

# NOMENKLATURA I TERMINOLOGIJA iz područja polimera i polimernih materijala

## GLOSAR NAZIVA VEZANIH UZ TOPLINSKA I TERMOMEHANIČKA SVOJSTVA POLIMERA

Preporuke IUPAC 2013.  
Preporuke HDKI i HKD 2015.

Prevela:  
JELENA MACAN

Recenzenti:  
MARKO ROGOŠIĆ  
MLADEN ŠERCER  
LEO FRKANEC  
ANDREJA JAKAS

HDKI/Kemija u industriji  
Zagreb 2015.

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	265
2. GLOSAR .....	266
3. POPIS POKRATA .....	278
4. ČLANSTVO U SPONZORSKIM TIJELIMA .....	279
5. LITERATURA .....	279
6. ABECEDNO KAZALO POJMOVA (englesko-hrvatsko) .....	280
SUMMARY .....	282

Međunarodna unija za čistu i primijenjenu kemiju  
Odjel za polimere

Nomenklatura i terminologija iz područja  
polimera i polimernih materijala

## Glosar naziva vezanih uz toplinska i termomehanička svojstva polimera (IUPAC-ove preporuke 2013.)\*\*

Preporuke IUPAC 2013.

Preporuke HDKI i HKD 2015.

DOI: 10.15255/KUI.2014.004

KUI-16/2015

Nomenklaturni prikaz

Prispjelo 17. veljače 2014.

Prihvaćeno 2. srpnja 2014.

Pripravila radna skupina u sastavu:

Michael Hess,<sup>a,†</sup> Giuseppe Allegra,<sup>b</sup> Jiasong He,<sup>c</sup> Kazuyuki Horie,<sup>d,†</sup> Joon-Seop Kim,<sup>a</sup> Stefano V. Meille,<sup>b</sup>  
Val Metanovski,<sup>e,†</sup> Graeme Moad,<sup>f</sup> Robert F. T. Stepto,<sup>g</sup> Michel Vert<sup>h</sup> i Jiří Vohlídal<sup>i</sup>

Prevela:

Jelena Macan\*

Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije  
Marulićev trg 19, 10 000 Zagreb

### || Sažetak

Dokument definira nazive vezane uz ustaljenu toplinsku i termomehaničku karakterizaciju polimernih materijala.

### || Ključne riječi

Definicije naziva, IUPAC-ov Odjel za polimere, polimerni materijali, toplinska svojstva, termomehanička svojstva

## 1. UVOD

U dokumentu su dane definicije pojmova vezanih uz toplinska i termomehanička svojstva polimera prije njihove toplinske razgradnje. Pojmovi su navedeni abecednim redom i uključuju pojmove iz fizikalne kemije, znanosti o polimerima i eksperimentalnih tehnika. Dokument se

dijelom oslanja na ranije izvještaje vezane uz nazivlje toplinske analize, primjerice one koje objavljuje Međunarodna konfederacija za toplinsku analizu i kalorimetriju (*International Confederation for Thermal Analysis and Calorimetry*, ICTAC),<sup>1–4</sup> IUPAC-ove preporuke iz Pregleda kemijskog nazivlja (*Compendium of Chemical Terminology*),<sup>5</sup> takozvane "Zlatne knjige", i 2. izdanja *Compendium of Polymer Nomenclature and Terminology*,<sup>6</sup> takozvane "Ljubičaste knjige". Slijedili smo te publikacije koliko je to bilo moguće.

\* Izv. prof. dr. sc. Jelena Macan, e-pošta: jmacan@fkit.hr

† Autor za prepisku; e-pošta: hess\_iupac@yahoo.de

<sup>a</sup> Odjel znanosti i tehnologije polimera, Sveučilište Chosun, Dong-gu, Gwangju 501-759, Republika Koreja; <sup>b</sup> Odjel za kemiju, materijale i kemijsko inženjerstvo "G. Natta", Politehničko sveučilište u Milanu, 20131 Milano, Italija; <sup>c</sup> Kemijski institut, Kineska akademija znanosti, Beijing 100190, Kina; <sup>d</sup> Kozukayama, Tamuriku, Kobe 655-0002, Japan; <sup>e</sup> Chemical Abstracts Service, P.O. Box 3012, Columbus, OH 43210-0012, SAD; <sup>f</sup> CSRIO Materials Science and Engineering, Clayton, Victoria 3168, Australija; <sup>g</sup> Škola za materijale, Sveučilište u Manchesteru, Manchester M1 7HS, UK; <sup>h</sup> IBMM Sveučilište u Montpellieru 1 – CNRS, 34093 Montpellier Cedex 5, Francuska; <sup>i</sup> Zavod za fizikalnu i makromolekulsku kemiju, Prirodoslovni fakultet, Karlovo sveučilište u Pragu, CZ-12840 Praha 2, Češka.

† Preminuli

\*\* Izvornik: Glossary of terms relating to thermal and thermomechanical properties of polymers (IUPAC Recommendations 2013), Pure Appl. Chem. 85 (5) (2013) 1017–1046.

Također su konzultirane norme ISO i ASTM.<sup>7–12</sup> Usto, nedavno (2011.) objavljeni dokument "Definicije naziva koji se odnose na kristalne polimere",<sup>13</sup> revizija zastarjelih IUPAC-ovih preporuka objavljenih pod istim naslovom 1989., uzrokovao je modifikacije nekih starijih definicija. Toplinska analiza je sama po sebi opsežna tema, pa se čitatelja upućuje na priručnike koji je obrađuju, npr. lit.<sup>14–22</sup>

Hrvatski nazivi definirani u ovom dokumentu i prihvatljive istoznačnice tiskani su **masno**. U slučaju istoznačnica, sva-koj je dodana oznaka normativnoga statusa (preporučeni naziv<sup>P</sup>, dopušteni naziv<sup>d</sup>, predloženi naziv<sup>M</sup>, nepreporučeni naziv<sup>N</sup>). Koso su tiskani pojmovi koji su definirani u ovom dokumentu.

## 2. GLOSAR

### alfa-maksimum gubitaka (alpha loss peak)

Vidi *alfa-relaksacijski maksimum*.

### alfa-relaksacija (alpha relaxation)

#### $\alpha$ -relaksacija ( $\alpha$ -relaxation)

Relaksacija pri najvišoj temperaturi ili najnižoj frekvenciji na *krivulji gubitaka* polimera.

*Napomena 1:*  $\alpha$ -relaksacija je obično povezana s usklađenim promjenama konformacije u makromolekulama. U te promjene većinom je uključeno 10 – 20 atoma glavnog lanca. Za polimer u *staklastom stanju*,  $\alpha$ -relaksacija je obilježje *staklastog prijelaza*.

*Napomena 2:* Za neke *kristalaste polimere*, primjerice polietilen ili polioksimetilen,  $\alpha$ -relaksacija posljedica je gibanja unutar kristalnih područja (tzv. "relaksacija kristala"). U takvim slučajevima *staklastom prijelazu* odgovara u pravilu  $\beta$ -relaksacija.

### alfa-relaksacijski maksimum (alpha relaxation peak)

#### $\alpha$ -relaksacijski maksimum ( $\alpha$ -relaxation peak)

Maksimum pri najvišoj temperaturi ili najnižoj frekvenciji na *krivulji gubitaka* polimera.

*Napomena:* *Sekundarni relaksacijski maksimumi* koji se javljaju redom pri nižim temperaturama ili višim frekvencijama nazivaju se *beta-* ( $\beta$ -), *gama-* ( $\gamma$ -) *relaksacijskim maksimumima* (*maksimumima gubitaka*).

### amorfn polimer (amorphous polymer)

Polimer u *amorfnom stanju*.<sup>13</sup>

### amorfn stanje (amorphous state)

Stanje tvari za koje je svojstveno nepostojanje molekulske uredenosti dugog doseg. <sup>13</sup>

*Napomena 1:* U amorfnom stanju može postojati nešto lokalne uredenosti duljine oko 1 nm.

*Napomena 2:* U odsutnosti naprezanja, struktura i svojstva amorfnog stanja su, kao i u kapljevinama, izotropni u dovoljno velikom mjerilu.

### analiza torzijskim klatnom (torsional pendulum analysis)

*Dinamička mehanička analiza* izvedena torzijskim klatnom.

*Napomena 1:* Polimerni uzorak u obliku vrpce pričvrsti se na torzijsko klatno i podvrgne malom okretnom momentu. Opadanje amplitude *slobodnog sinusoidnog titranja* prati se izotermno za više temperatura u određenom rasponu.

*Napomena 2:* *Modul pohrane (smični)  $G'$ , modul gubitaka (smični)  $G''$  i tangens gubitaka* mogu se izračunati iz *logaritamskog dekrementa,  $\Lambda$* .

### beta-maksimum gubitaka (beta loss peak)

Vidi *beta-relaksacijski maksimum*.

### beta-relaksacija (beta relaxation)

#### $\beta$ -relaksacija ( $\beta$ -relaxation)

Relaksacija pri drugoj najvišoj temperaturi ili drugoj najni-

žjoj frekvenciji na *krivulji gubitaka* polimera.

*Napomena 1:* Kod *amorfnog polimera*,  $\beta$ -relaksacija je općenito povezana s lokaliziranim gibanjima samo nekoliko atoma polimernog lanca ili je posljedica gibanja bočne skupine.

*Napomena 2:* Kod nekih *kristalastih polimera*,  $\beta$ -relaksacija odgovara *staklastom prijelazu* (vidi *Napomenu 2* definicije *alfa-relaksacije*).

### beta-relaksacijski maksimum (beta relaxation peak)

#### $\beta$ -relaksacijski maksimum ( $\beta$ -relaxation peak)

Maksimum pri drugoj najvišoj temperaturi ili drugoj najnižoj frekvenciji na *krivulji gubitaka* polimera.

### bistrište<sup>p</sup>, temperatura bistrenja<sup>d</sup> (clearing temperature), $T_d$ bistrište (clearing point)

Temperatura pri kojoj dolazi do prijelaza mezofaze najvišeg temperaturnog područja u izotropnu fazu.<sup>6</sup>

*Napomena:* Bistrište mezofaze je poseban slučaj općenitije *temperature izotropizacije*.

### čvrsto staklo (strong glass)

*Staklo* za koje je svojstvena niska vrijednost *indeksa krhkosti ( $m$ )*.

*Napomena 1:* Vidi *krhko staklo*.

*Napomena 2:* Vrlo čvrsto staklo ima  $m \approx 16$ .

*Napomena 3:* Čvrsto staklo ima približno Arrheniusovu ovisnost viskoznosti i *relaksacijskog vremena* o temperaturi.

### dielektrična toplinska analiza

(dielectric thermal analysis), DETA

Određivanje temperature ovisnosti kompleksne relativne dielektričnosti uzorka, ili njezinog realnog ili imaginarnog dijela, pri stalnoj frekvenciji; ili određivanje frekvencijske ovisnosti kompleksne relativne dielektričnosti uzorka, ili njezinog realnog ili imaginarnog dijela, pri stalnoj temperaturi.

*Napomena 1:* Dielektričnu konstantu treba nazivati isključivo relativnom dielektričnošću.

*Napomena prevoditelja:* Shodno gornjoj napomeni, u tekstu definicije zastarjeli naziv "dielektrična konstanta" zamijenjen je nazivom "relativna dielektričnost". Također se rabi naziv *električna permitivnost*.

*Napomena 2:* DETA-om se mogu karakterizirati relaksacijski procesi u polimernom materijalu, pa upotunjava *DMA*.

### diferencijalna pretražna kalorimetrija<sup>p</sup>, razlikovna pretražna kalorimetrija<sup>m</sup> (differential scanning calorimetry), DSC

Tehnika koja prati razliku u toplinskom toku između mjernog i referentnog uzorka ili razliku u električnoj energiji koja se dovodi u njih, u ovisnosti o temperaturi ili vremenu.

*Napomena 1:* Uobičajeno je rabiti istu pokratu (DSC) za tehniku i za *diferencijalni pretražni kalorimetar*.

*Napomena 2:* Dvije vrste DSC, DSC toplinskog toka i DSC s kompenzacijom snage, daju više-manje jednake rezultate.

*Napomena 3:* Mjerenja se većinom izvode uz stalnu brzinu zagrijavanja ili hlađenja.

*Napomena 4:* Grafički prikaz ovisnosti razlike toplinskog toka ili unosa električne energije o vremenu ili temperaturi naziva se DSC krivulja.

*Napomena 5:* DSC-om se određuju i karakteriziraju toplinski potaknute promjene, kao što su *kristalizacija, taljenje i staklasti prijelaz*. Vidi slike 1 – 3.

*Napomena 6:* Moguće je izračunati odgovarajuću promjenu entalpije i toplinski kapacitet uzorka kao funkcije temperature. Vidi slike 1 – 3.

**diferencijalna toplinska analiza<sup>P</sup>,  
razlikovna toplinska analiza<sup>IM</sup>**  
(differential thermal analysis), DTA

Tehnika koja prati temperaturnu razliku između temperature uzorka,  $T_s$  i temperature referentnog materijala,  $T_r$ , pri stalnoj brzini zagrijavanja ili hlađenja u ovisnosti o vremenu ili temperaturi.

*Napomena 1:* Uobičajeno je rabiti istu pokratu (DTA) za tehniku i *diferencijalni toplinski analizator*.

*Napomena 2:* Mjerenja se većinom izvode uz stalnu brzinu zagrijavanja ili hlađenja.

*Napomena 3:* Grafički prikaz ovisnosti temperaturne razlike o vremenu ili temperaturi naziva se DTA krivulja.

*Napomena 4:* DTA-om se određuju i karakteriziraju toplinski potaknute promjene, kao što su *kristalizacija, taljenje i staklasti prijelaz*. Vidi slike 1 – 3.

*Napomena 5:* Moguće je izračunati odgovarajuću promjenu entalpije i toplinski kapacitet uzorka kao funkcije temperature. Vidi slike 1 – 3.

**diferencijalni pretražni kalorimetar<sup>P</sup>,  
razlikovni pretražni kalorimetar<sup>IM</sup>**  
(differential scanning calorimeter), DSC

Instrument za eksperimentalno izvođenje *diferencijalne pretražne kalorimetrije* (DSC).

*Napomena:* Uobičajeno je rabiti istu pokratu (DSC) za diferencijalnu pretražnu kalorimetriju i za instrument.

**diferencijalni toplinski analizator<sup>P</sup>,  
razlikovni toplinski analizator<sup>IM</sup>**  
(differential thermal analyser), DTA

Instrument za eksperimentalno izvođenje *diferencijalne toplinske analize*.

*Napomena:* Uobičajeno je rabiti istu pokratu (DTA) za diferencijalnu toplinsku analizu i za instrument.

**dilatometar** (dilatometer)

Instrument za izvođenje *dilatometrijskog* eksperimenta.

**dilatometrija** (dilatometry)

Mjerenje promjena obujma, duljine, širine ili debljine uzorka materijala u vremenu, uzrokovanih kemijskom reakcijom ili temperaturnim promjenama pod zanemarivim opterećenjem.

*Napomena 1:* Jednodimenzijske promjene često se mjere

određivanjem mehaničkoga pomaka. Obujamne promjene često se mjere uranjanjem u inertnu kapljevinu, npr. živu.

*Napomena 2:* Mjerenje primijenjenog hidrostatskog tlaka omogućuje određivanje dijagrama tlak – obujam – temperatura ( $p, V, T$ ).

*Napomena 3:* Polimerizacija je primjer kemijske reakcije koja se može proučavati *dilatometrom*.

*Napomena 4:* Vidi *termodilatometrija*.

**dinamička mehanička analiza**

(dynamic mechanical analysis), DMA

Tehnika koja prati kompleksni modul uzorka materijala (obično kao *modul pohrane* i *modul gubitaka*) u ovisnosti o vremenu, temperaturi ili frekvenciji dok je uzorak izložen *prisilnom* ili *slobodnom sinusoidnom titranju* naprezanja ili deformacije.

*Napomena 1:* Uobičajeno je rabiti istu pokratu (DMA) za tehniku i za *dinamički mehanički analizator*.

*Napomena 2:* *Torzijska analiza na pletenici* posebna je vrsta dinamičke mehaničke analize.

**dinamički mehanički analizator**

(dynamic mechanical analyser), DMA

Instrument za eksperimentalno izvođenje *dinamičke mehaničke analize*.

*Napomena:* Uobičajeno je rabiti istu pokratu (DMA) za dinamičku mehaničku analizu i za instrument.

**dinamički viskozimetar** (dynamic viscometer)

Instrument koji primjenjuje prisilnu, nerezonantnu metodu radi određivanja viskoelastičnih svojstava uzorka materijala.

*Napomena:* Sinusoidni pomak narine se na jedan kraj uzorka u obliku vrpce, a odziv materijala se mjeri na suprotnom kraju, čime se izravno dobiva kut između naprezanja i deformacije, fazni kut,  $\delta$ .<sup>6</sup>

**diskontinuirani fazni prijelaz**

(discontinuous phase transition)

Vidi *fazni prijelaz prvog reda*.

**DSC s moduliranjem temperature**

(modulated-temperature DSC), MTDSC

DSC eksperiment u kojem je promjena temperature s vremenom blago sinusoidno modulirana.

*Napomena 1:* Dobiveni DSC podaci mogu se Fourierovom analizom razdvojiti u sastavnicu koja je u fazi s modulacijom

(*povratni toplinski tok*,  $C_p \frac{dT}{dt}$ ) i koja je van faze s modulacijom (*nepovratni toplinski tok*,  $f(T, t)$ ).

$$\left(\frac{\partial H}{\partial t}\right)_p = \frac{dQ}{dt} = C_p \frac{dT}{dt} + f(T, t)$$

Ukupni toplinski tok,  $\left(\frac{\partial H}{\partial t}\right)_p$ , prosječna je vrijednost izračunata iz mjernih signala tijekom *moduliranog toplinskog toka* (MHF).  $C_p$  je toplinski kapacitet uzorka,  $\frac{dT}{dt}$  je brzina zagrijavanja.

*Napomena 2:* Treba izbjegavati nazive "oscilirajuća DSC (ODSC)" i "modulirana DSC (MDSC)".

### entalpijska relaksacija (enthalpy relaxation)

Promjena entalpije koja se zapaža uz *staklasti prijelaz* kad se uzorak zagrijava brzinom drugačijom od one kojom je hlađen, ili se zapaža ispod *staklišta* nakon *temperiranja* u *staklastom stanju*.

*Napomena 1:* Entalpijska relaksacija uzrokovana je prijelazom staklastog materijala u stabilnije staklo.

*Napomena 2:* Entalpijska relaksacija može se opisati *Kohlrausch-Williams-Wattsovom jednadžbom*.

*Napomena 3:* Entalpijska relaksacija utječe na module, odnos naprezanje – deformacija i molekulska gibanja.

*Napomena 4:* Entalpijska relaksacija odražava fizikalno starenje.

### faktor gubitaka (loss factor)

Vidi *tangens gubitaka*.

### faktor pomaka (shift factor), $a_T$

Množitelj kojim se mijenja vremenski interval ili raspon frekvencija mjerenja viskoelastičnog svojstva pri danjoj temperaturi,  $T_1$ , da bi se vrijednosti tog svojstva preklapile s vrijednostima mjerenima pri referentnoj temperaturi,  $T_0$ .

*Napomena 1:* Faktor pomaka ovisi o temperaturi, ali ne ovisi o vremenu ili frekvenciji.

*Napomena 2:* Vidi *Williams-Landel-Ferryjeva (WLF) jednadžba*.

### fazni prijelaz drugog reda

(second-order phase transition)

### kontinuirani fazni prijelaz

(continuous phase transition)

Prijelaz u kojem su prve derivacije množinske Gibbsove energije ili množinske Helmholtzove energije (ili kemijski potencijali svih komponenti) po temperaturi i tlaku kontinuirane, ali su njihove druge derivacije po temperaturi i tlaku (tj. toplinski kapacitet, toplinska rastezljivost, stlačivost) diskontinuirane u točki prijelaza.

*Napomena 1:* *Staklasti prijelaz* nije striktno prijelaz drugog reda, budući da nije riječ o prijelazu između dva termodinamički ravnotežna stanja, već o kinetički upravljanoj procesu u kojem ispod *staklišta* usklađeno gibanje segmenta lanca postaje beskonačno sporo. Vidi *staklasti prijelaz*.

*Napomena 2:* Primjeri prijelaza drugog reda su prijelaz uređeno – neuređeno (order-disorder) ili prijelaz u Curievoj točki.

### fazni prijelaz prvog reda

(first-order phase transition)

### diskontinuirani fazni prijelaz

(discontinuous phase transition)

Prijelaz kod kojega su množinske Gibbsove energije ili množinske Helmholtzove energije dviju faza (ili kemijski potencijali svih komponenti u dvjema fazama) jednake u točki prijelaza, ali su njihove prve derivacije po temperaturi i tlaku (tj. množinska entropija i množinski obujam) diskontinuirane u točki prijelaza.

*Napomena prevoditelja:* U izvorniku je pogrešno navedeno da je prva derivacija po temperaturi entalpija, što je u prijevodu ispravljeno u entropiju.

*Napomena 1:* Izmijenjena definicija iz lit.<sup>5</sup>

*Napomena 2:* Kod faznog prijelaza prvog reda, dvije faze supostoje i mogu prijeći jedna u drugu promjenom varijable polja poput tlaka, temperature, magnetskog ili električnog polja.

*Napomena 3:* *Kristalizacija i taljenje*, vidi slike 1 i 2, fazni su prijelazi prvog reda.

### gama-maksimum gubitaka (gamma loss peak)

Vidi *gama-relaksacijski maksimum*.

### gama-relaksacija (gamma relaxation)

### $\gamma$ -relaksacija ( $\gamma$ -relaxation)

*Relaksacija* pri trećoj najvišoj temperaturi ili trećoj najnižoj frekvenciji na *krivulji gubitaka* polimera.

### gama-relaksacijski maksimum (gamma relaxation peak)

### $\gamma$ -relaksacijski maksimum ( $\gamma$ -relaxation peak)

Maksimum pri trećoj najvišoj temperaturi ili trećoj najnižoj frekvenciji na *krivulji gubitaka* polimera.

*Napomena:* Gama-maksimum je obično povezan s lokaliziranim gibanjima bočnih skupina ili nekoliko atoma polimernog lanca.

### hladna kristalizacija (cold crystallisation)

Kristalizacija polimera do koje dolazi iz *staklastog* stanja, kapljevito kristalnog stanja ili stanja niskog stupnja kristalnosti pri temperaturama nešto iznad *staklišta*.<sup>13</sup>

*Napomena:* Hladna kristalizacija često se opaža ako kristalizacija nije dovršena prije *ostakljivanja* uzorka.

### Hoffman-Weeksov prikaz (Hoffman-Weeks plot)

Grafički prikaz ovisnosti tališta,  $T_m$ , o kristalištu,  $T_{cr}$ .

*Napomena 1:* Hoffman-Weeksov prikaz rabi se za određivanje *ravnotežnog tališta*,  $T_m^0$ .

*Napomena 2:*  $T_m^0$  se određuje iz sjecišta pravca  $T_{cr} = T_m$  i ekstrapolirane krivulje provučene kroz eksperimentalne točke ( $T_{cr}$ ,  $T_m$ ).

### indeks krhkosti (fragility index), $m$

Veličina koja opisuje krhkost ili čvrstoću *stakla* pri određenoj temperaturi

$$m = \left( \frac{d \log_{10} \tau}{d(T_g/T)} \right)_{T=T_g}$$

$\tau$  = relaksacijsko vrijeme, s;  $T_g$  = staklište, K;  $T$  = temperatura, K.

*Napomena 1:* Vrijednost indeksa krhkosti ovisi o toplinskoj povijesti stakla.

*Napomena 2:* Vrijednosti  $m$  su u rasponu od  $m \approx 16$  za vrlo čvrsto staklo do  $m \approx 250$  za vrlo krhko staklo.

**indeks tečenja taljevine<sup>p</sup>, indeks tečenja taline<sup>d</sup>**  
(melt flow index), MFI, jedinica:  $\text{g min}^{-1}$

**maseni protok taljevine<sup>p</sup>, maseni protok taline<sup>d</sup>**  
(melt flow rate, melt mass flow rate), MFR

**objamni protok taljevine<sup>p</sup>, volumni protok taline<sup>d</sup>**  
(melt volume flow)

Masa polimera (u gramima) koja u 10 minuta proteče kroz kalibrirani otvor pri stalnoj temperaturi i propisanom opterećenju.

*Napomena 1:* Nema odgovarajuće SI jedinice za MFI.

*Napomena 2:* Opterećenja su propisana za određene polimere.

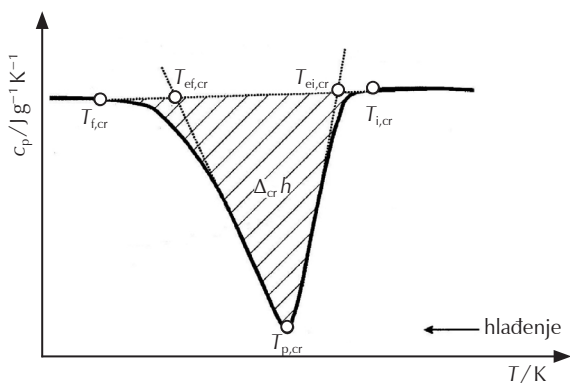
*Napomena 3:* Vrijednosti MFI-ja naspram opterećenja mogu dati informaciju o raspodjeli množinske mase.

*Napomena 4:* Normirani postupci za određivanje MFI-ja dani su u lit.<sup>8,9</sup>

**karakteristične temperature** (characteristic temperatures)

Temperature dobivene eksperimentalno *diferencijalnom pretražnom kalorimetrijom (DSC)* ili *diferencijalnom toplinskom analizom (DTA)* koje su svojstvene fizikalnim procesima koji se odvijaju tijekom eksperimenta.

*Napomena 1:* Fizikalni procesi koji se često proučavaju u znanosti o polimerima su *kristalizacija*, *taljenje* i *staklasti prijelaz*. Slike 1 – 3 ilustriraju odgovarajuće karakteristične temperature.<sup>7</sup> Ordinata na slikama je specifični toplinski kapacitet,  $c_p/\text{J K}^{-1} \text{g}^{-1}$ . Kod DSC-a, mjerena veličina je specifični toplinski tok u  $\text{W g}^{-1}$ , a kod DTA-a mjerena veličina je razlika temperatura između mjernog i referentnog uzorka. Obje veličine mogu se kalibracijom pretvoriti u  $c_p$ .



*Slika 1* – Karakteristične temperature dobivene eksperimentom DSC ili DTA, hlađenjem uzorka koji prolazi kristalizaciju. U slučaju zagrijavanja, zamjenjuju se indeksi za početno i konačno stanje. Kod zagrijavanja ponekad se može opaziti hladna kristalizacija.

$T_{i,cr}$  = početna (onset) temperatura kristalizacije (pri kojoj započinje kristalizacija).

$T_{ei,cr}$  = ekstrapolirana početna temperatura kristalizacije.

$T_{p,cr}$  = vršna temperatura (maksimum) kristalizacije (pri kojoj je brzina kristalizacije najveća).

$T_{ef,cr}$  = ekstrapolirana konačna (krajnja) temperatura kristalizacije.

$T_{f,cr}$  = konačna (krajnja) temperatura kristalizacije (pri kojoj završava kristalizacija).

$\Delta_{cr}h$  = specifična entalpija kristalizacije, jedinica:  $\text{J g}^{-1}$ .

$c_p$  = specifični toplinski kapacitet, jedinica:  $\text{J K}^{-1} \text{g}^{-1}$ .

*Fig. 1* – Characteristic temperatures found from a DSC or DTA cooling experiment involving crystallisation. In a heating experiment, the subscripts for “initial” and “final” are interchanged. Cold crystallisation can sometimes be observed in a heating experiment.

$T_{i,cr}$  = initial (onset) crystallisation temperature (at which crystallisation starts).

$T_{ei,cr}$  = extrapolated initial (onset) crystallisation temperature.

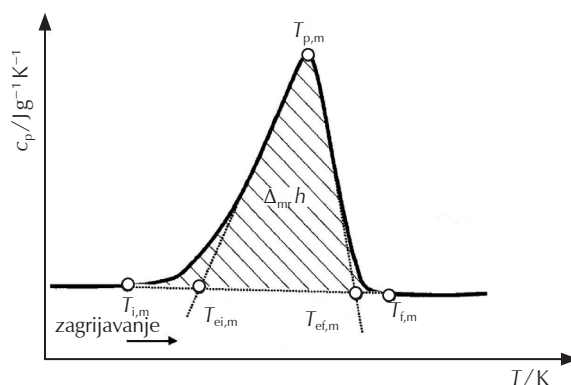
$T_{p,cr}$  = peak crystallisation temperature (at which the maximum rate of crystallisation occurs).

$T_{ef,cr}$  = extrapolated final (end) crystallisation temperature.

$T_{f,cr}$  = final (end) crystallisation temperature (at which crystallisation stops).

$\Delta_{cr}h$  = specific enthalpy of crystallisation, unit:  $\text{J g}^{-1}$ .

$c_p$  = specific heat capacity, unit:  $\text{J K}^{-1} \text{g}^{-1}$ .



*Slika 2* – Karakteristične temperature dobivene eksperimentom DSC ili DTA, zagrijavanjem uzorka koji prolazi taljenje.

$T_{i,m}$  = početno (onset) talište (temperatura pri kojoj započinje taljenje).

$T_{ei,m}$  = ekstrapolirano početno talište.

$T_{p,m}$  = vršno talište (maksimum tališta) (temperatura pri kojoj je brzina taljenja najveća).

$T_{ef,cr}$  = ekstrapolirano konačno (krajnje) talište.

$T_{fm}$  = konačno (krajnje) talište (temperatura pri kojoj završava taljenje).

$\Delta_m h$  = specifična entalpija taljenja, jedinica:  $\text{J g}^{-1}$ .

$c_p$  = specifični toplinski kapacitet, jedinica:  $\text{J K}^{-1} \text{g}^{-1}$ .

Fig. 2 – Characteristic temperatures found from a DSC or DTA heating experiment involving melting (fusion).

$T_{i,m}$  = initial (onset) melting temperature (at which melting starts).

$T_{ei,m}$  = extrapolated initial (onset) melting temperature.

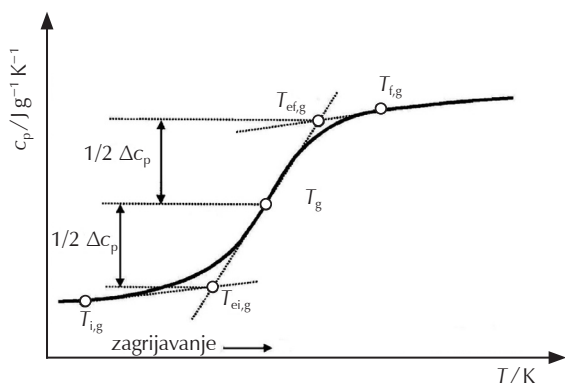
$T_{p,m}$  = peak melting temperature (at which the maximum rate of melting occurs).

$T_{ef,cr}$  = extrapolated final (end) melting temperature.

$T_{ef,m}$  = final (end) melting temperature (at which melting stops).

$\Delta_m h$  = specific enthalpy of fusion, unit:  $\text{J g}^{-1}$ .

$c_p$  = specific heat capacity, unit:  $\text{J K}^{-1} \text{g}^{-1}$ .



Slika 3 – Karakteristične temperature dobivene eksperimentom DSC ili DTA uzorka koji pokazuje staklasti prijelaz. Obično se provodi hlađenjem polimerne taljevine umjesto zagrijavanjem polimernog stakla, jer temperatura prijelaza ne varira mnogo s promjenom brzine hlađenja, za razliku od složenije situacije kod zagrijavanja; vidi entalpijska relaksacija.

$T_{i,g}$  = početna (onset) temperatura staklastog prijelaza.

$T_{ei,g}$  = ekstrapolirana početna temperatura staklastog prijelaza.

$T_g$  = temperatura polovice visine, koja se uzima kao staklište.

$T_{ef,g}$  = ekstrapolirana konačna (krajnja) temperatura staklastog prijelaza.

$T_{i,g}$  = konačna (krajnja) temperatura staklastog prijelaza.

$c_p$  = specifični toplinski kapacitet, jedinica:  $\text{J K}^{-1} \text{g}^{-1}$ .

$\Delta c_p$  = promjena specifičnog toplinskog kapaciteta, jedinica:  $\text{J K}^{-1} \text{g}^{-1}$ .

Fig. 3 – Characteristic temperatures found from a DSC or DTA experiment involving a glass transition. The experiment is often carried out by cooling the polymer melt rather than heating the polymer glass because of the small variation of the transition temperature with the cooling rate in contrast to the more complex situation in a heating experiment; see enthalpy relaxation.

$T_{i,g}$  = initial (onset) temperature of the glass transition.

$T_{ei,g}$  = extrapolated initial (onset) temperature of the glass transition.

$T_g$  = mid-point temperature, equated to the glass-transition temperature.

$T_{ef,g}$  = extrapolated final (end) temperature of the glass transition.

$T_{i,g}$  = final (end) temperature of the glass transition.

$c_p$  = specific heat capacity, unit:  $\text{J K}^{-1} \text{g}^{-1}$ .

$\Delta c_p$  = change in specific heat capacity, unit:  $\text{J K}^{-1} \text{g}^{-1}$ .

*Napomena 2:* Staklasti prijelaz obično je blizu točke infleksije funkcije  $c_p(T)$ .

*Napomena 3:* Na simetričnoj krivulji, točka infleksije je na polovini visine stepenice krivulje (temperatura na poluvisini, engl. mid-point temperature).

*Napomena 4:* Postoje alternativne metode za procjenu staklišta,  $T_g$ , iz DSC ili DTA krivulja, primjerice određivanjem temperature pri kojoj staklo i taljevina imaju jednaku specifičnu entalpiju.

**Kauzmannova temperatura** (Kauzmann temperature),  $T_0$

Temperatura pri kojoj je ekstrapolirana entropija pothlađene kapljevine jednaka entropiji kristalnog stanja te tvari.

**Kohlrausch–Williams–Wattsova jednadžba**

(Kohlrausch–Williams–Watts equation), KWW jednadžba

Jednadžba koja opisuje entalpijsku relaksaciju,  $\Delta H$ , koja se javlja prilikom temperiranja polimera u staklastom stanju pri temperaturi,  $T_a$ , nižoj od  $T_g$

$$\Delta H(t_a) = \Delta c_p (T_g - T_a) \exp \left[ - \left( \frac{t_a}{\tau} \right)^\beta \right]$$

$\Delta H$  = razlika entalpije u početnom, staklastom stanju i entalpije staklastog stanja nakon temperiranja;  $t_a$  = vrijeme temperiranja;  $\Delta c_p$  = razlika toplinskih kapaciteta u staklištu,  $T_g$ , i pri početnoj temperaturi temperiranja,  $T_a$ ;  $\tau$  = relaksacijsko vrijeme pri  $T_a$ ;  $\beta$  = eksponencijski faktor.

*Napomena 1:* Eksponencijski faktor  $\beta$  ima vrijednost između 0 i 1, a opisuje asimetričnost raspodjele relaksacijskih vremena.

*Napomena 2:* Entalpijska relaksacija utječe na module, ovisnost naprezanje – deformacija i molekulska gibanja, te odražava fizikalno starenje.

**konformacijska entalpija** (conformational enthalpy)

Promjena entalpije povezana s promjenama konformacije.

*Napomena:* Kod polimera promjene konformacije mogu biti vezane uz konformacijsko taljenje.

**konformacijska entropija** (conformational entropy)

Promjena entropije povezana s promjenama konformacije.

*Napomena:* Kod polimera promjene konformacije mogu biti vezane uz konformacijsko taljenje.

**konformacijski prijelaz** (conformational transition)

Prijelaz između dva konformacijska stanja.



*Napomena 1:* **Konformacijsko taljenje** je vrsta konformacijskog prijelaza.

*Napomena 2:* Konformacijski prijelazi su bitni kod biopolimera, npr. nukleinskih kiselina i bjelančevina, ili kod kompleksnih sustava kao što su lipidne membrane, gdje može postojati nekoliko susjednih lokalnih minimuma Gibbsove energije. Posljedica konformacijskog prijelaza može biti važno biološko djelovanje.

### **konformacijsko taljenje** (conformational melting)

Stupnjevito povećanje *konformacijske entropije* makromolekula ili njihovih dijelova.

*Napomena 1:* Ovakvo taljenje može biti posljedica promjene temperature ili međudjelovanja s otapalom.

*Napomena 2:* Primjer konformacijskog taljenja je prijelaz uzvojnica – klupko.

*Napomena 3:* U *kristalastom polimeru* konformacijsko taljenje obično se odvija usporedo taljenju kristala.

### **kontinuirani fazni prijelaz** (continuous phase transition)

Vidi *fazni prijelaz drugog reda*.

### **krhko staklo** (fragile glass)

*Staklo* za koje je svojstvena visoka vrijednost *indeksa krhkosti* ( $m$ ).

*Napomena 1:* Vidi *čvrsto staklo*.

*Napomena 2:* Vrlo krhko staklo ima  $m \approx 250$ .

*Napomena 3:* Krhko staklo ima primjetno ne-Arrheniusovu ovisnost viskoznosti i *relaksacijskog vremena* o temperaturi.

*Napomena 4:* Za opisivanje ponašanja vremena relaksacije krhkog stakla može se primjenjivati *Vogel–Fulcher–Tammanna* jednačina.

### **kristalasti polimer** (partially crystalline polymer)

Vidi *kristalni polimer*.

### **kristalizacija** (crystallisation)

Nastajanje kristalnog čvrstog stanja iz otopine, taljevine, parne faze ili druge čvrste faze.

*Napomena 1:* Primjerice, kristalizacija se postiže sniženjem temperature taljevine ili isparavanjem otapala.

*Napomena 2:* Modifikacija definicije u lit.<sup>5</sup>

### **kristalizirljiv polimer** (crystallisable polymer)

Polimer koji se može djelomice kristalizirati.

### **kristalni polimer** (crystalline polymer)

#### **kristalasti polimer** (partially crystalline polymer)

#### **polukristalni polimer** (semicrystalline polymer)

Polimer čiji je znatan udio u *kristalnom stanju*.<sup>13</sup>

*Napomena 1:* Polimeri rijetko kada u potpunosti kristaliziraju, pa gotovo u svakom kristalnom polimeru uz kristalnu fazu ili faze postoji i nešto amorfnoga materijala.

*Napomena 2:* Kristali mogu biti dimenzija do najmanje ~2 nm u jednom ili više kristalografskih smjerova, a uobičajeno su ispod 50 nm u barem jednom smjeru.

*Napomena 3:* Često se naziv “kristalni polimer” pogrešno rabi umjesto naziva “*kristalizirljiv polimer*”.

*Napomena 4:* Za opis kristalnih polimera često se primjenjuje dvofazni model.<sup>13</sup>

### **kristalno stanje** (crystalline state)

Stanje tvari za koje je svojstvena idealna trodimenzijska uređenost dugog dosega na atomskoj razini.<sup>13</sup>

*Napomena:* Jedno- ili dvodimenzijska uređenost daje mezofaznu strukturu.

### **krivulja gubitaka** (loss curve)

Ovisnost *tangensa gubitaka* ( $\tan \delta$ ) o temperaturi ili frekvenciji *prisilnog sinusoidnog titranja*.<sup>6</sup>

*Napomena prevoditelja:* Ovaj pojam je niže nešto drukčije definiran, kao istoznačnica za *krivulju prigušenja*.

### **krivulja prigušenja** (damping curve)

#### **krivulja gubitaka** (loss curve)

Smanjenje deformacijske amplitude uzorka materijala s vremenom, kad je uzorak izložen *slobodnom titranju*.<sup>6</sup>

*Napomena:* Vidi *torzijsko klatno* i *logaritamski dekrement*.

### **linearna termodilatometrija** (linear therm dilatometry)

Tehnika u kojoj se, u ovisnosti o temperaturi, pod zanemarivim opterećenjem mjeri jedna dimenzija tvari dok je tvar podvrgnuta određenom temperaturnom programu.

*Napomena:* Vidi *termodilatometrija*.

### **logaritamski dekrement** (logarithmic decrement), $\Lambda$

Prirodni logaritam omjera pomaka *krivulje prigušenja* razdvojenih za jedan period pomaka.<sup>6</sup>

*Napomena:* Ako je  $A_n$   $n$ -ti pomak *krivulje prigušenja* i  $A_{n+1}$   $(n + 1)$ -vi pomak ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ), onda je  $\Lambda = \ln(A_n/A_{n+1})$ .

### **maseni protok taljevine<sup>p</sup>, maseni protok taline<sup>d</sup>**

(melt flow rate, melt mass flow rate), MFR

Vidi *indeks tečenja taljevine*.

### **mehaničko taljenje** (mechanical melting)

Mehanički potaknut prijelaz tvari u *kristalnom* ili *staklastom stanju* u *taljevinu*.

### **mekšište<sup>p</sup>, temperatura mekšanja<sup>d</sup>**

(softening temperature)

#### **mekšište** (softening point)

Vidi *mekšište po Vicatu*.

### **mekšište po Vicatu<sup>p</sup>, temperatura mekšanja po Vicatu<sup>d</sup>**

(Vicat softening temperature)

#### **mekšište** (softening point)

#### **mekšište po Vicatu** (Vicat softening point)

#### **tvrdoća po Vicatu** (Vicat hardness)

Temperatura pri kojoj plastomer postiže određeni stupanj mekoće određen normiranim ispitivanjem.

*Napomena 1:* Ta temperatura obično se određuje normiranim metodama, kao što su indentacijska ispitivanja<sup>10,11</sup> ili metoda potonuća kuglice (the ring-ball method),<sup>12</sup> koje opisuju dimenzijsku postojanost polimera tijekom zagrijavanja. Te normirane metode su često specifične za pojedine polimere.

*Napomena 2:* Kod amornog polimera, mekšište je blizu staklišta, a kod kristalnog polimera mekšište je blizu, ali niže od tališta.

### metoda stalne amplitude titranja

(constant oscillation-amplitude method)

Metoda prisilne rezonancije za određivanje viskoelastičnih svojstava materijala.

*Napomena:* Energija koja se mora dovesti uzorku materijala da bi se kompenziralo prigušenje titranja neizravno se mjeri određivanjem promjene rezonantne frekvencije uzorka materijala.

### modul gubitaka (loss modulus),

općenito  $M''$ , SI jedinica: Pa

pri jednostavnom smičnom deformiranju  $G''$ ,

SI jedinica: Pa

pri jednoosnom deformiranju  $E''$ , SI jedinica: Pa

Omjer amplitude naprezanja koje je  $90^\circ$  van faze s deformacijom ( $\sigma_0 \sin \delta$ ) i amplitude deformacije ( $\gamma_0$ ) pri prisilnom sinusoidnom titranju materijala.<sup>6</sup>

$$M'' = \frac{\sigma_0 \sin \delta}{\gamma_0}$$

*Napomena 1:* Definicija preuzeta iz lit.,<sup>6</sup> s tim da je "prisilno titranje" zamijenjeno "prisilnim sinusoidnim titranjem".

*Napomena 2:* Za definiciju simbola vidi *prisilno sinusoidno titranje*. U linearnom viskoelastičnom materijalu deformacija  $\gamma = \gamma_0 \cos \omega t$  proizvodi naprezanje  $\sigma = \sigma_0 \cos(\omega t + \delta) = \sigma_0 \cos \delta \cos \omega t - \sigma_0 \sin \delta \sin \omega t$ .

*Napomena 3:* Modul gubitaka opisuje viskozni odziv materijala.

### modul pohrane (storage modulus), općenito $M'$ ,

SI jedinica: Pa

pri jednostavnom smičnom deformiranju  $G'$ ,

SI jedinica: Pa

pri jednoosnom deformiranju  $E'$ , SI jedinica: Pa

Omjer amplitude naprezanja u fazi s deformacijom ( $\sigma_0 \cos \delta$ ) i amplitude deformacije ( $\gamma_0$ ) pri prisilnom sinusoidnom titranju materijala.<sup>6</sup>

$$M' = \frac{\sigma_0 \cos \delta}{\gamma_0}$$

*Napomena 1:* Definicija preuzeta iz lit.,<sup>6</sup> s tim da je "prisilno titranje" zamijenjeno "prisilnim sinusoidnim titranjem".

*Napomena 2:* Za definiciju simbola vidi *prisilno sinusoidno*

*titranje*. U linearnom viskoelastičnom materijalu deformacija  $\gamma = \gamma_0 \cos \omega t$  proizvodi naprezanje  $\sigma = \sigma_0 \cos(\omega t + \delta) = \sigma_0 \cos \delta \cos \omega t - \sigma_0 \sin \delta \sin \omega t$ .

*Napomena 3:* Modul pohrane opisuje elastični odziv materijala.

### modulirani toplinski tok (modulated heat flow), MHF

Toplinski tok u DSC eksperimentu s *moduliranjem temperature*.

### načelo vremensko-temperaturne superpozicije

(time-temperature superposition principle), TTS načelo

Načelo po kojemu je vrijednost viskoelastičnog svojstva mjerena pri danoj temperaturi, nakon danog vremena ili pri danoj frekvenciji, jednaka vrijednosti tog svojstva pri drukčijoj temperaturi nakon vremena ili pri frekvenciji koji su jednaki danom vremenu ili danoj frekvenciji pomnoženima s *faktorom pomaka*,  $a_T$ , s tim da je vrijednost faktora pomaka neovisna o vremenu ili frekvenciji.

*Napomena:* *Williams-Landel-Ferryjeva (WLF) jednadžba* pruža poluempirijsku poveznicu između faktora pomaka  $a_T$  i temperature, pri temperaturama bliskim *staklištu*,  $T_g$ .

### naglo gašenje (quenching)

#### naglo hlađenje (quench cooling)

Brzo snižavanje temperature tvari.

*Napomena 1:* Naglo gašenje ponekad može spriječiti ili smanjiti *kristalizaciju* tako da hlađenjem tvar prijeđe u amorfnu stanje.

*Napomena 2:* Gašeni uzorak obično nije u termodinamički ravnotežnom stanju.

#### naglo hlađenje (quench cooling)

Vidi *naglo gašenje*.

### nepovratni toplinski tok (non-reversing heat flow)

U DSC-u s *moduliranjem temperature*, sastavnica ukupnog toplinskog toka koja je van faze s temperaturnom modulacijom.

*Napomena 1:* Ta sastavnica ukupnog toplinskog toka povezana je s kinetičkim procesima kao što su kristalizacija, taljenje, isparavanje ili kondenzacija.

*Napomena 2:* Pojam "nepovratni" (non-reversing) ne smije se brkati s "nepovrativim" (irreversible).

### obujamna termodilatometrija<sup>p</sup>, volumna

termodilatometrija<sup>d</sup> (volume thermodilatometry)

Tehnika u kojoj se, u ovisnosti o temperaturi, pod zanemarivim opterećenjem mjeri obujam tvari dok se tvar programirano zagrijava ili hladi.

*Napomena:* Vidi *termodilatometrija*.

### obujamni protok taljevine<sup>p</sup>, volumni protok taline<sup>d</sup>

(melt volume flow)

Vidi *indeks tečenja taljevine*.

**odstakljivanje<sup>p</sup>, devitrificiranje<sup>n</sup>** (devitrification)

(u znanosti o polimerima)

Nastajanje polimerne taljevine iz polimernog stakla.

*Napomena:* Do odstakljivanja obično dolazi zagrijavanjem ili izlaganjem otapalu u kapljevitom ili parnom stanju.**ostakljivanje<sup>p</sup>, vitrificiranje<sup>n</sup>** (vitrification)

(u znanosti o polimerima)

Nastajanje *polimernog stakla* iz *polimerne taljevine*.*Napomena:* Ostakljivanje se obično postiže hlađenjem.**polimerna taljevina<sup>p</sup>, polimerna talina<sup>d</sup>** (polymer melt)Polimer u amorfnom stanju iznad svog *staklišta*.<sup>13</sup>*Napomena prevoditelja:* Ta definicija je manjkava u slučaju polimera, na što je već detaljno upozoreno u napomenama prevoditelja lit.<sup>13</sup>*Napomena 1:* Polimerna taljevina ima fizikalna svojstva viskoelastične kapljevine.*Napomena 2:* Naziv se odnosi i na *kristalizirljive polimere* i na polimere koji ne mogu kristalizirati. Za te druge ne treba detaljniji opis. Kod kristalizirljivih polimera, polimerna taljevina je metastabilna u rasponu između staklišta i *ravnotežnog tališta*, pa se, sve dok ne dođe do kristalizacije (vidi *Napomenu 3*), radi točnijeg definiranja termodinamičkog stanja sustava može rabiti naziv *pothlađena polimerna taljevina*.*Napomena 3:* Kad kristalizirljivi polimer kristalizira, preostala amorfnu komponenta ne može se smatrati polimerom taljevinom. Tečenje je spriječeno polimernim kristalitima, koji fizikalno umrežuju amorfnu komponentu ili je sputavaju na površini *polimernih kristala*.**polimerni kristal** (polymer crystal)Polimerna domena koja pokazuje trodimenzijsku kristalnu uređenost na atomskoj razini.<sup>13</sup>*Napomena:* Polimerni kristali obično su mnogo manji i često ne pokazuju savršenost koja je uobičajena za kristale niskomolekulskih tvari. Veličine su u rasponu od 2 – 3 nm do nekoliko  $\mu\text{m}$ , a tipično oko 10 nm u jednoj ili više dimenzija.**polimerno staklo** (polymer glass)**staklasti polimer** (glassy polymer)*Amorfni polimer* pri temperaturama ispod svog *staklišta*.<sup>13</sup>**polukristalni polimer** (semicrystalline polymer)Vidi *kristalni polimer*.**pothlađena polimerna taljevina**

(supercooled polymer melt)

Metastabilna *taljevina* kristalizirljivog polimera pri temperaturama ispod njegovog *ravnotežnog tališta*.*Napomena:* Definicija kao u lit.<sup>13</sup> za naziv "pothlađena taljevina".**povratni toplinski tok** (reversing heat flow)U *DSC-u s moduliranjem temperature*, sastavnica ukupnog toplinskog toka vezana uz toplinski kapacitet, koja je u fazi s temperaturnom modulacijom.*Napomena 1:* Ta sastavnica toplinskog toka sadrži promjene u toplinskom kapacitetu uzorka,  $C_p$ , posebice izražene prilikom staklastog prijelaza.*Napomena 2:* Pojam "povratni" (reversing) ne smije se brkati s "povrativim" (reversible).**prekristalizacija** (recrystallisation)

(u znanosti o polimerima)

*Preuredba* kristala djelomičnim ili potpunim *taljenjem* ili otapanjem u otapalu, bilo izotermno ili zagrijavanjem.<sup>13</sup>*Napomena:* Prekristalizacija obično povećava stupanj kristalnosti ili savršenost kristala, ili oboje, a može doći do promjene u stabilniju kristalnu strukturu, veće kristale ili stabilniju morfologiju.**preuredba** (reorganisation) (u kristalizaciji polimera)Proces kojim se (i) amorfnu ili djelomice uređenu područja polimera uklapaju u kristale, (ii) kristalna struktura mijenja u stabilniju, (iii) smanjuju defekti u kristalima, ili (iv) povećava prosječna debljina lamela (period pregiba).<sup>13</sup>*Napomena 1:* Preuredba može uključivati *sekundarnu kristalizaciju*.*Napomena 2:* Do preuredbe može doći zbog *temperiranja*, ili izlaganja lošem otapalu ili njegovim parama.**primarna kristalizacija** (primary crystallisation)Prvi stadij *kristalizacije* u kojem nastaju sferoliti. Smatra se da je završen kad se većina površina sferolita međusobno sudari.<sup>13</sup>*Napomena:* Kod izotermne kristalizacije primarna kristalizacija često se opisuje Avramijevom ili Kolmogorov–Johnson–Mehl–Avramijevom jednadžbom, a za neizotermnu kristalizaciju primjenjuju se modifikacije te jednadžbe.**prisilno sinusoidno titranje** (forced sinusoidal oscillation)**prisilno titranje** (forced oscillation)**sinusoidno titranje** (sinusoidal oscillation)Deformiranje materijala primjenom male sinusoidne deformacije ( $\gamma$ ) tako da vrijedi

$$\gamma = \gamma_0 \cos \omega t$$

gdje su  $\gamma_0$  i  $\omega$  pozitivne konstante.<sup>6</sup>*Napomena 1:*  $\gamma$  može biti u jednostavnom smiku ili jednoosnom deformiranju.*Napomena 2:*  $\gamma_0$  je amplituda deformacije.*Napomena 3:*  $\omega$  je kutna brzina kružnog gibanja ekvivalentna sinusoidnoj frekvenciji  $\nu$ , tako da je  $\omega = 2\pi\nu$ . Jedinica  $\omega$  je  $\text{rad s}^{-1}$ .

*Napomena 4:* Za linearno viskoelastično ponašanje, sinusoidno naprezanje ( $\sigma$ ) posljedica je sinusoidne deformacije i vrijedi:

$$\sigma = \sigma_0 \cos(\omega t + \delta) = \sigma_0 \cos \delta \cos \omega t - \sigma_0 \sin \delta \sin \omega t.$$

*Napomena 5:* Vidi *slobodno titranje*.

**prisilno titranje** (forced oscillation)

Vidi *prisilno sinusoidno titranje*.

**ravnotežno talište<sup>p</sup>, ravnotežna temperatura taljenja<sup>d</sup>** (equilibrium melting temperature),  $T_m^0$ , SI jedinica: K

Temperatura pri kojoj se savršeni *polimerni kristali* beskonačne debljine tale u ravnotežnim uvjetima.<sup>13</sup>

*Napomena 1:* Ravnotežno talište može se odrediti, primjerice, iz *Hoffman–Weeksovog prikaza*.

*Napomena 2:* Prijelaz koji se odvija pri ravnotežnom talištu jest *fazni prijelaz prvog reda*.

*Napomena 3:* Vidi *talište*.

**relaksacija** (relaxation)

Povratak sustava prema ravnotežnom stanju nakon što je ono bilo narušeno.

*Napomena 1:* Izmijenjeno iz definicije u lit.<sup>5</sup>

*Napomena 2:* Vidi i *relaksacija naprezanja*.

**relaksacija naprezanja** (stress relaxation)

Promjena naprezanja s vremenom nakon trenutne primjene stalne deformacije.

**relaksacijska mapa** (relaxation map)

Grafički prikaz ovisnosti logaritma *relaksacijskog vremena* o recipročnoj temperaturi.

**relaksacijski spektar** (relaxation spectrum)

**spektar relaksacijskih vremena** (spectrum of relaxation times)

Raspon *relaksacijskih vremena* koja opisuju *relaksaciju naprezanja* u polimeru.

*Napomena:* Izmijenjeno iz definicije u lit.<sup>6</sup>

**relaksacijsko vrijeme** (relaxation time),  $\tau$ , SI jedinica: s

Vrijeme koje opisuje odziv viskoelastične kapljevine ili čvrstog tijela na trenutnu primjenu stalne deformacije.<sup>6</sup>

*Napomena 1:* Nakon isteka relaksacijskog vremena, svojstvo se smanji na 1/e svoje početne vrijednosti.

*Napomena 2:* Vidi *relaksacija naprezanja*.

**sekundarna kristalizacija** (secondary crystallisation)

*Kristalizacija* koja se odvija nakon *primarne kristalizacije*.<sup>13</sup>

*Napomena:* Sekundarna kristalizacija obično teče sporije od primarne kristalizacije.

**sekundarna relaksacija** (secondary relaxation)

*Relaksacija* pri drugoj, trećoj, četvrtoj... najvišoj tempera-

turi ili drugoj, trećoj, četvrtoj... najnižoj frekvenciji na *krivulji gubitaka* polimera.

*Napomena:* Vidi *beta-relaksacija* i *gama-relaksacija*.

**sekundarna relaksacijska temperatura**

(secondary relaxation temperature),  $T_{\beta}$ ,  $T_{\gamma}$  ...

Temperatura karakteristična za sekundarni relaksacijski maksimum koja se definira kao temperatura pri kojoj *modul gubitaka* (ili *tangens gubitaka*), mjeren tehnikama *DMA* ili *DETA*, pokazuje maksimum pri mjernoj frekvenciji, zbog pojave lokaliziranih gibanja isključivo kratkih segmenata polimernih lanaca ili njihovih bočnih skupina.

**sekundarni maksimum gubitaka** (secondary loss peak)

Vidi *sekundarni relaksacijski maksimum*.

**sekundarni relaksacijski maksimum**

(secondary relaxation peak)

**sekundarni maksimum gubitaka** (secondary loss peak)

Maksimum na *krivulji gubitaka* polimera koji je pri nižoj temperaturi od temperature *alfa-relaksacijskog maksimuma* ili pri višoj frekvenciji od frekvencije alfa-relaksacijskog maksimuma.

*Napomena 1:* Vidi *alfa-*, *beta-*, i *gama-relaksacijske maksimume*.

*Napomena 2:* Treba izbjegavati pojam "sekundarni maksimum relaksacijskog prijelaza" (secondary relaxation transition peak).

**sinusoidno titranje** (sinusoidal oscillation)

Vidi *prisilno sinusoidno titranje*.

**slobodno sinusoidno titranje** (free sinusoidal oscillation)

Vidi *slobodno titranje*.

**slobodno titranje** (free oscillation)

**slobodno sinusoidno titranje** (free sinusoidal oscillation)

Titrajno deformiranje uzorka materijala gdje do gibanja dolazi bez trajne primjene vanjske sile.<sup>6</sup>

*Napomena 1:* Kod svakog realnog uzorka nastala titrajna deformacija ima opadajuću amplitudu.

*Napomena 2:* Vidi *prisilno sinusoidno titranje*.

**spektar relaksacijskih vremena**

(spectrum of relaxation times)

Vidi *relaksacijski spektar*.

**staklasti polimer** (glassy polymer)

Vidi *polimerno staklo*.

**staklasti prijelaz** (glass transition)

(u znanosti o polimerima)

Proces u kojem se *polimerna taljevina* hlađenjem pretvara u *polimerno staklo* ili se polimerno staklo zagrijavanjem pretvara u polimernu taljevinu.<sup>13</sup>

*Napomena prevoditelja:* Ta definicija je manjkava u slučaju polimera, na što je već detaljno upozoreno u napomenama prevoditelja u lit.<sup>13</sup>

*Napomena 1:* Pojave koje se odvijaju pri staklastom prijelazu polimera još su predmet tekućih znanstvenih istraživanja i rasprave. Staklasti prijelaz ima svojstva *prijelaza drugog reda* budući da toplinska istraživanja često ukazuju da su množinske Gibbsove energije, množinske entalpije i množinski obujmi dviju faza, tj. *taljevine* i *stakla*, jednake, dok su toplinski kapacitet i toplinska rastezljivost diskontinuirani. Međutim staklasti prijelaz se u pravilu ne smatra termodinamičkim prijelazom zbog svojstvene teškoće postizanja ravnoteže u polimernom staklu ili polimernoj taljevini pri temperaturama bliskim *staklištu*.

*Napomena 2:* Kod polimera konformacijske promjene segmenta (koji se u pravilu sastoje od 10 – 20 atoma glavnog lanca) ispod *staklišta* postaju beskonačno spore.

*Napomena 3:* U *kristalnom polimeru* staklasti prijelaz odvija se samo u amorfnim dijelovima materijala.

*Napomena 4:* Definicija se razlikuje od one u lit.<sup>5</sup>

*Napomena 5:* Ne preporuča se uporaba uobičajenog izraza “*staklasto-gumasti prijelaz*” (*glass-rubber transition*) za staklasti prijelaz.

### staklasto stanje (glassy state)

Stanje amorfne tvari ispod njezinog *staklišta*.<sup>13</sup>

### staklište<sup>p</sup>, temperatura staklastog prijelaza<sup>d</sup>

(glass-transition temperature) (u znanosti o polimerima),  $T_g$ , SI jedinica: K

Temperatura pri kojoj dolazi do *staklastog prijelaza*.<sup>13</sup>

*Napomena 1:* Brzine kristalizacije *kristalizirljivih polimera* postaju beskonačno spore ispod  $T_g$ .

*Napomena 2:* Mjerena vrijednost  $T_g$  ovisi o brzini grijanja ili hlađenja, o analitičkoj tehnici kojom se određuje, a često i o prethodnoj toplinskoj obradi.

*Napomena 3:*  $T_g$  se može odrediti brojnim tehnikama, od *DSC*, *DTA*, *DETA*, *DMA*, do spektroskopijskih metoda, koje omogućuju određivanje *relaksacijskih vremena* ili temperatura. Također se može odrediti kao temperatura pri kojoj se znatno povećavaju ili smanjuju brzine promjena različitih fizikalnih svojstava, kao što su specifični obujam, entropija, entalpija, indeks loma i viskoznost. Vidi sliku 4.

*Napomena 4:* Često eksperimentalno nije moguće jednoznačno odrediti temperaturu prijelaza, već samo temperaturni raspon u kojemu se staklasti prijelaz odvija.

*Napomena 5:* Definicija se razlikuje od one u lit.<sup>5</sup>

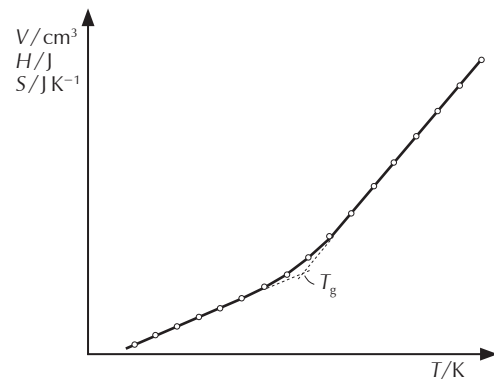
*Napomena 6:* Ne preporuča se uporaba uobičajenog naziva “*temperatura staklasto-gumastog prijelaza*” (*glass-rubber transition temperature*) za *staklište*.

*Napomena 7:* Vidi i *karakteristične temperature*.

### staklo (glass)

Amorfna tvar u *staklastom stanju*, tj. ispod svog *staklišta*.<sup>13</sup>

*Napomena 1:* Staklo se obično opisuje kao čvrsta tvar, budući da je većina fizikalnih svojstava stakla slična onima u *kristalnom stanju*. No s obzirom na tekuću raspravu o



Slika 4 – Određivanje *staklišta* iz sjecišta linearnih ekstrapolacija temperaturnih ovisnosti npr. obujma,  $V$ , entalpije,  $H$ , ili entropije,  $S$ , u staklastom stanju (lijevo) i u taljevini (desno).

Fig. 4 – *Glass-transition temperature* determined from the intercept of the linear extrapolated temperature functions of, for example, the volume  $V$ , the enthalpy  $H$ , and the entropy  $S$  in a glassy state (left) and in the melt (right), respectively.

prirodi *staklastog prijelaza* i na sposobnost nekih *stakala* da teku, neki autori stakla radije razmatraju u kontekstu kapljevito stanja.

*Napomena 2:* Popustljivost pri puzanju<sup>6</sup> *stakla* manja je od  $10^{-9} \text{ N}^{-1} \text{ m}^2$ , a dinamička viskoznost<sup>6</sup> veća od  $10^4 \text{ Pa s}$ .

### talište<sup>p</sup>, temperatura taljenja<sup>d</sup>

(melting temperature),  $T_m$ , SI jedinica: K

**talište** (melting point)

Temperatura pri kojoj zagrijavanjem nestaje posljednji trag kristalnosti.

*Napomena 1:* Talištem se obično smatra najviša temperatura u rasponu taljenja, tj. ona pri kojoj se tale posljednji, najsavršenije uređeni ili najveći kristali.

*Napomena 2:* Eksperimentalno određeno talište nije nužno jednako ravnotežnom talištu. Vidi *ravnotežno talište* i *Hoffman–Weeksov prikaz*.

*Napomena 3:* Eksperimentalno određene vrijednosti tališta mogu ovisiti o metodi i eksperimentalnim uvjetima, npr. masi uzorka, brzini zagrijavanja itd.

*Napomena 4:* Ako je  $T_m$  određeno tehnikama *DSC* ili *DTA*, treba navesti koja je *karakteristična temperatura* uzeta, vidi sliku 2 i lit.<sup>6</sup>.

*Napomena 5:* Vidi i *karakteristične temperature*.

### taljenje (melting, fusion) (u znanosti o polimerima)

Pretvorba kristalne tvari u kapljevinu primjenom topline, tlaka, ili i topline i tlaka.

### taljevina<sup>p</sup>, talina<sup>d</sup> (melt)

Tvar u amorfnom stanju iznad svog *staklišta*.<sup>13</sup>

*Napomena prevoditelja:* Ta definicija je manjkava u slučaju polimera, na što je već detaljno upozoreno u napomenama prevoditelja lit.<sup>13</sup>

*Napomena 1:* Taljevina ima fizikalna svojstva kapljevine.

*Napomena 2:* Vidi *polimerna taljevina*.

### **Tammannovo pravilo 2/3** (Tammann's 2/3<sup>rd</sup> rule)

Empirijsko pravilo koje kaže da se u kristalastom polimeru *staklišta* može približno odrediti kao dvije trećine vrijednosti *tališta*,  $T_m/K$ .

**tangens gubitaka** (loss tangent),  $tg \delta$

**faktor gubitaka** (loss factor)

Tangens faznog kuta ( $\delta$ ) između naprezanja i deformacije tijekom *prisilnog sinusoidnog titranja*.

*Napomena 1:* Definicija preuzeta iz lit.,<sup>6</sup> s tim da je "prisilno titranje" zamijenjeno "prisilnim sinusoidnim titranjem".

*Napomena 2:*  $tg \delta$  također je jednak omjeru *modula gubitaka* i *modula pohrane*.

**temeljna krivulja** (master curve)

*Viskoelastični spektar* polimera ili polimernog materijala izrađen primjenom načela *vremensko-temperaturne superpozicije* (TTS), tako da pokriva širok raspon mjernih vremena ili mjernih frekvencija.

*Napomena 1:* Temeljna krivulja obično se izrađuje superpozicijom slijeda izotermnih mjerenja ovisnosti viskoelastičnog svojstva o vremenu.

*Napomena 2:* Vidi *načelo vremensko-temperaturne superpozicije* i *Williams–Landel–Ferryjevu jednadžbu*.

**temperatura izotropizacije** (isotropisation temperature)

Temperatura pri kojoj dolazi do prijelaza iz bilo kojeg anizotropnog stanja u izotropnu kapljevinu.

*Napomena:* U mezomorfim sustavima temperatura izotropizacije obično se naziva *bistrištem*.

**temperatura prijelaza** (transition temperature)

(u dinamičkoj mehaničkoj i dielektričnoj toplinskoj analizi)

Temperatura pri kojoj se opaža maksimum u temperaturnoj ovisnosti *krivulje gubitaka* dobivene *dinamičkom mehaničkom* ili *dielektričnom toplinskom analizom*.

*Napomena 1:* Temperatura prijelaza također se naziva  $\alpha$ -,  $\beta$ -, ili  $\gamma$ -prijelazom i definira  $\alpha$ -,  $\beta$ -ili  $\gamma$ -relaksaciju.

*Napomena 2:* Vrijednost temperature prijelaza može ovisiti o mjernoj frekvenciji.

**temperiranje<sup>p</sup>, popuštanje<sup>d</sup>, napuštanje<sup>d</sup>** (annealing)

(u znanosti o polimerima)

Toplinska obrada čvrstog polimernog materijala pri stalnoj ili promjenjivoj temperaturi da bi se postigle željene promjene u njegovoj fizikalnoj strukturi i svojstvima, bez potpunog *taljenja* ili *otapanja*.<sup>13</sup>

*Napomena 1:* Temperiranje kristalnog polimera obično se provodi držanjem polimera na temperaturama blizu, ali nešto ispod njegovog *tališta*.

*Napomena 2:* U nekim slučajevima rezultati usporedivi s temperiranjem mogu se postići izlaganjem kristalnog polimera lošem otapalu ili njegovim parama.

*Napomena 3:* U kristalnom polimeru temperiranje vodi do preuredbe (reorganizacije), uključujući moguće povećanje uređenosti u postojećim polimernim kristalinitima, povećanje stupnja kristalnosti i perioda pregiba, te prijelaz u stabilnije kristalne polimorfe.

*Napomena 4:* U amorfnom polimeru temperiranje na temperaturama ispod *staklišta* ( $T_g$ ) vodi do tzv. fizikalnog starenja ili podstaklišnog temperiranja, koje je povezano s promjenama entalpije, entropije i obujma.

**termodilatometrija** (thermodilatometry)

**dilatometrija** (dilatometry) (u toplinskoj analizi)

Tehnika u kojoj se, u ovisnosti o temperaturi, pod zanemarivim opterećenjem mjeri jedna ili više dimenzija tvari dok je tvar podvrgnuta određenom temperaturnom programu.

*Napomena 1:* Instrumenti mogu mjeriti jednodimenzijske promjene određivanjem mehaničkog pomaka. Obujamne promjene mogu se odrediti uranjanjem u inertnu kapljevinu (npr. živu).

*Napomena 2:* Mjerenje uz promjenu primijenjenog hidrostatskog tlaka omogućuje određivanje dijagrama tlak – obujam – temperatura ( $p, V, T$ ).

*Napomena 3:* Prema broju dimenzija koje se mjere razlikuju se *linearna termodilatometrija* i *obujamna termodilatometrija*.

*Napomena 4:* Definicija i napomene modifikacija su onih u lit.<sup>4</sup>

**termogravimetrija** (thermogravimetry), TG

Vidi *termogravimetrijska analiza*.

**termogravimetrijska analiza**

(thermogravimetric analysis), TGA

**termogravimetrija** (thermogravimetry), TG

Tehnika kojom se prati masa uzorka u ovisnosti o vremenu ili temperaturi dok se uzorak, u određenoj atmosferi, upravlja zagrijava ili hladi.

*Napomena 1:* Uobičajeno je rabiti istu pokratu (TGA) za tehniku i za *termogravimetrijski analizator*.

*Napomena 2:* TGA se vrlo često rabi u kombinaciji s *DTA-om*, spektroskopijom u infracrvenom području s *Fourierovim transformacijama* (FT-IR), plinskom kromatografijom (GC), ili spektrometrijom masa (MS) u tzv. vezanim tehnikama (hyphenated techniques).

**termogravimetrijski analizator**

(thermogravimetric analyser), TGA

**termovaga** (thermobalance)

Instrument za termogravimetrijsku analizu.

*Napomena:* Uobičajeno je rabiti istu pokratu (TGA) za *termogravimetrijsku analizu* i za instrument.

**termokromizam** (thermochromism)

Toplinski potaknuta povrativa promjena boje tvari.

*Napomena:* Termokromizam pokazuju (i) polimeri s funkcijskim skupinama koje mijenjaju boju kod promjene

temperature (npr. spiropiranski polimer), (ii) polimeri čiji elektronski apsorpcijski spektar ovisi o temperaturi ili (iii) polimerni kapljevit kristali pri mezofaznim prijelazima.

#### **termoluminiscencija** (thermoluminescence), TL

Luminiscencija uzrokovana reakcijom između vrsta zarobljenih u krutoj matrici koje se oslobađaju povišenjem temperature.<sup>4</sup>

#### **termoluminiscencijska analiza** (thermoluminescence analysis), TLA

Tehnika koja prati svjetlost emitiranu iz uzorka u ovisnosti o vremenu ili temperaturi dok se uzorak upravlja zagrijava u određenoj atmosferi.

#### **termomehanička analiza** (thermomechanical analysis), TMA

Tehnika koja prati deformaciju uzorka pri djelovanju naprezanja u ovisnosti o vremenu ili temperaturi dok se uzorak upravlja zagrijava ili hladi u određenoj atmosferi.

*Napomena 1:* Uobičajeno je rabiti istu pokratu (TMA) za tehniku i za *termomehanički analizator*.

*Napomena 2:* Naprezanje može biti pritisno, rastezno, savojno ili torzijsko.

*Napomena 3:* Ako je naprezanje sinusoidno, tehnika se naziva *termomehanička analiza s dinamičkim opterećenjem* (DLTMA).

*Napomena 4:* Kad je naprezanje premalo da bi izazvalo deformaciju, TMA prati promjenu dimenzije uzorka, pa se u toj ulozi tehnika naziva *termodilatometrijom*.

#### **termomehanička analiza s dinamičkim opterećenjem** (dynamic-load thermomechanical analysis), DLTMA

*Termomehanička analiza* izvođena uz primjenu sinusoidnog naprezanja.

#### **termomehanička svojstva** (thermomechanical properties)

Temperaturna ovisnost deformacije ili mehaničkih svojstava polimernog uzorka.

#### **termomehanički analizator** (thermomechanical analyser), TMA

Instrument za *termomehaničku analizu*.

*Napomena:* Uobičajeno je rabiti istu pokratu (TMA) za *termomehaničku analizu* i za instrument.

#### **termomikroskopija** (thermomicroscopy)

*Termooptometrija* u kojoj se uzorak promatra mikroskopom.

#### **termooptometrija** (thermo-optometry)

Svaka termoanalitička tehnika koja promatra ovisnost optičkog svojstva uzorka o vremenu ili temperaturi dok se uzorak, u određenoj atmosferi, upravlja zagrijava ili hladi.

*Napomena:* Dvije uhodane tehnike su *termomikroskopija* i *termoluminiscencijska analiza*.

#### **termovaga** (thermobalance)

Vidi *termogravimetrijski analizator*.

#### **toplinska analiza** (thermal analysis)

Mjerenje fizikalnog svojstva tvari ili njezinih reakcijskih produkata (ili obojega) u ovisnosti o temperaturi dok se tvar upravlja zagrijava ili hladi.

*Napomena:* Definicija je u skladu s lit.<sup>4</sup> i s definicijom koju preporuča Međunarodna konfederacija za toplinsku analizu i kalorimetriju (ICTAC).

#### **toplinska prošlost** (thermal history) (u znanosti o polimerima)

Toplinska obrada koju je polimerni materijal prošao prije karakterizacije ili mjerenja svojstava.

*Napomena:* Toplinska prošlost utječe na brojna fizikalna svojstva. Taj utjecaj može se modificirati ili ukloniti *temperiranjem*.

#### **toplinska zadržka** (thermal lag)

Zaostajanje odziva sustava za promjenom temperature.

#### **toplinski potaknuta depolarizacija** (thermally stimulated depolarisation)

*Relaksacija* zamrznute električne polariziranosti izazvana povišenjem temperature.

*Napomena:* Ta pojava mjeri se preko *toplinski potaknute struje*.

#### **toplinski potaknuta struja** (thermally stimulated current), TSC

Električna struja koja se javlja tijekom zagrijavanja uzorka, izazvana toplinski pobuđenom *relaksacijom* zamrznute električne polariziranosti uzorka.

*Napomena:* Vidi i *toplinski potaknuta depolarizacija*.

#### **torzijska analiza na pletenici** (torsional braid analysis)

*Dinamičko mehanička analiza* u kojoj se uzorak materijala za analizu nanosi na splet inertnih vlakana koji služi kao nosač.

*Napomena:* Vlakna ne bi smjela imati toplinske prijelaze u istom rasponu temperature ili frekvencije kao materijal koji se analizira.

#### **torzijsko klatno** (torsion pendulum)

Naprava koja se sastoji od diska ili drugog tijela velikog momenta tromosti pričvršćenog na jedan kraj torzijski savitljivog štapa ili žice, drugi kraj kojega je nepomičan.

*Napomena:* Kad se disk zakrene za (mali) kut oko svoje primarne rotacijske osi i zatim pusti, početak će jednostavno harmonički titirati pod uvjetom da je okretni moment štapa ili žice razmjernan kutu torzije (uvijanja).

**tvrdća po Vicatu** (Vicat hardness)

Vidi *mekšište po Vicatu*.

**viskoelastični spektar** (viscoelastic spectrum)

Dvologaritamski (log-log) grafički prikaz viskoelastičnog svojstva naspram mjernoj frekvenciji ili mjernom vremenu pri stalnoj temperaturi.

**višestruka pobuda** (multiplexing)

Tehnika u *dinamičkoj mehaničkoj analizi* gdje je uzorak podvrgnut superpoziciji više *prisilnih sinusoidnih titranja* različitih frekvencija.

*Napomena:* Ta tehnika jednim eksperimentom omogućuje dobivanje frekvencijske ovisnosti mehaničkih svojstava za sve frekvencije obuhvaćene prisilnim sinusoidnim titranjima.

**Vogel–Fulcher–Tammannova jednadžba**

(Vogel–Fulcher–Tammann equation), VFT jednadžba

Jednadžba koja opisuje temperaturnu ovisnost *relaksacijskog vremena* koje ne slijedi Arrheniusovu temperaturnu ovisnost.

$$\tau = \tau_0 \exp\left(\frac{B}{T - T_0}\right)$$

$\tau/s$  = relaksacijsko vrijeme;  $\tau_0/s$  = relaksacijsko vrijeme pri *Kauzmannovoj temperaturi*,  $B/K$  = konstanta;  $T/K$  = temperatura;  $T_0/K$  = Kauzmannova temperatura.

*Napomena:* Vidi *krhko staklo*.

*Napomena prevoditelja:* U izvorniku piše da jednadžba opisuje vremensku ovisnost relaksacijskog vremena, što očito nije slučaj.

**Williams–Landel–Ferryjeva jednadžba**

(Williams–Landel–Ferry equation), WLF jednadžba

Jednadžba koja opisuje temperaturnu ovisnost *faktora pomaka*,  $a_T$ , za *vremensko-temperaturnu superpoziciju*

$$\log_{10} a_T = \frac{-C_1(T_1 - T_0)}{C_2 + (T_1 - T_0)}$$

$C_1$  i  $C_2$  su empirijske konstante,  $T_1$  je mjerna temperatura, a  $T_0$  je referentna temperatura.

*Napomena:* U WLF jednadžbi se kao referentna temperatura,  $T_0$ , najčešće uzima *staklište*,  $T_g$ . Vrijednosti konstanti  $C_1$  i  $C_2$  ovise o vrsti polimera i vrijede za ograničeni temperaturni raspon, od  $T_g$  do otprilike  $T_g + 50$  K.<sup>23</sup>

 **$\alpha$ -maksimum gubitaka** ( $\alpha$ -loss peak)

Vidi *alfa-relaksacijski maksimum*.

 **$\alpha$ -relaksacija** ( $\alpha$ -relaxation)

Vidi *alfa-relaksacija*.

 **$\alpha$ -relaksacijski maksimum** ( $\alpha$ -relaxation peak)

Vidi *alfa-relaksacijski maksimum*.

 **$\beta$ -maksimum gubitaka** ( $\beta$ -loss peak)

Vidi *beta-relaksacijski maksimum*.

 **$\beta$ -relaksacija** ( $\beta$ -relaxation)

Vidi *beta-relaksacija*.

 **$\beta$ -relaksacijski maksimum** ( $\beta$ -relaxation peak)

Vidi *beta-relaksacijski maksimum*.

 **$\gamma$ -maksimum gubitaka** ( $\gamma$ -loss peak)

Vidi *gama-relaksacijski maksimum*.

 **$\gamma$ -relaksacija** ( $\gamma$ -relaxation)

Vidi *gama-relaksacija*.

 **$\gamma$ -relaksacijski maksimum** ( $\gamma$ -relaxation peak)

Vidi *gama-relaksacijski maksimum*.

**3. POPIS POKRATA**

- DETA – dielektrična toplinska analiza  
– dielectric thermal analysis
- DLTMA – termomehanička analiza s dinamičkim opterećenjem  
– dynamic-load thermomechanical analysis
- DMA – dinamička mehanička analiza,  
dinamički mehanički analizator  
– dynamic mechanical analyser,  
dynamic mechanical analysis
- DSC – diferencijalna pretražna kalorimetrija,  
diferencijalni pretražni kalorimetar  
– differential scanning calorimeter,  
differential scanning calorimetry
- DTA – diferencijalna toplinska analiza, diferencijalni  
toplinski analizator  
– differential thermal analyser,  
differential thermal analysis
- FT-IR – spektroskopija u infracrvenom području s  
Fourierovim transformacijama  
– Fourier transform-infrared spectroscopy
- GC – plinska kromatografija  
– gas chromatography
- KWW – Kohlrausch–Williams–Watts
- MFI – indeks tečenja taljevine  
– melt flow index
- MFR – maseni protok taljevine  
– melt flow rate
- MHF – modulirani toplinski tok  
– modulated heat flow
- MTDSC – DSC s moduliranjem temperature  
– modulated-temperature DSC



MS	– spektrometrija masa – mass spectroscopy
TG	– termogravimetrija – thermogravimetry
TGA	– termogravimetrijska analiza, termogravimetrijski analizator – thermogravimetric analyser, thermogravimetric analysis
TL	– termoluminiscencija – thermoluminescence
TLA	– termoluminiscencijska analiza – thermoluminescence analysis
TMA	– termomehanička analiza, termomehanički analizator – thermomechanical analyser, thermomechanical analysis
TSC	– toplinski potaknuta struja – thermally stimulated current
TTS	– vremensko-temperaturna superpozicija – time-temperature superposition
VFT	– Vogel–Fulcher–Tammann
WLF	– Williams–Landel–Ferry

#### 4. ČLANSTVO U SPONZORSKIM TIJELIMA

Članstvo Povjerenstva IUPAC-ovog Odjela za polimere u razdoblju 2012. – 2013.:

**Predsjednik:** M. Buback (Njemačka); **Potpredsjednik:** G. Russell (Novi Zeland); **Tajnik:** M. Hess (Njemačka); **Prethodni predsjednik:** C. Ober (SAD); **Naslovni članovi:** D. Dijkstra (Njemačka); R. Hiorns (Francuska); P. Kubisa (Poljska); G. Moad (Australija); M. Sawamoto (Japan); D. Smith (SAD); W. Mormann (Njemačka); **Pridruženi članovi:** I. Lacić (Slovačka); J. He (Kina); R. Jones (UK); W. Mormann (Njemačka); Y. Yagci (Turska); M. Žigon (Slovenija); **Nacionalni predstavnici:** V. P. Hoven (Tajland); M. Khan (Bangladeš); J.-S. Kim (Republika Koreja); M. Malinconico (Italija); S. Margel (Izrael); G. Mhinzi (Tanzanija); A. Muzafarov (Rusija); M. Sarwar (Pakistan); J. Vohlřidal (Češka).

Članstvo Pododbora za terminologiju polimera (do 2005. Pododbor za terminologiju makromolekula) u razdoblju 2003. – 2012.:

**Predsjednik:** M. Hess (Njemačka), do 2005.; R. G. Jones (UK), od 2006.; **Tajnik:** R. G. Jones, 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 (R. 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.-I. Jin (R. Koreja); J. Kahovec (Češka); P. Kratochvíl (Češka); P. Kubisa (Poljska); I. Meisel (Njemačka); W. V. Metanovski† (SAD); S. V. Meille (Italija); I. Mita† (Japan); G. Moad (Australija); W. Mormann (Njemačka); C. K. Ober (SAD); S. Penczek (Poljska); L. P. Rebelo (Portugal); M. Rinaudo (Francuska); C. dos Santos (Brazil); I. Schopov (Bugarska); M. Schubert (SAD); F. Schué (Francuska); V. P. Shibaev (Rusija); S. Slomkowski (Poljska); R. F. T. Stepto (UK); D. Tabak (Brazil); J.-P. Vairon (Francuska); M. Vert (Francuska); J. Vohlřidal (Češka); E. S. Wilks (SAD); W. J. Work (SAD).

† Preminuli.

#### 5. LITERATURA

1. R. Mackenzie, Nomenclature in thermal analysis, u P. Elving (ur.), Treatise on Analytical Chemistry, Part 1. Vol. 12, John Wiley, New York, 1983, str. 1–16.
2. J. Hill (ur.), For Better Thermal Analysis and Calorimetry. 3<sup>rd</sup> ed., International Confederation for Thermal Analysis and Calorimetry, 1991.
3. ICTAC NEWS 37(2) (2004) 62.
4. J. Rouquerol, I. Wadsö, T. L. Lever, P. J. Haines, Developments in nomenclature, u P. Gallagher, M. Brown (ur.), Handbook of Thermal Analysis and Calorimetry, Vol. 5: Further Advances, Techniques and Applications. Elsevier, Amsterdam, 2007, str. 21–62.
5. IUPAC, Compendium of Chemical Terminology, 2<sup>nd</sup> ed. (the “Gold Book”), sabrali A. D. McNaught i A. Wilkinson, Blackwell Science, Oxford, 1997. XML mrežna dopunjena verzija: <http://goldbook.iupac.org> (2006. –), stvorili M. Nic, J. Jirat, B. Kosata; dopune sabrao A. Jenkins.
6. R. G. Jones, J. Kahovec, R. Stepto, E. S. Wilks, M. Hess, T. Kitayama, W. V. Metanovski (ur.), Compendium of Polymer Terminology and Nomenclature, IUPAC Recommendations 2008 (“Ljubičasta knjiga”). RSC Publishing, Cambridge, UK, 2008. Hrvatski prijevodi odgovarajućih poglavlja: D. Kozak, M. Lucić, Definicije pojmova koji se odnose na mehanička svojstva polimera u području do loma, Kem. Ind. 58 (2009) 515–540; R. Vuković, G. Bogdanić, A. Erceg Kuzmić, Definicije osnovnih pojmova koji se odnose na niskomolekulske i polimerne kapljevite kristale, Kem. Ind. 54 (2005) 513–548.
7. Plastics – Differential Scanning Calorimetry (DSC) – Part 1: General Principles (ISO 11357-1:2009), DIN EN ISO 11357-1-2-3 (1997).
8. International Organization for Standardization, Plastics – Thermoplastic Materials – Determination of Vicat Softening Temperature (VST), ISO 306 (2004).
9. ASTM International, Standard Test Methods for Softening Point of Hydrocarbon Resins and Rosin Based Resins by Automated Ring-and-Ball Apparatus, ASTM D 6493 (2005).
10. International Organization for Standardization, Plastics – Determination of the Melt Mass-flow Rate (MFR) and the Melt Volume-flow rate (MVR) of Thermoplastics, ISO 1133 (2006).
11. ASTM International, Standard Test Method for Vicat Softening Temperature of Plastics, ASTM D 1525 (2009).
12. ASTM International, Standard Test Method for Melt Flow Rates of Thermoplastics by Extrusion Plastometer, ASTM D 1238 (2010).
13. S. V. Meille, G. Allegra, P. H. Geil, J. He, M. Hess, J.-I. Jin, P. Kratochvíl, W. Mormann, R. Stepto, Definitions of terms relating to crystalline polymers (IUPAC Recommendations 2011), Pure Appl. Chem. 83 (2011) 1831–1871, doi: http://dx.doi.org/10.1351/PAC-REC-10-11-13. Hrvatski prijevod: I. Šmit, Definicije naziva koji se odnose na kristalne polimere, Kem. Ind. 62 (2013) 417–448.
14. V. B. F. Mathot (ur.), Calorimetry and Thermal Analysis of Polymers, V. B. F. Mathot (Ur.), str. 369, Carl Hanser Verlag, München, 1994, str. 369.
15. E. Turi (ur.), Thermal Characterization of Polymeric Materials, Academic Press, New York, 1997.
16. J. I. Kroschwitz (ur.), Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, John Wiley, New York, 1988.
17. R. R. Brown (ur.), Handbook of Polymer Testing, Marcel Dekker, New York, 1998.
18. K. Menard, Dynamic Mechanical Analysis: A Practical Intro-

- duction, 2<sup>nd</sup> ed., CRC Press, Boca Raton, 2008, doi: <http://dx.doi.org/10.1201/9781420053135>.
19. R. Meyers (ur.), Encyclopedia of Analytical Methods, John Wiley, Chichester, 2000.
  20. S. Z. D. Cheng (ur.), Handbook of Thermal Analysis and Calorimetry, Vol. 3, Applications to Polymers and Plastics, Elsevier, Amsterdam, 2002.
  21. B. Wunderlich, Thermal Analysis of Polymeric Materials, Springer, Berlin, 2005.
  22. M. Brown, P. Gallagher, Handbook of Thermal Analysis and Calorimetry, Vol. 5, Recent Advances, Techniques and Applications, Elsevier, Amsterdam, 2008.
  23. J. D. Ferry, Viscoelastic Properties of Polymers, 3<sup>rd</sup> ed., John Wiley, New York, 1980.

## 6. ABECEDNO KAZALO POJMOVA (englesko-hrvatsko)

- alpha loss peak – **alfa-maksimum gubitaka**  
 alpha relaxation – **alfa-relaksacija**  
 alpha relaxation peak – **alfa-relaksacijski maksimum**  
 amorphous polymer – **amorfni polimer**  
 amorphous state – **amorfno stanje**  
 annealing – **temperiranje<sup>p</sup>, popuštanje<sup>d</sup>, napuštanje<sup>d</sup>**  
 beta loss peak – **beta-maksimum gubitaka**  
 beta relaxation – **beta-relaksacija**  
 beta relaxation peak – **beta-relaksacijski maksimum**  
 characteristic temperatures – **karakteristične temperature**  
 clearing point – **bistrište**  
 clearing temperature – **bistrište<sup>p</sup>, temperatura bistrenja<sup>d</sup>**  
 cold crystallisation – **hladna kristalizacija**  
 conformational enthalpy – **konformacijska entalpija**  
 conformational entropy – **konformacijska entropija**  
 conformational melting – **konformacijsko taljenje**  
 conformational transition – **konformacijski prijelaz**  
 constant oscillation-amplitude method – **metoda stalne amplitude titranja**  
 continuous phase transition – **kontinuirani fazni prijelaz**  
 crystalline polymer – **kristalni polimer**  
 crystalline state – **kristalno stanje**  
 crystallisable polymer – **kristalizirljiv polimer**  
 crystallisation – **kristalizacija**  
 damping curve – **krivulja prigušenja**  
 devitrification – **odstakljivanje<sup>p</sup>, devitrificiranje<sup>n</sup>**  
 dielectric thermal analysis – **dielektrična toplinska analiza**  
 differential scanning calorimeter – **diferencijalni pretražni kalorimetar<sup>p</sup>, razlikovni pretražni kalorimetar<sup>JM</sup>**  
 differential scanning calorimetry – **diferencijalna pretražna kalorimetrija<sup>p</sup>, razlikovna pretražna kalorimetrija<sup>JM</sup>**  
 differential thermal analyser – **diferencijalni toplinski analizator<sup>p</sup>, razlikovni toplinski analizator<sup>JM</sup>**  
 differential thermal analysis – **diferencijalna toplinska analiza<sup>p</sup>, razlikovna toplinska analiza<sup>JM</sup>**  
 dilatometer – **dilatometar**  
 dilatometry – **dilatometrija**  
 discontinuous phase transition – **diskontinuirani fazni prijelaz**  
 dynamic-load thermomechanical analysis – **termomehanička analiza s dinamičkim opterećenjem**  
 dynamic mechanical analyser – **dinamički mehanički analizator**  
 dynamic mechanical analysis – **dinamička mehanička analiza**  
 dynamic viscometer – **dinamički viskozimetar**  
 enthalpy relaxation – **entalpijska relaksacija**  
 equilibrium melting temperature – **ravnotežno talište<sup>p</sup>, ravnotežna temperatura taljenja<sup>d</sup>**  
 first-order phase transition – **fazni prijelaz prvog reda**  
 forced oscillation – **prisilno titranje**  
 forced sinusoidal oscillation – **prisilno sinusoidno titranje**  
 fragile glass – **krhko staklo**  
 fragility index – **indeks krhkosti**  
 free oscillation – **slobodno titranje**  
 free sinusoidal oscillation – **slobodno sinusoidno titranje**  
 fusion – **taljenje**  
 gamma loss peak – **gama-maksimum gubitaka**  
 gamma relaxation – **gama-relaksacija**  
 gamma relaxation peak – **gama-relaksacijski maksimum**  
 glass – **staklo**  
 glass transition – **staklasti prijelaz**  
 glass-transition temperature – **staklište<sup>p</sup>, temperatura staklastog prijelaza<sup>d</sup>**  
 glassy polymer – **staklasti polimer**  
 glassy state – **staklasto stanje**  
 Hoffman–Weeks plot – **Hoffman–Weeksov prikaz**  
 isotropisation temperature – **temperatura izotropizacije**  
 Kauzmann temperature – **Kauzmannova temperatura**  
 Kohlrausch–Williams–Watts equation – **Kohlrausch–Williams–Wattsova jednadžba**  
 linear thermodilatometry – **linearna termodilatometrija**  
 logarithmic decrement – **logaritamski dekrement**  
 loss curve – **krivulja gubitaka**  
 loss factor – **faktor gubitaka**  
 loss modulus – **modul gubitaka**  
 loss tangent – **tangens gubitaka**

- master curve – **temeljna krivulja**  
 mechanical melting – **mehaničko taljenje**  
 melt – **taljevina<sup>p</sup>, talina<sup>d</sup>**  
 melt flow index – **indeks tečenja taljevine<sup>p</sup>, indeks tečenja taline<sup>d</sup>**  
 melt flow rate – **maseni protok taljevine<sup>p</sup>, maseni protok taline<sup>d</sup>**  
 melt mass flow rate – **maseni protok taljevine<sup>p</sup>, maseni protok taline<sup>d</sup>**  
 melt volume flow – **obujamni protok taljevine<sup>p</sup>, volumni protok taline<sup>d</sup>**  
 melting – **taljenje**  
 melting point – **talište**  
 melting temperature – **talište<sup>p</sup>, temperatura taljenja<sup>d</sup>**  
 modulated heat flow – **modulirani toplinski tok**  
 modulated-temperature DSC – **DSC s moduliranjem temperature**  
 multiplexing – **višestruka pobuda**  
 non-reversing heat flow – **nepovratni toplinski tok**  
 partially crystalline polymer – **kristalasti polimer**  
 polymer crystal – **polimerni kristal**  
 polymer glass – **polimerno staklo**  
 polymer melt – **polimerna taljevina<sup>p</sup>, polimerna talina<sup>d</sup>**  
 primary crystallisation – **primarna kristalizacija**  
 quench cooling – **naglo hlađenje**  
 quenching – **naglo gašenje**  
 recrystallisation – **prekristalizacija**  
 relaxation – **relaksacija**  
 relaxation map – **relaksacijska mapa**  
 relaxation spectrum – **relaksacijski spektar**  
 relaxation time – **relaksacijsko vrijeme**  
 reorganisation – **preuredba**  
 reversing heat flow – **povratni toplinski tok**  
 secondary crystallisation – **sekundarna kristalizacija**  
 secondary loss peak – **sekundarni maksimum gubitaka**  
 secondary relaxation – **sekundarna relaksacija**  
 secondary relaxation peak – **sekundarni relaksacijski maksimum**  
 secondary relaxation temperature – **sekundarna relaksacijska temperatura**  
 second-order phase transition – **fazni prijelaz drugog reda**  
 semicrystalline polymer – **polukristalni polimer**  
 shift factor – **faktor pomaka**  
 sinusoidal oscillation – **sinusoidno titranje**  
 softening point – **mekšište**  
 softening temperature – **mekšište<sup>p</sup>, temperatura mekšanja<sup>d</sup>**  
 spectrum of relaxation times – **spektar relaksacijskih vremena**  
 storage modulus – **modul pohrane**  
 stress relaxation – **relaksacija naprezanja**  
 strong glass – **čvrsto staklo**  
 supercooled polymer melt – **pothlađena polimerna taljevina**  
 Tammann's 2/3<sup>rd</sup> rule – **Tammannovo pravilo 2/3**  
 thermal analysis – **toplinska analiza**  
 thermal history – **toplinska prošlost**  
 thermal lag – **toplinska zadržka**  
 thermally stimulated current – **toplinski potaknuta struja**  
 thermally stimulated depolarisation – **toplinski potaknuta depolarizacija**  
 thermobalance – **termovaga**  
 thermochromism – **termokromizam**  
 thermodilatometry – **termodilatometrija**  
 thermogravimetric analyser – **termogravimetrijski analizator**  
 thermogravimetric analysis – **termogravimetrijska analiza**  
 thermogravimetry – **termogravimetrija**  
 thermoluminescence – **termoluminiscencija**  
 thermoluminescence analysis – **termoluminiscencijska analiza**  
 thermomechanical analyser – **termomehanički analizator**  
 thermomechanical analysis – **termomehanička analiza**  
 thermomechanical properties – **termomehanička svojstva**  
 thermomicroscopy – **termomikroskopija**  
 thermo-optometry – **termooptometrija**  
 time-temperature superposition principle – **načelo vremensko-temperaturene superpozicije**  
 torsion pendulum – **torzijsko klatno**  
 torsional braid analysis – **torzijska analiza na pletenici**  
 torsional pendulum analysis – **analiza torzijskim klatnom**  
 transition temperature – **temperatura prijelaza**  
 Vicat hardness – **tvrdoća po Vicatu**  
 Vicat softening point – **mekšište po Vicatu**  
 Vicat softening temperature – **mekšište po Vicatu<sup>p</sup>, temperatura mekšanja po Vicatu<sup>d</sup>**  
 viscoelastic spectrum – **viskoelastični spektar**  
 vitrification – **ostakljivanje<sup>p</sup>, vitrificiranje<sup>n</sup>**  
 Vogel–Fulcher–Tammann equation – **Vogel–Fulcher–Tammannova jednadžba**  
 volume thermodilatometry – **obujamna termodilatometrija<sup>p</sup>, volumna termodilatometrija<sup>d</sup>**  
 Williams–Landel–Ferry equation – **Williams–Landel–Ferryjeva jednadžba**  
 $\alpha$ -loss peak –  **$\alpha$ -maksimum gubitaka**  
 $\alpha$ -relaxation –  **$\alpha$ -relaksacija**  
 $\alpha$ -relaxation peak –  **$\alpha$ -relaksacijski maksimum**  
 $\beta$ -loss peak –  **$\beta$ -maksimum gubitaka**  
 $\beta$ -relaxation –  **$\beta$ -relaksacija**  
 $\beta$ -relaxation peak –  **$\beta$ -relaksacijski maksimum**  
 $\gamma$ -loss peak –  **$\gamma$ -maksimum gubitaka**  
 $\gamma$ -relaxation –  **$\gamma$ -relaksacija**  
 $\gamma$ -relaxation peak –  **$\gamma$ -relaksacijski maksimum**

## SUMMARY

### Glossary of Terms Relating to Thermal and Thermomechanical Properties of Polymers

(IUPAC Recommendations 2013)

*Translated by Jelena Macan*

The document gives definitions of terms met in the conventional thermal and thermomechanical characterisation of polymeric materials.

#### **Keywords**

*Definition of terms, IUPAC Polymer Division, polymeric materials, thermal properties, thermomechanical properties*

*University of Zagreb  
Faculty of Chemical Engineering and Technology  
Marulićev trg 19  
HR-10 000 Zagreb, Croatia*

*Nomenclature note  
Received February 17, 2014  
Accepted July 2, 2014*