

NOMENKLATURA I TERMINOLOGIJA iz područja polimera i polimernih materijala

ICTAC-ovo NAZIVLJE TOPLINSKE ANALIZE

Preporuke IUPAC 2014.
Preporuke HDKI i HKD 2015.

Prevela:
JELENA MACAN

Recenzenti:
MARKO ROGOŠIĆ
MLADEN ŠERCER
TOMISLAV PORTADA
LIDIJA VARGA-DEFTERDAROVIĆ

HDKI/Kemija u industriji
Zagreb 2015.

SADRŽAJ

Sažetak	515
1. Zadaća	515
2. Nakana	515
3. Definicija polja toplinske analize	515
4. Tehnike	516
5. Nazivlje i glosar	516
6. Navođenje eksperimentalnih podataka	519
7. Simboli koji se rabe u toplinskoj analizi	519
7.1 Simboli koji opisuju određene pojave ili materijale	520
8. Povijesni pregled	520
9. Članstvo u sponzorskom tijelu	520
Literatura	521
DODATAK: ABECEDNO KAZALO NAZIVLJA (englesko – hrvatsko)	522
SUMMARY	524

Međunarodna unija za čistu i primijenjenu kemiju
Odjel za fizikalnu i biofizikalnu kemiju

Nomenklatura i terminologija iz područja
polimera i polimernih materijala

ICTAC-ovo nazivlje toplinske analize (IUPAC-ove preporuke 2014.)***

Preporuke IUPAC 2014.

Preporuke HDKI i HKD 2015.

Pripravila radna skupina u sastavu:

Trevor Lever,^a Peter Haines,^b Jean Rouquerol,^{c**} Edward L. Charsley,^d
Paul Van Eckeren^e i Donald J. Burllett^f

Prevela:

Jelena Macan*

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

|| Sažetak

Raširena primjena toplinske analize kao znanstvene laboratorijske tehnike dovela je do razvoja radnih naziva. Nakana je ovog dokumenta pružiti svima koji se bave toplinskom analizom međusobno usklađene definicije koje će omogućiti jasnu i preciznu komunikaciju i sporazumijevanje. Dokument sadrži definicije 13 tehnika, 54 pojma u glosaru te simbole i jedinice.

|| Ključne riječi

Analiza oslobođenih plinova, IUPAC-ov Odjel za fizikalnu i biofizikalnu kemiju, Međunarodna konfederacija za toplinsku analizu i kalorimetriju (ICTAC), diferencijalna pretražna kalorimetrija, diferencijalna toplinska analiza, uzorkom upravljana toplinska analiza, term dilatometrija, termogravimetrija, toplinska svojstva

1. Zadaća

Zadaća ovog dokumenta je znanstvenicima koji se bave toplinskom analizom (TA) pružiti dosljedne "definicije naziva" koji se u tom polju obično rabe, radi omogućavanja precizne komunikacije i sporazumijevanja. Budući da djelatnost Međunarodne konfederacije za toplinsku analizu i kalorimetriju (International Confederation for Thermal Analysis and Calorimetry, ICTAC) pokriva i kalorimetriju, nakon što se postigne zadovoljavajući međunarodni dogovor planira se objavljivanje dokumenta koji će se baviti imenjem i nazivljem tog područja. Razmatrajući sve pro-

bleme nazivlja, sadašnji ICTAC-ov Odbor za imenje i nazivlje pratio je savjete pokojnog Roberta Mackenzieja da:

- nazivlje treba biti jednostavno
- treba izbjegavati nazive kojima je osnova određeni instrument.

2. Nakana

Ovaj dokument prihvaća da se imenje razvija, bez prilagodbe definicija, zajedno s poljem toplinske analize. Pojmove koje rabe autori i znanstvenici znanstvena zajednica brzo prihvaća, čak i ako nisu u skladu s prethodnim definicijama niti su gramatički točni. Ako je takav naziv u širokoj uporabi i prihvaćen, ovdje je naveden.

3. Definicija polja toplinske analize

Toplinska analiza (TA) proučava odnos svojstva uzorka i njegove temperature za vrijeme njegova nadziranoga zagrijavanja ili hlađenja.

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

** Autor za prepisku: jean.rouquerol@univ-amu.fr;
jean.rouquerol@wanadoo.fr

^a Trevor Lever Consulting, Wells, Somerset, UK; ^b Oakland Analytical Services, Weybourne, Farnham, Surrey, UK; ^c Aix-Marseille Université-CNRS, Laboratoire MADIREL, Marseille, France; ^d Centre for Thermal Studies, University of Huddersfield, Queensgate, Huddersfield, UK; ^e Safety and Security Department, TNO – Defence, Rijswijk, Netherlands; ^f Gates Corporation, Rochester Hills, MI, USA.

*** Izvornik: ICTAC nomenclature of thermal analysis (IUPAC Recommendations 2014), Pure Appl. Chem. 86 (4) (2014) 545–553, © IUPAC 2014

4. Tehnike

Za svako svojstvo ili fizikalnu veličinu koji se mjere na-
spram temperature postoji mjerna tehnika, a pregled nekih
od njih dan je u tablici.

Svojstvo ili fizikalna veličina	Tehnika	Pokrata	Napomene
toplina	pretražna kalorimetrija		
temperatura	termometrija		dobivaju se tzv. krivulje zagrijavanja ili hlađenja
razlika temperatura	diferencijalna toplinska analiza	DTA	tehnika kojom se mjeri razlika temperatura uzorka i referentnog materijala
razlika toplinskih tokova	diferencijalna pretražna kalorimetrija	DSC	tehnika kojom se mjeri razlika toplinskih tokova u uzorak i u referentni materijal
masa	termogravimetrija ili	TG	svugdje gdje može doći do zabune i zamjene TG s T_g (staklištem) treba rabiti pokratu TGA ili puni naziv "termogravimetrija"
	termogravimetrijska analiza	TGA	
dimenzijska i mehanička svojstva	dinamička mehanička analiza	DMA	određuju se moduli (pohrane/gubitaka)
	termomehanička analiza	TMA	mjere se deformacije
	termodilatometrija	TD	mjere se dimenzije
električna svojstva	dielektrična toplinska analiza	DEA	mjeri se dielektričnost / dielektrični gubitci
	toplinski potaknuta struja	TSC	mjeri se struja
magnetska svojstva	termomagnetometrija		često se kombinira s TGA
plinski tok	analiza oslobođenih plinova	EGA	određuje se priroda ili količina plina/pare
	emanacijska toplinska analiza	ETA	oslobađa se i mjeri radioaktivni plin zarobljen u uzorku
tlak	termomanometrija		razvijanje plina detektira se iz promjene tlaka
	termobarometrija		proučava se tlak kojim gusti uzorak tlači stijenke ćelije stalnog obujma
optička svojstva	termooptometrija		porodica tehnika koje proučavaju optičku značajku ili svojstvo uzorka
	termoluminiscencija	TL	mjeri se emitirana svjetlost
akustička svojstva	termosonimetrija ili termoakustimetrija		tehnike kojima se proučava zvuk koji uzorak emitira (sonimetrija) ili apsorbira (akustimetrija)
struktura	termodifraktometrija termospektrometrija		tehnike kojima se proučava sastav ili kemijska priroda uzorka

5. Nazivlje i glosar

Napomena: Za sve ovdje navedene tehnike nazivlje defi-
nira mjereno svojstvo, a svaka definicija može se upotpuni-
ti dodatkom "... u ovisnosti o temperaturi." Na primjer:
dinamička mehanička analiza (DMA), tehnika kojom se vi-
skoelastični moduli pohrane i gubitaka određuju pomoću
periodičnog napreznja u ovisnosti o temperaturi.

Napomena: Svaka navedena stavka označena je s *im.* ili
prid., ukazujući da je riječ o imenici ili pridjevu.

Napomena prevoditelja: U definicijama IUPAC-ovih pre-
poruka *kurzivom* su navedeni nazivi koji su u istom doku-
mentu zasebno obrađeni. U ovom dokumentu neki nazivi
tiskani *kurzivom* nisu zasebno obrađeni: takvi su označeni
zvjezdicom (*), a u abecednom kazalu dana *im* je engleska
istovrijednica. U slučaju istoznačnica, svakoj je dodana
oznaka normativnoga statusa (preporučeni naziv^p, predlo-
ženi naziv^{lM}).

analiza oslobođenih plinova (evolved gas analysis, EGA), *im.*

Skupina tehnika kojima se određuje priroda, količina ili
oboje oslobođenog plina ili pare. U slučajevima kada se ne
određuje priroda plina, rabio se i naziv *detekcija oslobođe-
nih plinova** (EGD).

atmosfera (atmosphere), *im.*

Plinovita okolina uzorka, kojom se može instrumentno
upravljati ili koju oslobađa uzorak.

derivacijski (derivative), *prid.*

Koji se odnosi na prvu derivaciju (matematičku) neke kri-
vulje po temperaturi ili vremenu.

dielektrična toplinska analiza
(dielectric thermal analysis, DEA), *im.*

Tehnika kojom se mjere dielektrična svojstva.

diferencijalna pretražna kalorimetrija s kompenzacijom snage^P, razlikovna pretražna kalorimetrija s kompenzacijom snage^M

(power compensation differential scanning calorimetry, power compensation DSC), *im*.

Tehnika kojom se mjeri razlika električne snage koja se dovodi mjernom i referentnom uzorku.

diferencijalna pretražna kalorimetrija toplinskog toka^P, razlikovna pretražna kalorimetrija toplinskog toka^M
(heat-flow differential scanning calorimetry, heat-flow DSC), *im*.

Tehnika kojom se mjeri razlika toplinskih tokova u mjerni i u referentni uzorak.

diferencijalna toplinska analiza^P, razlikovna toplinska analiza^M (differential thermal analysis, DTA), *im*.

Tehnika kojom se mjeri temperaturna razlika između mjernog i referentnog uzorka.

diferencijalni^P, razlikovni^M (differential), *prid*.

Koji se odnosi na razliku mjerenih ili mjerljivih veličina, obično između uzorka i referentnog ili standardnog materijala.

dinamička mehanička analiza

(dynamic mechanical analysis, DMA), *im*.

Tehnika kojom se viskoelastični moduli pohrane i gubitaka određuju pomoću periodične promjene naprezanja.

dinamički (dynamic), *prid*.

Označuje, pogotovo u mehaničkoj analizi materijala, da se neki parametar neprekidno mijenja tijekom eksperimenta; suprotno je od *statički*.

emanacijska toplinska analiza

(emanation thermal analysis, ETA), *im*.

Poseban tip *analize oslobođenih plinova* (EGA) kojom se mjeri oslobađanje (emanacija) prethodno zarobljenog radioaktivnog plina.

foto- (photo-), *predmetak*

Označuje eksperiment koji uključuje osvjtljivanje uzorka ili koji mjeri količinu emitirane svjetlosti iz uzorka. Gdje je moguće, treba navesti raspon valnih duljina svjetlosti.

istodobni, simultani (simultaneous), *prid*.

Označuje mjerenje dvaju ili više svojstava istog uzorka u isto vrijeme. Različito je od *kombinirani*.

Napomena: Pokrate naziva tehnika razdvajaju se spojnicom („crticom“), npr. za istodobno mjerenje mase i toplinskog toka (istodobna termogravimetrijska analiza i diferencijalna pretražna kalorimetrija) pokrata bi bila TGA-DSC.

izotermni (isothermal), *prid*.

Dodaje se nazivu tehnike kao pokazatelj da se temperatura drži stalnom tijekom cijelog eksperimenta.

kombinirani (combined), *prid*.

Istovremena primjena dviju ili više tehnika na različite ispitne uzorke. To može uključivati toplinske i netoplnske analitičke tehnike. Različito je od *istodobni*.

Napomena prevoditelja: Različiti uzorci mogu biti npr. ispitni uzorak i plin koji se oslobađa njegovim zagrijavanjem.

krivulja hlađenja (cooling curve), *im*.

Eksperimentalni rezultat mjerenja temperature uzorka u ovisnosti o vremenu tijekom njegovog hlađenja.

krivulja zagrijavanja (heating curve), *im*.

Eksperimentalni rezultat mjerenja temperature uzorka u ovisnosti o vremenu tijekom njegovog zagrijavanja.

Napomena prevoditelja: Izdvojeno iz prethodne definicije radi veće sustavnosti definiranja pojmova.

materijal (material), *im*.

Tvar koju se proučava i iz koje se uzima *uzorak*.

mikro- (micro-), *predmetak*

Predmetak kojim se označuje da tehnika mjeri male veličine, bilo da je riječ o količini proučavanog uzorka ili o promjeni u mjerenim svojstvima. Matematički, 1 mikro = $1 \mu = 10^{-6}$.

Napomena 1: Ovaj se predmetak dodaje nazivima mnogih toplinskih metoda i opreme, npr. *mikrovaga**, *mikroreaktor**, *mikrokalorimetar**, kao i samom nazivu tehnike: *mikrotoplinski**, *mikroskopski** ili proučavanom svojstvu: *mikrostrukturni**.

Napomena 2: Povremeno se rabi i suprotni predmetak *makro**.

modulirani (modulated), *prid*.

Označuje da se parametar periodički mijenja tijekom eksperimenta.

pretražna kalorimetrija (scanning calorimetry), *im*.

Tehnika kojom se mjeri toplina u ovisnosti o temperaturi.

pretražni (scanning), *prid*.

Označuje da se određeni eksperimentalni parametar, osim temperature, nadzirano mijenja.

s moduliranjem temperature
(modulated temperature, MT)

Dodaje se imenu tehnike kod koje se na programiranu promjenu temperature primjenjuje temperaturna modulacija.

Napomena 1: Na primjer, eksperiment DSC koji se provodi s temperaturnom modulacijom bio bi *diferencijalna pretražna kalorimetrija s moduliranjem temperature** (MT-DSC).

Napomena 2: Moguće su i druge modulirane tehnike, kao što je *termomehanička analiza s moduliranjem sile**, *uzorkom upravljana toplinska analiza s moduliranjem brzine (zagrijavanja)** itd.

Napomena 3: Ponekad se rabi i predmetak TM (temperaturna modulacija), ali se njegova uporaba ne preporučuje.

snimak (scan), *im.*

(*Ne preporučuje se*) Naziv za podatke dobivene iz eksperimenta toplinske analize. Točnije je rabiti naziv *termoanalitička krivulja**, a za određenu tehniku *termogravimetrijska krivulja** itd.

statički (static), *prid.*

Označuje, pogotovo u mehaničkoj analizi materijala, stan parametar tijekom eksperimenta. Suprotno je od *dinamički*.

stepeničasto (stepwise), *prid.*

Označuje odvojene, diskontinuirane promjene u eksperimentalnom parametru, npr. sili, temperaturi itd.

temperaturno programirana desorpcija (temperature-programmed desorption, TPD), *im.*

Analiza oslobođenih plinova u inertnoj atmosferi ili vakuumu, bez raspada uzorka.

temperaturno programirana oksidacija (temperature-programmed oxidation, TPO), *im.*

Eksperiment u oksidirajućoj atmosferi, obično kisiku. Oksidacija se prati nekom prikladnom tehnikom (EGA, TGA, sorpcija plina itd.).

temperaturno programirana redukcija (temperature-programmed reduction, TPR), *im.*

Eksperiment u reducirajućoj atmosferi, obično vodik. Redukcija se prati nekom prikladnom tehnikom (EGA, TGA, sorpcija plina itd.).

termo- (thermo-), *predmetak*

Kao dio naziva neke tehnike toplinske analize, označuje uporabu promjenjive temperature tijekom eksperimenta.

termoakustimetrija (thermoacoustimetry), *im.*

Tehnika kojom se mjere značajke zvučnih valova koji prolaze kroz uzorak.

termoanalitički (thermoanalytical), *prid.*

Koji je vezan za ili se odnosi na toplinsku analizu.

termodifraktometrija (thermodiffractometry), *im.*

Tehnika kojom se mjeri rendgenska difrakcija uzorka.

termodilatometrija (thermodilatometry, TD), *im.*

Tehnika kojom se mjeri jedna ili više dimenzija uzorka pod zanemarivim opterećenjem.

termogravimetrija (thermogravimetry, TG), *im.*

Vidi *termogravimetrijska analiza*.

termogravimetrijska analiza (thermogravimetric analysis, TGA), *im.*

Tehnika kojom se mjeri masa uzorka, poznata i kao *termogravimetrija*.

termoluminiscencija (thermoluminescence), *im.*

Tehnika kojom se mjeri svjetlost emitirana iz uzorka.

termomagnetometrija (thermomagnetometry), *im.*

Tehnika kojom se mjeri magnetsko svojstvo uzorka.

termomanometrija (thermomanometry), *im.*

Tehnika kojom se mjeri tlak plina.

termomehanička analiza (thermomechanical analysis, TMA), *im.*

Tehnika kojom se mjeri deformacija uzorka pod stalnim opterećenjem.

termomikroskopija (thermomicroscopy), *im.*

Tehnika u kojoj se mikroskopom promatraju i mjere optička svojstva uzorka.

termooptometrija (thermo-optometry), *im.*

Tehnika kojom se mjere optička svojstva uzorka.

termosonimetrija (thermosonimetry), *im.*

Tehnika kojom se mjeri zvuk emitiran iz uzorka.

termospektrometrija (thermospectrometry), *im.*

Skupina tehnika kojima se mjeri spektar uzorka.

tg δ (tan δ), *im.*

Bezdimenzijski omjer izgubljene i vraćene energije tijekom jednog ciklusa periodičkog procesa. Npr. kod DMA $\text{tg } \delta = E'' / E'$.

tok plina (gas flow), *im.*

Prolaz plina iz jednog dijela sustava u drugi. Plin može biti inertan (*plin nosilac**) ili reaktivan, uveden u sustav ili razvijen iz uzorka.

toplinska analiza s upravljanim brzinom zagrijavanja
(controlled-rate thermal analysis, CRTA), *im.*

Uzorkom upravljana metoda kod koje zagrijavanjem upravlja povratna informacija o brzini transformacije.

toplinska krivulja (thermal curve), *im.*

(*Ne preporučuje se*) Bilo koji grafički prikaz bilo koje kombinacije svojstva, vremena i temperature, dobiven tehnikom toplinske analize.

Napomena: Toplinska krivulja je grubo skraćeno točnijeg naziva *termoanalitička krivulja**.

toplinski potaknuta depolarizacija
(thermally stimulated depolarization), *im.*

*Relaksacija** zamrznute električne polarizacije izazvana povišenjem temperature.

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

toplinski potaknuta struja
(thermally stimulated current, TSC), *im.*

Električna struja koja se javlja tijekom zagrijavanja uzorka uslijed toplinski pobuđene *relaksacije** zamrznutog stanja polarizacije uzorka.

Napomena 1: Isti naziv i pokratak (TSC) dani su tehnici toplinske analize zasnovanoj na mjeranju te struje.

Napomena 2: Vidi i *toplinski potaknuta depolarizacija*.

torzijska analiza na pletenici
(torsional braid analysis, TBA), *im.*

Tehnika *dinamičke mehaničke analize* kod koje splet vlakana služi kao nosač uzorka.

upravljani temperaturni program
(controlled temperature program), *im.*

Temperaturna povijest narinuta uzorku tijekom eksperimenta toplinske analize.

uzorak (sample), *im.*

Materijal koji se proučava tijekom cijelog eksperimenta (početni materijal, međuprodukti i konačni produkti) i njegova bliska atmosfera. Ekvivalent termodinamičkom sustavu.

uzorkom upravljani (sample-controlled), *prid.*

Dodaje se nazivu tehnike kod koje se neko svojstvo uzorka rabi za upravljanje zagrijavanja uzorka, bilo neprekidno ili prekidano. Za tehniku bez ovog predmetka smatra se da eksperiment slijedi zadani temperaturni program.

Napomena: Općeniti naziv za sve tehnike toplinske analize koje rabe takvu povratnu vezu jest *uzorkom upravljana toplinska analiza** (SCTA), dok su pojedinačna imena oblika *uzorkom upravljana termogravimetrijska analiza** (SC-TGA) itd.

6. Navođenje eksperimentalnih podataka

Za zadovoljavanje i navođenje eksperimentalnih uvjeta čitatelja se upućuje na određene smjernice dane u ICTAC-ovim publikacijama,^{1,2} koje su objavljene i postupno se obnavljaju i upotpunjavaju na ICTAC-ovoj mrežnoj stranici [www.ictac.org].

Za navođenje nesigurnosti preporučuje se slijediti smjernice koje je objavio *Joint Committee for Guides in Metrology*.^{3,4}

Za međunarodno dogovorene veličine, jedinice i simbole koji se rabe kod objavljivanja radova u polju toplinske analize, čitatelja se upućuje na IUPAC-ove preporuke, posebice na "Zelenu knjigu" *Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry*.⁵

7. Simboli koji se rabe u toplinskoj analizi

Veličina	Simbol veličine	Simbol (naziv) jedinice
duljina	l	m (metar)
masa	m	kg, g, mg (kilogram, gram, miligram)
vrijeme	t	s, min [#] , h [#] (sekunda, minuta, sat)
električna struja	I	A (amper)
termodinamička temperatura	T	K (kelvin)
Celzijeva temperatura	θ	°C (Celzijev stupanj)
brzina zagrijavanja	$\beta = (dT/dt)$	K s ⁻¹ (kelvin po sekundi)
konverzija	α	–
toplina	q, Q	J (džul)
toplinski tok	$\Phi = (dq/dt)$	W (vat)
toplinski kapacitet pri stalnom tlaku	C_p	J K ⁻¹ (džul po kelvinu)
toplinski kapacitet pri stalnom obujmu	C_v	J K ⁻¹ (džul po kelvinu)
tlak	p	Pa (paskal)
modul elastičnosti	E	Pa (paskal)

[#] Označuje jedinice koje nisu u SI, ali su prihvaćene za upotrebu sa SI.

7.1 Simboli koji opisuju određene pojave ili materijale

- Općenito, simboli fizikalnih veličina trebaju biti pisani u *kurzivu* ili, ako su vektori, u **masnom kurzivu**.
- Simboli jedinica se ne sklanjaju.
- Indeksi općenito trebaju biti ograničeni na jedno slovo.
- Ako se indeks odnosi na predmet ili svojstvo, treba biti pisan VERZALOM (velikim slovom):

m_s = masa uzorka (engl. sample) S

T_R = temperatura referentnog uzorka R

T_C = Curieova temperatura.

- Ako se indeks odnosi na pojavu, treba biti pisan kurentom (malim slovom):

T_t = talište

T_g = staklište.

- Ako se indeks odnosi na određeni događaj, vrijeme ili točku, treba biti pisan kurentom ili brojkom:

T_i = početna (engl. initial) temperatura

m_f = konačna (engl. final) masa

T_p = temperatura maksimuma (engl. peak)

$t_{1/2}$ = polovično vrijeme reakcije.

- Promjene u ekstenzivnim termodinamičkim veličinama X uslijed događaja y trebaju se pisati $\Delta_y X$:

$\Delta_{isp} H$ = entalpija isparavanja

$\Delta_r G$ = Gibbsova slobodna energija reakcije.

- Simboli za fizikalno stanje materijala trebaju biti pisani u zagradama nakon simbola fizikalne veličine:

$\Delta_{isp} H = H(g) - H(l)$

8. Povijesni pregled

Zadatak ovog dokumenta je da svima koji se bave toplinskom analizom pruži definicije čestih pojmova koji se rabe za iznošenje, prikazivanje i objašnjavanje njihovoga rada.

ICTAC-ov Odbor za imenje osnovan je 1965. pod vodstvom Roberta Mackenzieja i uz tajničku stručnost Cyrila Keattcha. Ovaj dokument mnogo duguje bivšim članovima Odbora i nizu predsjednika, među kojima su John Sharp (1984. – 1988.), Ed Gimzewski (1988. – 1992.) i Wolfgang Hemminger (1992. – 2001.), koji su nastavljali rasprave i objavlivali zaključke kako je navedeno u lit.⁶⁻¹⁶

Zadatak sadašnjeg Odbora bio je srediti djelo svih prethodnih odbora i predstaviti međunarodno prihvatljiv dokument koji pokriva sadašnju praksu u toplinskoj analizi. Valja zahvaliti nedavnim članovima Odbora za imenje za njihov doprinos u promišljanjima i drugima na pruženim savjetima.

Nedavni članovi ICTAC-ovog Odbora za imenje su:

R. Blaine (2001. – 2006.); D. Burlett (2001. – 2006.); E. Charsley (2001. – 2006.); V. Fernandez (2001. – 2006.); P. C. Gravelle (1992. – 2001.); B. O. Haglund (1992. – 2001.); P. Haines (1997. – 2006., *tajnik* 2003. – 2006.); W. Hemminger (*predsjednik*, 1992. – 2001.); G. Hakvo-

ort (1992. – 2001.); T. Lever (*predsjednik*, 2001. – 2006.); M. Odlyha (1991. – 2001.); T. Osawa (2001. – 2006.); D. Price (2001. – 2006., *tajnik* 2001. – 2003.); M. Reading (1991. – 2007.); S. Sarge (1992. – 2001., *tajnik* 2000. – 2001.); J. Simon (1992. – 2001.); F. Wilburn (1992. – 2006., *tajnik* 1991. – 2000.).

9. Članstvo u sponzorskom tijelu

Članstvo Povjerenstva IUPAC-ovog Odjela za fizikalnu i biofizikalnu kemiju u razdoblju 2012. – 2013.:

predsjednik: K. Yamanouchi (Japan), **potpredsjednik:** R. Marquardt (Francuska); **tajnik:** A. Wilson (Sjedinjene Države); **prethodni predsjednik:** A. McQuillan (Novi Zeland); **naslovni članovi:** K. Bartok (Belgija); A. Friedler (Izrael); A. Goodwin (Sjedinjene Države); R. Guidelli (Italija); A. Russell (Ujedinjena Kraljevina); J. Stohner (Švicarska); **pridruženi članovi:** V. Barone (Italija); A. Császár (Mađarska); V. Kukushkin (Rusija); V. Mišković-Stanković (Srbija); Á. Mombrú Rodríguez (Urugvaj); X. S. Zhao (Kina); **nacionalni predstavnici:** K. Bhattacharyya (Indija); J. Cejka (Češka); S. Hannongbua (Tajland); M. Koper (Nizozemska); A. J. Mahmood (Bangladeš); O. Mamchenko (Ukrajina); J. Mdoe (Tanzanija); F. Quina (Brazil); N. Soon (Malezija); V. Tomišić (Hrvatska).

Zahvala: Ovaj rad sponzorirala je Međunarodna unija za čistu i primijenjenu kemiju, preko Međunarodne konfederacije za toplinsku analizu i kalorimetriju (International Confederation for Thermal Analysis and Calorimetry, ICTAC), IUPAC-ove pridružene organizacije. Preporuka je poprimila svoj konačni oblik uz pomoć IUPAC-ovog Odjela za fizikalnu i biofizikalnu kemiju, a pogotovo prof. Rona Weira, kojemu posebno zahvaljujemo.

Općenita napomena prevoditelja: Izvornik ovih preporuka mjestimično se ne slaže s ranije objavljenim IUPAC-ovim preporukama.¹⁷ Tamo se kao pokrata za dielektričnu toplinsku analizu preporučuje DETA (ovdje DEA); termoluminiscencija je sama pojava emitiranja svjetlosti zagrijavanjem uzorka, dok se tehnika naziva termoluminiscencijska analiza; termooptometrija u izvorniku ima dva slova "o" (thermo-optometry). Autor izvornika Jean Rouquerol daje sljedeće tumačenje:

ICTAC/IUPAC-ovo nazivlje prihvatilo je vijeće ICTAC-a i pokriva sve vrste i primjene toplinske analize. Glosar¹⁷ se poziva na ICTAC-ovo nazivlje (literatura 1–4) uz napomenu da su ih, zajedno s drugim preporukama, slijedili „koliko je to bilo moguće“. To znači da ih nisu slijedili u rijetkim slučajevima kad su smatrali da ne odgovaraju potrebama ili običajima u polju polimera. Manje promjene uvedene u tom glosaru u usporedbi s ICTAC-ovim nazivljem iz 2006. mogu se stoga slijediti kod pisanja radova za časopise iz polja znanosti o polimerima, no, radi jednodušnosti i razumijevanja, časopisi u polju toplinske analize (kao što su Journal of Thermal Analysis and Calorimetry ili Thermochimica Acta) vjerojatno će se držati općenitijih ICTAC/IUPAC-ovih preporuka za nazivlje toplinske analize.

Izvornik također netočno navodi $J K^{-1} mol^{-1}$ kao jedinicu toplinskih kapaciteta pri stalnom tlaku i obujmu iako je ri-

ječ o jedinici množinskih (molarnih) toplinskih kapaciteta, $C_{p,m}$ i $C_{v,m}$.

Konačno, u prijevodu je izmijenjen izvorni naslov (engl. *nomenclature* = imenje) u nazivlje (engl. *terminology*), budući da se dokument ne bavi imenima spojeva već nazivima vezanima uz tehnike toplinske analize, što je u skladu s prethodno objavljenim preporukama.¹⁷

Literatura References

1. (a) G. Lombardi, For Better Thermal Analysis, 1st Ed., ICTA, Rome, 1977; (b) G. Lombardi, For Better Thermal Analysis, 2nd Ed., ICTA, Rome, 1980.
2. J. O. Hill, For Better Thermal Analysis and Calorimetry, 3rd Ed., ICTAC, 1991.
3. International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM), 3rd Ed., Bureau International des Poids et Mesures, Geneva, 2002; JCGM 200:2012 na <http://www.bipm.org/en/publications/guides/vim>.
4. Guide for Expression of Uncertainty in Measurement (GUM), Bureau International des Poids et Mesures, Sèvres, 2008; JCGM 100:2008 na <http://www.bipm.org/en/publications/guides/gum.html>.
5. 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 (ur.), Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry, 3rd Ed. ("Zelena knjiga"), RSC Publishing, Cambridge, UK, 2007.
6. R. C. Mackenzie, Nomenclature in thermal analysis, *Talanta* **16** (1969) 1227–1230, doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0039-9140\(69\)80170-0](http://dx.doi.org/10.1016/0039-9140(69)80170-0).
7. R. C. Mackenzie, C. J. Keattch, D. Dollimore, J. A. Forrester, A. A. Hodgson, J. P. Redfern, Nomenclature in thermal analysis—II, *Talanta* **19** (1972) 1079–1081, doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0039-9140\(72\)80045-6](http://dx.doi.org/10.1016/0039-9140(72)80045-6).
8. H. W. Thompson, Recommendations for nomenclature of thermal analysis (IUPAC Recommendations 1973), *Pure Appl. Chem.* **37** (1974) 439–444, doi: <http://dx.doi.org/10.1351/pac197437040437>.
9. R. C. Mackenzie, C. J. Keattch, T. Daniels, D. Dollimore, J. A. Forrester, J. P. Redfern, J. H. Sharp, Nomenclature in thermal analysis. Part III, *Thermochim. Acta* **12** (1975) 105–107, doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0040-6031\(75\)85015-5](http://dx.doi.org/10.1016/0040-6031(75)85015-5).
10. R. C. Mackenzie, Nomenclature in thermal analysis, part IV, *Thermochim. Acta* **28** (1979) 1–6, doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0040-6031\(79\)87001-X](http://dx.doi.org/10.1016/0040-6031(79)87001-X).
11. G. G. Guilbault, Nomenclature for thermal analysis – II and III (IUPAC Recommendations 1979), *Pure Appl. Chem.* **52** (1980) 2385–2392.
12. R. C. Mackenzie, Nomenclature in thermal analysis. Part V. Symbols, *Thermochim. Acta* **46** (1981) 333–335, doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0040-6031\(81\)80335-8](http://dx.doi.org/10.1016/0040-6031(81)80335-8).
13. R. C. Mackenzie, Nomenclature for thermal analysis – IV (IUPAC Recommendations 1985), *Pure Appl. Chem.* **57** (1985) 1737–1740, doi: <http://dx.doi.org/10.1351/pac198557111737>.
14. J. H. Sharp, Nomenclature in thermal analysis, *Thermochim. Acta* **104** (1986) 395–396, doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0040-6031\(86\)85214-5](http://dx.doi.org/10.1016/0040-6031(86)85214-5).
15. R. C. Mackenzie, u P. J. Elving (ur.), *Treatise on Analytical Chemistry, Part 1, Vol. 12*, John Wiley, New York, 1983, str. 1.
16. W. Hemminger, S. M. Sarge, Chap. 1, u M. E. Brown (ur.), *Handbook of Thermal Analysis and Calorimetry, Vol. 1*, Elsevier, Amsterdam, 1998.
17. M. Hess, G. Allegra, J. He, K. Horie, J.-S. Kim, S. V. Meille, V. Metanomski, G. Moad, R. F. T. Stepto, M. Vert, J. Vohlidal, Glossary of terms relating to thermal and thermo mechanical properties of polymers (IUPAC Recommendations 2013), *Pure Appl. Chem.* **85** (2013) 1017–1046, doi: <http://dx.doi.org/10.1351/PAC-REC-12-03-02>. Hrvatski prijevod: J. Macan, Glosar naziva vezanih uz toplinska i termomehanička svojstva polimera (Preporuke IUPAC 2013. Preporuke HDKI i HKD 2015.), *Kem. Ind.* **64** (2015) 263–282, doi: <http://dx.doi.org/10.15255/KUI.2014.004>.

DODATAK: ABECEDNO KAZALO NAZIVLJA (englesko-hrvatsko)

- atmosphere – **atmosfera**
- carrier gas – **plin nosilac*** (vidi u definiciji *tok plina*)
- combined – **kombinirani**
- controlled-rate thermal analysis (CRTA) – **toplinska analiza s upravljanom brzinom zagrijavanja**
- controlled temperature program – **upravljani temperaturni program**
- cooling curve – **krivulja hlađenja**
- DEA → dielectric thermal analysis
- derivative – **derivacijski**
- dielectric thermal analysis (DEA) – **dielektrična toplinska analiza**
- differential – **diferencijalni^P, razlikovni^{IM}**
- differential scanning calorimetry (DSC) – **diferencijalna pretražna kalorimetrija^P, razlikovna pretražna kalorimetrija^{IM}**
- differential thermal analysis (DTA) – **diferencijalna toplinska analiza^P, razlikovna toplinska analiza^{IM}**
- DMA → dynamic mechanical analysis
- DSC → differential scanning calorimetry
- DTA → differential thermal analysis
- dynamic – **dinamički**
- dynamic mechanical analysis (DMA) – **dinamička mehanička analiza**
- EGA → evolved gas analysis
- EGD → evolved gas detection
- emanation thermal analysis (ETA) – **emanacijska toplinska analiza**
- evolved gas analysis (EGA) – **analiza oslobođenih plinova**
- evolved gas detection (EGD) – **detekcija oslobođenih plinova*** (vidi u definiciji *analiza oslobođenih plinova*)
- ETA → emanation thermal analysis
- gas flow – **tok plina**
- heat-flow differential scanning calorimetry (heat-flow DSC) – **diferencijalna pretražna kalorimetrija toplinskog toka^P, razlikovna pretražna kalorimetrija toplinskog toka^{IM}**
- heating curve – **krivulja zagrijavanja**
- isothermal – **izotermni**
- macro- – **makro-*** (vidi u definiciji *mikro-*)
- material – **materijal**
- micro- – **mikro-**
- microbalance – **mikrovaga*** (vidi u definiciji *mikro-*)
- microcalorimeter – **mikrokalorimetar*** (vidi u definiciji *mikro-*)
- microreactor – **mikroreaktor*** (vidi u definiciji *mikro-*)
- microscopic – **mikroskopski*** (vidi u definiciji *mikro-*)
- microstructural – **mikrostrukturni*** (vidi u definiciji *mikro-*)
- microthermal – **mikrotoplinski*** (vidi u definiciji *mikro-*)
- modulated – **modulirani**
- modulated force thermomechanical analysis – **termomehanička analiza s moduliranjem sile*** (vidi u definiciji *s moduliranjem temperature*)
- modulated rate sample-controlled thermal analysis – **uzorkom upravljana toplinska analiza s moduliranjem brzine (zagrijavanja)*** (vidi u definiciji *s moduliranjem temperature*)
- modulated temperature (MT) – **s moduliranjem temperature**
- modulated temperature differential scanning calorimetry (MT-DSC) – **diferencijalna (razlikovna) pretražna kalorimetrija s moduliranjem temperature*** (vidi u definiciji *s moduliranjem temperature*)
- MT → modulated temperature
- MT-DSC → modulated temperature differential scanning calorimetry
- photo- – **foto-**
- power compensation differential scanning calorimetry (power compensation DSC) – **diferencijalna pretražna kalorimetrija s kompenzacijom snage^P, razlikovna pretražna kalorimetrija s kompenzacijom snage^{IM}**
- relaxation – **relaksacija*** (vidi u definiciji *toplinski potaknuta deplarizacija*)
- sample – **uzorak**
- sample-controlled – **uzorkom upravljani**
- sample-controlled thermal analysis (SCTA) – **uzorkom upravljana toplinska analiza*** (vidi u definiciji *uzorkom upravljani*)
- sample-controlled thermogravimetric analysis (SC-TGA) – **uzorkom upravljana termogravimetrijska analiza*** (vidi u definiciji *uzorkom upravljani*)
- scan – **snimak**
- scanning – **pretražni**
- scanning calorimetry – **pretražna kalorimetrija**
- SCTA → sample-controlled thermal analysis
- SC-TGA → sample-controlled thermogravimetric analysis
- simultaneous – **istodobni, simultani**
- static – **statički**
- stepwise – **stepeničasto**
- tan δ – **tg δ**
- TBA → torsional braid analysis
- TD → thermodilatometry

temperature-programmed desorption (TPD) – **temperaturno programirana desorpcija**

temperature-programmed oxidation (TPO) – **temperaturno programirana oksidacija**

temperature-programmed reduction (TPR) – **temperaturno programirana redukcija**

TG → thermogravimetry

TGA → thermogravimetric analysis

thermal analysis curve – **termoanalitička krivulja*** (vidi u definiciji *snimak*)

thermal curve – **toplinska krivulja**

thermally stimulated current (TSC) – **toplinski potaknuta struja**

thermally stimulated depolarization – **toplinski potaknuta depolarizacija**

thermo- – **termo-**

thermoacoustimetry – **termoakustimetrija**

thermoanalytical – **termoanalitički**

thermoanalytical curve – **termoanalitička krivulja*** (vidi u definiciji *toplinska krivulja*)

thermodiffractometry – **termodifraktometrija**

thermodilatometry (TD) – **termodilatometrija**

thermogravimetric analysis (TGA) – **termogravimetrijska analiza**

thermogravimetric curve – **termogravimetrijska krivulja*** (vidi u definiciji *snimak*)

thermogravimetry (TG) – **termogravimetrija**

thermoluminescence (TL) – **termoluminiscencija**

thermomagnetometry – **termomagnetometrija**

thermomanometry – **termomanometrija**

thermomechanical analysis (TMA) – **termomehanička analiza**

thermomicroscopy – **termomikroskopija**

thermooptometry – **thermooptometrija**

thermosonimetry – **termosonimetrija**

thermospectrometry – **termospektrometrija**

TL → thermoluminescence

TMA → thermomechanical analysis

torsional braid analysis (TBA) – **torzijska analiza na pletenici**

TPD → temperature-programmed desorption

TPO → temperature-programmed oxidation

TPR → temperature-programmed reduction

TSC → thermally stimulated current

SUMMARY

ICTAC Nomenclature of Thermal Analysis (IUPAC Recommendations 2014)

Translated by Jelena Macan

The widespread use of thermal analysis (TA) by scientists as a laboratory technique carries with it a working vocabulary. This document is intended to provide those working in the field with a consistent set of definitions to permit clear and precise communication as well as understanding. Included in the document are the definitions of 13 techniques, 54 terms within the glossary, as well as symbols and units.

Keywords

Differential scanning calorimetry, differential thermal analysis, evolved gas analysis, International Confederation for Thermal Analysis and Calorimetry (ICTAC), IUPAC Physical and Biophysical Chemistry Division, sample-controlled thermal analysis, thermal properties, thermodilatometry, thermogravimetry

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

*Nomenclature note
Received June 6, 2014
Accepted July 1, 2015*