

# NOMENKLATURA I TERMINOLOGIJA iz područja polimera i polimernih materijala, VII.

## TERMINOLOGIJA IZ PODRUČJA POLIMERA KOJI SADRŽE LAKO IONIZIRAJUĆE ILI IONSKE SKUPINE I POLIMERA KOJI SADRŽE IONE, VII.3

Preporuke IUPAC 2006.  
Preporuke HDKI i HKD 2009.

Prevela  
VIDA JARM

Recenzenti  
VLADIMIR RAPIĆ  
ANTE JUKIĆ  
ANA ERCEG KUZMIĆ

HDKI / Kemija u industriji  
Zagreb 2009.

## SADRŽAJ

Uvod . . . . .	455
Popis i definicije termina . . . . .	455
Literatura. . . . .	458

**Međunarodna unija za čistu i primijenjenu kemiju, IUPAC**  
**Sekcija za makromolekule**  
**Povjerenstvo za nomenklaturu makromolekula\***  
**Podkomitet za terminologiju makromolekula\*\***

KUI – 20/2009  
 Prispjelo 25. veljače 2009.  
 Prihvaćeno 3. lipnja 2009.

## Terminologija iz područja polimera koji sadrže lako ionizirajuće ili ionske skupine i polimera koji sadrže ione\*\*\*, VII. 3

Preporuke IUPAC 2006.

Preporuke HDKI i HKD 2009.

Za tisak priredila radna skupina:

M. Hess<sup>1</sup>, R. G. Jones<sup>2</sup>, J. Kahovec<sup>3</sup>, T. Kitayama<sup>4</sup>, P. Kratochvíl<sup>3</sup>, P. Kubisa<sup>5,+</sup>, W. Mormann<sup>6</sup>, R. F. T. Stepto<sup>7</sup>, D. Tabak<sup>8</sup>, J. Vohlřídál<sup>9</sup> i E. S. Wilks<sup>10</sup>

<sup>1</sup> Universität Duisburg-Essen, Duisburg, Germany; <sup>2</sup> University of Kent, Canterbury, Kent, UK; <sup>3</sup> Ústav Makromolekulární Chemie, Akademie ved České Republiky, Praha, Czech Republic; <sup>4</sup> Osaka University Toyonaka, Osaka, Japan; <sup>5</sup> Centrum Badan Molek. i Makromolek., Polska Akademia Nauk, Łódź, Poland; <sup>6</sup> Universität Gesamthochschule Siegen, Siegen, Germany; <sup>7</sup> University of Manchester and UMIST, UK; <sup>8</sup> Praca Pio X, Candelaria, Rio de Janeiro, Brasil; <sup>9</sup> Universita Karlova, Praha, Czech Republic; <sup>10</sup> 113 Meriden Drive, Canterbury Hills, Hockessin, DE, 19707, USA

Prevela: VIDA JARM\*\*\*\*

Rudolfa Bičanića 18, 10000 Zagreb, Hrvatska

**Sažetak:** U ovom su izvješću definirani najčešće rabljeni termini iz područja polimera koji sadrže lako ionizirajuće ili ionske skupine i polimera koji sadrže ione. Sadržaj izvješća je ograničen na organske polimere. Anorganski materijali poput određenih fosfata, silikata, itd., koji se također mogu smatrati polimerima, nisu obuhvaćeni u ovom izvješću. Odabrani su samo termini koji se najčešće rabe za polimere s lako ionizirajućim ili ionskim skupinama i polimere koji sadrže ione, i to samo termini koji se mogu jasno i jednoznačno definirati. Uz definicije termina u ovom izvješću navedeni su i drugi izvori definicija.

**Ključne riječi:** ionski polimeri, polielektroliti, ionomeri, polikiselina, polibaza.

\* Članovi Povjerenstva za nomenklaturu makromolekula (postojala do 2002.) i tijekom pripreme ovog izvješća (1996.–2005.):

**Naslovni članovi:** M. Barón (Argentina, naslovni član od 1996., tajnik od 1998.); K. Hatada (Japan, do 1997., pridruženi član do 1999.); M. Hess (Njemačka, pridruženi član od 1996., naslovni član od 1998., predsjednik od 2000.); K. Horie (Japan, pridruženi član od 1996., naslovni član od 1998.); R. G. Jones (UK, po potrebi naslovni član do 1997., naslovni član od 1998.); J. Kahovec (Češka, do 1999.); P. Kubisa (Poljska, pridruženi član od 1996., naslovni član od 2000.); E. Maréchal (Francuska, naslovni član do 1999, pridruženi član 2000.–2001.); I. Meisel (Njemačka, pridruženi član od 1998., naslovni član od 2000.); W. V. Metanomski (SAD, do 1999.); C. Noël (Francuska, do 1997.); V. P. Shibaev (Rusija, pridruženi član do 1999.); R. F. T. Stepto (UK, predsjednik do 1999.); E. S. Wilks (SAD, pridruženi član od 1998., naslovni član od 2000.); J. Work (SAD, tajnik od 1997.).

## Uvod

U ovom su izvješću definirani termini uobičajeni u području polimera koji sadrže lako ionizirajuće ili ionske skupine i polimera koji sadrže ione. Anorganski materijali poput određenih fosfata, silikata, itd., koji se također mogu smatrati polimerima, nisu obuhvaćeni u ovom izvješću. Obradeni su samo termini koji se mogu jasno i jednoznačno definirati. Termini čije se definicije mogu naći u ovom izvješću tiskani su kurzivom.

## Popis i definicije termina

### 1. amfolitni polimer, poliamfolit (ampholytic polymer, polyampholyte)

*Polielektrolit* koji čine makromolekule s kationskim i anionskim skupinama ili s odgovarajućim skupinama koje lako ioniziraju.

*Opaska:*

Amfolitni polimer u kojemu su ionske skupine suprotnog predznaka ugrađene u iste bočne skupine naziva se, ovisno o strukturi bočnih skupina, *zwitterionski polimer*, *polimerna unutarnja sol* ili *polibetain*.

### 2. polimerni anionski izmjenjivač (anion-exchange polymer)

Vidi također *polimerni ionski izmjenjivač*.

### 3. anionski polimer (anionic polymer)

Polimer negativno nabijenih makromolekula i ekvivalentne količine protuiona.

*Opaske:*

1. Ukoliko znatan udjel konstitucijskih (gradivnih) jedinica *anionskog polimera* nosi negativne naboje, onda je taj polimer *polielektrolit*.

2. Polimer dobiven anionskom polimerizacijom ne bi se smio nazivati *anionski polimer*.

\*\* *Drugi članovi Podkomiteta za terminologiju makromolekula koji su pridonijeli ovom izvješću:* M. Barón (Argentina, tajnik do 2003.); G. Allegra (Italija); A. Fradet (Francuska); J. He (Kina); K.–H. Hellwich (Njemačka); K. Horie (Japan); A. D. Jenkins (UK); J.–I. Jin (Koreja); R. G. Jones (UK); I. Meisel (Njemačka); W. V. Metanomski (SAD); G. Moad (Australija); S. Penczek (Poljska); M. Rinaudo (Francuska); S. Slomkowski (Poljska); W. J. Work (SAD).

Izvješću je pridonio također: B. Grady (SAD).

\*\*\* Terminology of Polymers Containing Ionizable or Ionic Groups and of Polymers Containing Ions, *Pure Appl. Chem.*, Vol. **78**, No. 11, (2006) 2067–2074. doi: 1351/pac200678112067; © 2006 IUPAC

\*\*\*\* Suradivali su članovi Potkomisije za terminologiju i nomenklaturu polimera HDKI-a i HKD-a: Marica Ivanković, Jelena Macan, Zorica Vekslji i Elvira Vidović

+ Autor za prepisku: E-mail: pkubisa@bilbo.cbmm.lodz.pl

#### 4. polimerni kationski izmjenjivač (cation-exchange polymer)

Vidi također *polimerni ionski izmjenjivač*

#### 5. kationski polimer (cationic polymer)

Polimer pozitivno nabijenih makromolekula i ekvivalentne količine protuiona.

*Opaske:*

1. Ukoliko znatan udjel konstitucijskih (gradivnih) jedinica *kationskog polimera* nosi pozitivne naboje, onda je taj polimer *polielektrolit*.
2. Pozitivni se naboji mogu nalaziti na skupinama glavnog lanca kao u *ionenu* ili na bočnim skupinama.
3. Polimer dobiven kationskom polimerizacijom ne bi se smio nazivati *kationski polimer*.

#### 6. vodljivi polimerni kompozit (conducting polymer composite)

Električki vodljivi kompozit sastavljen od nevodljive polimerne matrice i neke električki vodljive tvari.

*Opaska:*

Primjeri električki vodljivih tvari jesu čađa i metalne čestice. Vidi također *čvrsti polimerni elektrolit*.

#### 7. kritična koncentracija iona u ionomeru (critical ion-concentration in an ionomer)

Koncentracija ionskih skupina u ionomernoj matrici iznad koje nastupa stvaranje ionskih nakupina (agregata).

#### 8. dopand (dopant)

Prijenosnik naboja upotrijebljen da bi oksidacijom ili redukcijom potaknuo nastajanje pozitivnih ili negativnih naboja u intrinzički vodljivom polimeru.

*Opaska:*

Primjeri dopanada-oksidanasa jesu  $\text{AsF}_5$  ili  $\text{I}_2$ . Oni stvaraju kationske radikale na lancima *intrinzički vodljivog polimera* (tzv. šupljine), a primjer dopanda-reducensa je otopina natrijevog naftalenuidila u tetrahidrofuranu koji stvara anionske radikale na lancima *intrinzički vodljivog polimera*.

\* Izraz je "posuđen" iz fizike poluvodiča, a u terminologiji vodljivih polimera označava agens koji se upotrebljava da bi se oksidacijom ili redukcijom stvorili pozitivni ili negativni naboji u intrinzički vodljivom polimeru, i dobili protuioni za uravnoteživanje naboja oksidiranog ili reduciranog polimera.

#### 9. dopiranje (doping)

Proces oksidacije ili redukcije potaknut dopandom (primjesom).

\* Ugradnja dopanda, tj. protu-iona za uravnoteženje oksidiranog/reduciranog polimera.

#### 10. električki vodljivi polimer (electrically conducting polymer)

Polimerni materijal koji posjeduje unutarnju električnu vodljivost.

*Opaska:*

Definicija je ista kao i definicija u 3.2 u lit. cit.1.

\* Polimerni materijal koji posjeduje električnu vodljivost zbog oksidacije ili redukcije izvorno intrinzičkog polimera. Ovisno o stupnju oksidacije/redukcije električki vodljivi polimeri posjeduju vodljivost usporedivu s vodljivošću metala. Stoga vodljivi polimeri pripadaju grupi sintetskih metala. Oni su elektronski vodiči.

#### 11. halatopolimer (halatopolymer)

Vidi *halato-telehelični polimer*

#### 12. halato-telehelični polimer (halato-telechelic polymer)

Polimer sastavljen od linearnih makromolekula s ionskim ili lako ionizirajućim završnim skupinama.

*Opaske:*

1. Naziv *halato-telehelični polimer* označava polimer sastavljen od makromolekula čije su završne skupine stabilni (dugo-živi) ioni ili lako ionizirajuće skupine, kao što su karboksilatne ili kvaterne amonijeve skupine. Naziv se ne bi smio rabiti za polimerne molekule čije su završne skupine prijelazni intermedijari u ionskim polimerizacijama potaknutim difunkcijskim inicijatorima.

2. Naziv *halatopolimer* rabi se za linearne polimere nastale povezivanjem halatoteleheličnih polimernih molekula, npr. linearni polimer nastao vezanjem karboksilatnih završnih skupina dvovalentnim metalnim kationima<sup>2</sup>.

#### 13. intrinzički vodljivi polimer (intrinsically conducting polymer)

*Električki vodljivi polimer* sastavljen od makromolekula čije lance čine sekvencije potpuno konjugiranih dvostrukih veza.

*Opaske:*

1. Električna vodljivost *intrinzički vodljivog polimera* usporediva je s vodljivošću nekih metala, a potječe od makromolekula koje su dobile pozitivne ili negativne naboje oksidacijskim ili redukcijskim djelovanjem prisutnog donora ili akceptora (prijenosnika naboja) zvanog *dopand* (primjesa).

2. Primjeri *intrinzički vodljivih polimera* jesu poliacetilen, politiofen, polipirol ili polianilin.

3. Za razliku od *polimernih elektrolita*, u kojima se naboj prenosi otopljenim ionima, naboj se u *intrinzički vodljivim polimerima* prenosi uzduž i između polimernih molekula preko nastalih nosača naboja (tj. šupljina, elektrona).

4. Treba razlikovati *intrinzički vodljivi polimer* od *vodljivog polimernog kompozita* i *čvrstog polimernog elektrolita*.

\* Intrinzički vodljivi polimer sastoji se od makromolekula koje posjeduju potpuno konjugirane dvostruke veze uzduž lanca sa sekvencijama koje mijenjaju smjer toka dvostruke veze, tj. stvaraju defekt (grešku) u konjugiranom lancu stva-

\* Primjedbe prof. dr. sc. Lj. Duić u cilju boljeg pojašnjenja pojmova. Ovi tekstovi nisu u izvornom IUPAC- ovom izvješću.

rajući "soliton" kao vrstu koja pod utjecajem električnog polja omogućava prijenos naboja (npr. u poliacetilenu) ili stvarajući defekt "polaron" (npr. u polipirolu i politiofenu) i/ili "bipolaron" (npr. u polianilinu) kao vrste koje također omogućavaju prijenos naboja. Svi ovi defekti omogućavaju prijenos elektrona uzduž polimernog lanca.

Električna vodljivost intrinzički vodljivog polimera je vrlo niska u usporedbi s metalnom vodljivošću i tek nakon kemijske ili elektrokemijske oksidacije ili redukcije, čime se stvaraju dodatni defekti, električna vodljivost raste za redovite veličine sve do vrijednosti koje posjeduju metali. Polimeri koji ne udomljuju defekte su izolatori.

#### 14. polimer koji sadrži ione (ion-containing polymer)

Vidi *ionski polimer*.

#### 15. ionen (ionene)

Polimer sastavljen od makromolekula u kojima su ionizirane ili ionske skupine sastavni dijelovi glavnih lanaca.

*Opaska:*

Najčešće ionske skupine u ionenima su kvaterne amonijeve skupine.

#### 16. ionsko izmjenjivačka membrana (ion-exchange membrane)

Vid *polimerni ionski izmjenjivač*.

#### 17. polimerni ionski izmjenjivač (ion-exchange polymer)

Polimer koji može izmjenjivati ione (katione ili anione) s ionima u otopini.

*Opaske:*

1. Definicija je ista kao definicija 2.2 u lit. cit. 1
2. Za ionsko izmjenjivanje vidi lit. cit. 4.
3. Ovisno o vrsti iona koji se izmjenjuje polimer se naziva *polimerni anionski izmjenjivač* ili *polimerni kationski izmjenjivač*.
4. Ionski oblik *polimernog ionskog izmjenjivača* može se također nazvati *polianion* ili *polikation*.
5. Sintetski polimerni ionski izmjenjivači često su umreženi *polielektroliti*.
6. Membrane s ionsko izmjenjivačkim skupinama nazivaju se *ionsko izmjenjivačke membrane*.
7. Ne preporučuje se uporaba naziva *ionsko izmjenjivačke smole* umjesto naziva *polimerni ionski izmjenjivač*.

#### 18. ionske nakupine u ionomeru, ionski agregati u ionomeru, (ionic aggregates in an ionomer)

Područja (domene) obogaćena ionskim skupinama u ionomernoj matrici.

#### 19. ionski polimer (ionic polymer, ion-containing polymer)

Polimer sastavljen od makromolekula koje sadrže ionske ili lako ionizirajuće skupine, ili obje, bez obzira na prirodu, udjel i položaj tih skupina.

Sinonim: *polimer koji sadrži ione*

#### 20. ionomer (ionomer)

Polimer sastavljen od makromolekula u kojima mali, ali značajan dio konstitucijskih (gradivnih) jedinica sadrži ionske ili lako ionizirajuće skupine, ili obje.

*Opaske:*

1. Definicija je ista kao definicija 1.66 u lit. cit. 3.
2. Ionske su skupine redovito prisutne u dovoljnoj količini (obično manje od 10 % konstitucijskih jedinica) da uzrokuju mikro-fazno odjeljivanje ionskih domena od kontinuirane polimerne faze. Ionske domene djeluju kao fizikalna umreženja.

#### 21. ionomerni klaster (ionomer cluster)

Ionska nakupina (agregat) u polimernoj matrici slabe polarnosti, nastala interakcijama ionomernih multiplleta.

*Opaske:*

1. Pokretljivost polimernih segmenata koji okružuju multiplete manja je nego li pokretljivost polimerne mase. S povećanjem udjela iona, raste brojčana gustoća multiplleta, dovodeći do preklapanja područja ograničene pokretljivosti oko multiplleta i do stvaranja klastera (grozdova).
2. Tipično, ionomer pokazuje dvije temperature staklastog prijelaza ( $T_g$ ), jednu za nepolarnu kontinuiranu polimernu fazu, a drugu za klaster (grozdove).

#### 22. ionomerni multiplet (ionomer multiplet)

Ionska nakupina (agregat) u polimernoj matrici slabe polarnosti, nastala spajanjem ionskih parova u ionomeru.

#### 23. polikiselina (polyacid)

U polimernoj terminologiji to je polielektrolit čije makromolekule sadrže znatan dio konstitucijskih (gradivnih) jedinica s kiselinskim skupinama.

*Opaska:*

Najčešće kiselinske skupine jesu:  $-\text{COOH}$ ,  $-\text{SO}_3\text{H}$  ili  $-\text{PO}_3\text{H}_2$ .

#### 24. poliamfolit (polyampholyte)

Vidi *amfolitni polimer*.

#### 25. polibaza (polybase)

U polimernoj terminologiji to je polielektrolit čije makromolekule sadrže znatan dio konstitucijskih (gradivnih) jedinica s baznim skupinama.

*Opaska:*

Najčešće bazne skupine su amino skupine.

#### 26. polibetain (polybetaine)

*Amfolitni polimer* u kojemu bočne skupine imaju strukturu betaina.

*Opaska:*

1. Za definicije betainske strukture vidi lit. cit. 4.
2. *Polibetain* je tip *zwitterionskog polimera*.



**27. polielektrolit** (polyelectrolyte)

Polimer sastavljen od makromolekula sa znatnim udjelom konstitucijskih (gradivnih) jedinica koje sadrže ionske i/ili lako ionizirajuće skupine.

*Opaske:*

1. Definicija 24 je u skladu s definicijom 1.65, lit. cit. 3, a bolja je od definicije navedene u lit. cit. 4.
2. Nazivi polielektrolit, polimer-elektrolit i *polimerni elektrolit* se ne bi smjeli brkati s nazivom *čvrsti polimerni elektrolit*.
3. Polielektroliti mogu biti sintetski i prirodni. Primjeri prirodnih polielektrolita jesu: nukleinske kiseline, proteini, teihojne kiseline, neki polipeptidi i neki polisaharidi.

Sinonimi: *polimerni elektrolit*.

**28. polielektrolitni kompleks** (polyelectrolyte complex)

Neutralni kompleks polimer-polimer sastavljen od makromolekula koje nose naboje suprotnog predznaka uzrokujući njihovo povezivanje elektrostatskim interakcijama.

*Opaska:*

*Polielektrolitni kompleks* se također naziva polisol. Uporaba tog naziva se ne preporučuje.

**29. polielektrolitna mreža** (polyelectrolyte network)

Polimerna mreža sa znatnim udjelom konstitucijskih (gradivnih) jedinica koje sadrže ionske ili lako ionizirajuće skupine.

*Opaske:*

1. Polielektrolitna mreža se gdjekada naziva umreženi polielektrolit. Uporaba tog naziva se ne preporučuje, osim ako je polielektrolitna mreža nastala umrežavanjem postojećih makromolekula polielektrolita, a ne nelinearnom polimerizacijom. (Vidi definiciju umrežavanje 1.59 u lit. cit 3).
2. Za razliku od *polielektrolita*, polielektrolitna mreža je uvijek netopljiva iako pri uranjanju u otapalo može nastupiti bubrenje ili skupljanje.
3. Polielektrolitna mreža može u dodiru s otopinom soli izmjenjivati ione (katione ili anione) s ionskim vrstama u otopini, pa djeluje kao ionski izmjenjivač. Zato se polielek-

trolitna mreža često opisuje kao polimerni ionski izmjenjivač.

**30. polimerni elektrolit, polielektrolit** (polymer electrolyte)

Vidi *polielektrolit*.

**31. polimerni elektrolit** (polymeric electrolyte)

Vidi *polielektrolit*.

**32. polimerna unutarnja sol** (polymeric inner salt)

Vidi *zwitterionski polimer*.

**33. čvrsti polimerni elektrolit** (solid polymer electrolyte)

Električki vodljiva otopina soli u polimeru.

*Opaske:*

1. Primjer *čvrstog polimernog elektrolita* je otopina litijeve soli u poli(oksietilenu); ionsku vodljivost tog materijala uzrokuje pokretljivost litijevih kationa i njihovih protuiona u električnom polju.
2. Iako se rabi pridjev "čvrsti", tvar može biti i kapljevit.
3. Naziv *čvrsti polimerni elektrolit* ne smije se miješati s nazivom *polimerni elektrolit*.
4. Vidi također *vodljivi polimerni kompozit*.

**34. zwitterionski polimer** (zwitterionic polymer)

*Amfolitni polimer* koji sadrži ionske skupine suprotnog predznaka, najčešće na istim bočnim skupinama.

**Literatura:**

1. IUPAC, *Pure Appl. Chem.* **76** (2004) 889. Hrvatski prijevod V. Jarm, *Kem. Ind.* **58** (10) 441–452 (2009).
2. M. S. Alger (Ed.), *Polymer Science Dictionary*, Elsevier Applied Science, London (1990).
3. IUPAC, *Pure Appl. Chem.* **68** (1996) 2287. Hrvatski prijevod V. Jarm, *Kem. Ind.* **47**(12) B5-B20 (1998).
4. IUPAC, *Compendium of Chemical Terminology* (the "Gold Book"), 2<sup>nd</sup> ed. compiled by A. D. McNaught, A. Wilkinson, Blackwell Science Oxford (1997). "Gold Book" online <http://www.iupac.org/publications/compendium/index.html>.

#### SUMMARY

### **Terminology of Polymers Containing Ionizable or Ionic Groups and of Polymers Containing Ions, VII.3** (IUPAC Recommendations 2006)

*V. Jarm*

The class of ionic polymers has widespread application in many areas of everyday life, in industrial production, and in the processes of living matter. The properties of ionic polymers depend on the polymer structure, and the nature, content, and location of the ionic groups. To clear differences among various ionic polymers, the IUPAC recommendations present 34 definitions for the ionomer, polyacid, polybase, polyampholytic polymer, ion-exchange polymer, polybetaine, polyelectrolyte, intrinsically conducting polymer, solid polymer electrolyte, etc.

*Rudolfa Bičanića 18,  
10000 Zagreb, Croatia*

*Received: February 25, 2009  
Accepted: June 6, 2009*