

NOMENKLATURA I TERMINOLOGIJA iz područja polimera i polimernih materijala

DEFINICIJE NAZIVA KOJI SE ODNOSI NA KRISTALNE POLIMERE

Preporuke IUPAC 2011.
Preporuke HDKI i HKD 2013.

Preveo:
IVAN ŠMIT

Recenzenti:
ZORICA VEKSLI
ŽELIMIR JELČIĆ

HDKI / Kemija u industriji
Zagreb 2013.

SADRŽAJ

1. Uvod	419
2. Opće definicije	419
3. Lokalna konformacija i kristalna struktura	421
3.1 Struktura i konformacija lanca	421
3.2 Slaganje lanaca polimernih kristala	426
3.3 Neuređenost u polimernim kristalima	428
3.4 Polimerni kokristali	429
4. Molekulna konformacija unutar polimernih kristala	430
5. Morfološka gledišta	431
6. Kristalizacija polimera	434
7. Članstvo u nadležnom tijelu sponzora	438
8. Zahvale	439
9. Literatura	439
10. Dodatak: Abecedni popis naziva i skupina naziva	441
11. Appendix: Alphabetical index of terms	445

Međunarodna unija za čistu i primijenjenu kemiju, IUPAC
Odjel za polimere*
Odbor za nomenklaturu (imenje) makromolekula

KUI – 24/2013
Prispjelo 9. kolovoza 2012.
Prihvaćeno 15. studenog 2012.

Nomenklatura i terminologija iz područja
polimera i polimernih materijala

Definicije naziva koji se odnose na kristalne polimere (IUPAC-ove preporuke 2011.)**

Preporuke IUPAC 2011.
Preporuke HDKI i HKD 2013.

Pripremila radna skupina:

S. V. Meille,^{a**} G. Allegra,^{a**} P. H. Geil,^b J. He,^c M. Hess,^d
J.-I. Jin,^e P. Kratochvíl,^f W. Mormann^d i R. F. T. Stepto^g

Preveo:

IVAN ŠMIT

Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, 10 000 Zagreb

uz savjete i komentare

M. Ivanković, V. Jarm, J. Macan i Z. Veksli

Sažetak: Dane se preporuke tiču nazivlja koje se odnosi na strukturu i morfologiju kristalnih polimera i na procese kristalizacije polimera. Primjenjivi su na slučajeve u kojima su polimerni kristali znatan udio sustava i ponajprije s kristalnim strukturama koje se sastoje od polimernih lanaca s ograničenom statičkom ili dinamičkom neuređenošću. Nakon nekih općih definicija, definirani su nazivi koji pripadaju strukturnim uređenjima na subnanometarskim razinama i kristalnim strukturama polimera. Nazivi koji se odnose na molekulne konformacije unutar polimernih kri-

* Pokrovitelj: IUPAC-ov Odjel za polimere: više detalja u odjeljku 7 ovoga teksta.

** Definitions of terms relating to crystalline polymers (IUPAC Recommendations 2011), *Pure Appl. Chem.* **83** (10) (2011) 1831–1871, doi:10.1351/PAC-REC-10-11-13, © 2011 IUPAC, datum objave na internetskim stranicama: 3. kolovoza 2011.

*** Autor za dopisivanje: giuseppe.allegra@polimi.it i valdo.meille@polimi.it

^a Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica, "G. Natta", Politecnico di Milano, Via L. Mancinelli, 7, 20 131 Milano, Italija;

^b Department of Materials Science and Engineering, University of Illinois, 1304 W. Green St., Urbana, IL 61 801, SAD; ^c Institute of Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100 190, Kina; ^d Makromolekulare Chemie Universität-Gesamthochschule Siegen, Adolf-Reichwein-Strasse, D-57 068 Siegen, Njemačka; ^e Department of Chemistry, Korea University, College of Sciences, 5-1 Anam Dong, Sungbuk-ku, Seoul 136-701, Koreja; ^f Institute of Macromolecular Chemistry, Academy of Sciences of the Czech Republic, Heyrovsky Sq. 2, 162 06 Praha 6, Češka; ^g School of Materials, The University of Manchester, Manchester M1 7HS, Ujedinjeno Kraljevstvo

stala, morfološka gledišta i kristalizaciju polimera dani su u sljedećim odjeljcima.

Ključne riječi: IUPAC-ov Odjel za polimere, kristalni polimer, konformacija kristalnog polimera, morfologija, kristalna struktura polimera, kristalizacija polimera

1. UVOD

Preporuke u ovom spisu tiču se nazivlja što se odnosi na strukturu kristalnih polimera i procesa kristalizacije polimera. Kristalni polimeri obično su samo djelomice kristalni, te prema tome polimerni kristali (ili kristaliti) supstojaju s amorfnim područjima. Upućivanje na realne polimerne kristale mikroskopskih dimenzija bitno je za definiranje karakterističnih svojstava kristalnih polimera. Takvi kristali odgovaraju samo približno beskonačnom trodimenzijskom periodičnom uređenju atoma koje definira idealno kristalno stanje.

Dokument se primjenjuje uglavnom na slučajeve kada polimerni kristali zauzimaju znatan volumni udio sustava. Preporuke se bave ponajprije kristalnim strukturama koje se sastoje od linearnih, paralelno slaganih polimernih lanaca, ali su također primjenjive i na kristalne strukture kod kojih supstojaju neparalelni lanci u jediničnoj ćeliji, kao što je γ -oblik izotaktnog polipropilena.

Općenito, nazivlje koje se odnosi na makromolekulne mezofaze¹ bit će izostavljeno, ali će biti razmatrani kristalni polimeri s ograničenom statičkom i dinamičkom neuređenošću. Nakon općih definicija (poglavlje 2. Opće definicije) tema se dijeli u poglavlja koja se redom bave: lokalnim strukturnim uređenjem na razini nekoliko duljina veza i s kristalnim strukturama polimera (poglavlje 3. Lokalna konformacija i kristalna struktura), molekularnom konformacijom unutar polimernih kristala (poglavlje 4. Molekularna konformacija unutar polimernih kristala), morfološkim gledištima (poglavlje 5. Morfološka gledišta) i, konačno, bitnim nazivljem kristalizacije polimera (poglavlje 6. Kristalizacija polimera). Prijevod je načinjen redoslijedom naziva u izvornom tekstu, a abecedna kazala hrvatskih i engleskih pojmova dana su u dodatcima. Ovaj je dokument ispravljanje i proširenje IUPAC-ovih preporuka istog naslova objavljenih 1989.² i oslanja se na temeljne definicije naziva u polimerijskim znanostima,³ kemiji,⁴ fizikalnoj kemiji⁵ i kristalografiji.^{6–10} To je jedan od niza dokumenata koji je objavio IUPAC-ov Odbor za nomenklaturu makromolekula, a zatim i IUPAC-ov Pododbor za polimerno nazivlje koji se bavi definicijama naziva u polimerijskoj znanosti.

2. OPĆE DEFINICIJE

2.1 amorfn polimer (amorphous polymer)

Polimer u amorfnom stanju.

Napomena 1:

Naziv može upućivati na polimer koji zbog svoje konstitucije ne može kristalizirati, tj. nekristalizirljiv polimer. On se

također može odnositi na *kristalizirljivi polimer* ili na polimernu sastavnicu koja nije kristalna pri razmatranim specifičnim uvjetima.

Napomena 2:

Analitičke tehnike općenito ne razlikuju polikristalni polimer izmjera manjih od 2 nm od amorfno polimera. Vrijednost od 2 nm je 2 do 3 puta veća od tipičnih izmjera (dimenzija) rešetki mnogih polimera, npr. polietilena i polipilena.

2.2 amorfno stanje (amorphous state)

Stanje tvari karakterizirano odsutnošću molekularne uređenosti dugog doseg.

Napomena 1:

U amorfnom stanju može postojati nešto lokalne uređenosti duljine oko 1 nm.

Napomena 2:

U odsutnosti napreznja, struktura i svojstva amorfno stanja su, kao i u kapljevinama, izotropna na dovoljno velikoj skali.

Napomena 3:

Istegnuti amorfni polimer ispod *staklišta* može ostati anizotropan, čak i nakon uklanjanja napreznja. Međutim, u takvu će polimeru postojati zaostalo zamrznuto napreznje.

2.3 konformacija (conformation)

Prostorni raspored atoma koji dopušta razlikovanje stereoisomera koji, rotacijom oko formalno jednostruke veze, prelaze jedan u drugoga.⁴

2.4 kristalni polimer (crystalline polymer) polukristalni polimer (semicrystalline polymer) kristalasti polimer, djelomice kristalni polimer (partially crystalline polymer)

Polimer čiji je znatan dio u *kristalnom stanju*.

Napomena 1:

Polimeri teško potpuno kristaliziraju, i u bilo kojem realnom polimeru nešto amorfno materijala supostoji s kristalnom fazom ili fazama (vidi također *stupanj kristalnosti*).

Napomena 2:

Izmjeri kristala mogu biti mali sve do približno 2 nm u jednom (ili više) kristalografskom(ih) smjeru(ova) i obično ispod 50 nm u najmanje jednom smjeru.

Napomena 3:

Često se naziv "kristalni polimer" pogrešno upotrebljava za *kristalizirljivi polimer*.

Napomena 4:

Dvofazni model često se upotrebljava za opisivanje kristalnih polimera.

Napomena 5:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

2.5 kristalno stanje (crystalline state)

Stanje tvari savršeno karakterizirano trodimenzijskim uređenjem dugog doseg na atomskoj razini.

Napomena: Jedno- ili dvodimenzijsko uređenje vodi do mezofazne strukture.¹

2.6 kristalizirljivi polimer (crystallizable polymer)

Polimer koji može djelomično kristalizirati.

2.7 stupanj kristalnosti

(w_c (maseni udio), ϕ_c (volumni udio))
degree of crystallinity (w_c (mass fraction),
 ϕ_c (volume fraction))

Maseni ili volumni udio kristalne faze u uzorku polimera.

Napomena 1:

Maseni i volumni stupnjevi kristalnosti povezani su jednadžbom

$$w_c = \phi_c \frac{\rho_c}{\rho}$$

u kojoj su ρ i ρ_c masene koncentracije (gustoće)⁵ cijelog uzorka, odnosno kristalne faze.

Napomena 2:

Dvofaznim modelom pretpostavlja se da obje faze imaju svojstva istovjetna onima čistih faza; međufaze su zanemarene.

Napomena 3:

Stupanj kristalnosti može se odrediti primjenom nekoliko eksperimentalnih tehnika.

Među najčešće primjenjivanim su: (i) difrakcija, (ii) kalorimetrija, (iii) mjerenje gustoće, (iv) infracrvena spektroskopija, (v) NMR spektroskopija čvrstog stanja i (vi) propusnost para. Vrlo nesavršeni *polimerni kristali* ne mogu se lako razlikovati od *amorfno polimera*. Također, na rezultate koji su dobiveni različitim tehnikama, različito mogu utjecati temperatura, kristalne nesavršenosti i međupovršinski efekti. Zbog toga se rezultati mjerenja stupnja kristalnosti dobiveni različitim metodama često brojčano ne podudaraju.

Napomena 4:

Ako je prisutno više od jednog *kristalnog polimorfa*, za procjenu stupnja kristalnosti i dalje se rabi *dvofazni model*. Veličine koje se odnose na kristalnu fazu tada su težinski prosjeci različitih kristalnih faza.

Napomena 5:

Predložen je trofazni model koji se sastoji od kristalne faze, amorfne faze i faze koja se opisuje bilo kao kruta amorfna, anizotropno amorfna, intermedijarna ili mezomorfna.

Drugi način da se dvofazni model učini realnijim je nedvosmisleno uzimanje međufaze kao postupno narušavanje kristalne uređenosti.

Napomena 6:

Različite se metode primjenjuju za karakterizaciju "treće" faze, a koji uključuju NMR (kruta amorfna), rendgensku difrakciju (XRD) (intermedijarna ili anizotropna amorfna), diferencijalnu pretražnu kalorimetriju (DSC) za analizu topline taljenja i specifične topline pri T_g (kruta amorfna), infracrvenu (IR) spektroskopiju kombiniranu s mjerenjima propusnosti (mezomorfna faza, mezofaza) i Ramanovu spektroskopiju (međufaza).

Napomena 7:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

2.8 staklasti polimer (glassy polymer)

Vidi *polimerno staklo*.

2.9 lokalna konformacija (local conformation) mikrokonformacija (microconformation)

Konformacija polimernog lanca na razini njegovih konstitucijskih jedinica.

Napomena: Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

2.10 makrokonformacija (macroconformation)

Vidi *molekulna konformacija*.

2.11 mikrokonformacija (microconformation)

Vidi *lokalna konformacija*.

2.12 molekularna konformacija (molecular conformation)

makrokonformacija (macroconformation)

Konformacija makromolekule kao cjeline.

Napomena 1:

Molekulna konformacija molekule u *kristalnom polimeru* može se protezati kroz jedan ili nekoliko kristala.

Napomena 2:

Naziv "konfiguracija" ne treba se upotrebljavati za *konformaciju*.

Napomena 3:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

2.13 kristalasti polimer,^p djelomice kristalni polimer^d (partially crystalline polymer)

Vidi *kristalni polimer*.

2.14 polimerni kristal (polymer crystal)

Polimerna domena koja pokazuje trodimenzijsku kristalnu uređenost na razini atoma.

Napomena 1:

Polimerni kristali obično su mnogo manji i često ne pokazuju savršenost koja je uobičajena za tvari male molekulske mase. Veličine su od 2 do 3 nm sve do nekoliko μm , s uobičajenom vrijednošću oko 10 nm u jednoj ili više dimenzija. Vidi također *polimerni kristalit*.

Napomena 2:

Polimerni kristali mogu biti srasli (*polimerni sraslaci*) ili nesrasli (*polimerni pojedinačni kristali*).

Napomena 3:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

2.15 polimerno staklo (polymer glass) staklasti polimer (glassy polymer)

Amorfni polimer pri temperaturama ispod svog *staklišta*.

2.16 polukristalni polimer (semicrystalline polymer)

Vidi *kristalni polimer*.

2.17 dvofazni model (two-phase model)

Model temeljen na pretpostavci da se polimerni uzorak sastoji samo od domena kristalne i amorfne faze.

Napomena:

Vidi također *stupanj kristalnosti*.

2.18 jedinična ćelija (unit cell)

Strukturna jedinica iz koje se kristal može oblikovati translacijskim pomacima duž tri smjera rešetke.

Napomena 1:

U kristalografiji se prvo navode vektori rešetke koji definiraju trodimenzijsku periodičnost kristala iz koje slijedi definicija jedinične ćelije.⁶⁻⁸

Napomena 2:

Prihvaćena jedinična ćelija nije nužno najmanja moguća. Radi boljeg opisa kristalografske simetrije trebaju se upotrebljavati, kad god je to moguće, neprimitivne ćelije, tj. veće ćelije s višom simetrijom.

Napomena 3:

Za razliku od tvari male molne mase, jedinična ćelija *polimernih kristala* obuhvaća samo segmente polimerne molekule duž *lančane osi* koji odgovaraju *translacijskim ponavljanim jedinicama lanca*, a ne obuhvaća cijelu molekulu.

Napomena 4:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

3. LOKALNA KONFORMACIJA I KRYSTALNA STRUKTURA¹⁰⁻¹³

3.1 Struktura i konformacija lanca

3.1.1 osno pomicanje po ponavljanoj konstitucijskoj jedinici, h , SI jedinica: m

(axial advancement per constitutional repeating unit, h , SI unit: m)

jedinična visina (unit height)

Projicirana duljina *ponavljane konstitucijske jedinice (PKJ)* na *os lanca*.

Napomena 1:

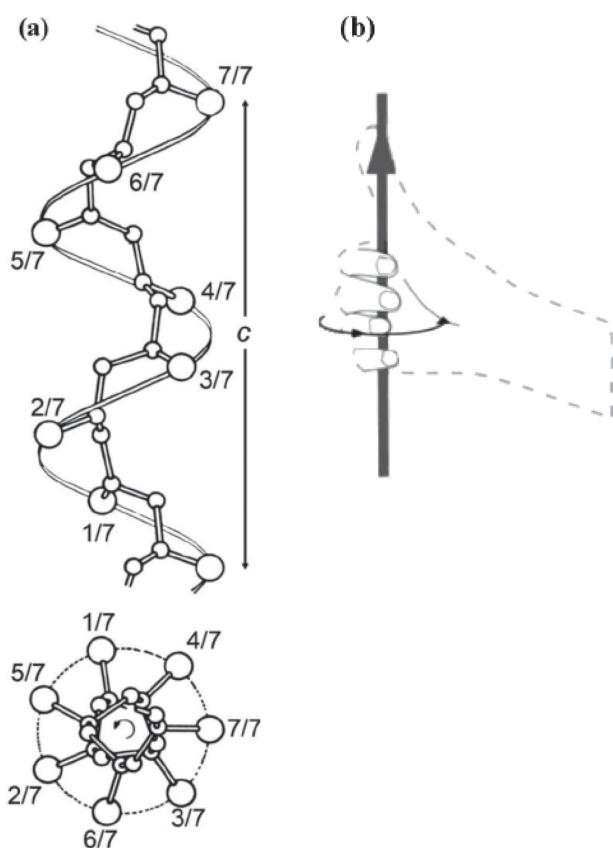
Oсно pomicanje po PKJ-u značajka je *konformacije* polimernog lanca. Veliki osni pomak po PKJ-u u pravilu definira izduljeniju konformaciju lanca, a mali osni pomak po PKJ-u u pravilu definira zbijenu konformaciju.

Napomena 2:

Vrijednost h dobiva se iz jednadžbe

$$h = \frac{c}{M_R}$$

gdje je c period istovjetnosti lanca, a M_R je broj PKJ u c . U slučajevima gdje se ne primjenjuje *postavka istovrijednosti*, h je prosječna vrijednost.



Slika 1 – (a) Spiralna struktura izotaktnog poli- α -olefina preuzeta iz lit.^{11d}. Prikazana 7_2 konformacija zavojnice obuhvaća u 2 puna okreta 7 zavojničnih jedinica od kojih svaka odgovara ponavljanoj konstitucijskoj jedinici (PKJ) ($M = 7$, $N = 2$, vidi 3.1.13). Ponavljana translacijska jedinica lanca ovdje je sastavljena od od 7 PKJ. c označava period istovjetnosti lanca. Prikazana spiralna struktura je idealna kristalna konformacija lanca koju poprima npr. izotaktni poli(4-metilpent-1-en) u tzv. formi I. Relativni pomaci duž c osi dani su za svaki PKJ u obje projekcije. Prikazana struktura je desna zavojnica, jer slijedi pravilo desne ruke predočeno na slici (b). U desnim se zavojnicama idealni kontinuirani spiralni obris gledan od strane promatrača, tj. u primjeru, linija koja spaja jedinice 2 i 3 u projekciji (a) uzdiže s lijeva na desno.

3.1.2 os lanca (chain axis)

Pravac koji spaja središta masa susljednih translacijskih ponavljanih jedinica lanca u rebru lanca (vidi sliku 1).

Napomena 1:

Os lanca odgovara prosječnom lokalnom smjeru izduljenja polimernog lanca.

Napomena 2:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

3.1.3 period istovjetnosti lanca, c , b , SI jedinica: m (chain identity period, c , b , SI unit: m)

udaljenost ponavljanja lanca

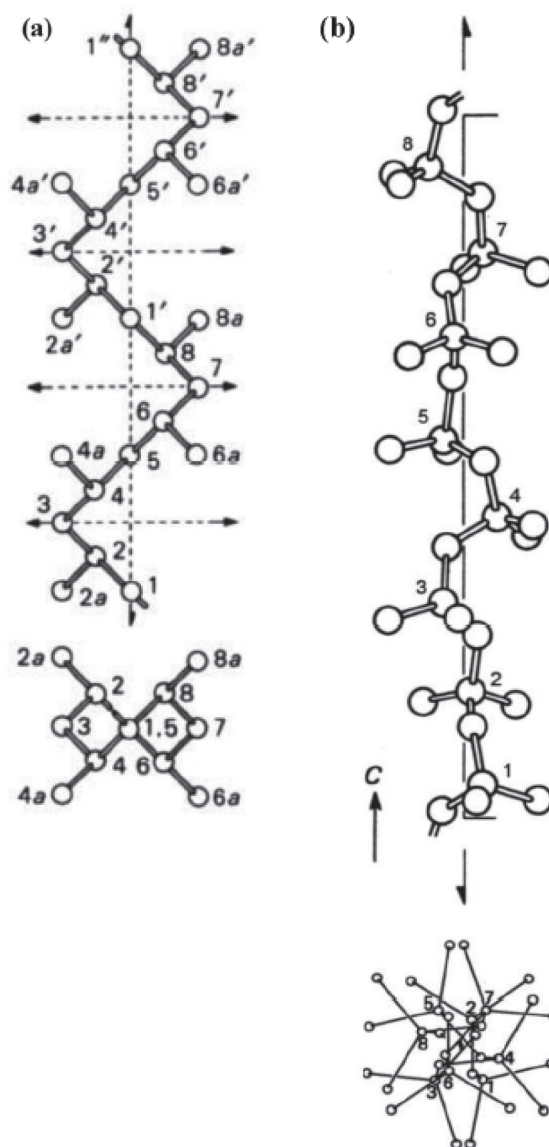
(chain repeating distance)

period istovjetnosti vlakna (fiber identity period)

fizički ponavljana udaljenost

(physical repeating distance)

Najkraći razmak duž osi lanca za intramolekulno translacijsko ponavljanje.



Slika 2 – (a) Idealna kristalna konformacija 2_1 sindiotaktnog polipropilena;^{12,13} vidljivi su odnosi simetrija koji uključuju PKJ (ponavljane konstitucijske jedinice) od kojih se svaki podudara s ponavljanoj konformacijskoj jedinici; ponavljana translacijska jedinica lanca (npr. od atoma 1 do 1') obuhvaća dva motiva zavojnice (od atoma 1 do 5 i od 5 do 1') i četiri PKJ. (b) Kristalografska 2_1 zavojnica poli(2-metilpropena)¹⁰ kao aproksimacija 8_3 zavojnice: u ovom slučaju nisu svi PKJ-i simetrične; ponavljana translacijska jedinica lanca (od PKJ-a 1 do 8) obuhvaća dva zavojna motiva (od PKJ-a 1 do 4, te od PKJ-a 5 do 8) od kojih svaki odgovara jednoj ponavljanoj konformacijskoj jedinici i četirima PKJ-a. Obje su prikazane zavojnice desne.

Napomena 1:

Period istovjetnosti lanca jednak je duljini ponavljane translacijske jedinice lanca projiciranoj na os lanca.

Napomena 2:

Period istovjetnosti lanca može se razlikovati za različite kristalne polimorfe danih kristalnih polimera.

Napomena 3:

U slučaju kristala s paralelnim lancima, os lanca se obično uzima paralelno s vektorom rešetke c ili, rjeđe, s vektorom rešetke b . Period istovjetnosti lanca mjeri se duž osi lanca.

Zato se on označava s *c* ili *b*. Primjeri su dani na slikama 1 i 2.

Napomena 4:

Period istovjetnosti lanca može se mjeriti difrakcijskim metodama upotrebom kristalnih *polimernih vlakana*, pojedinačnih kristalnih matova i monokristala.

Napomena 5:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

3.1.4 udaljenost ponavljanja lanca (chain repeating distance)

Vidi *period istovjetnosti lanca*.

3.1.5 ponavljana konformacijska jedinica (conformational repeating unit)

Najmanja strukturna jedinica polimernog lanca dane *konformacije* koja se operacijama simetrije, uključujući translaciju, ponavlja duž lanca.²⁻⁴

Napomena 1:

Ako se na lanac ne primijene drugi elementi intramolekulne simetrije izuzevši translacijsko ponavljanje duž osi lanca, ponavljana konformacijska jedinica odgovara *ponavljanoj translacijskoj jedinici lanca*.

Napomena 2:

Ponavljana konformacijska jedinica može se razlikovati za različite *kristalne polimorfe* danog *kristalnog polimera*.

3.1.6 ponavljana konstitucijska jedinica (PKJ) (constitutional repeating unit) (CRU)

Najmanja konstitucijska jedinica ponavljanjem koje se konstituira pravilna makromolekula, pravilna oligomerna molekula ili pravilni blok kopolimera.^{3,4}

Napomena:

PKJ je isti za sve polimorfe danog *kristalnog polimera*.

3.1.7 usmjereni lanac (directional chain)

Polimerni lanac koji može biti orijentiran u dva različita, suprotna smjera duž *osi lanca*.

Napomena 1:

Dvije se moguće orijentacije mogu pretvarati jedna u drugu rotacijom oko osi drugog reda (digire) okomite na os lanca.

Napomena 2:

Primjeri usmjerenih lanaca su poliaminokiseline, Nylon 6, poliesteri hidroksilnih kiselina i izotaktni poli- α -olefini.

Napomena 3:

Primjeri lanaca koji nisu usmjereni su polietilen, sindiotaktni poli- α -olefini i Nylon 6,6.

Napomena 4:

Vidi također *kristal s paralelnim lancima*.

3.1.8 usmjereno rebro (directional stem)

Rebro usmjerenog lanca.

3.1.9 postavka istovrijednosti,^p postulat ekvivalencije^d (equivalence postulate)

Postavka koja zahtijeva da sve *ponavljane konstitucijske jedinice (PKJ)* polimernog lanca budu povezane simetrijom.¹¹

Napomena 1:

Postavka istovrijednosti se primjenjuje na *konformaciju idealnog kristalnog lanca*.

Poblize se može primijeniti na *konformaciju* u realnom kristalnom stanju, ili se u rijetkim slučajevima ne može primijeniti.

Napomena 2:

U slučajevima kada PKJ dopušta prisutnost unutarnjih elemenata simetrije (npr. polietilen, (*E*)-1,4-polibutadien, tj. poli[(*E*)-but-1-en-1,4-diil], (*Z*)-1,4-polibutadien, tj. poli[(*Z*)-but-1-en-1,4-diil] i poli(pent-1-en-1,5-diil), itd.), postavka se može primijeniti na podjedinicu PKJ-a.

Napomena 3:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

3.1.10 period istovjetnosti vlakna (fiber identity period)

Vidi *period istovjetnosti lanca*.

3.1.11 ponavljana jedinica vlakna (fiber repeat unit)

Vidi *ponavljana translacijska jedinica lanca*.

3.1.12 zavojitost polimernog lanca,^p spiralnost polimernog lanca,^d heličnost polimernog lanca^d (helicity of a polymer chain)

kiralnost zavojnice,^p kiralnost spirale,^d
kiralnost heliksa^d (helix chirality)

smjer zavojnice,^p smjer spirale,^d smer heliksa^d
(helix sense)

Kiralnost polimerne *zavojnice*, tj. svojstvo zavojnice da je *desna* ili *lijeva zavojnica*.

Napomena 1:

Slijed veza duž glavnog polimernog lanca nedvosmisleno definira zavojitost, a time i kiralnost kontinuirane zavojnice polimernog lanca.

Napomena 2:

U polimerijskoj literaturi lijeva zavojnica je zavojnica označena simbolom *L*, dok je desna zavojnica označena simbolom *R*. U suglasju s prevladavajućim dogovornim stereoke-mijskim nazivljem,⁴ radije se preporučuju dva deskriptora (opisnika) *M* (minus) i *P* (plus), nego odgovarajući *L* i *R*.

Napomena 3:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

3.1.13 zavojnica,^p spirala,^d heliks,^d M_N (helix, M_N)

Molekulna konformacija koja pokazuje vijčanu simetriju koja nastaje pravilnim ponavljanjem *konformacija* veza glavnog lanca makromolekule.

Napomena 1:

Primjer je prikazan na slici 1.

Napomena 2:

Simbol zavojnice M_N označava cijele brojeve *zavojničnih jedinica* (M) i *zavojničnih navoja* (broj punih okreta zavojnice) (N), aproksimiranih slijedom veza duž glavnog polimernog lanca (N) u *periodu istovjetnosti lanca*. M i N su pozitivni neskrativi cijeli brojevi, gdje je $M \geq N \geq 1$. M može poprimiti bilo koju vrijednost, za razliku od primjera kristalografskih vijčanih osi za koje su prihvatljive samo vrijednosti 2, 3, 4 i 6 (vidi također *Napomenu 3* u 3.1.25).

Napomena 3:

Slučaj $M = N = 1$ primjenjuje se na molekule koje imaju samo translacijsku simetriju i zato su nespiralne.

Napomena 4:

Zavojnica s M zavojničnih jedinica u N okretaja može se označiti kao " M_N -zavojnica".

Napomena 5:

Za polimere s kiralnim središtima nužno je osim simbola navesti je li zavojnica lijeva ili desna. Jedan od primjera je poli[(R)-3-hidroksibutanoat] koji poprima lijevu spiralnu konformaciju 2_1 . Među brojnim drugim slučajevima su poliaminokiseline i polipeptidi.

Napomena 6:

U slučaju polimera koji nema kiralna središta postoje enantiomerna rebra zavojnice jednake energije koja mogu prelaziti jedna u druge pri dovoljno visokoj temperaturi ili u otopini. Ako nije izričito navedeno, u takvim se slučajevima *desne zavojnice* označuju simbolom M_N .

Napomena 7:

Kristalografska vijčana os koja se upotrebljava za opis konformacije zavojnice vezana je uz konkretnu zavojnicu koja proizlazi iz spiralnog rasporeda atoma. Okreti zavojnice, koji bi se neizravno izrazili vijčanim osima, ne odgovaraju nužno navoju kontinuirane polimerne zavojnice: tako vrijednost N koja opisuje polimernu zavojnicu i vrijednost N u simbolu vijčane osi ne moraju biti iste. Npr. zavojnica prikazana na slici 1, nedvosmisleno je desna zavojnica 7_2 . Premda se koordinate atoma njezine zrcalne slike mogu predstaviti primjenom operatora vijčane osi 7_5 , prednost se daje opisu kao lijeve zavojnice 7_2 kako bi kontinuiranoj zavojnici *period zavojnice* ostao isti (tj., $c/2$).

Napomena 8:

Vidi također *zavojitost*, *lijeva zavojnica*, *desna zavojnica*.

Napomena 9:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

3.1.14 kiralnost zavojnice (helix chirality)

Vidi *zavojitost*.

3.1.15 period zavojnice,^p

period spirale,^d period heliksa,^d
 p , SI jedinica: m (helix pitch, p , SI unit: m)

Razmak između susljednih navoja zavojnice projiciran na *os lanca*.

Napomena:

Vrijednost p dobijena je iz jednadžbe

$$p = \frac{c}{N}$$

u kojoj je c period istovjetnosti lanca i N je broj navoja zavojnice u c .

3.1.16 zavojnična jedinica,^p

motiv heliksa^d (helix residue)

Najmanji set susljednih *ponavljanih konstitucijskih jedinica* (PKJ) iz kojih se može generirati zavojnica M_N .

Napomena 1:

Zavojnična jedinica (vidi slike 1 i 2) može se sastojati od jednog ili više PKJ-a. Npr. *idealna kristalna konformacija* sindiotaktnog polipropilena 2_1 (slika 2a) sastoji se od dviju monomernih jedinica povezanih s osi drugog reda okomitom na *os lanca*. U slučaju kristalografske 2_1 -zavojnice poliizobutilena, tj. poli(2-metilpropena) (slika 2b), zavojnična jedinica sastavljena je od 4 PKJ-a, koje također konstituiraju PKJ dok je 8 PKJ-a prisutno u *ponavljanoj translacijskoj jedinici lanca*.

Napomena 2:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

3.1.17 smjer zavojnice (helix sense)

Vidi *zavojitost*.

3.1.18 idealna konformacija lanca u kristalu

(ideal crystalline chain conformation)

Konformacija izoliranog polimernog lanca s minimumom energije konstruirana u skladu s *postavkom istovjetnosti* i koja se približava konformaciji nađenoj u kristalnoj fazi.

Napomena 1:

Ako elementi simetrije u kristalu ne odgovaraju onima koji karakteriziraju idealnu kristalnu konformaciju lanca, konformacija lanca u kristalu može biti iskrivljena.

Napomena 2:

Elementi simetrije koji karakteriziraju idealnu konformaciju lanca u kristalu mogu biti nekristalografski (vidi 3.1.25), tj. ne može se primijeniti na slaganje u određenim *kristalnim polimorfima* (vidi 3.2.6). Na primjer, idealna kristalna konformacija lanca izotaktnog polipropilena je 3_1 -zavojnica, ali, dok β -faza kristalne strukture dopušta zavojnični operator simetrije 3_1 , ne dopuštaju je α - ili γ -faza tog polimera.¹²⁻¹⁴

3.1.19 lijeva zavojnica,^p L , M , lijeva spirala^d, lijevi heliks^d

(left-handed helix, L , M)

Zavojnica u kojoj kontinuirana linija zavojnice, aproksimirajući sekvencije veza duž polimernog glavnog lanca, zavija u smjeru kretanja kazaljke na satu u odnosu na promatrača, tj. promatrana iz smjera pozitivne osi (vidi slike 1 i 2).

Napomena 1:

Razvijena iz smjera zavojnice u lit.²⁻⁴.

Napomena 2:

U suglasju s prevladavajućim dogovornim stereokemijskim nazivljem radije se preporučuje opisnik (deskriptor) M (minus) nego L , koji se široko upotrebljava u literaturi.

Napomena 3:

Vidi također *zavojnica*, *zavojitost* i *desna zavojnica*.

3.1.20 skupina linijskog ponavljanja (line repetition group)

Vidi štapićasta skupina.

3.1.21 višestruka zavojnica,^P višestruka spirala,^d višestruki heliks^d (multiple helix)

Zavojiti poredak koji obuhvaća dva isprepletena lanca zavojnica ili više njih, koje dijele istu os.

Napomena:

Isprepleteni lanci zavojnica obično su istovjetni i pomaknuti duž osi lanca za c/n , gdje je c period istovjetnosti lanca pojedinačne zavojnice, a n je broj zavojnica u višestrukoj zavojnici.

3.1.22 fizički ponavljani razmak (physical repeating distance)

Vidi period istovjetnosti lanca.

3.1.23 fizička ponavljana jedinica (physical repeating unit)

Vidi ponavljana translacijska jedinica lanca.

3.1.24 desna zavojnica,^P R , P , desna spirala,^d desni heliks^d (right-handed helix, R , P)

Zavojnica u kojoj kontinuirana linija zavojnice, aproksimirajući sekvencije veza duž polimernog glavnog lanca, zavija u smjeru suprotnom kretanju kazaljke na satu u odnosu na promatrača, tj. promatrana iz smjera pozitivne osi (vidi slike 1 i 2).

Napomena 1:

Razvijena iz smjera zavojnice u lit.²⁻⁴.

Napomena 2:

U suglasju s prevladavajućim dogovornim stereokemijskim nazivljem radije se preporučuje opisnik (deskriptor) P (plus) nego R , koji se široko upotrebljava u literaturi.

Napomena 3:

Vidi također zavojnica, zavojitost i lijeva zavojnica.

3.1.25 štapićasta skupina (rod group) skupina linijskoga ponavljanja (line repetition group)

Simetrijska skupina trodimenzijskog rasporeda atoma koji se pravilno ponavljaju duž jednog smjera.

Napomena 1:

Simetrija izoliranih polimernih lanaca, s translacijskom periodičnošću duž smjera osi lanca, može biti opisana kao štapićasta skupina⁹ ili jednakovrijednim konceptom linijski ponavljane skupine.^{2,12} Dok se opisivanje izrazom linijski ponavljana skupina razvilo u zajednici polimerijskih znanosti, štapićaste skupine⁹ potječu iz kristalografske zajednice i mnogo su sustavnije. Tablica 1 prikazuje simbole simetrijskih skupina nekih linearnih polimera u skladu s konceptima štapićaste skupine i linijski ponavljane skupine.

Napomena 2:

Potankosti glede korištenih simbola objašnjene su u kristalografskoj lit.⁶⁻⁹ za štapićaste skupine i u lit.^{2,12} za linijski ponavljane skupine.

Napomena 3:

Radi potpunog ispunjavanja prostora u slučaju kristalografskih štapićastih skupina⁹ u obzir dolaze samo dvo-, tro-, četvero- i šesterostruke vijčane osi. Takva ograničenja ne postoje u slučaju izoliranih lanaca za koje, u pravilu, može biti prihvatljiva svaka spiralna simetrija. Drugim riječima, štapićaste skupine u lit.⁹ samo su podskup skupina primjenjivih na idealne konformacije lanca u kristalu.

Napomena 4:

Primjeri dani u tablici 1 odnose se na linearne polimere i vrijede za idealne konformacije lanca u kristalu, dok je kristalografska simetrija lanca u kristalu često niža, tj. neki elementi simetrije, primjenjivi na idealnu kristalnu konformaciju lanca, ne vrijede za kristalnu slagalinu.

Napomena 5:

Modificirano prema navodima za linijski ponavljane skupine u lit.²⁻⁴ na temelju *International Tables of Crystallography*, Vol. E, lit.⁹.

Tablica 1 – Idealne simetrije kristalnih lanaca nekih kristalnih polimera^a

Štapićasta skupina ⁹	Skupina linijskoga ponavljanja ^{2,12}	Polimer
p1	t1	(E)-1,4-poliizopren, tj. poli[(E)-1-metilbut-1-en-1,4-diil]
p3 ₁	s(3/1)	izotaktni polipropilen ($M_N = 3_1$, vidi def. 3.1.13)
p222 ₁	s(2/1)	sindiotaktni polipropilen ($M_N = 2_1$, zavojite modifikacije I i II)
pm11	tm	Nylon 7,7, tj. poli[N,N'-(heptan-1,7-diil)heptandiamid]
pc11	tc	poli(viniliden florid), tj. poli(1,1-difloreten) (modifikacija II)
p ₁	ti	(E)-1,4-poli(2,3-dimetilbutadien)
p211	t2	sindiotaktni polipropilen (modifikacija IV)
pmcm	s(2/1)dm	polietilen

^a Iako su simboli općenito različiti, postoji potpuna podudarnost elementa simetrije u štapićastoj skupini i dogovornih skupina linijskog ponavljanja. U prvom su slučaju elementi simetrije i njihovi simboli standardni elementi kristalografske simetrije.^{6,9} Simboli linijski ponavljane skupine definirani su u literaturi.^{2,12}

3.1.26 rotacija po zavojničnoj jedinici,^P rotacija po motivu heliksa,^d t , jedinica: rad (rotation per helix residue, t , unit: rad jedinični okret (unit twist)

Kut rotacije oko osi lanca po zavojničnoj jedinici.

Napomena:

Vrijednost t dobivena je iz jednadžbe

$$t = \frac{2\pi N}{M}$$

gdje je N broj okretaja zavojnice u periodu istovjetnosti lanca c a M je broj zavojničnih jedinica u c . U slučajevima kada nije moguća primjena postavke istovrijednosti, t je srednja vrijednost.

3.1.27 rebro (stem)

Štapičasti dio polimernog lanca koji obično sadrži nekoliko *ponavljanih translacijskih jedinica lanca* a spojen je s neštapičastim dijelovima ili krajevima lanca, ili s oba.

Napomena:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

3.1.28 translacijska ponavljana jedinica lanca

(translational chain repeating unit)

fizički ponavljana jedinica

(physical repeating unit)

ponavljana jedinica vlakna (fiber repeat unit)

Najmanja strukturna jedinica polimernog lanca koja se ponavlja translacijom u kristalnoj strukturi duž *osi lanca*.

Napomena:

Ponavljana translacijska jedinica lanca može se razlikovati za različite *kristalne polimorfe* danog *kristalnog polimera*.

3.1.29 jedinična visina (unit height)

Vidi *osni pomak po ponavljanoj konstitucijskoj jedinici*.

3.1.30 jedinični okret (unit twist)

Vidi *rotacija po zavojničnoj jedinici*.

3.2 Slaganje lanaca u polimernim kristalima**3.2.1 antiklinalna rebra** (antitilted stems)

Rebra koja u kristalu imaju suprotnu orijentaciju bočnih skupina u odnosu na os lanca (vidi sliku 3a).

Napomena 1:

Antiklinalna rebra javljaju se u kristalnim poli- α -olefinima kao i u regioregularnim* poli(3-alkiltiofenima), polifosfazima i polisiloksanima.

Napomena 2:

Vidi 3.2 u lit.^{3,poglavlje 2} i navod "izomorfne strukture" u lit.⁴.

3.2.2 protusmjerno slaganje (antidirectional packing)
antiparalelno slaganje (antiparallel packing)

Kristalno slaganje *usmjerenih rebara* sa suprotnim orijentacijama *osi lanaca* u kristalu s *paralelnim lancima*.

Napomena 1:

Vidi također *kristal s paralelnim lancima*.

Napomena 2:

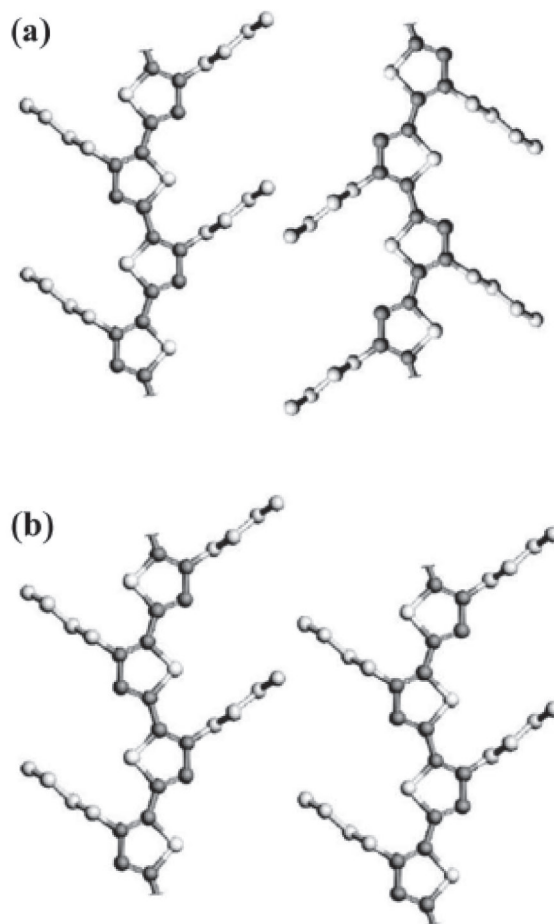
Uobičajeno se u kristalu s *paralelnim lancima* pojavljuje isti broj *rebara* suprotnih orijentacija.

3.2.3 antiparalelno slaganje (antiparallel packing)

Vidi *protusmjerno slaganje*.

3.2.4 kristalna modifikacija (crystal modification)

Vidi *kristalni polimorf*.



Slika 3 – (a) Parovi *antiklinalnih rebara* i (b) parovi *sinklinalnih rebara* regioregularnog* poli(3-butiltiofena), tj. poli(3-*n*-butiltiofen-2,5-diila), vidi definicije 3.2.1 i 3.2.9. Budući da je regioregularni poli(3-*n*-butiltiofen-2,5-diil) također *usmjereni lanac*, (a) je primjer *protusmjernog (antiparalelnog) slaganja* dva lanca, dok je (b) primjer *istosmjernog slaganja*.

3.2.5 kristalni polimorf (crystal polymorph)

kristalna modifikacija (crystal modification)

kristalni oblik,^p kristalna forma^d (crystalline form)

Jedna od različitih kristalnih faza u kojoj dana tvar može kristalizirati.

Napomena 1:

Različiti polimerni kristalni polimorfi karakterizirani su različitim kristalnim rešetkama i različitim slaganjem *rebara*.

Napomena 2:

Dani polimer u različitim kristalnim polimorfima može imati istu *konformaciju* i isti *period istovjetnosti lanca*, ali može uključivati slaganje samo izokiralnih ili enantiomernih zavojnica (npr. izotaktni polipropilen u njegovoj α -formi, β -formi i γ -formi;¹⁴ sindiotaktni polipropilen, forme I i II^{12,13}). Polimorfi su u takvim slučajevima izokonformacijski, a polimorfija je određena samo različitim načinima slaganja.

Napomena 3:

U drugim su slučajevima *lokalne konformacije* lanaca različite u njihovim različitim polimorfima, a ne samo kristalna slaganja. Također se razlikuju period istovjetnosti lanca i

simetrija (npr. izotaktni poli(but-1-en), kristalne forme I, II i III; sindiotaktni polipropilen, kristalne forme I, III i IV).^{10–13}

Napomena 4:

Vidi također navod “polimorfni prijelaz” u lit.⁴.

3.2.6 kristalni oblik,^p kristalna forma^d (crystalline form)

Vidi *kristalni polimorf*.

3.2.7 frustracija (frustration)

Svojstvo kristalnog slaganja karakterizirano različitim kristalnim rasporedima *rebara* lanca na dva (ili više) mjesta za koja se očekuje da su ekvivalentna.

Napomena 1:

Izraz “frustracija” znači da, dok neki lanci mogu poprimiti *konformaciju* s minimumom energije ili optimalan razmještaj slaganja, drugi to ne mogu.

Napomena 2:

Jedan primjer strukture *kristalnog polimera* koji pokazuju frustraciju je β -polimorf izotaktnog polipropilena.^{14d}

3.2.8 slaganje izokiralnog rebra (isochiral stem packing)

Kristalno slaganje *rebara* iste *zavojitosti*.

Napomena:

Naziv je primjenjiv na kiralne makromolekule ili one koje u kristalu zauzimaju kiralnu *konformaciju* (npr. zavojnična konformacija).

3.2.9 sinklinalna rebra, izoklinalna rebra (isoclinal stems)

Rebra u kristalu koja imaju istu orijentaciju bočne skupine s obzirom na os *lanca* (vidi sliku 3b).

Napomena 1:

Sinklinalna rebra pojavljuju se, na primjer, u kristalnim poli- α -olefinima, regioregularnim* poli(3-alkiltiofenima), polifosfazenima i polisiloksanima.

Napomena 2:

Vidi 3.2 u lit.^{3, poglavlje 2} i navod “izomorfne strukture” u lit.⁴.

3.2.10 istosmjerno slaganje (isodirectional packing) paralelno slaganje (parallel packing)

Kristalno slaganje *usmjerenih rebara* s istom orijentacijom *lančanih osi* u kristalu s *paralelnim lancima*.

Napomena 1:

Vidi također *kristal s paralelnim lancima*.

Napomena 2:

Naziv “istosmjerno slaganje” je manje dvosmislen od uobičajenijeg “paralelno slaganje”. Potonje se često upotrebljava u opisu kristalnih polimorfa prirodnih polimera (npr. celuloza I).¹⁵

Napomena 3:

Kristalna slaganja u kojima su svi lanci istosmjerni vrlo su malo vjerojatna u slučaju sintetskih polimera osim kod neposredno polimeriziranih sistema, pod uvjetom da pro-

ces kristalizacije usmjerenih izduljenih lanaca neposredno slijedi polimerizaciju.

3.2.11 slaganje rebra lanca (packing of chain stems)

Prostorni raspored *rebara* polimernog lanca u *polimernom kristalu*.

Napomena 1:

Kristali zahtijevaju trodimenzijsku translacijsku periodičnost pri svom slaganju.

Napomena 2:

Na način slaganja utječu kinetika i termodinamika kristalizacijskih procesa. U nekim slučajevima prethodeća strukturna organizacija i *pregibanje lanca* također mogu imati ulogu.

3.2.12 paralelno slaganje (parallel packing)

Vidi *istosmjerno slaganje*.

3.2.13 polimorfni polimerni kristal (polymorphic polymer crystal)

Polimerni kristal izgrađen od domena različitih *kristalnih polimorfa* istog polimera.

Napomena:

Pokazano je da izotaktni polipropilen stvara kristale koji sadrže domene α - i γ -faze u kojima su u različitim domenama očuvani dobro definirani odnosi između rešetaka dviju faza.¹⁶

3.2.14 racemsko slaganje (racemic packing)

Slaganje u polimernom kristalu u kojem supostoji jednak broj *rebara* sa suprotnom *zavojitošću*.

Napomena:

Primjenjivo je na kiralne makromolekule ili one koje poprimaju kiralne konformacije u kristalu. Primjer prvog slučaja je kristalna struktura u kojoj supostoji isti broj *rebara* poli(L-laktida) i poli(D-laktida), tj. takozvani polilaktidni stereokompleks.¹⁷ Drugi je slučaj mnogo češći: primjenjuje se na *kristalne polimorfe* većine izotaktnih vinilnih polimera u kojima polimerni lanci nisu sami po sebi kiralni nego poprimaju spiralne i time kiralne konformacije.

Lijeve zavojnice i *desne zavojnice* su, međutim, izoenergijske i jednako vjerojatne te supostoje u jednakome broju, često dovodeći do centrosimetričnih kristala. Primjeri su α - i γ -*kristalni polimorfi* izotaktnog polipropilena^{11d,12–14} te romboedrijski *kristalni polimorf* izotaktnog polistirena.^{10,11d,12,13}

3.2.15 prekid(anje) simetrije u (polimernim) kristalima (symmetry breaking in (polymer) crystals)

Nestajanje određenih elemenata simetrije u konkretnom *kristalnom polimorfu*, (inače) prisutnih u drugim kristalnim polimorfima ili u određenim *konformacijama* minimalne energije izoliranih makromolekula dane tvari.

Napomena 1:

Elementi simetrije koji nestaju su često intramolekulni. Prekidanje simetrije u polimerima¹³ u takvim slučajevima vodi

do odstupanja od *idealne konformacije kristalnog lanca* i od *postavke istovjetnosti*.

Napomena 2:

Kristalni polimorfi, pogodeni prekidom simetrije, u pravilu su stabilni pri niskoj temperaturi u uvjetima koji optimiraju energiju slaganja.

3.3 Neuređenost polimernih kristala

3.3.1 konfiguracijska neuređenost (configurational disorder)

Strukturna neuređenost koja nastaje kokristalizacijom različitih ponavljanih konfiguracijskih jedinica.^{2,3}

Napomena:

Naziv je primjenljiv na neke ataktne polimere (npr. poli(vinil-fluorid)).

3.3.2 konformacijska neuređenost (conformational disorder)

Strukturna neuređenost unutar kristala koja nastaje zbog supostojanja istovjetnih ponavljanih konfiguracijskih jedinica različitih *konformacija*.

Napomena 1:

Konformacijska neuređenost može djelovati na glavne lance, bočne lance, ili na oboje.

Napomena 2:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

3.3.3 izobličenje rešetke (lattice distortion)

Strukturna neuređenost koja nastaje zbog neporavnatosti ili izobličenja *jediničnih ćelija* unutar kristala.

3.3.4 orijentacijska neuređenost (orientational disorder)

Strukturna neuređenost pri danim kristalografskim položajima koja nastaje zbog statističkog supostojanja *usmjerenih rebara* sa suprotnim orijentacijama unutar kristala.

Napomena 1:

Tipičan primjer je statističko supostojanje lanaca suprotne orijentacije na svakom kristalografskom položaju u kristalnim strukturama poli- α -olefina, na primjer u α -formi poli-propilena.^{11d,12-14a}

Napomena 2:

Prilagođeno prema definiciji "lančana orijentacijska neuređenost" u lit.²⁻⁴.

3.3.5 parakristal (paracrystal)

Kristalni model karakteriziran *izobličenjem rešetke* i zato s ograničenom uređenošću duž danih smjerova rešetke.¹⁸

3.3.5.1 usklađena parakristalna neuređenost (correlated paracrystalline disorder)

Vidi *parakristalna neuređenost druge vrste*.

3.3.5.2 parakristalna neuređenost prve vrste (paracrystalline disorder of the first kind) **neusklađena parakristalna neuređenost** (uncorrelated paracrystalline disorder)

Strukturna neuređenost u *parakristalu* koja nastaje zbog nekoreliranih pomaka atoma oko njihovih srednjih položaja.

Napomena:

Pomaci su općenito prouzročeni toplinskim vibracijama.

3.3.5.3 parakristalna neuređenost druge vrste (paracrystalline disorder of the second kind) **usklađena parakristalna neuređenost** (correlated paracrystalline disorder)

Strukturna neuređenost u *parakristalu*, koja nastaje zbog trajnih pomaka atoma iz uređenih kristalografskih položaja.

3.3.5.4 faktor parakristalne izobličenosti, g_{ik} (paracrystalline distortion factor, g_{ik})

Omjer statističke fluktuacije Δa_{ik} vektora rešetke a_i duž smjera a_k

$$g_{ik} = \frac{\Delta a_{ik}}{a_k}$$

Napomena 1:

Vrijednosti g variraju od 0 (kristal bez izobličenja) do 0,03 (tipičan polimer u masi), do 0,12 (SiO₂ staklo), do 1 (Boltzmannov plin).

Napomena 2:

g može biti određen iz mjerenja integralne širine susljednih redova Braggovih refleksa.^{18b}

3.3.5.5 neusklađena parakristalna neuređenost (uncorrelated paracrystalline disorder)

Vidi *parakristalnu neuređenost prve vrste*.

3.3.6 strukturna neuređenost (structural disorder)

Bilo koje odstupanje od idealne trodimenzijske pravilnosti polimerne kristalne strukture.

Napomena 1:

Strukturna neuređenost može biti ili statička ili dinamička. Primjer prve jest *orijentacijska neuređenost*, dok su primjeri dinamičke neuređenosti međupretvaranja različitih konformacija bočnog lanca u kristalnim strukturama viših poli- α -olefina, poli(3-alkiltiofena) ili poli(dialkiltiofena).

Napomena 2:

NMR spektroskopija čvrstog stanja može razlikovati statičku od dinamičke strukturne neuređenosti.

Napomena 3:

Difrakcijske tehnike mogu otkriti strukturnu neuređenost, obično bez razlikovanja između statičke i dinamičke neuređenosti.

3.4 Polimerni kokristali

3.4.1 kristalni kompleks s polimernom uklopinom

(crystalline polymer-inclusion complex)

Kristal koji sadrži polimernog gosta unutar domaćina male molekulske mase.

Napomena 1:

Može se dobiti više različitih kristalnih kompleksa s polimernom uklopinom, na primjer pri kristalizaciji polietilena, 1,4-polibutadiena i drugih polimera unutar kristala uree,¹⁰ perhidrotrifenilena^{10,19} ili ciklotrifosfazena.²⁰

Napomena 2:

Rebra su u kompleksima s polimernim uklopinama obično izolirana. Ona su često konformacijski neuređena.

Napomena 3:

Vidi također navod "inkluzijski spoj" u lit.⁴.

3.4.2 molekulni kompleks kristalnih polimera

(crystalline-polymer molecular complex)

Kristalni molekulni kompleks različitih polimera.

Napomena:

Poznato je vrlo malo primjera polimernih kompleksa. Najbolje je karakteriziran kompleks izotaktnog i sindiotaktnog poli(metil-metakrilata).²¹

3.4.3 izomorfni polimerni kokristal

(isomorphous polymer co-crystal)

Kristal koji se sastoji od dvaju ili više strukturno različitih polimera koji rezultiraju *makromolekulnom izomorfijom*.

Napomena 1:

Vidi također *makromolekulna izomorfija*.

Napomena 2:

Primjeri su politetrafluoreten i poli(viniliden-fluorid), te poli(3-hidroksi-butanoat) i poli(3-hidroksipentanoat).²²

3.4.4 makromolekulna izomorfija

(macromolecular isomorphism)

Sličnost oblika različitih *ponavljanih konstitucijskih jedinica (PKJ)*²² koja dopušta statističku kokristalizaciju unutar iste kristalne strukture.

Napomena 1:

Različiti PKJ-i mogu ili pripadati istom kopolimernom lancu (*kopolimerna izomorfija*) ili potjecati od različitih homopolimernih lanaca (*homopolimerna izomorfija*).

Napomena 2:

Izomorfija znači da je kristalna struktura u biti ista kroz cijelo područje sastava, osim zanemarivih varijacija konstante rešetke; u slučajevima izodimorfizma ili izopolimorfizma potrebne su dvije ili više kristalnih struktura da bi se pokrilo cijelo područje sastava.

Napomena 3:

Različito od definicije u lit.²⁻⁴.

3.4.4.1 kopolimerna izomorfija

(copolymer isomorphism)

Makromolekulna izomorfija kopolimera.

Napomena:

Primjeri su izotaktni kopolimeri propena i but-1-ena, kopolimeri propena i etena, te različiti poliesteri.²²

3.4.4.2 homopolimerna izomorfija

(homopolymer isomorphism)

Makromolekulna izomorfija dvaju homopolimera s različitim *ponavljanim konstitucijskim jedinicama*.

Napomena:

Vidi također *izomorfni polimerni kokristali*.

3.4.5 nanoporozni polimerni kristal

(nanoporous polymer crystal)

Polimerni kristal koji u svojim šupljinama može ugostiti vrste male molekulske mase.

Napomena:

Nanoporozni polimerni kristal se često dobiva (npr. u slučaju sindiotaktnog polistirena) uklanjanjem gosta male molekulske mase iz *polimernih klatrata*.²³

3.4.6 kristalni molekulni kompleks na osnovi polimera

(polymer-based crystalline molecular complex)

Vidi *polimerni kokristal*.

3.4.7 polimerni klatrat (polymer clathrate)

Polimerni kokristal koji u svoje šupljine molekulnih veličina može ugostiti više niskomolekulnih vrsta.

Napomena 1:

Mnogi polimeri stvaraju polimerne klatrate sa spojevima male molekulske mase, posebice vodom. Primjeri su česti među biološkim polimerima (npr. amiloza), ali i neki sintetski polimeri također daju polimerne klatrate (npr. poli(etilen-oksidi) s raznim anorganskim i organskim vrstama).

Napomena 2:

Molekule gosti često se slažu izolirano jedna od druge ili u stupcima.

3.4.8 polimerni kokristal (polymer co-crystal)

kristalni molekulni kompleksi na osnovi polimera
(polymer-based crystalline molecular complex)
polimerni kristal mješanac (polymer mixed crystal)

Kristalna struktura u kojoj supostoje najmanje dvije tvari, od kojih je jedna polimer.

Napomena 1:

Tipovi polimernih kokristala su: (1) *polimerni klatrat*, (2) *izomorfni polimerni kokristal*, (3) *kristalni kompleks s polimernom uklopinom (uključenjem)*. Primjeri su dani kod svakog pojedinog navoda.

Napomena 2:

Vidi također *polimerna kokristalizacija*.

3.4.9 polimerni kristal mješanac (polymer mixed crystal)

Vidi *polimerni kokristal*.

4. MOLEKULNA KONFORMACIJA UNUTAR POLIMERNIH KRISTALA^{24–26}

4.1 model susjednog vraćanja (adjacent re-entry model)

Model kristala s *pregibljenim lancima* u kojem *pregibi lanca* pravilno povezuju susjedna *rebra* duž *ravnine pregiba*.

Napomena 1:

Model susjednog vraćanja uključuje *model pravilnog susjednog vraćanja* i *model nepravilnog susjednog vraćanja*.

Napomena 2:

Modifikacija definicije u lit.^{2–4}.

4.1.1 model nepravilnog susjednog vraćanja (irregular adjacent re-entry model)

Model *susjednog vraćanja* u kojem *period pregiba* može varirati.

4.1.2 model pravilnog susjednog vraćanja (regular adjacent re-entry model)

Idealizirani *model susjednog vraćanja* za koji se pretpostavlja da *periodi pregiba* imaju istu duljinu.

Napomena:

Ovaj model je vjerojatno primjenjiv za izotermni rast iz razrijeđenih otopina pri malom *pothlađenju*.

4.2 kristal s izduljenim lancima (chain-extended crystal)

Kristal s pregibljenim lancima u kojem svaka makromolekula čini jedan, ili najviše, nekoliko *pregiba*.

4.3 pregibanje lanca (chain folding)

Konformacijsko obilježje u kojem *petlja* spaja dva susjedna *rebra* koji pripadaju istom *polimernom kristalu*.

Napomena:

Modifikacija definicije u lit.^{2–4}.

4.4 kristal s ispruženim lancima (extended-chain crystal)

Polimerni kristal u kojem su *lanci* u potpuno ispruženoj konformaciji, tj. svaki *lanac* stvara samo jedno *rebro*.

4.5 pregib (fold)

Petlja polimernog lanca koja spaja dva *rebra* u *kristalu s pregibljenim lancima*.

Napomena:

Modifikacija definicije u lit.^{2–4}.

4.6 duljina pregiba (fold length)

Vidi *period pregiba*.

4.7 period pregiba, L_f , SI jedinica: m (fold period, L_f , SI unit: m) duljina pregiba (fold length)

Debljina *lamelnog kristala s paralelnim lancima* u smjeru njegovih *rebara*.

Napomena 1:

Period *pregiba* odgovara *dugom periodu* u slučaju iz otopine kristaliziranih naslaganih *lamelnih kristala s osima lanca* okomitim na *lamelnu površinu*.

Napomena 2:

U polimerima kristaliziranim iz *taljevine*, koji se sastoje od *lamelnih kristala s osima lanca* okomitim na *lamelnu površinu*, *period pregiba* kraći je od *dugog perioda* jer *amorfni sloj* uključuje ne samo *pregibe*, nego i druge *nekristalizirajuće sastavnice*.

Napomena 3:

Za *lamelne kristale s lancima* čije *osi* nisu *okomite* na *površinu lamela*, *period pregiba* *dulji* je od *dugog perioda*.

Napomena 4:

Period *pregiba* ovisi o temperaturi *kristalizacije*.

4.8 kristal s pregibljenim lancima (folded-chain crystal)

Polimerni kristal koji se pretežno sastoji od makromolekula koje višestruko prolaze kroz *kristal* ponovljenim *pregibanjem* kada *izrone* na *njegovoj vanjskoj površini*.

Napomena:

Općeniti se pretpostavlja da se *vraćanje makromolekula* u *kristal* događa na *susjednom* ili *susjedu bliskom rebru* u *rešetci* (vidi *model susjednog vraćanja*). U nekim se slučajevima ipak može primijeniti *model razvodne ploče*.

4.9 model resastih micela (fringed-micelle model)

Model *kristalnog polimera* u kojem različiti *kristalizirani dijelovi* pojedinih makromolekula pretežno pripadaju različitim *kristalima*.

Napomena:

Modifikacija definicije u lit.^{2–4}.

4.10 kristal s globulnim lancima (globular-chain crystal)

Polimerni kristal koji sadržava makromolekule koje imaju *globulne konformacije molekula*.

Napomena 1:

Globulni proteini obično stvaraju *kristale s globulnim lancima*.

Napomena 2:

Modifikacija definicije u lit.^{2–4}.

4.11 kristal s neparalelnim lancima (non-parallel-chain crystal)

Polimerni kristal u kojem su *rebra* poredana duž dvaju ili više različitih *kristalografskih smjerova*.

Napomena:

Do sada je jedini primjer kristala s neparalelnim lancima γ -polimorf izotaktnog polipropilena, gdje se dvostruki slojevi s paralelnim lancima izmjenjuju s istovjetnim dvostrukim slojevima rotacijom za oko 80° .^{14b}

4.12 kristal s paralelnim lancima (parallel-chain crystal)

Polimerni kristal koji nastaje *paralelnim slaganjem rebara*, neovisno o mogućoj suprotnoj orijentaciji rebara.

Napomena 1:

U literaturi se naziv često neprikladno pripisuje kristalima paralelnih lanaca s *istosmjernim slaganjem* rebara kao suprotnih od kristala paralelnih lanaca s *protusmjernim slaganjem* rebara. Ta je razlika, naravno, jedina mjerodavna za polimere s *usmjerenim lancima*.

Napomena 2:

U skladu sa sadašnjom definicijom, kristali s paralelnim usmjerenim lancima pokazuju tri glavna tipa slaganja: (1) istosmjerno slaganje lanaca koji u danom kristalu dijele istu orijentaciju; (2) protusmjerno slaganje lanaca koji se izmjenjuju u smjeru duž najmanje jedne ravnine rešetke (kako to zahtijeva *pregibanje lanca* i *model susjednog vraćanja*); i (3) slaganje lanaca s raznim stupnjevima *orijentacijske neuređenosti*.

Napomena 3:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

4.13 model očvršćivanja,^p model solidifikacije^d (solidification model)

Model *kristalnog polimera* nastalog lamelnom kristalizacijom iz *taljevine*, u kojem neka rebra makromolekule pripadaju jednom kristalu, dok su istodobno druga rebra iste makromolekule u drugim kristalima.

4.14 model razvodne ploče (switchboard model)

Model *kristala s pregibljenim lancima* u kojemu *pregibi lanca* spajaju *rebra* unutar istog kristala na u biti nasumičnim međusobnim udaljenostima.

Napomena 1:

U kristalima gdje se taj model primjenjuje, susjedna rebra često nisu neposredno uzastopni dijelovi makromolekule.

Napomena 2:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

4.15 spojna molekula (u polimerijskoj znanosti) (tie molecule (in polymer science))

Molekula koja sadrži dijelove koji spajaju različite kristale.

5. MORFOLOŠKA GLEDIŠTA²⁴⁻²⁷

5.1 amorfn domena (amorphous domain)

Fazna domena koja se sastoji od tvari u *amorfnom stanju*.

Napomena:

Linearni izmjeri *amorfnih domena* u *kristalnom polimeru* su od 1 nm naviše.

5.2 aksijalit (axialite)

Višeslojni agregat sastavljen od *lamelnih kristala* koji rastu iz zajedničkog brida ili iz zajedničke osi (vijčane dislokacije).²⁴⁻²⁶

Napomena 1:

U mnogim slučajevima aksijaliti su *sferoliti* u ranom stadiju razvoja.

Napomena 2:

Ako raste na supstratu i ako je os okomita na supstrat, može se razviti *hedrit*.

Napomena 3:

Ako se aksijalit razvio iz otopine ili je os aksijalita paralelna sa supstratom, lamele teže ukošenju kako rastu.

Napomena 4:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

5.3 snopasti kristal (bundle crystal)

Kristal u kojem se lanci pretežno protežu s kristalne površine čime nastaje morfologija *modela resastih micela*.

5.4 dendrit (dendrite)

Kristalna morfologija koja ima izgled stabla.^{2-4,24-26}

Napomena 1:

Dendriti su općenito kristalografski *monokristali* ili sraslaci koji dijele zajedničku orijentaciju.

Napomena 2:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

5.5 domena pregiba (fold domain)

Dio *polimernog kristala* unutar kojega *ravnine pregiba* imaju istu orijentaciju.²⁻⁴

Napomena 1:

Naziv općenito vrijedi za polimerne *lamelne kristale* kristalizirane iz otopine.

Napomena 2:

Odsječci lamelnog kristala često su domene pregiba.

5.6 ravnina pregiba (fold plane)

Kristalografska ravnina koja sadrži veliki broj rebara spojenih *pregibanjem lanaca*.

Napomena 1:

Naziv općenito vrijedi za polimerne *lamelne kristale* kristalizirane iz otopine, ali u nekim slučajevima također i za kristale kristalizirane iz taljevine.

Napomena 2:

U pravilu se pretpostavlja da su ravnine pregiba paralelne s bočnom kristalnom površinom u odgovarajućoj *domeni pregiba*, dok su kutevi među ravninama pregiba i *površine pregiba* obično blizu 90° ali u nekim slučajevima mogu biti manji, sve do 45° .

Napomena 3:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

5.7 površina pregiba (fold surface)

Svaka od dvije bazne površine *kristala s pregibljenim lancima* u kojima *pregib* otprilike leži.

Napomena:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

5.8 hedrit (hedrite)

Poliedarski agregat *lamelnih kristala* kojom nastaje morfologija koja barem iz jednog kuta gledanja podsjeća na *polimerni monokristal*.

Napomena:

Hedrit je vrsta *aksijalita*.

5.9 lamelni kristal (lamellar crystal)

Kristal velikih izmjera u dvije dimenzije i relativno male i ravnomjerne debljine.²⁴⁻²⁷

Napomena 1:

Lamelni kristal obično ima debljinu između 5 i 50 nm, dok bočne dimenzije mogu dosizati nekoliko μm . Mogu se naći pojedinačno ili u agregatu. *Rebra* paralelnih lanaca presijecaju lamelnu plohu pod kutom između 45° i 90° .

Napomena 2:

Lamele često imaju piramidni oblik, ili su naborane, ovisno o razlikama u njihovim *domenama pregiba*; zato iz lamelne morfologije mogu proizaći različite *ravnine pregiba* i *površine pregiba*.

Napomena 3:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

5.10 odjeljak lamelnog kristala (lamellar crystal sector)

Dio *lamelnog kristala*, često razgraničen jasno definiranom kristalnom plohom.

Napomena 1:

Naziv općenito vrijedi za lamelne kristale kristalizirane iz otopine. Odjeljci se označavaju indeksiranjem kristalne plohe koja ih razgraničuje.

Napomena 2:

Za *ravninu pregiba*, koja prevladava u odjeljku, obično se pretpostavlja da odgovara kristalnoj plohi koja razgraničuje odjeljak.

Napomena 3:

Kod nekih kristalnih morfologija, *površine pregiba* odjeljaka čine kutni diskontinuitet s *površinama pregiba* dodirnih odjeljaka.

Napomena 4:

Lamelni kristalni odjeljci u *kristalima s pregibljenim lancima* odgovaraju *domenama pregiba*.

5.11 letvasti kristal (lath crystal) vrpčasti kristal (ribbon crystal)

Lamelni kristal koji se širi pretežno duž jedne bočne dimenzije.

Napomena:

Modifikacija definicije u lit.^{3,4}.

5.12 dugi period, *L*, SI jedinica: m (long period, *L*, SI unit: m) dugi razmak (long spacing)

Srednja periodičnost (ponavljani razmak, udaljenost) slojeva *lamelnih kristala* u slagalini.

Napomena:

Dugi period obično se mjeri raspršenjem rendgenskih zraka pod malim kutom (small-angle X-ray scattering, SAXS), neutronske raspršenjem pod malim kutom (small-angle neutron scattering, SANS), mikroskopijom atomskih sila (atomic force microscopy, AFM) ili transmisivskom elektronskom mikroskopijom (transmission electron microscopy, TEM), i jednak je zbroju srednje debljine lamelnih kristala i srednje debljine amorfnih međulamelnih slojeva.

5.13 dugi razmak (long spacing)

Vidi *dugi period*.

5.14 višeslojni agregat (multilayer aggregate)

Slagalina *lamelnih kristala* nastala zavojitim rastom pri jednoj ili više vijčanih dislokacija ili moguće pojedinom *primarnom jezgrom*.

Napomena 1:

Nađen je kod nekih polimera kristaliziranih iz otopine poput polietilena²⁴⁻²⁷ i poli[3,3-bis(klorometil)oksciklobutana].²⁸

Napomena 2:

Moguće je da *period pregiba* u primarnoj jezgri bude veći nego u ostalim kristalima agregata.

5.15 fazna domena (phase domain)

Područje materijala jednoličnog kemijskog sastava i fizikalnog stanja.^{3,4}

5.16 polikristalni polimer (polycrystalline polymer)

Kristalni polimer u kojem supostoji velik broj *polimernih kristalita*.

Napomena:

Polimerni kristaliti i *amorfne domene* u ispitku mogu biti nasumično organizirani ili s nekim stupnjem uredenosti. Primjeri uredenih ili djelomice uredenih polikristalnih polimera su *polimerna vlakna*, *sferoliti* i *višeslojni agregati*.

5.17 polimerni kristalit (polymer crystallite)

Mali polimerni kristal.

Napomena 1:

Tipične bočne dimenzije su nekoliko nanometara.

Napomena 2:

Polimerni kristalit može imati nepravilne granice, a njegove se sastavne makromolekule mogu pružati izvan granica kristalita.

Napomena 3:

Polimerni kristaliti općenito kristaliziraju iz *taljevine*, iz *staklastog stanja*, ili iz koncentriranih otopina stvarajući *polikristalni polimer*.

Napomena 4:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

5.18 polimerno vlakno (polymer fiber)

Jednoosno orijentirani polimerni filament s makroskopskom simetrijom valjka, u kojem se prosječan smjer osi polimernog lanca podudara s osi simetrije valjka.

Napomena 1:

Vlakno kristalnog polimera općenito se sastoji od *lamelnih kristala* ili kristala tipa resastih micela (vidi *model resastih micela*) međusobno spojenih amorfnom fazom ili, rjeđe, od *kristala s ispruženim lancima*.

Napomena 2:

Cilindrična simetrija vlakana kristalnog polimera nije na molekularnoj skali nego proizlazi iz nasumične orijentacije kristalita oko osi vlakna.

5.19 polimerno vlakance^p

polimerni fibril^d (polymer fibril)

Polimerno vlakno malog promjera koje se sastoji od malog broja polimernih lanaca.

5.20 polimerni monokristal (polymer single crystal)

Pojedinačni, zaseban *polimerni kristal* čija je rešetka pri kristalizaciji karakterizirana s jednom orijentacijom.

Napomena 1:

Polimerni monokristali dobiveni iz razrijeđenih otopina razmjerno su veliki, tj. imaju svojstvene bočne dimenzije od nekoliko mikrometara, koje u nekim slučajevima mogu doseći desetke mikrometara. Obično su razgraničeni dobro definiranim graničnim površinama i s njima se, u rijetkim slučajevima, može pojedinačno rukovati.

Napomena 2:

Debljina pojedinačnih polimernih monokristala (uključivši debljinu *površine pregiba*) danas se mjeri mikroskopijom atomskih sila (atomic force microscopy, AFM) zajedno s transmisijskom elektronskom mikroskopijom (transmission electron microscopy, TEM), dok su srednje vrijednosti izvedene s pomoću rendgenskog raspršenja pod malim kutom (small-angle X-ray scattering, SAXS) i neutronskog raspršenja pod malim kutom (small-angle neutron scattering, SANS).

Napomena 3:

Vidi i *polimerni kristal* i *polimerni sraslac*.

5.21 vrpčasti kristal (ribbon crystal)

Vidi *letvasti kristal*.

5.22 struktura niza (row structure)

Morfologija *polikristalnog polimera* koja nastaje *nukleacijom* polimernih *lamelnih kristala* iz višestrukih vlaknastih

struktura ili makroskopskih linearnih objekata poput vlakana.

Napomena 1:

Ražnjičaste strukture su najjednostavniji oblik struktura niza.

Napomena 2:

Strukture niza često rezultiraju *heteroprirastanjem*.

5.23 ražnjičasta struktura (shish-kebab structure)

Morfologija *polikristalnog polimera* koja se sastoji od linearne vlaknu nalik srži od pretežno ispruženih polimernih lanaca (štapić), prirastanjem obraslog *lamelnim kristalima* (meso), čija su *rebra* paralelna s osima vlakna.

Napomena 1:

Ražnjičaste strukture obično nastaju homoprirastanjem i mogu se smatrati najjednostavnijim oblikom *struktura niza*.

Napomena 2:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

5.24 sferolit (u polimerijskoj znanosti)
(spherulite (in polymer science))

Približno sferična polikristalna tvorevina koja nastaje iz zajedničkog središta, a sastoji se od kontinuirano divergirajućeg kostura nastalog čestim ukošavanjem i grananjem *lamelnih kristala*.²⁶

Napomena 1:

Dimenzije sferolita mogu se protezati od mikrometara do centimetara, ovisno o prisutnim nečistoćama koje dovode do *heterogene nukleacije*, o pravilnosti polimera, o kristalizacijskim postupcima i o toplinskim obradama.

Napomena 2:

Središte sferolita često je slično onom *aksijalita*, ali općenito preteže ukošavanje što nakon dostatnog rasta vodi do sferne simetrije.

Napomena 3:

Ako se primarna jezgra sastoji od strane čestice, *nukleacija* se može odvijati na raznim mjestima čestice, s različitim početnim *lamelnim* orijentacijama. Pojavit će se ukošavanje, ali će izostati sličnost središta sferolita s aksijalitom.

Napomena 4:

Početno izrastanje, ukošavanje *dominantnih lamela* definira granicu sferolita, s međuprostorima ispunjenima *sporednim lamelama*.

Napomena 5:

Rast se obično nastavlja sve dok ne dođe do sudaranja sferolita, s ponekim prožimanjima dominantnih lamela na granicama.

Napomena 6:

Što je učestalije grananje dominantnih lamela i veći kut iskošenja, manji je polumjer kod kojeg će, u neometanom rastu, nastati približno sferični omotač.

Napomena 7:

Smanjeno grananje i manje razilaženje može izduljiti nesferno simetrično, često aksijalitne, tvorevine do većih

polumjera i ostaviti više prostora za popunjavanje sporednim lamelama i *amorfnim polimerom*

Napomena 8:

Ako se kristalizacija odvija u filmu čija je debljina mnogo manja od sferolitnog polumjera, sferoliti postaju, na njezinu ekvatoru, dvodimenzijski kružni presjeci.

Napomena 9:

Amorfni polimer će biti razdijeljen među sporednim lamelama unutar sferolita i između različitih sferolita.

Napomena 10:

Modifikacija definicije u lit.^{3,4}, vidi također *aksijalit*.

5.24.1 dominantne lamele (u sferolitu) (dominant lamellae (in a spherulite))

Lamelni kristali koji izlaze iz središta *sferolita* te iskošavanjem tvore početni kostur sferolita.

Napomena 1:

Kristalizacija dominantnih lamela uglavnom je povezana s *primarnom kristalizacijom*.

Napomena 2:

Pri *izotermnoj kristalizaciji kristalnih polimera* obično postoji jedinstvena populacija dominantnih lamela karakteriziranih jedinstvenom debljinom.

Napomena 3:

Debljina i savršenost dominantnih lamela veća je nego *sporednih lamela*, posebice pri *neizotermnoj kristalizaciji*.

5.24.2 popunjavajuće lamele (u sferolitu) (infilling lamellae (in a spherulite))

Vidi *sporedne lamele*.

5.24.3 sporedne lamele (u sferolitu) (subsidiary lamellae (in a spherulite)) popunjavajuće lamele (u sferolitu) (infilling lamellae (in a spherulite))

Lamelni kristali izrasli ili prirastanjem ili nepriljubljeno na *dominantnim lamelama*.

Napomena 1:

Sporedne se lamele mogu pojaviti kao "džepovi" lamela na različitim mjestima unutar *sferolita* bez dobro definiranog odnosa prema dominantnim lamelama.

Napomena 2:

Kristalizacija sporednih lamela obično je povezana sa *sekundarnom kristalizacijom*, ali može započeti prije nego se dominantne lamele sretnu na granicama sferolita.

Napomena 3:

Debljina i savršenost sporednih lamela su manje u usporedbi s dominantnim lamelama, posebice u *neizotermnoj kristalizaciji*.

Napomena 4:

U tipičnim *kristalnim polimerima* mogu postojati populacije sporednih lamela karakteriziranih bimodalnim raspodjelama debljine.

5.25 transkristalni sloj (transcrystalline layer)

Polikristalni sloj nukleiran i oblikovan prethodećom ravnom površinom unutar polimerne taljevine ili u dodiru s njom.

Napomena 1:

Primjeri su kristalizacija oko makroskopskih vlakana u polimerno vlaknastoj smjesi ili na površini injekcijskog otpreska (odljevka) (vidi također *struktura niza*).

Napomena 2:

Rastom iz neorijentiranih taljevina, kao kod izravnog prešanja, nastali transkristalni sloj sastoji se od tijesno raspoređenih, jako asimetričnih *sferolita*, nukleiranih na površini i produljenih u smjeru okomitom na površinu otpreska.

Napomena 3:

Rastom iz orijentiranih taljevina, kao kod injekcijskog prešanja, mogu nastati dva transkristalna sloja. Prvi je površinski sloj koji je načinjen od pojedinačnih lamela, dok se drugi sloj sastoji od sferolita. Oba rastu prvenstveno u smjeru okomitom na smjer tečenja i vanjsku površinu otpreska (odljevka).

5.26 polimerni sraslac (twinned polymer crystal)

Polimerni kristal u kojem supstoje dvije ili više monokristalnih domena istog *kristalnog polimorfa* s različitim orijentacijama rešetki.

Napomena 1:

Neki od smjerova rešetke, vrlo često smjerovi lančanih osi, ostaju paralelni u različitim domenama sraslaca.

Napomena 2:

Orijentacije rešetki u različitim domenama sraslaca obično su simetrijski povezane.

Napomena 3:

Vidi također *polimerni kristal* i *polimerni monokristal*.

6. KRISTALIZACIJA POLIMERA^{24–27,29–32}

6.1 temperiranje,^p popuštanje^d (u polimerijskoj znanosti) (annealing (in polymer science))

Toplinska obrada čvrstog polimernog materijala kod stalne ili promjenjive temperature što vodi do željenih promjena u njegovoj fizikalnoj strukturi i svojstvima, bez potpunog taljenja ili otapanja.

Napomena 1:

Popuštanje *kristalnog polimera* se obično provodi držanjem na temperaturama blizu, ali nešto ispod njegova tališta.

Napomena 2:

Izlaganjem kristalnog polimera slabom otapalu ili njegovim parama mogu se, u nekim slučajevima, doseći rezultati usporedivi s popuštanjem.

Napomena 3:

U kristalnom polimeru proces popuštanja vodi do *preuredbe (reorganizacije)* koja uključuje mogući rast uređenosti u postojećim *polimernim kristalima*, povećanje *stupnja kristalnosti*, povećanje *perioda pregiba*, te prijelaz u stabilnije *kristalne polimorfe*.

6.2 Avramijeva jednadžba (Avrami equation)

Jednadžba koja opisuje kinetiku kristalizacije u obliku

$$\phi_c = 1 - \exp(-Kt^n)$$

gdje je ϕ_c kristalni volumni udio razvijen pri konstantnoj temperaturi nakon što je proteklo vrijeme t . K i n su parametri. K je temperaturno ovisan.

Napomena 1:

U skladu s izvornom teorijom³³ n je cijeli broj (ili polubroj) od 1 do 4.

Razmatrajući različite heterogene ili višestadijske načine nukleacije, mogu se uzeti u obzir dodatni necijeli brojevi³⁰ a n se u analizi podataka često tretira kao podesiv parametar.

Napomena 2:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

6.3 celulacija (cellulation)

Podjela fronte rasta pojedinačnih *dominantnih lamela* ili njihovih skupina u divergentne "ćelije", kod kojih se nečistoće i molekule slabije kristalizirljivosti izdvajaju između ćelija i površine *sferolita*.

6.4 hladna kristalizacija (cold crystallization)

Kristalizacija polimera koja nastaje iz *stakla*, iz kapljevito kristalnog stanja ili stanja što pokazuje niski *stupanj kristalnosti* pri temperaturama nešto iznad *staklišta* (*temperature staklastog prijelaza*).

6.5 prostorno ograničena kristalizacija (confined-spaces crystallization)

Kristalizacija polimera koja se odvija unutar izduljenih šupljina, sfera, galerija ili slojeva materijala domaćina koji se razlikuje od polimera.

Napomena 1:

Ograničena kristalizacija može znatno utjecati na morfologiju i polimorfiju.

Napomena 2:

Najmanje jedna dimenzija šupljina mora biti reda veličine od nekoliko nanometara, tj. bliska tipičnim dimenzijama *polimernog kristalita*, posebice lamelnoj debljini.

Napomena 3:

Rebra mogu biti izolirana u šupljinama često nepolimernog materijala domaćina, kao što su slučajevi zeolita i potpunoga *trans*-oblika perhidrotrefenilena u kristalnom stanju. U takvim su slučajevima polimerna rebra obično vrlo neuređena.¹⁹

Napomena 4:

Rebra se mogu agregirati u male, neuređene *snopaste kristale* ili u relativno velike *lamelne kristale*, obično unutar slojevitih anorganskih materijala.

Napomena 5:

Sferne strukture mogu nastati kristalizacijom jedne od dviju sastavnica u heterogenoj polimernoj mješavini (npr. u mješavini polietilen-polikarbonat),³⁴ dok su lamelne, valjkaste heksagonski slagane i inverzne valjkaste morfologije česte u

blok-kopolimerima^{35a} s kristalizirljivim blokom (npr. u poli(etilen-oksidi)-*block*-polistirenu)^{35b}).

6.6 stupanj pothlađenja, ΔT , SI jedinica: K (degree of supercooling, ΔT , SI unit: K) stupanj pothlađenja (degree of undercooling)

Temperaturna razlika između *ravnotežnog tališta* i temperature *pothlađene taljevine*.

6.7 stupanj pothlađenja (degree of undercooling)

Vidi *stupanj pothlađenja*.

6.8 prirastna kristalizacija,^p epitaksijalna kristalizacija^d (epitaxial crystallization)

Rast kristala na drugim kristalima koji uključuje precizno definiranu međusobnu orijentaciju njihovih rešetki.

Napomena 1:

Proces uključuje *heterogenu nukleaciju* rastućih kristala pomoću kristalnih ploha supstrata.

Napomena 2:

Naziv *prirastanje* upotrebljava se da definira odnos između kristala supstrata i onih koji su izrasli na njima.

6.8.1 prirastanje,^p epitaksija^d (epitaxy)

Uređen prostorni odnos između kristala supstrata i onih što su izrasli prirastanjem na kristalima supstrata (*prirastna kristalizacija*).

Napomena 1:

Ako su kristali iste tvari, ali su mogući različiti *kristalni polimorfi*, upotrebljava se naziv *homoprirastanje*, dok *heteroprirastanje* uključuje kristale dviju različitih tvari.

Napomena 2:

Naziv *prirastanje* se ponekad koristi za *prirastnu kristalizaciju*. Ta se upotreba ne preporučuje.

Napomena 3:

Primjeri koji uključuju polimere dani su pod nazivima *homoprirastanje* i *heteroprirastanje*.

6.8.2 heteroprirastanje,^p heteroepitaksija^d (heteroepitaxy)

Prirastanje između kristala različite tvari.

Napomena 1:

Heteroprirastanje se može dogoditi kod kristala različitih polimera. Međutim, moguće je i heteroprirastanje sustava malih molekulskih masa (npr. alkana) na *polimernim kristalima* (npr. polietilen), te polimernih kristala na kristalima tvari malih molekulskih masa. Heteroprirastanje je zapaženo i kod polimernih kristala na ionskim tvarima i mineralima poput gline i tinjaca.^{24,25}

Napomena 2:

Kod nekih polimera, heteroprirastanjem se može koristiti za *nukleaciju* kristalne faze koja se normalnim putem ne može dobiti.

Napomena 3:

Polimerni kristali neobičnih usmjerenja s obzirom na supstrat mogu se dobiti *prirastnom kristalizacijom* i to heteroprirastanjem.

Napomena 4:

Heteroprirastanje se često, u komercijalnim postupcima, koristi za pojačavanje nukleacije i smanjenje veličine sferulita.

6.8.3 homoprirastanje,^p homoepitaksija^d (homoepitaxy)

Prirastanje kristala iste tvari.

Napomena 1:

Homoprirastanje se može pojaviti između kristala istog *kristalnog polimorfa*, ali različite morfologije kao i kod kristalizacije *kristala s pregibljenim lancima* na vlaknaste *kristale s ispruženim lancima* u *ražnjičastim strukturama*. Slično, u *neizotermnoj kristalizaciji tanji lamelni kristali* često su nukleirani na debljim kristalima pri čemu održavaju jedinstvenu orijentaciju kristalne rešetke.

Napomena 2:

Rjeđe se može pojaviti homoprirastanje, kao kod α -polimorfa izotaktnog polipropilena, između kristala istog kristalnog polimorfa i morfologije, ali s različitom, dobro definiranom orijentacijom kristalne rešetke.³⁶

Napomena 3:

Homoprirastanje dopušta i razvoj kristala istog polimera, ali u dva zasebna kristalna polimorfa s dobro definiranim međusobnim usmjerenjima kao u slučaju γ -izotaktnog polipropilena izraslog na α -izotaktnom polipropilenu.³⁷

Napomena 4:

Novi kristalni sloj, iniciran *sekundarnom nukleacijom*, ili tvorbom *polimernog sraslaca*, može se smatrati oblikom homoprirastanja.

6.9 ravnotežno talište, T_m° , SI jedinica: K (equilibrium melting temperature, T_m° , SI unit: K)

Temperatura pri kojoj se savršeni *polimerni kristali* beskonačne debljine tale u ravnotežnim uvjetima.

Napomena 1:

Kristalizacija ili *prekristalizacija* danog polimera može se dogoditi samo pri temperaturama znatno ispod T_m° .

Napomena 2:

Količina i tip strukturnih nedostataka u polimeru, kao što su komonomerne jedinice i pogreške u pravilnosti, utječu na realnu temperaturu taljenja. Na ravnotežno talište također utječe prisutnost defekata u kristalima.

6.10 staklo (glass)

Amorfna tvar u *staklastom stanju*, tj., ispod svog *staklišta*.

Napomena:

Staklo se uobičajeno opisuje kao krutina, budući da većina fizikalnih svojstava varira na način sličan onima u *kristalnom stanju*. Međutim, uzevši u obzir aktualnu raspravu o prirodnoj *staklastoga prijelaza* i sposobnost nekih stakala da teku, neki autori radije razmatraju stakla u kontekstu kapljevito stanja.

6.11 staklasti prijelaz (u polimerijskoj znanosti) (glass transition (in polymer science))

Proces u kojem se *polimerna taljevina* mijenja hlađenjem u *polimerno staklo* ili se polimerno staklo mijenja grijanjem u polimernu taljevinu.**

Napomena 1:

Fenomeni koji se pojavljuju pri staklastom prijelazu polimera još su uvijek predmeti tekućih znanstvenih istraživanja i rasprave. Staklasti prijelaz pokazuje značajke prijelaza drugog reda budući da termička ispitivanja često ukazuju na to da su molarna Gibbsova energija, entalpija, i specifični volumen dviju faza, tj. taljevine i stakla, jednake pri *staklištu*, dok su toplinski kapacitet i toplinska rastezljivost diskontinuirani. Međutim, staklasti prijelaz općenito se ne promatra kao termodinamički prijelaz zbog svojstvene poteškoće postizanja ravnoteže u polimernom staklu ili u polimernoj taljevini, pri temperaturama blizu staklastog prijelaza.

Napomena 2:

U slučajevima polimera konformacijske promjene segmenta koje se obično sastoje od 10 do 20 atoma glavnog lanca, postaju beskonačno spore ispod temperature staklastog prijelaza.

Napomena 3:

U *kristalizirljivim polimerima* grijanje polimernog stakla iznad staklišta vrlo često vodi do djelomične kristalizacije zbog veće segmentne gibljivosti.

Napomena 4:

Definicija je različita od one u lit.⁴

6.12 staklište, temperatura staklastog prijelaza (u polimerijskoj znanosti), T_g , SI jedinica: K (glass-transition temperature (in polymer science), T_g , SI unit: K)

Temperatura pri kojoj se odvija *staklasti prijelaz*.

Napomena 1:

Brzine kristalizacije *kristalizirljivih polimera* ispod T_g postaju beskonačno male.

Napomena 2:

Mjerena vrijednost T_g ovisi o primjenjenoj brzini hlađenja ili grijanja, o primijenjenoj analitičkoj tehnici primjene za njezino određivanje i, u mnogim slučajevima, o prethodnoj toplinskoj obradi.

Napomena 3:

Staklište se može odrediti brojnim tehnikama, od termičke analize do dielektrične relaksacije, dinamičko-mehaničke analize, mjerenja gustoće i viskoznosti, te spektroskopskih tehnika koje omogućuju određivanje relaksacijskih vremena.

Napomena 4:

Često može biti korisnije navesti temperaturno područje u kojem se odvija *staklasti prijelaz* nego jedinstvenu temperaturu prijelaza.

Napomena 5:

Definicija je različita od one u lit.⁴

6.13 staklasto stanje (glassy state)

Stanje amorfne tvari ispod njezine *temperature staklastog prijelaza*.

6.14 izotermna kristalizacija (isothermal crystallization)

Kristalizacija koja se odvija pri konstantnoj temperaturi.

6.15 taljevina (melt)

Tvar u *amorfnom stanju* iznad svog *staklišta*.***

Napomena 1:

Taljevina ima fizikalna svojstva kapljevine.

Napomena 2:

Vidi također *polimerna taljevina*.

6.16 neizotermna kristalizacija
(non-isothermal crystallization)

Kristalizacija koja se odvija pod uvjetima mijenjane temperature.

6.17 nukleacija, jezgrenje^{IHJ} (u kristalizaciji polimera)
(nucleation (in polymer crystallization))
primarna nukleacija, primarno jezgrenje^{IHJ}
(u kristalizaciji polimera) (primary nucleation
(in polymer crystallization))

Stvaranje najmanjeg kristalnog entiteta (jezgre) čiji je daljnji rast termodinamički potican.

Napomena 1:

Može se dogoditi *homogena nukleacija* ili *heterogena nukleacija*.

Napomena 2:

Modifikacija definicije u lit.^{2,3}. Različito od definicije u lit.⁴.

6.17.1 heterogena nukleacija, heterogeno jezgrenje^{IHJ}
(heterogeneous nucleation)

Nukleacija koja se odvija na postojećoj površini.

6.17.2 homogena nukleacija, homogeno jezgrenje^{IHJ}
(homogeneous nucleation)

Nukleacija koja se odvija u homogenoj fazi.

6.17.3 primarna nukleacija, primarno jezgrenje^{IHJ}
(u kristalizaciji polimera) (primary nucleation
(in polymer crystallization))

Vidi *nukleacija*.

6.17.4 primarna jezgra (primary nucleus)

Najmanji kristalni entitet čiji je daljnji rast termički pogodan.

Napomena:

Vidi također *nukleacija*.

6.17.5 sekundarna nukleacija, sekundarno jezgrenje^{IHJ}
(secondary nucleation)

Nukleacija novog molekularnog sloja na izrasloj kristalnoj površini.

Napomena:

Sekundarna nukleacija se odnosi na daljnji rast već postojećeg kristala.

6.17.6 samonukleacija (self-nucleation)
samocijepljenje (self-seeding)

Heterogena nukleacija kristalima istog polimera.

6.17.7 samocijepljenje (self-seeding)

Vidi *samonukleacija*.

6.18 polimerna kokristalizacija
(polymer co-crystallization)

Kristalizacija polimera i najmanje neke druge sastavnice unutar istog kristala.

Napomena:

Slijedeće mogućnosti treba uzeti u obzir: (1) polimer i vrste male molekulske mase koje tvore *polimerni klatrat*; (2) molekularni kompleks različitih polimera (vidi *polimerni kokristal*); i (3) različiti polimeri koji pokazuju neki stupanj izomorfности (*izomorfni polimerni kokristal*).

6.19 polimerna taljevina (polymer melt)

Polimer u *amorfnom stanju* iznad svog *staklišta*.****

Napomena 1:

Polimerna taljevina ima fizikalna svojstva viskoelastične kapljevine.

Napomena 2:

Naziv se primjenjuje na *kristalizirljive polimere* i na polimere koji ne mogu kristalizirati. U potonjem slučaju nisu potrebne specifikacije. U prethodnom slučaju, u području između *staklišta* i *ravnotežnog tališta*, polimerna taljevina je metastabilna, pa se sve dok ne dođe do kristalizacije (vidi *napomenu 3*), za preciznije definiranje termodinamičkog stanja sustava, može primijeniti naziv *pothlađena taljevina*.

Napomena 3:

Kada kristalizirljiv polimer iskristalizira (vidi također *stupanj kristalnosti* i *kristalni polimer*), preostala amorfnu sastavnicu ne može se smatrati polimernom taljevinom. Tečenje je inhibirano *polimernim kristalima* koji fizikalno umrežavaju amorfnu sastavnicu ili je stežu na površinama *polimernih kristala*.

6.20 primarna kristalizacija (primary crystallization)

Prvi stadij kristalizacijskog stvaranjem *sferolita* koji se može smatrati dovršenim kada se većina *sferolita* međusobno sudari.

Napomena 1:

U *izotermnoj kristalizaciji* primarna kristalizacija često se opisuje *Avramijevom jednadžbom*, dok se modifikacije jednadžbe primjenjuju na *neizotermnu kristalizaciju*.

Napomena 2:

Primarna kristalizacija okončava se kada je kristalizacija *dominantnih lamela* u biti dovršena, dok *sporedne lamele* kristaliziraju u pravilu za vrijeme i primarne i sekundarne kristalizacije.

Napomena 3:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

6.21 prekrizacija (u polimerijskoj znanosti) (recrystallization (in polymer science))

Proces *preuredbe* kristala putem djelomičnog ili potpunog taljenja, ili otapanja u otapalu, bilo izotermno ili zagrijavanjem.

Napomena 1:

Prekristalizacija može rezultirati porastom *stupnja kristalnosti*, ili savršenosti kristala, ili objema, te može dovesti do promjene u stabilniju kristalnu strukturu ili u stabilniju morfologiju.

Napomena 2:

Modifikacija definicije u lit.^{2,3}. Različito od definicije u lit.⁴.

6.22 preuredba (u kristalizaciji polimera) (reorganization (in polymer crystallization))

Proces kojim (i) amorfna ili djelomično uređena područja polimera postaju uklopljena u kristale, (ii) dolazi do promjene u stabilniju kristalnu strukturu, (iii) smanjuju se nedostaci unutar kristala, ili (iv) povećava se prosječna debljina lamela (tj. *period pregiba*).

Napomena 1:

Sekundarna kristalizacija može biti uključena u proces *preuredbe*.

Napomena 2:

Do *preuredbe* može doći *popuštanjem* ili izlaganjem slabijem otapalu ili njegovim parama.

Napomena 3:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

6.23 sekundarna kristalizacija (secondary crystallization)

Kristalizacija koja se odvija nakon *primarne kristalizacije*.

Napomena 1:

Sekundarna kristalizacija obično se odvija sporije od primarne kristalizacije.

Napomena 2:

Modifikacija definicije u lit.²⁻⁴.

6.24 odvajanje (u kristalizaciji polimera) (segregation (in polymer crystallization))

Odbacivanje iz rastućih kristala segmenata makromolekula, frakcija makromolekula, nečistoća, ili njihovih kombinacija.^{2,3}

Napomena 1:

Obično su odbačene makromolekule nedostatnih molarne masa, s razlikama u konstituciji (npr. granatost) ili konfiguraciji (npr. taktost) od onih koje prolaze kristalizaciju.

Napomena 2:

U sferolitnom rastu iz *taljevine*, odvajanje može dovesti do *celulacije*.

Napomena 3:

Različito od definicije u lit.⁴.

6.25 pothlađena taljevina (supercooled melt) **pothlađena taljevina** (undercooled melt)

Metastabilna *taljevina kristalizirljivog polimera* pri temperaturama ispod svog *ravnotežnog tališta* T_m^o .

Napomena 1:

Naziv nije primjenjiv na amorfne sastavnice *kristalnog polimera*, tj. nakon što se dogodila kristalizacija.

Napomena 2:

Vidi također *polimerna taljevina*.

6.26 pothlađenje (supercooling) **pothlađenje** (undercooling)

Proces hlađenja *taljevine* do temperature ispod njenog *ravnotežnog tališta* bez odvijanja kristalizacije.

6.27 pothlađena taljevina (undercooled melt)

Vidi *pothlađena taljevina (supercooled melt)*.

6.28 pothlađenje (undercooling)

Vidi *pothlađenje (supercooling)*.

7. ČLANSTVO U NADLEŽNOM TIJELU SPONZORA

Članovi Odbora IUPAC-ova Odjela za polimere u razdoblju 2010. – 2011. bili su:

predsjednik: C. K. Ober (SAD); *potpredsjednik*: M. Buback (Njemačka); *tajnik*: M. Hess (Njemačka); *naslovni članovi*: D. Dijkstra (Njemačka); R. G. Jones (UK); P. Kubisa (Poljska); G. T. Russell (Novi Zeland); M. Sawamoto (Japan); R. F. T. Stepto (UK), J.-P. Vairon (Francuska); *pridruženi članovi*: D. Berek (Slovačka); J. He (Kina); R. Hiorns (Francuska); W. Mormann (Njemačka); D. Smith (USA); J. Stejskal (Češka); *nacionalni predstavnici*: K.-N. Chen (Tajvan); G. Galli (Italija); J. S. Kim (Koreja); G. Moad (Australija); M. Raza Shah (Pakistan); R. P. Singh (Indija); W. M. Z. B. Wan Yunus (Malezija); Y. Yagci (Turska); M. Žigon (Slovenija).

Članovi Pododбора za nazivlje (terminologiju) polimera (do 2005. Pododbor za nazivlje (terminologiju) makromolekula) za razdoblje 2003. – 2010. bili su:

predsjednik: M. Hess (Njemačka) sve do 2005.; R. G. Jones (UK) od 2006.; *tajnik*: R. G. Jones, sve do 2005., M. Hess (Njemačka), 2006.–2007.; T. Kitayama (Japan), 2008.–2009.; R. Hiorns (Francuska) od 2010.; *članovi*: G. Allegra (Italija); M. Barón (Argentina); T. Chang (Koreja); A. Fradet (Francuska); K. Hatada (Japan); J. He (Kina); K.-H. Hellwich (Njemačka); P. Hodge (UK); K. Horie* (Japan); A. D. Jenkins (UK); J.-Il Jin (Koreja); J. Kahovec (Češka); P. Kratochvíl (Češka); P. Kubisa (Poljska); I. Meisel (Njemačka); W. V.

Metanomski[†] (SAD); S. V. Meille (Italija); I. Mita[†] (Japan); G. Moad (Australija); W. Mormann (Njemačka); T. Nakano (Japan); C. K. Ober (SAD); S. Penczek (Poljska); L. P. Rebelo (Portugal); M. Rinaudo (Francuska); C. dos Santos (Brazil); I. Schopov (Bulgaria); M. Schubert (SAD); F. Schué (Francuska); V. P. Shibaev (Rusija); S. Slomkowski (Poljska); D. W. Smith (SAD); R. F. T. Stepto (UK); D. Tabak (Brazil); J.-P. Vairon (Francuska); M. Vert (Francuska); J. Vohlídal (Češka); E. S. Wilks (SAD); W. J. Work (SAD).

8. ZAHVALE

S. V. M. i G. A. žele odati priznanje i zahvaliti posebice Davidu C. Bassettu za doprinose i kritiku naziva povezanih s morfologijom i posebice sa sferolitnom kristalizacijom, Gaetanu Guerri na nazivima povezanim s kokristalizacijom, Claudiu De Rosi na nazivima povezanim s polimernom kristalografijom, te Karl-Heinzu Hellwicu i Jaroslavu Kahovecu na pomoći s kemijskim imenjem. To ne razumijeva ikakvu odgovornost ovih kolega za bilo koje pogreške koje dokument može sadržavati a koje očito pripadaju autorima. Odaje se također priznanje konstruktivnoj kritici brojnih recenzenata koji su radili na rukopisu u različitim stadijima njegova razvitka.

9. LITERATURA

1. M. Barón, Definition of terms relating to low-molar-mass and polymer liquid crystals (IUPAC Recommendations 2001), *Pure Appl. Chem.* **73** (5) (2001) 845–895.
Hrvatski prijevod: R. Vuković, G. Bogdanić, A. Erceg Kuzmić, Definicije osnovnih pojmova koji se odnose na niskomolekulske i kapljevite polimerne kristale (Preporuke IUPAC 2001., Preporuke HDKI i HKD 2005.), *Kem. Ind.* **54** (12) (2005) 516–548.
2. G. A. Allegra, P. Corradini, H. G. Elias, P. H. Geil, H. D. Keith, B. Wunderlich, Definition of terms relating to crystalline polymers (IUPAC Recommendations 1988), *Pure Appl. Chem.* **61** (4) (1989) 767–785.
Hrvatski prijevod: I. Šmit, Definicije pojmova koji se odnose na kristalaste polimere (IUPAC-ove preporuke 1988.), *Kem. Ind.* **42** (2) (1993) B13–B20.
3. IUPAC. Compendium of Polymer Terminology and Nomenclature, IUPAC Recommendations 2008 (the "Purple Book"), R. G. Jones, J. Kahovec, R. Stepto, E. S. Wilks, M. Hess, T. Kitayama, W. V. Metanomski (ur.), RSC Publishing, Cambridge, 2008.
4. IUPAC. Compendium of Chemical Terminology, 2. izd. (the "Gold Book"), A. D. McNaught and A. Wilkinson (ur.), Blackwell Scientific Publications, Oxford 1997.
IUPAC Gold Book, M. Nic, J. Jirat, B. Kosata; A. Jenkins (ur.), mrežno ispravljeno i dopunjeno izd., 2006. – URL: <http://goldbook.iupac.org/>.
5. IUPAC. Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry, 3rd ed. (the "Green Book"). Prepared for publication by E. R. Cohen, T. Cvitaš, J. G. Frey, B. Holmström, K. Kuchitsu, R. Marquardt, I. Mills, F. Pavese, M. Quack, J. Stohner, H. L. Strauss, M. Takami, A. J. Thor, RSC Publishing, Cambridge, 2007.
6. T. Hahn (ur.). International Tables for Crystallography, Vol. A, Space Group Symmetry, Kluwer Academic, Dordrecht, 1995.
7. A. C. J. Wilson (ur.). International Tables for Crystallography, Vol. C, Mathematical, Physical and Chemical Tables, Kluwer Academic, Dordrecht, 1992.
8. C. Giacomazzo, H. L. Monaco, G. Artioli, D. Viterbo, G. Ferraris, G. Gilli, G. Zanotti, M. Catti, Fundamentals of Crystallography, 2. izd., Oxford University Press, Oxford, 2002.
9. V. Kopsky, D. B. Litvin (ur.). International Tables for Crystallography, Vol. E, IUCR/Kluwer Academic, Dordrecht, 2002.
10. H. Tadokoro, Structure of Crystalline Polymers, Wiley-Interscience, New York, 1979.
11. (a) C. W. Bunn, *Proc. R. Soc. London*, **A 180** (1942) 67;
(b) M. L. Huggins, *J. Chem. Phys.* **13** (1945) 37;
(c) L. Pauling, R. B. Corey, H. R. Branson, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **37** (1951) 205;
(d) G. Natta, P. Corradini, *Nuovo Cimento Suppl.* **15** (1960) 9.
12. P. Corradini, Chain conformation and crystallinity, u A. Ketley (ur.), *Stereochemistry of Macromolecules*, Vol. III, Marcel Dekker, New York, 1968., str. 1–60.
13. C. De Rosa. Chain conformation, crystal structures and structural disorder in stereoregular polymers, u M. Green, R. J. M. Nolte, E. W. Meijer (ur.), in *Materials-Chirality*, Vol. 24 of *Topics in Stereochemistry*, John Wiley, New York, 2003.
14. (a) G. Natta, P. Corradini, *Nuovo Cimento Suppl.* **15** (1960) 40;
(b) S. Brückner, S. V. Meille. *Nature* **340** (1989) 455;
(c) S. V. Meille, D. R. Ferro, S. Brückner, A. Lovinger, F. J. Padden, *Macromolecules* **27** (1994) 2615;
(d) D. L. Dorset, M. P. McCourt, S. Kopp, M. Schumacher, T. Okihara, B. Lotz, *Polymer* **39** (1998) 6331.
15. (a) Y. Nishiyama, P. Langan, H. Chanzy, *J. Am. Chem. Soc.* **124** (2002) 9074;
(b) Y. Nishiyama, J. Sugiyama, H. Chanzy, P. Langan, *J. Am. Chem. Soc.* **125** (2003) 14300;
(c) D. Klemm, B. Heublein, H.-P. Fink, A. Bohn, *Angew. Chem., Int. Ed.* **4**, (2005) 3358.
16. (a) S. V. Meille, P. J. Phillips, K. Mezghani, S. Brückner, *Macromolecules* **29** (1996) 795;
(b) F. Auriemma, C. De Rosa, T. Boscato, P. Corradini, *Macromolecules* **34** (2001) 4815.
17. (a) Y. Ikada, K. Jamshidi, H. Tsuji, S. H. Hyon, *Macromolecules* **20** (1987) 904;
(b) T. Okihara, M. Tsuji, A. Kawaguchi, K. Katayama, H. Tsuji, S.-H. Hyon, Y. Ikada, *J. Macromol. Sci. Phys. B* **30** (1991) 119;
(c) L. Cartier, T. Okihara, B. Lotz. *Macromolecules* **30** (1997) 6313.
18. (a) R. Hosemann, S. N. Bagchi, *Direct Analysis of Diffraction by Matter*, North Holland, Amsterdam, 1962.;
(b) A. M. Hindeleh, R. Hosemann, *J. Mater. Sci.* **26** (1991) 5127.
19. (a) M. Farina, *Tetrahedron Lett.* (1963) 2097;
(b) M. Farina, G. Allegra, G. Natta, *J. Am. Chem. Soc.* **86** (1964) 516;
(c) M. Farina, G. Di Silvestro, P. Sozzani, Perhydrophenylene: A D3 symmetric host, u D. D. MacNicol, F. Toda, R. Bishop (ur.), *Comprehensive Supramolecular Chemistry, Solid-State Supramolecular Chemistry: Crystal Engineering*, Vol. 6, Elsevier Science, Oxford, 1996., str. 371.
20. (a) A. P. Primrose, M. Parvez, H. R. Allcock, *Macromolecules* **30** (1997) 670;
(b) H. R. Allcock, A. P. Primrose, N. J. Sunderland, A. L. Rheingold, I. A. Guzei, M. Parvez. *Chem. Mater.* **11** (1999) 1243.
21. (a) T. G. Fox, B. S. Garrett, W. E. Goode, S. Gratch, J. F. Kincaid, A. Spell, J. D. Stroupe, *J. Am. Chem. Soc.* **80** (1958) 1768;
(b) E. Schomaker, G. Challa, *Macromolecules* **22** (1989) 3337;
(c) J. Kumaki, T. Kawauchi, K. Okoshi, H. Kusanagi, E. Yashima, *Angew. Chem.* **119** (2007) 5444.

[†] pokojan.

22. (a) G. Allegra, I. W. Bassi, *Adv. Polym. Sci.* **6**, (1969) 549;
(b) G. Allegra, S. V. Meille, W. Porzio, Isomorphous polymer pairs, u J. Brandrup, E. H. Immergut (ur.), *Polymer Handbook*, 3. izd., John Wiley, New York, 1989.
23. (a) Y. Chatani, Y. Shimane, T. Inagaki, T. Ijitsu, T. Yukinari, H. Shikuma, *Polymer* **34** (1993) 1620;
(b) G. Guerra, A. Albonia, C. D'Aniello, Preparation, structure and properties of cocrystals and nanoporous crystalline phases of syndiotactic polystyrene, u J. Schellenberg (ur.) in *Syndiotactic Polystyrene: Synthesis, Characterization Processing and Applications*, John Wiley, New York, 2010., pogl. 10, str. 195.
24. B. Wunderlich, *Macromolecular Physics*, Vol. 1, Academic Press, New York, 1973.
25. P. H. Geil, *Polymer Single Crystals*, Interscience, New York, 1963.
26. D. C. Bassett, *Principles of Polymer Morphology*, Cambridge University Press, Cambridge, 1981.
27. A. E. Woodward, *Atlas of Polymer Morphology*, Hanser, München, 1988.
28. P. H. Geil, *Polymer* **4** (1963) 404.
29. (a) B. Wunderlich, *Macromolecular Physics*, Vol. 2, Academic Press, New York, 1976.;
(b) B. Wunderlich, *Macromolecular Physics*, Vol. 3, Academic Press, New York, 1980.
30. (a) L. Mandelkern, *Crystallization of Polymers*, 2. izd., Vol. 1, Equilibrium Concepts, Cambridge University Press, Cambridge, 2002.;
(b) L. Mandelkern, *Crystallization of Polymers*, 2. izd., Vol. 2, Kinetics and Mechanism, Cambridge University Press, Cambridge, 2004.
31. (a) J. D. Hoffman, G. T. Davis, J. I. Lauritzen, u N. B. Hannay (ur.), *Treatise on Solid State Chemistry*, Vol. 3, Plenum Press, New York, 1976., pogl. 7, str. 497;
(b) G. Strobl, *The Physics of Polymers*, Springer Verlag, Berlin, 1996.
32. G. Allegra (ur.), *Interphases and Mesophases in Polymer Crystallization*, I, II, and III, *Adv. Polym. Sci.* **181**, **182** i **191**, Springer, Berlin, 2005.
33. (a) M. Avrami, *J. Chem. Phys.* **7** (1939) 1103;
(b) M. Avrami, *J. Chem. Phys.* **8** (1940) 212;
(c) M. Avrami, *J. Chem. Phys.* **9** (1941) 177.
34. T. Kunori, P. H. Geil, *J. Macromol. Sci.*, Part B: Polym. Phys. **18** (1980) 93.
35. (a) W. Hamley, *The Physics of Block Copolymers*, Oxford University Press, New York, 1998.;
(b) L. Zhu, P. Huang, W. Y. Chen, Q. Ge, R. P. Quirk, S. Z. D. Cheng, E. Thomas, B. Lotz, B. S. Hsiao, F. Yeh, L. Liu, *Macromolecules* **35** (2002) 3553.
36. (a) F. Khoury, *J. Res. Natl. Bur. Stand. A* **70** (1966) 29;
(b) A. J. Lovinger, *J. Polym. Sci.*, Part B: Polym. Phys. **21** (1983) 97;
- (c) B. Lotz, J. C. Wittmann, *J. Polym. Sci.*, Part B: Polym. Phys. **24** (1986) 1559;
(d) B. Lotz, J. C. Wittmann, *J. Polym. Sci.*, Part B: Polym. Phys. **24** (1986) 1541.
37. B. Lotz, S. Graf, J. C. Wittmann, *J. Polym. Sci.*, Part B: Polym. Phys. **24** (1986) 2017.

Napomene prevoditelja:

* Regioregularni polimeri nastali su pravilnim usmjerenim vezivanjem mera: glava-rep (HT, sinklinalno; naziv izoklinalan može također potjecati od imenice izoklina) i glava-glava, rep-rep (HH, TT – antiklinalno).

** Postoje različite definicije staklastog prijelaza ovisno o materijalu (stakla, keramike, polimeri itd.) i o pristupu objašnjavanja staklastog prijelaza (termodinamički, kinetički, reološki). Gornja općenita definicija IUPAC-a za (industrijska) stakla koja nastaju hlađenjem viskozne kapljevine odnosno taljevine navodi se u nekim rječnicima i IUPAC-ovim preporukama i ne može se primijeniti na polimere. U polimerijskim je znanostima općeprihvaćena definicija: "Staklasti je prijelaz reverzibilni prijelaz između staklastog i gumastog stanja polimera"

Ta definicija razumijeva prijelaze redom u amorfnim polimerima: staklo → staklište T_g → gumasto → tecište T_f → kapljevine ili: staklo → staklište T_g → gumasto → talište T_m → taljevina u kristalnim, polukristalnim i kristalastim polimerima. Budući da polimerna kapljevine ili taljevina također može prijeći u staklasto stanje pothlađivanjem, za staklasti prijelaz kod polimera bila bi prihvatljivija definicija: "Staklasti je prijelaz reverzibilni prijelaz između staklastog i gumastog odnosno kapljastog stanja polimera" ili "Staklasti je prijelaz reverzibilni prijelaz kapljastog ili gumastog stanja polimera u staklasto stanje". Jedan od brojnih izvora je *Handbook of Chemistry and Physics*, 84. izd., David R. Lide (ur.), CRC Press, 2004., Definitions of scientific terms, str. 2–47.

Vidi također 6.15 i 6.19.

*** Ova bi definicija vrijedila kada bi staklište i tecište bili ista točka i važi za (industrijska) stakla i keramike. Činjenica je da polimerna stakla mogu također nastati pothlađivanjem kapljevine/taljevine. Međutim, kod normalnog režima grijanje/hlađenje taljevina bi bila tvar u *amorfnom stanju* iznad tecišta (viscofluid transition) amorfne tvari ili tališta kristalne tvari (melting temperature). Izvorište greške čini se proizlazi iz definicije 6.11. Vidi 6.11 i 6.19.

**** Polimer u *amorfnom stanju* iznad tecišta amorfno polimera (viscofluid transition) ili iznad tališta kristalastog polimera (melting). Izvorište greške čini se proizlazi iz definicije 6.11. Vidi također 6.11 i 6.15.

^{1HJ} Predloženi naziv Instituta za hrvatski jezik i jezikoslovlje, STRUNA, projekt: Elektronički rječnik polimerstva – hrvatsko-englesko-njemački.

URL: <http://struna.ihjj.hr/naziv/nukleacija/6943/> naziv (1. 10. 2013.)

X^P Preporučeni naziv

X^d Dopusšteni naziv

10. Dodatak: Abecedni popis naziva i skupina naziva

aksijalit axialite	5.2	fizički ponavljani razmak physical repeating distance	3.1.22
amorfna domena amorphous domain	5.1	frustracija frustration	3.2.7
amorfni polimer amorphous polymer	2.1	hedrit hedrite	5.8
amorfno stanje amorphous state	2.2	heličnost^d (vidi: zavojitost) helicity	
antiklinalna rebra anticlinal stems	3.2.1	heličnost polimernog lanca^d (vidi: zavojitost polimernog lanca) helicity of a polymer chain	
antiparalelno slaganje antiparallel packing	3.2.3	heliks^d (vidi: zavojnica) helix	
Avramijeva jednadžba Avrami equation	6.2	heteroepitaksija^d (vidi: heteroprirastanje) heteroepitaxy	
celulacija cellulation	6.3	heteroprirastanje^p heteroepitaxy	6.8.2
dendrit dendrite	5.4	heterogena nukleacija heterogeneous nucleation	6.17.1
desni heliks^d		hladna kristalizacija cold crystallization	6.4
desna spirala^d		homoepitaksija^d (vidi: homoprirastanje) homoepitaxy	
desna zavojnica^p right-handed helix	3.1.24	homogena nukleacija homogeneous nucleation	6.17.2
djelomice kristalni polimer^d (vidi: kristalasti polimer) partially crystalline polymer		homopolimerna izomorfija homopolymer isomorphism	3.4.4.2
 dodatne lamele (u sferolitu) subsidiary lamellae (in a spherulite)	5.24.3	homoprirastanje^p homoepitaxy	6.8.3
domena pregiba fold domain	5.5	idealna konformacija lanca u kristalu ideal crystalline chain conformation	3.1.18
dominantne lamele dominant lamellae	5.24.1	istosmjerno slaganje isodirectional packing	3.2.10
dugi period long period	5.12	izobličenje rešetke lattice distortion	3.3.3
dugi razmak long spacing	5.13	izoklinalna rebra isoclinal stems	3.2.9
duljina pregiba fold length	4.6	izomorfni polimerni kokristal isomorphous polymer co-crystal	3.4.3
dvofazni model two-phase model	2.17	izotermna kristalizacija isothermal crystallization	6.14
epitaksijalna kristalizacija^d (vidi: prirastna kristalizacija) epitaxial crystallization		jedinična ćelija unit cell	2.18
epitaksija^d (vidi: prirastanje) epitaxy		jedinična visina unit height	3.1.29
faktor parakristalne izobličenosti paracrystalline distortion factor	3.3.5.4	jedinični okret unit twist	3.1.30
fazna domena phase domain	5.15	jezgrenje^{IHJ} (vidi: nukleacija) nucleation	
fizički ponavljana jedinica physical repeating unit	3.1.23	kiralnost heliksa^d (vidi: kiralnost zavojnice) helix chirality	

kiralnost spirale^d (vidi: kiralnost zavojnice) helix chirality		letvasti kristal lath crystal	5.11
kiralnost zavojnice^p helix chirality	3.1.14	lijeva spirala^d (vidi: lijeva zavojnica) left-handed helix	
konfiguracijska neuređenost configurational disorder	3.3.1	lijeva zavojnica^p left-handed helix	3.1.9
konformacija conformation	2.3	lijevi heliks^d (vidi: lijeva zavojnica) left-handed helix	
konformacijska neuređenost conformational disorder	3.3.2	lokalna konformacija local conformation	2.9
kopolimerna izomorfija copolymer isomorphism	3.4.4.1	makrokonformacija macroconformation	2.10
korelirana parakristalna neuređenost correlated paracrystalline disorder	3.3.5.1	makromolekulna izomorfija macromolecular isomorphism	3.4.4
kristalasti polimer^p partially crystalline polymer	2.13	mikrokonformacija microconformation	2.11
kristalizirljiv polimer crystallizable polymer	2.6	model nepravilnog susjednog vraćanja irregular adjacent re-entry model	4.1.1
kristal s globulnim lancima globular-chain crystal	4.10	model očvršćivanja^p solidification model	4.13
kristal s ispruženim lancima extended-chain crystal	4.4	model pravilnog susjednog vraćanja regular adjacent re-entry model	4.1.2
kristal s izduljenim lancima chain-extended crystal	4.2	model razvodne ploče switchboard model	4.14
kristal s neparalelnim lancima non-parallel-chain crystal	4.11	model resastih micela fringed-micelle model	4.9
kristal s paralelnim lancima parallel-chain crystal	4.12	model solidifikacije^d (vidi: model očvršćivanja) solidification model	
kristal s pregibljenim lancima folded-chain crystal	4.8	model susjednog vraćanja adjacent re-entry model	4.1
kristalna forma^d (vidi: kristalni oblik) crystalline form		molekulna konformacija molecular conformation	2.12
kristalna modifikacija crystal modification	3.2.4	molekulni kompleks kristalnih polimera crystalline-polymer molecular complex	3.4.2
kristalni kompleks s polimernom uklopinom crystalline polymer-inclusion complex	3.4.1	motiv heliksa^d (vidi: zavojnična jedinica) helix residue	
kristalni molekularni kompleks na osnovi polimera polymer-based crystalline molecular complex	3.4.6	nanoporozni polimerni kristal nanoporous polymer crystal	3.4.5
kristalni oblik^p crystalline form	3.2.6	neizotermna kristalizacija non-isothermal crystallization	6.16
kristalni polimer crystalline polymer	2.4	neusklađena parakristalna neuređenost uncorrelated paracrystalline disorder	3.3.5.5
kristalni polimorf crystal polymorph	3.2.5	nukleacija nucleation	6.17
kristalno stanje crystalline state	2.5	odjeljak lamelnog kristala lamellar crystal sector	5.10
lamelni kristal lamellar crystal	5.9	odvajanje segregation	6.24
lančani period istovjetnosti chain identity period	3.1.3	orijentacijska neuređenost orientational disorder	3.3.4
lančani ponavljani razmak chain repeating distance	3.1.4	os lanca chain axis	3.1.2

osno pomicanje po ponavljanoj konstitutivnoj jedinici axial advancement per constitutional repeating unit	3.1.1	polukristalni polimer semicrystalline polymer	2.16
parakristal paracrystal	3.3.5	ponavljana jedinica vlakna fiber repeat unit	3.1.11
parakristalna neuređenost druge vrste paracrystalline disorder of the second kind	3.3.5.3	ponavljana konformacijska jedinica conformational repeating unit	3.1.5
parakristalna neuređenost prve vrste paracrystalline disorder of the first kind	3.3.5.2	ponavljana konstitucijska jedinica constitutional repeating unit	3.1.6
paralelno slaganje parallel packing	3.2.12	ponavljana translacijska jedinica lanca translational chain repeating unit	3.1.28
period heliksa^d (vidi: period zavojnice) helix pitch		popunjavajuće lamele infilling lamellae	5.24.2
period istovjetnosti lanca chain identity period	3.1.3	popuštanje^d (vidi: temperiranje) annealing	
period istovjetnosti vlakna fiber identity period	3.1.3	postavka istovrijednosti^p equivalence postulate	3.1.9
period pregiba fold period	4.7	postulat ekvivalencije^d (vidi: postavka istovrijednosti) equivalence postulate	
period spirale^d (vidi: period zavojnice) helix pitch		pothlađena taljevina supercooled melt	6.25
period zavojnice^p helix pitch	3.1.15	pothlađena taljevina undercooled melt	6.27
polikristalni polimer polycrystalline polymer	5.16	pothlađenje supercooling	6.26
polimerna kokristalizacija polymer co-crystallization	6.18	pothlađenje undercooling	6.28
polimerna taljevina polymer melt	6.19	površina pregiba fold surface	5.7
polimerni fibril^d (vidi: polimerno vlakance) polymer fibril		pregib fold	4.5
polimerni klatrat polymer clathrate	3.4.7	pregibanje lanca chain folding	4.3
polimerni kokristal polymer co-crystal	3.4.8	prekid simetrije u (polimernim) kristalima symmetry breaking in (polymer) crystals,	3.2.15
polimerni kristal polymer crystal	2.14	prekristalizacija recrystallization	6.21
polimerni kristal mješanac polymer mixed crystal	3.4.9	preuredba (u kristalizaciji polimera) reorganization (in polymer crystallization)	6.22
polimerni kristalit polymer crystallite	5.17	primarna kristalizacija primary crystallization	6.20
polimerni monokristal polymer single crystal	5.20	primarna nukleacija primary nucleation	6.17.3
polimerni sraslac twinned polymer crystal	5.26	primarna jezgra primary nucleus	6.17.4
polimerno staklo polymer glass	2.15	primarno jezgrenje^{I,II} (vidi: primarna nukleacija) primary nucleation	
polimerno vlakance^p polymer fibril	5.19	prirastanje^p epitaxy	6.8.1
polimerno vlakno polymer fiber	5.18	prirastna kristalizacija^p epitaxy crystallization	6.8
polimorfni polimerni kristal polymorphic polymer crystal	3.2.13		

prostorno ograničena kristalizacija confined-spaces crystallization	6.5	spiralnost polimernog lanca^d (vidi: zavojitost polimernog lanca) helicity of a polymer chain	
protusmjerno slaganje antidirectional packing	3.2.2	spojna molekula (u polimerijskoj znanosti) tie molecule (in polymer science)	4.15
racemsko slaganje racemic packing	3.2.14	sporedne lamele (u sferolitu) subsidiary lamellae (in a spherulite)	5.24.3
ravnina pregiba fold plane	5.6	staklasti polimer glassy polymer	2.8
ravnotežna temperatura taljenja equilibrium melting temperature	6.9	staklasti prijelaz glass transition	6.11
ražnjičasta struktura shish-kebab structure	5.23	staklasto stanje glassy state	6.13
rebro stem	3.1.27	staklište glass-transition temperature	6.12
rotacija po motivu heliksa^d (vidi: rotacija po zavojničnoj jedinici) rotation per helix residue		staklo glass	6.10
rotacija po zavojničnoj jedinici^p rotation per helix residue	3.1.26	struktura niza row structure	5.22
samocijepljenje self-seeding	6.17.7	strukturna neuređenost structural disorder	3.3.6
samonukleacija self-nucleation	6.17.6	stupanj kristalnosti degree of crystallinity	2.7
sekundarna kristalizacija secondary crystallization	6.23	stupanj pothlađenja degree of supercooling	6.6
sekundarna nukleacija secondary nucleation	6.17.5	stupanj pothlađenja degree of undercooling	6.7
sekundarno jezgrenje^(HJ) (vidi: sekundarna nukleacija) secondary nucleation		štapčasta skupina rod group	3.1.25
sferolit spherulite	5.24	taljevina melt	6.15
sinklinalna rebra isoclinal stems	3.2.9	temperatura staklastog prijelaza glass-transition temperature	6.12
skupina linijskog ponavljanja line repetition group	3.1.20	temperiranje^p annealing	6.1
slaganje izokiralnog rebra isochiral stem packing	3.2.8	transkristalni sloj transcrystalline layer	5.25
slaganje rebara lanca packing of chain stems	3.2.11	udaljenost ponavljanja lanca chain repeating distance	3.1.4
smjer heliksa^d (vidi: smjer zavojnice) helix sense		uskladena parakristalna neuređenost correlated paracrystalline disorder	3.3.5.1
smjer spirale^d (vidi: smjer zavojnice) helix sense		usmjereni lanac directional chain	3.1.7
smjer zavojnice^p helix sense	3.1.17	usmjereni rebro directional stem	3.1.8
snopasti kristal bundle crystal	5.3	višeslojni agregat multilayer aggregate	5.14
spirala^d (vidi: zavojnica) helix		višestruka spirala^d (vidi: višestruka zavojnica) multiple helix	
spiralnost^d (vidi: zavojitost) helicity		višestruka zavojnica^p multiple helix	3.1.21
		višestruki heliks^d (vidi: višestruka zavojnica) multiple helix	

vrpčasti kristal ribbon crystal	5.21	zavojnica^P helix	3.1.13
zavojitost polimernog lanca^P helicity of a polymer chain	3.1.12	zavojnična jedinica^P helix residue	3.1.16

11. Appendix: Alphabetical index of terms

adjacent re-entry model model susjednog vraćanja	4.1	conformation konformacija	2.3
amorphous domain amorfná domena	5.1	conformational disorder konformacijska neuređenost	3.3.2
amorphous polymer amorfní polimer	5.2	conformational repeating unit ponavljana konformacijska jedinica	3.1.5
amorphous state amorfnó stanje	2.2	constitutional repeating unit ponavljana konstitucijska jedinica	3.1.6
annealing popuštanje ^d temperiranje ^P	6.1	copolymer isomorphism kopolimerna izomorfija	3.4.4.1
anticlinal stems antiklinalna rebra	3.2.1	correlated paracrystalline disorder usklađena parakristalna neuređenost	3.3.5.1
antidirectional packing protusmjerno slaganje	3.2.2	crystal modification kristalna modifikacija	3.2.4
antiparallel packing antiparalelno slaganje	3.2.3	crystal polymorph kristalni polimorf	3.2.5
Avrami equation Avramijeve jednadžba	6.2	crystalline form kristalna forma ^d kristalni oblik ^P	3.2.6
axial advancement per constitutional repeating unit osno pomicanje po ponavljanoj konstitucijskoj jedinici	3.1.1	crystalline polymer kristalni polimer	2.4
axialite aksijalit	5.2	crystalline polymer-inclusion complex kristalni kompleks s polimernom uklopinom	3.4.1
bundle crystal snopasti kristal	5.3	crystalline polymer molecular complex molekulni kompleks kristalnih polimera	3.4.2
cellulation celulacija	6.3	crystalline state kristalno stanje	2.5
chain axis os lanca	3.1.2	crystallizable polymer kristalizirljiv polimer	2.6
chain-extended crystal kristal s izduljenim lancima	4.2	degree of crystallinity stupanj kristalnosti	2.7
chain folding pregibanje lanca	4.3	degree of supercooling stupanj pothlađenja	6.6
chain identity period period istovjetnosti lanca	3.1.3	degree of undercooling stupanj pothlađenja	6.7
chain repeating distance udaljenost ponavljanja lanca	3.1.4	dendrite dendrit	5.4
cold crystallization hladna kristalizacija	6.4	directional chain usmjereni lanac	3.1.7
configurational disorder konfiguracijska neuređenost	3.3.1	directional stem usmjereno rebro	3.1.8
confined-spaces crystallization prostorno ograničena kristalizacija	6.5	dominant lamellae dominantne lamele	5.24.1
		epitaxial crystallization prirastna kristalizacija ^P epitaksijalna kristalizacija ^d	6.8

epitaxy epitaksija ^d prirastanje ^p	6.8.1	helix heliks ^d spirala ^d zavojnica ^p	3.1.13
equilibrium melting temperature ravnotežna temperatura taljenja	6.9	helix chirality kiralnost heliksa ^d kiralnost spirale ^d kiralnost zavojnice ^p	3.1.14
equivalence postulate postavka istovrijednosti ^p postulat ekvivalencije ^d	3.1.9	helix pitch period heliksa ^d period spirale ^d period zavojnice ^p	3.1.15
extended-chain crystal kristal s ispruženim lancima	4.4	helix residue motiv heliksa ^d zavojnična jedinica ^p	3.1.16
fiber identity period period istovjetnosti vlakna	3.1.3	helix sense smjer heliksa ^d smjer spirale ^d smjer zavojnice ^p	3.1.17
fiber repeat unit ponavljana jedinica vlakna	3.1.11	heteroepitaxy heteroepitaksija ^d heteroprirastanje ^p	6.8.2
fold pregib	4.5	heterogeneous nucleation heterogena nukleacija heterogeno jezgrenje ^{I+II}	6.17.1
fold domain domena pregiba	5.5	homoepitaxy homoepitaksija ^d homoprirastanje ^p	6.8.3
fold length duljina pregiba	4.6	homogeneous nucleation homogena nukleacija homogeno jezgrenje ^{I+II}	6.17.2
fold period period pregiba	4.7	homopolymer isomorphism homopolimerna izomorfija	3.4.4.2
fold plane ravnina pregiba	5.6	ideal crystalline chain conformation idealna konformacija lanca u kristalu	3.1.18
fold surface površina pregiba	5.7	infilling lamellae popunjavajuće lamele	5.24.2
folded-chain crystal kristal s pregibljenim lancima	4.8	irregular adjacent re-entry model model nepravilnog susjednog vraćanja	4.1.1
fringed-micelle model model resastih micela	4.9	isochiral stem packing slaganje izokiralnog rebra	3.2.8
frustration frustracija	3.2.7	isoclined stems izoklinalna rebra	3.2.9
glass staklo	6.10	isodirectional packing istosmjerno slaganje	3.2.10
glass transition staklasti prijelaz	6.11	isomorphous polymer co-crystal izomorfni polimerni kokristal	3.4.3
glass-transition temperature staklište	6.12	isothermal crystallization izotermna kristalizacija	6.14
glassy polymer staklasti polimer	2.8	lamellar crystal lamelni kristal	5.9
glassy state staklasto stanje	6.13	lamellar crystal sector odjeljak lamelnog kristala	5.10
globular-chain crystal kristal s globulnim lancima	4.10	lath crystal letvasti kristal	5.11
hedrite hedrit	5.8		
helicity heličnost	3.1.12		
helicity of a polymer chain heličnost polimernog lanca ^d spiralnost polimernog lanca ^d zavojitost polimernog lanca ^p	3.1.12		

lattice distortion izobličenje rešetke	3.3.3	parallel packing paralelno slaganje	3.2.12
left-handed helix lijevi heliks ^d lijeva spirala ^d lijeva zavojnica ^p	3.1.19	partially crystalline polymer djelomice kristalni polimer ^d kristalasti polimer ^p	2.13
line repetition group skupina linijskog ponavljanja	3.1.20	phase domain fazna domena	5.15
local conformation lokalna konformacija	2.9	physical repeating unit fizička ponavljana jedinica	3.1.23
long period dugi period	5.12	physical repeating distance fizički ponavljani razmak	3.1.22
long spacing dugi razmak	5.13	polycrystalline polymer polikristalni polimer	5.16
macroconformation makrokonformacija	2.10	polymer-based crystalline molecular complex kristalni molekularni kompleksi na osnovi polimera	3.4.6
macromolecular isomorphism makromolekulna izomorfija	3.4.4	polymer clathrate polimerni klatrat	3.4.7
melt taljevina	6.15	polymer co-crystal polimerni kokristal	3.4.8
microconformation mikrokonformacija	2.11	polymer co-crystallization polimerna kokristalizacija	6.18
molecular conformation molekulna konformacija	2.12	polymer crystal polimerni kristal	2.14
multilayer aggregate višeslojni agregat	5.14	polymer crystallite polimerni kristalit	5.17
multiple helix višestruki heliks ^d višestruka spirala ^d višestruka zavojnica ^p	3.1.21	polymer fiber polimerno vlakno	5.18
nanoporous polymer crystal nanoporozni polimerni kristal	3.4.5	polymer fibril polimerni fibril ^d polimerno vlakance ^p	5.19
non-isothermal crystallization neizotermna kristalizacija	6.16	polymer glass polimerno staklo	2.15
non-parallel-chain crystal kristal s neparalelnim lancima	4.11	polymer melt polimerna taljevina	6.19
nucleation jezgrenje ^{lHJ} nukleacija	6.17	polymer mixed crystal polimerni kristal mješanac	3.4.9
orientational disorder orijentacijska neuređenost	3.3.4	polymer single crystal polimerni monokristal	5.20
packing of chain stems slaganje rebara lanca	3.2.11	polymorphic polymer crystal polimorfni polimerni kristal	3.2.13
paracrystal parakristal	3.3.5	primary crystallization primarna kristalizacija	6.20
paracrystalline disorder of the first kind parakristalna neuređenost prve vrste	3.3.5.2	primary nucleation primarna nukleacija	6.17.3
paracrystalline disorder of the second kind parakristalna neuređenost druge vrste	3.3.5.3	primary nucleus primarna klica	6.17.4
paracrystalline distortion factor faktor parakristalne izobličenosti	3.3.5.4	racemic packing racemsko slaganje	3.2.14
parallel-chain crystal kristal s paralelnim lancima	4.12	recrystallization rekristalizacija	6.21
		regular adjacent re-entry model model pravilnog susjednog vraćanja	4.1.2

reorganization (in polymer crystallization) preuredba (u kristalizaciji polimera)	6.22	structural disorder strukturna neuređenost	3.3.6
ribbon crystal vrpčasti kristal	5.21	subsidiary lamellae (in a spherulite) sporedne lamele (u sferolitu)	5.24.3
right-handed helix desni heliks ^d desna spirala ^d desna zavojnica ^p	3.1.24	supercooled melt pothlađena taljevina	6.25
rod group štapičasta skupina	3.1.25	supercooling pothlađenje	6.26
rotation per helix residue rotacija po motivu heliksa ^d rotacija po zavojničnoj jedinici ^p	3.1.26	switchboard model model razvodne ploče	4.14
row structure struktura niza	5.22	symmetry breaking in (polymer) crystals prekid simetrije u (polimernim) kristalima	3.2.15
secondary crystallization sekundarna kristalizacija	6.23	tie molecule (in polymer science) spojna molekula (u polimerijskoj znanosti)	4.15
secondary nucleation sekundarna nukleacija sekundarno jezgrenje ^{1HJ}	6.17.5	transcrystalline layer transkristalni sloj	5.25
segregation odvajanje	6.24	translational chain repeating unit ponavljana translacijska jedinica lanca	3.1.28
self-nucleation samonukleacija	6.17.6	twinned polymer crystal polimerni sraslac	5.26
self-seeding samocijepljenje	6.17.7	two-phase model dvofazni model	2.17
semicrystalline polymer polukristalni polimer	2.16	uncorrelated paracrystalline disorder neusklađena parakristalna neuređenost	3.3.5.5
shish-kebab structure ražnjičasta struktura	5.23	undercooled melt pothlađena taljevina	6.27
solidification model model očvršćivanja ^p model solidifikacije ^d	4.13	undercooling pothlađenje	6.28
spherulite sferolit	5.24	unit cell jedinična ćelija	2.18
stem rebro	3.1.27	unit height jedinična visina	3.1.29
		unit twist jedinični okret	3.1.30

SUMMARY

Definitions of Terms Relating to Crystalline Polymers

(IUPAC Recommendations 2011)

Translated by I. Šmit

Recommendations are given concerning the terminology relating to the structure and the morphology of crystalline polymers and the processes of polymer crystallization. They are applicable to cases where polymer crystals are a significant fraction of a system and primarily with crystal structures that are comprised of polymer chains with limited, static, or dynamic disorder. After some general definitions, terms pertaining to structural arrangements at subnanometric scales and to polymer crystal structures are defined. Terms relating to molecular conformation within polymer crystals, morphological aspects, and polymer crystallization are given in subsequent sections.