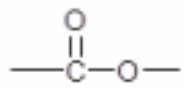
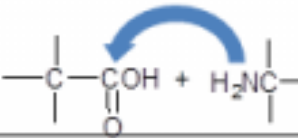
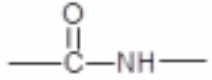
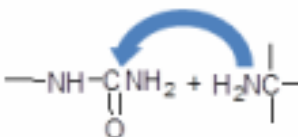
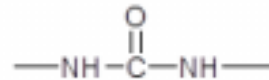
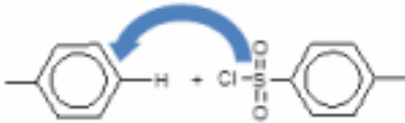
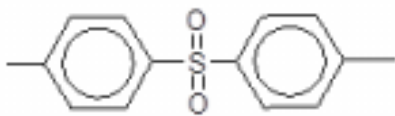
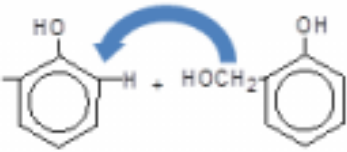
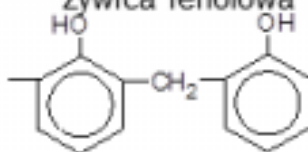
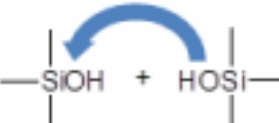
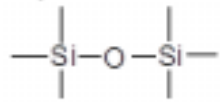
# Polimeryzacja kondensacyjna

## homopolimeryzacja



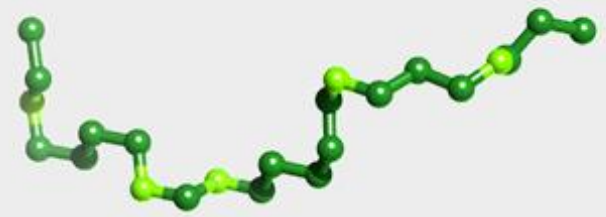
## heteropolimeryzacja



polimeryzacja kondensacyjna	grupy funkcyjne biorące udział w reakcji	produkt uboczny	charakterystyczne ugrupowanie w cząsteczce polimeru
podstawienie przy karbonylowym atomie węgla (C=O)		H <sub>2</sub> O	poliester 
		H <sub>2</sub> O	poliamid 
		NH <sub>3</sub>	polimocznik 
podstawienie w pierścieniu aromatycznym		HCl	polisulfon 
		H <sub>2</sub> O	żywica fenolowa 
podstawienie przy atomie krzemu (Si)		H <sub>2</sub> O	polisiloksan 

kopolimery

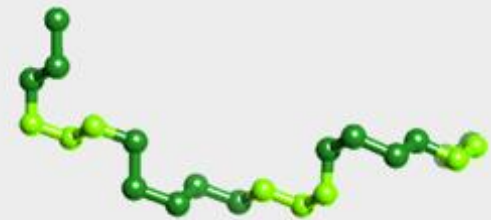
statystyczne



naprzemienne



blokowe



szczepione



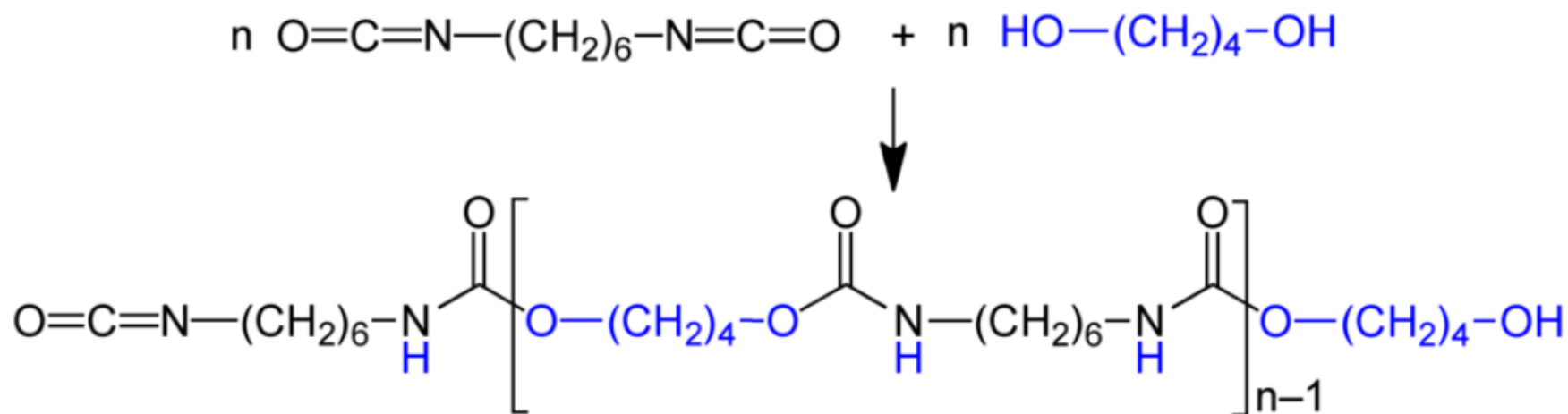
mer 1



mer 2

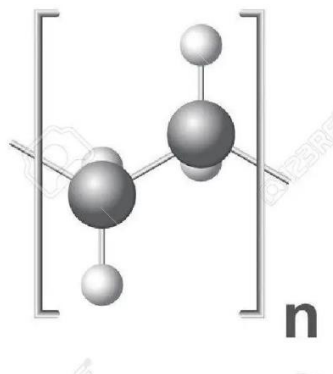
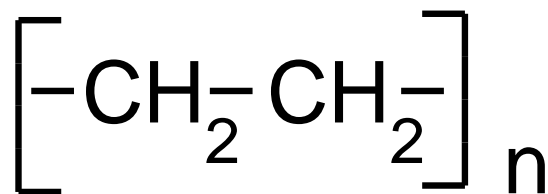
# Polimeryzacja addycyjna (stopniowa)

polega na takim przegrupowaniu się atomów pomiędzy cząsteczkami monomerów, że polireakcja zachodzi bez wydzielenia produktu ubocznego

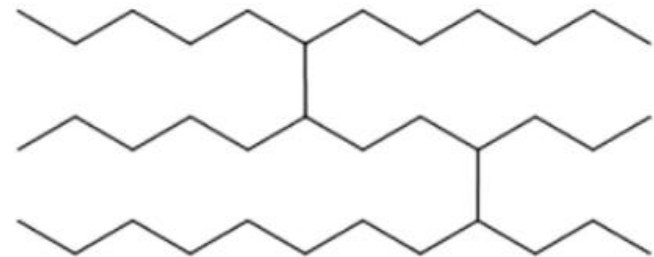




# Polietylen PE



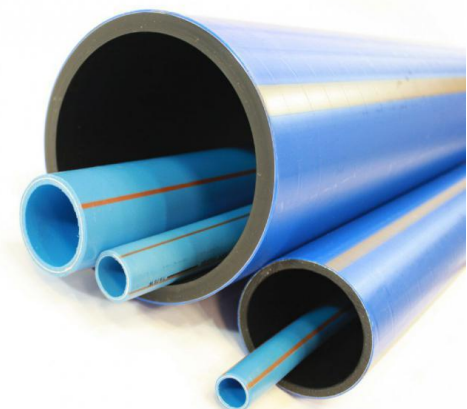




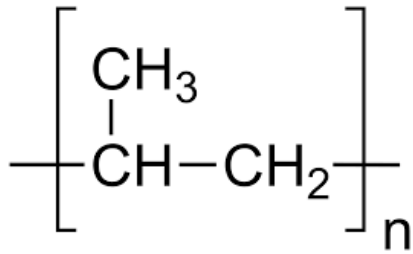
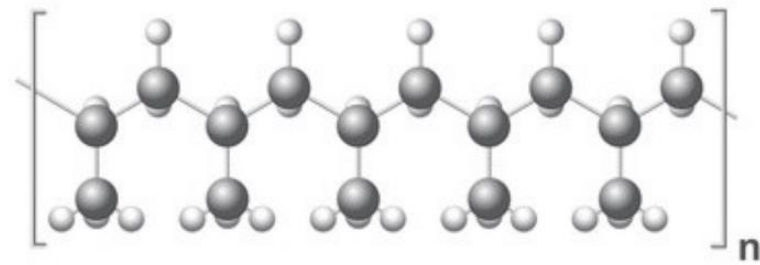
**PE LD** - polietyleny liniowe o małej gęstości

**PE HDPE** - polietyleny liniowe o dużej gęstości

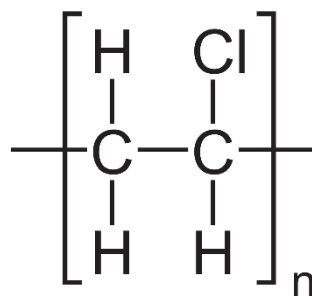
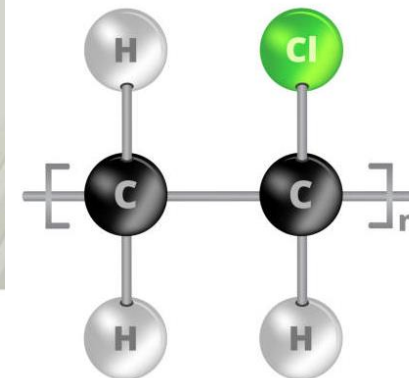
**PEX(cross-linked PE)** jest formą polietylenu usieciowanego.



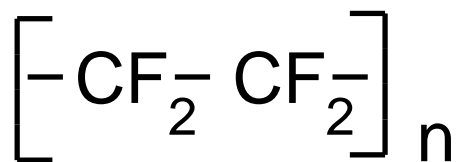
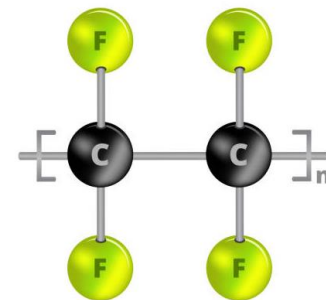
# Polipropylen PP



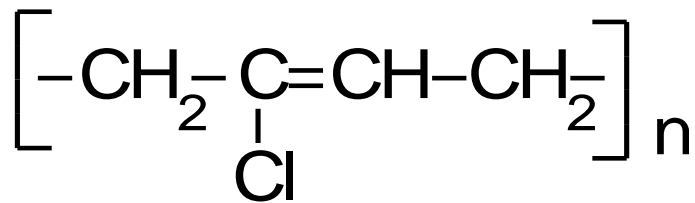
# Polichlorek winylu PCV



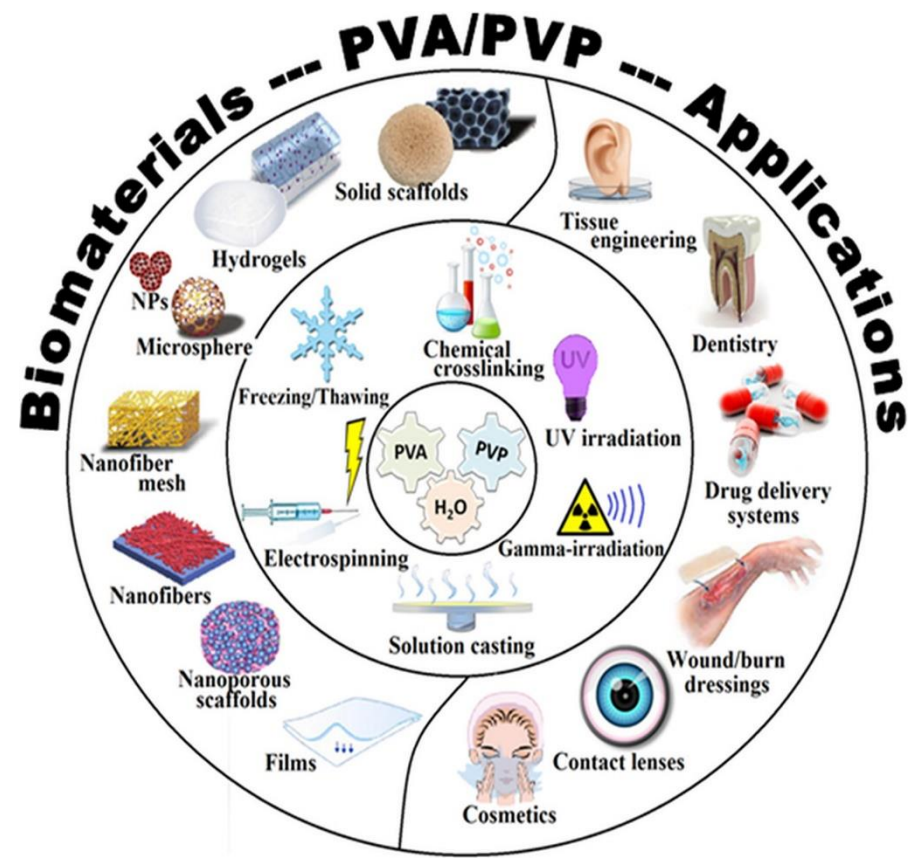
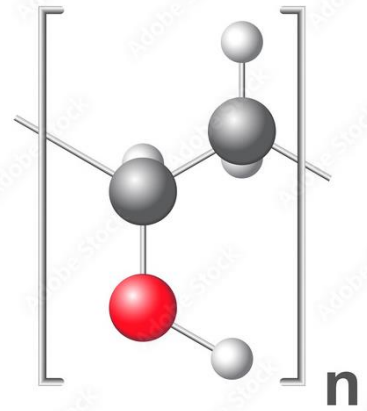
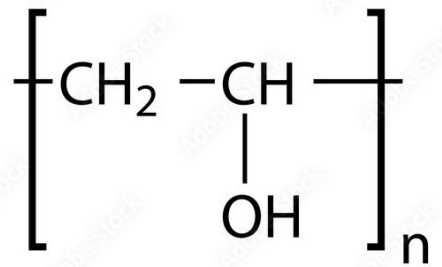
# Politetrafluoroetylen PTFE



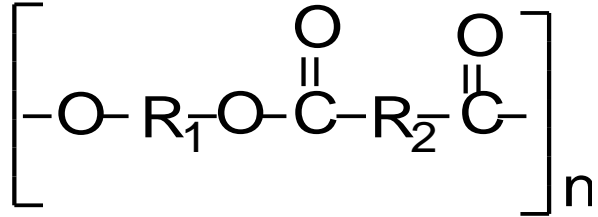
# Polichloropren (neopren)



# Polialkohol winylowy PVA

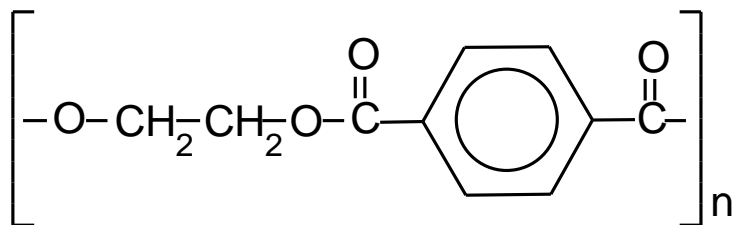
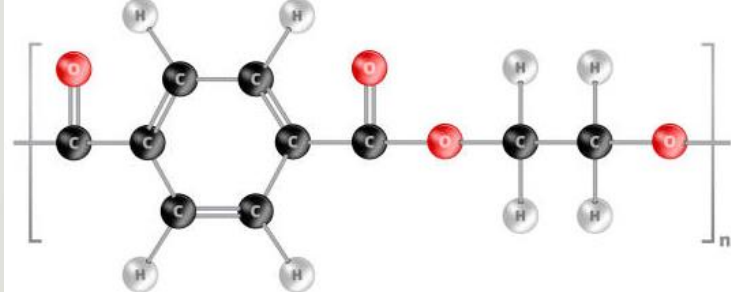


# Poliester



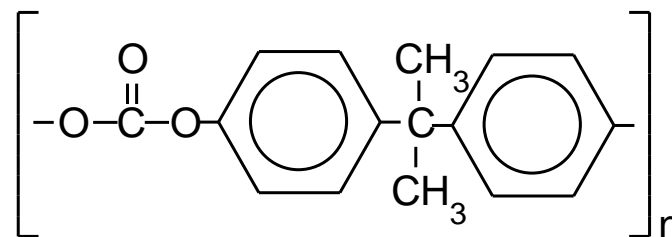
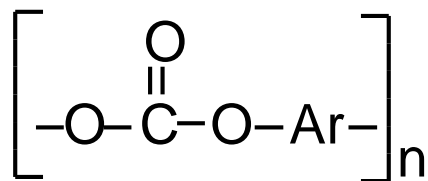
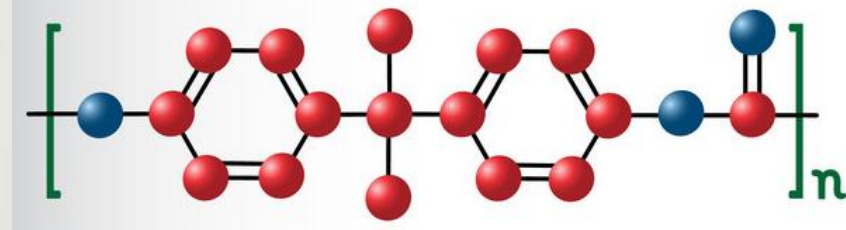


# Poli(tereftalan etylu) PET





# Poliwęglan

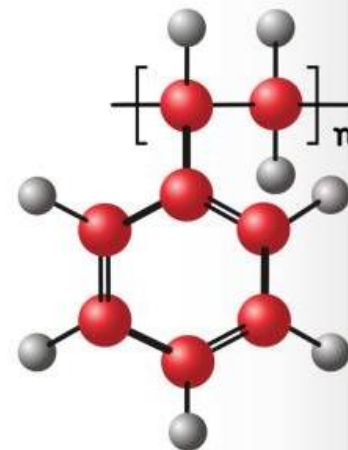
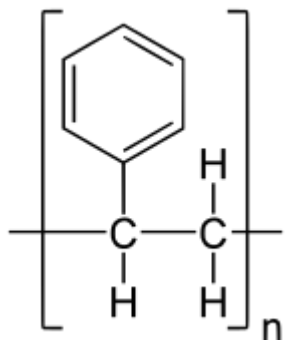


**poliwęglan z fosgenu i bisfenolu A**

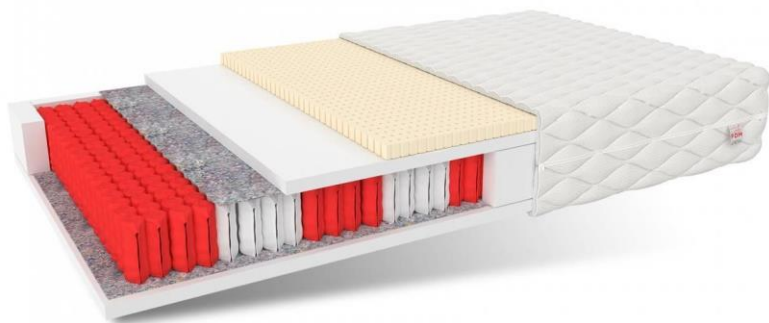
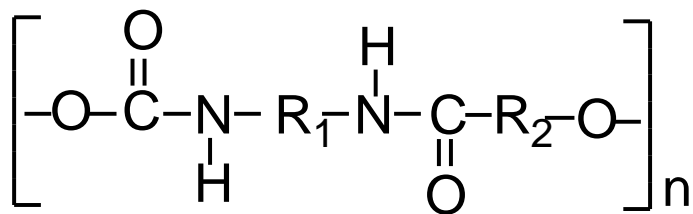




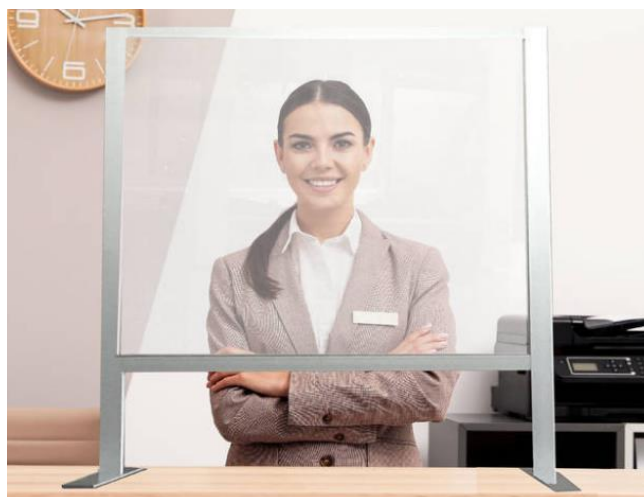
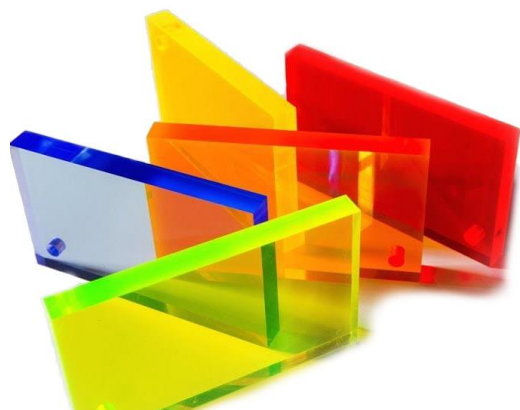
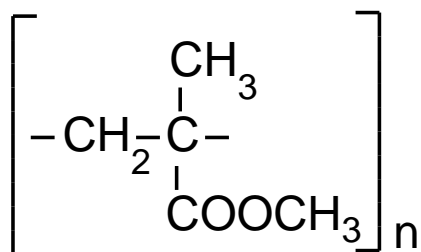
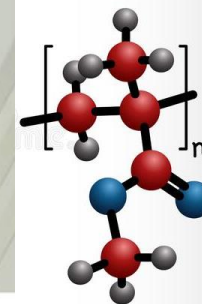
# Polistyren PS



# Poliuretan PU

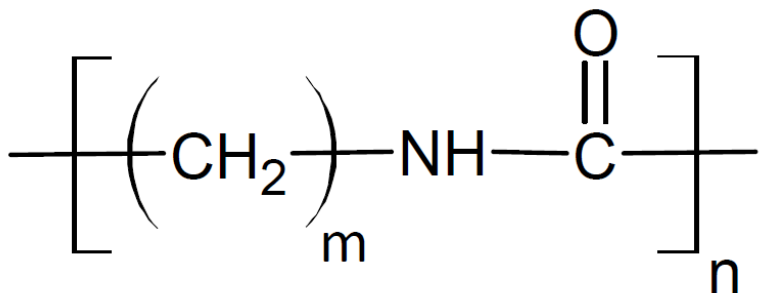
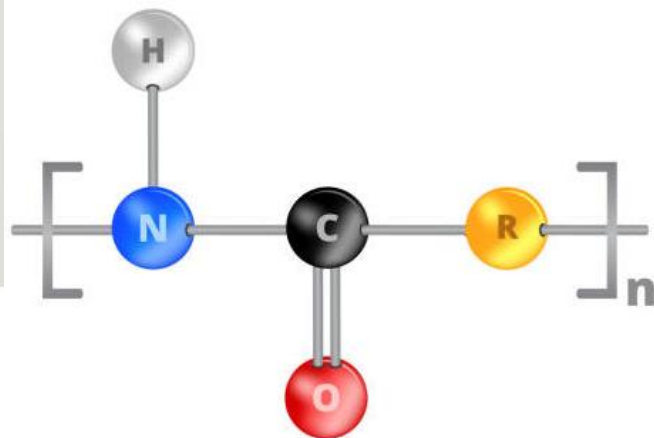


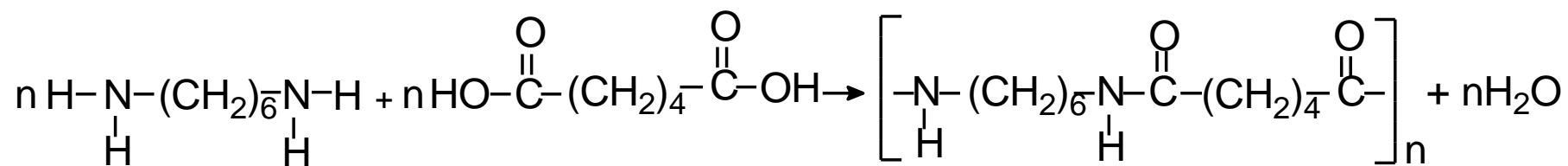
# Poli(metakrylan metylu) PMMA





# Poliamid PA

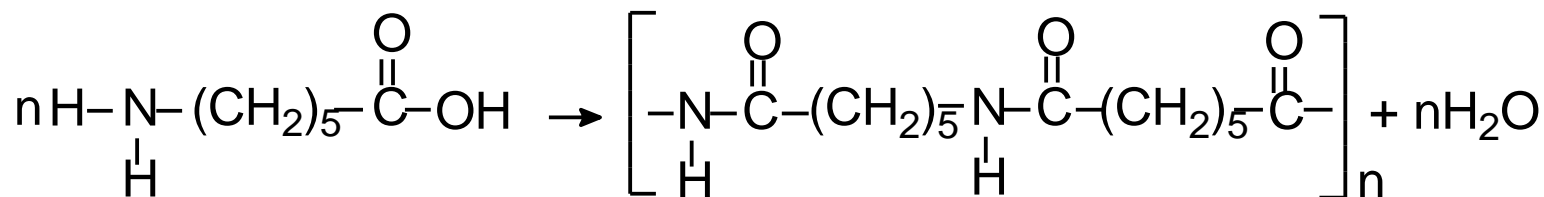




heksametylenodiamina

kwas adypinowy

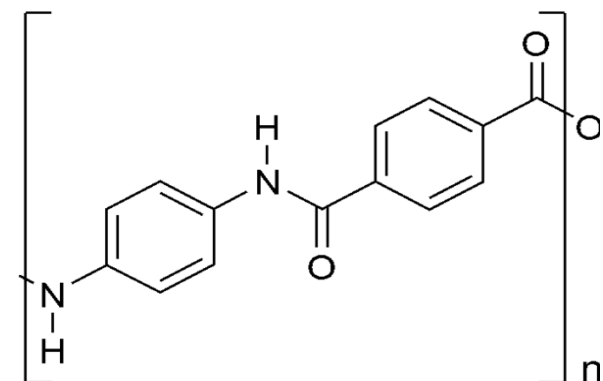
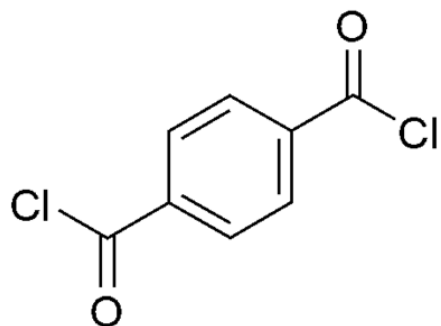
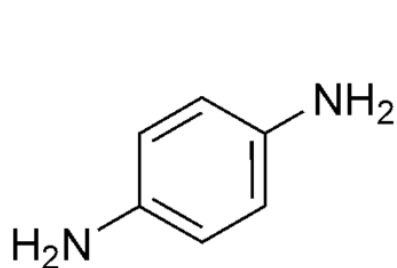
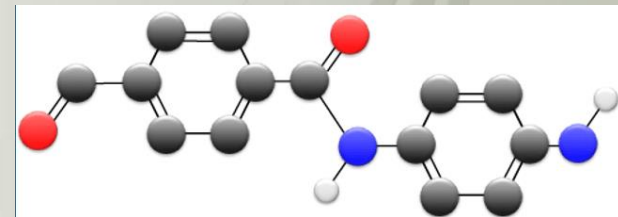
nylon 6,6



kwas kapronowy

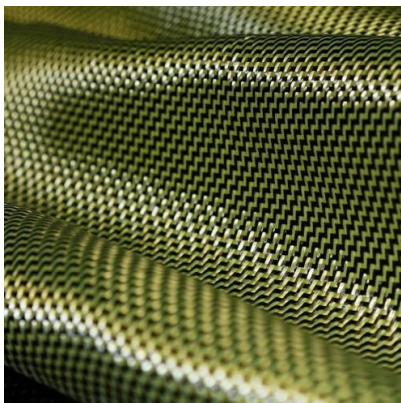
nylon 6

# Kevlar poli(fenyleno-1,4-diamid) aramid

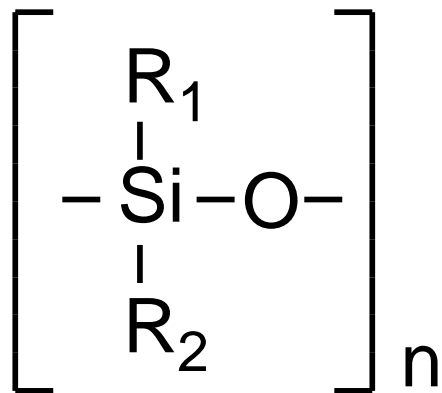


DuPont: Kevlar - poli(fenyleno-1,4-diamid), Nomex - poli(fenyleno-1,3-diamid)

Teijin Twaron: Twaron - poli(fenyleno-1,4-diamid), Technora – kopolimer aramidowy



# Silikony (polisiloksany)





rodzaje polimerów, w których łańcuchach występują dwa lub więcej rodzajów merów. Głównym powodem otrzymywania kopolimerów są ich szczególne własności fizyczne. Kopolimery zawierające trzy różne mery nazywamy terpolimerami.

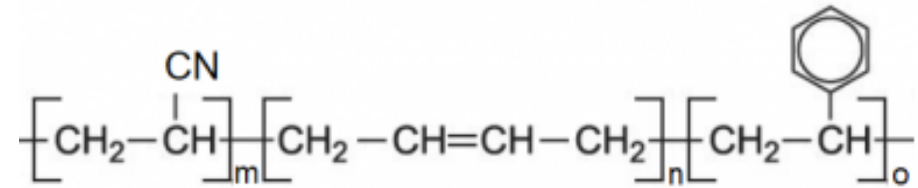
Oznaczenie skrótów nazw kopolimerów winylowych	
ABS Acrylonitrile/Butadiene/Styrene	poli(akrylonitryl-co-butadien-co-styren)
EAA Ethylene/Acrylic Acid	poli(etylen-co-(kwas akrylowy))
EBA Ethylene/Butyl Acrylate	poli(etylen-co-akrylan butylu)
EEA Ethylene/Ethyl Acrylate	poli(etylen-co-(akrylan etylenu))
EPDM Ethylene/Propylene	poli(etylen-co-propylen)
ETFE Ethylene/Tetrafluoroethylene	poli(etylen-co-tetrafluoroetylen)
EVA Ethylene/Butyl Acrylate	poli(etylen-co-octan winylu)
EVOH Ethylene/Vinyl Alcohol	poli(etylen-co-(alkohol winylowy))
MBS Methacrylate/Butylacrylate/Styrene	poli((metakrylan metylu)-co-butadien-co-styren)
SAN Styrene/ Acrylonitrile	poli(styren-co-akrylonitryl)
SBS Styrene/Butadiene/Styrene	poli(styren-co-butadien-co-styren)
SIS Styrene/Isoprene/Styrene	poli(styren-co-izopren-co-styren)  (Ctrl) ▾
VC/VAC Vinyl chloride/Vinyl Acetate	poli((chlorek winylu)-co-(octan winylu))



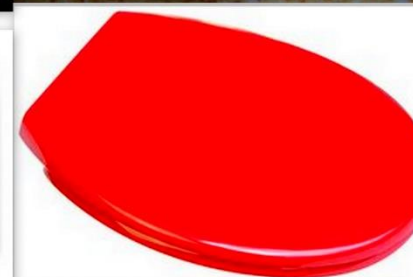
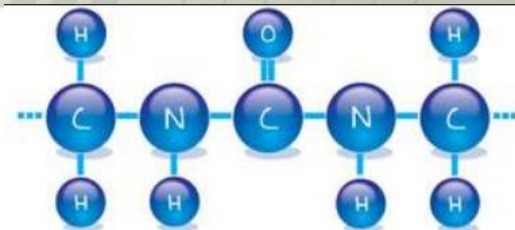
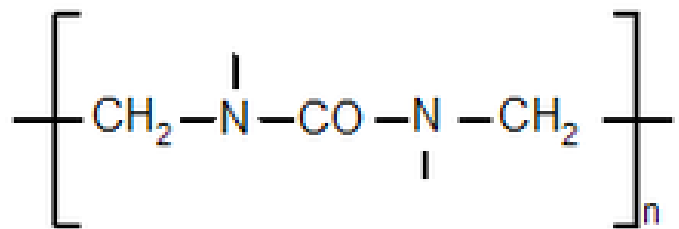
AGH

# Kopolimery - ABS

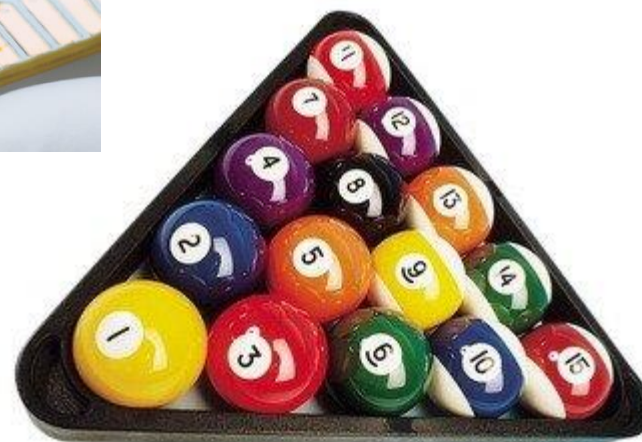
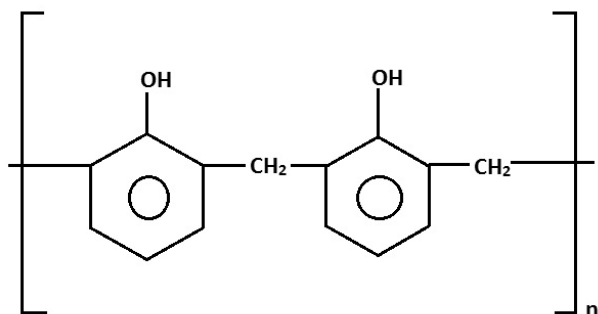
poli(akrylonitryl-co-butadien-co-styren)



# Żywice mocznikowo-formaldehydowe



# Żywice fenolowo-formaldehydowe (fenoplasty)



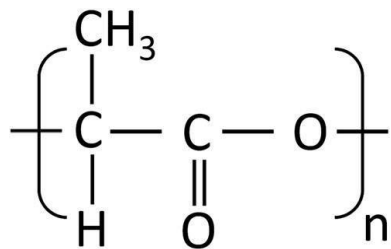
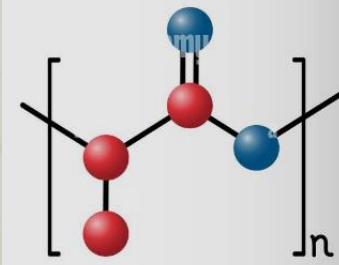
# Polimery biodegradowalne

w środowisku naturalnym ulegają degradacji, a produktami ich rozkładu są związki nietoksyczne. Polimery biodegradowalne są zazwyczaj wytwarzane z surowców naturalnych np. kukurydzy, trzciny cukrowej, pancerzy skorupiaków, odpadów rolnych itp.





# Poliaktyd, poli(kwasmlekowy) PLA





biodegradacja



utylizacja

produkcja



obróbka



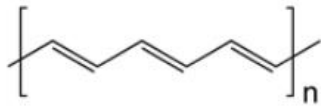
fermentacja,  
ekstrakcja



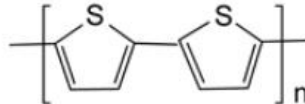
fotosynteza



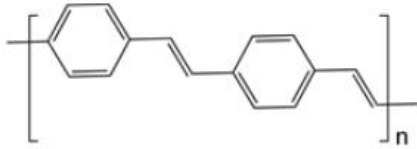
# Polimery przewodzące prąd



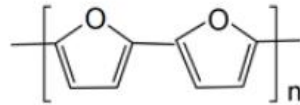
PA - poliacetylen



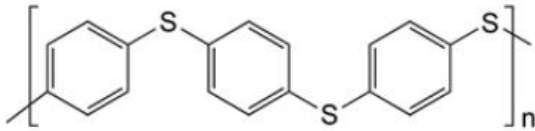
PTh - politiofen



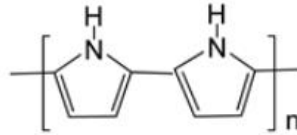
PPV - polifenylowinylen



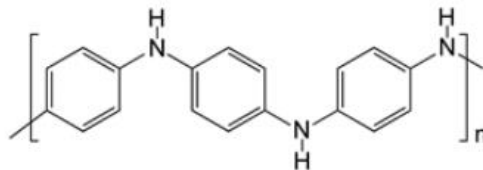
PF - polifuran



PPS - polisiarczek fenylenu



PPy - polipirol

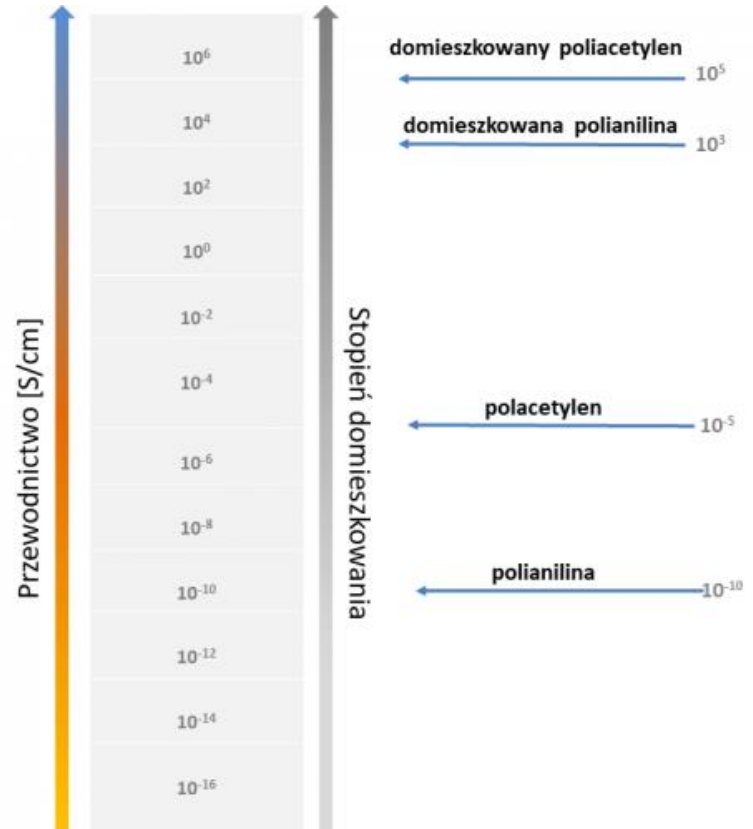


PANI - polianilina

METALE

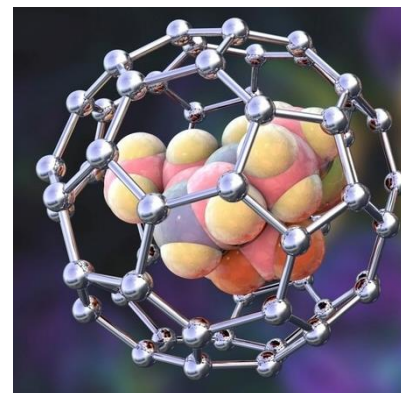
PÓŁPRZEWODNIKI

IZOLATORY

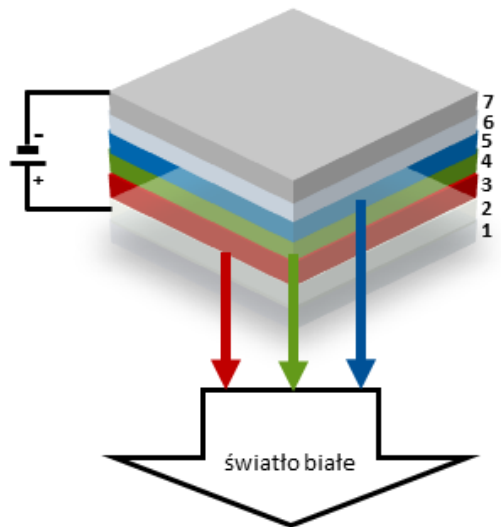
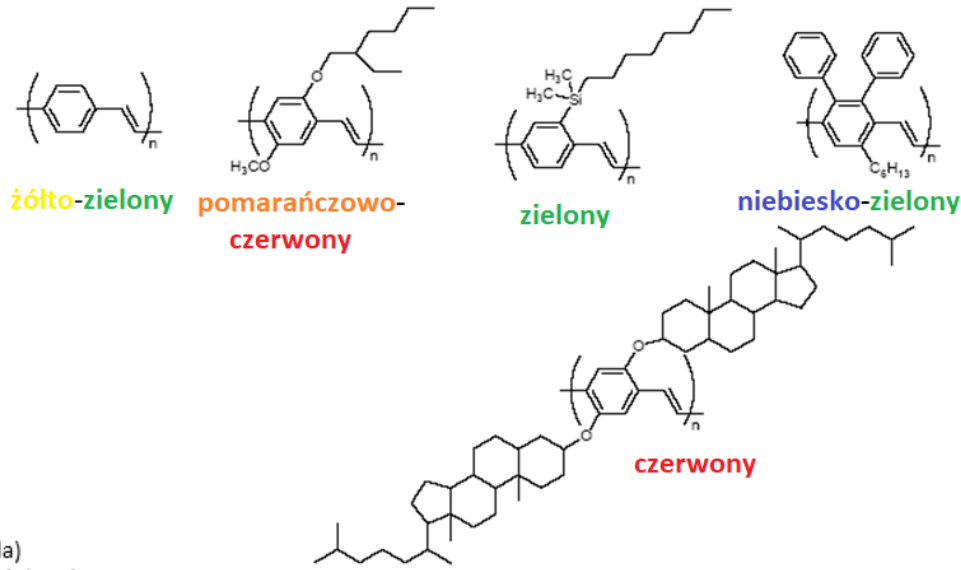
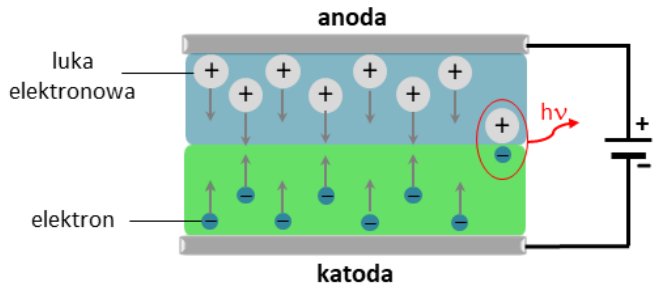




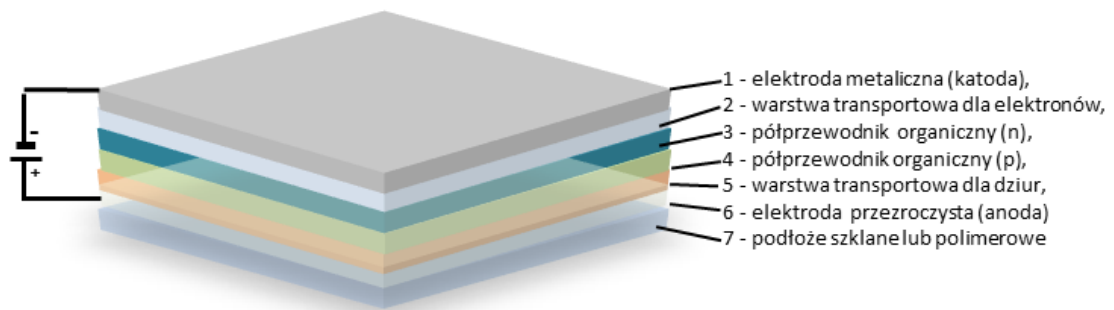
# Polimery przewodzące prąd



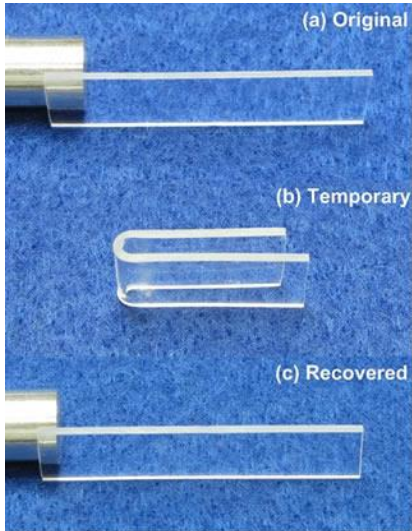
# Polimery elektroluminescencyjne



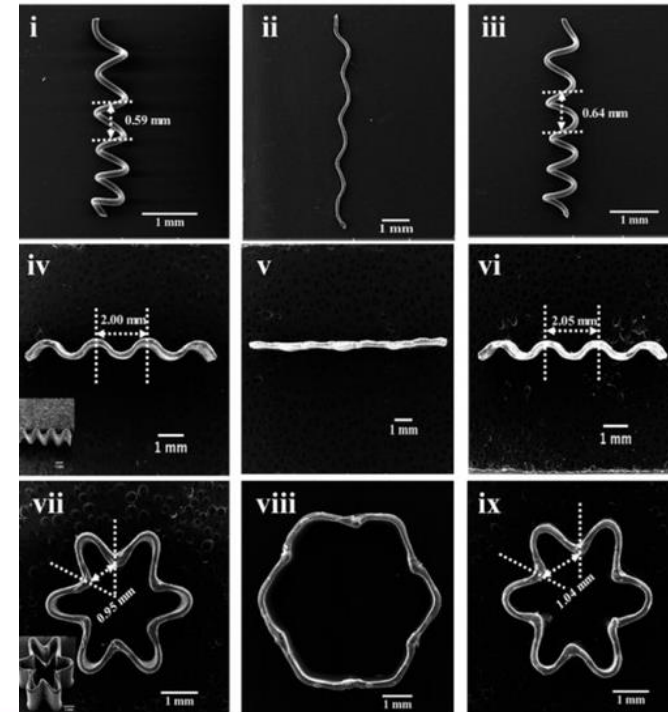
- 7 - Al
- 6 - warstwa LiF
- 5 - emiter światła niebieskiego
- 4 - emiter światła zielonego
- 3 - emiter światła czerwonego
- 2 - elektroda przezroczysta (anoda)
- 1 - przezroczyste podłoże szklane lub polimerowe



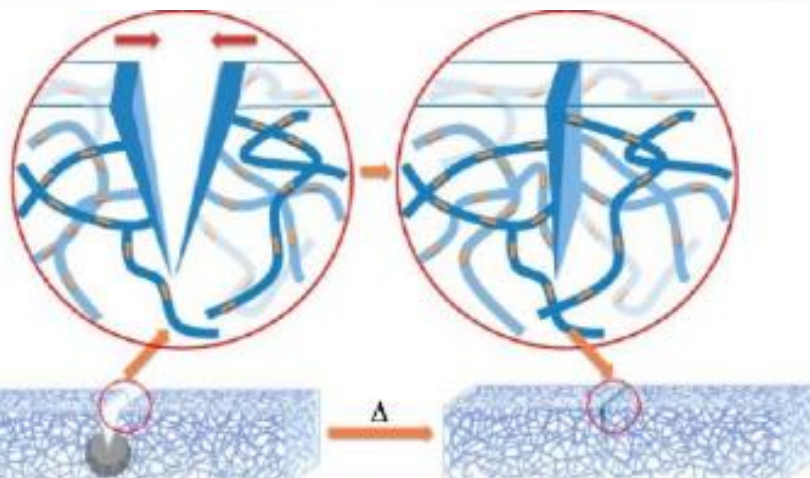
# Polimery z pamięcią kształtu



Ming L., Zhen C., Haibao L., Kai. Y, Recent progress in shape memory polymer composites: methods, properties, applications and prospects. *Nanotechnology Reviews*, vol. 8, 2019, pp. 327-351



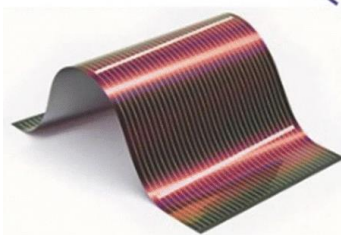
# Polimery samonaprawiające



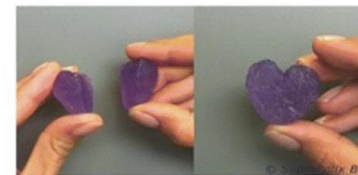
baterie



powłoki



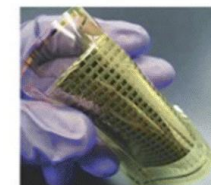
panele fotowoltaiczne



superkondensatory



czujniki chemiczne



elektroniczna skóra (e-skin)

**Dziękuję za uwagę**