

KARAKTERISANJE POLIMERA

U povodu prvog izdanja udžbenika **Karakterisanje polimera**, autora dr Slobodana Jovanovića i dr Katarine Jeremić, Izdavač TMF, Beograd 2007.

Posle dužeg vremena napokon se pojavio udžbenik *Karakterisanje polimera* u kome je satkano dugogodišnje iskustvo autora u držanju nastave i radu sa studentima IV godine Tehnološko-metalurškog fakulteta, profil Organska hemijska tehnologija i polimerno inženjerstvo, na predmetu Karakterisanje makromolekula. Osnovnoj postavci i razvoju ovog predmeta kao i udžbeničkog materijala, počev od internih skripti koje su stalno inovirane do poslednje verzije iz koje je proizašla i ova knjiga, najviše su doprineli sami autori, profesor Slobodan Jovanović, a potom Katarina Jeremić. Njima dugujemo najveću zahvalnost za novi udžbenik iz oblasti karakterisanja polimera, a koji je prema mom saznanju prvi udžbenik takve vrste na našem jeziku.

Udžbenik *Karakterisanje polimera* napisan je na 410 strana. Rukopis je podeljen u devet poglavlja i Prilog, grupisan u tri celine: "Kvalitativna analiza polimera", "Skracenicice i oznake polimera", kao i tabela sa nazivom "Neka svojstva polimera". Na kraju teksta nalazi se spisak literature, kako opšte tako i literature koja se preporučuje za pojedina poglavlja.

U prvom poglavlju "Polimeri u rastvoru" date su definicije razblaženih, idealnih i realnih rastvora polimera. Prikazane su Flori-Haginsova i Flori-Krigbaumova teorija polimernih rastvora. A zatim je objašnjeno teta stanje, razdvajanje faza, uticaj temperature na razdvajanje faza kao i pojmovi gornje i donje kritične temperature rastvaranja. Pored toga objašnjeno je da veličina i oblik makromolekula u rastvoru ne zavise samo od hemijskog sastava i molarne mase već su određeni i oblikom i konformacijom makromolekula. Definisani su parametri koji određuju veličinu nasumičnog klupka odnosno rastojanje između krajeva lanaca i poluprečnik inercije, kao i funkcije raspodele krajeva lanaca. Zatim je definisan parametar rastvorljivosti kao i načini njegovog određivanja.



Definisani su pojmovi gela i bubrenje umreženih polimera, a takođe je prikazana veza između parametara polimerne mreže i stepena bubrenja. Zatim su definisani osnovni pojmovi vezani za viskoznost tečnosti, počev od definicije njutnovskih i nenjutnovskih tečnosti do načina eksperimentalnog određivanja viskoznosti tečnosti. Objašnjeno je ponašanje koncentrovanih disperzija i rastvora polimera kao i pojmovi tiksotropije i reopeksije. Na kraju je analiziran uticaj koncentracije i molarne mase polimera na viskoznost koncentrovanih rastvora polimera.

U drugom poglavlju "Molarna masa i raspodela molarnih masa" date su definicije srednjih vrednosti molarne mase. Objašnjen je pojam polidisperznosti i raspodele molarnih masa polimera. Zatim su prikazane metode koje se koriste za određivanje molarnih masa, a baziraju se na analizi sadržaja krajnjih grupa i na koligativnim svojstvima rastvora polimera tj. osmometrija napona pare, krioskopija i ebullioskopija. Pokazano je da se merenjem intenziteta rasute svetlosti u rastvorima polimera mogu odrediti molarna masa M_w , poluprečnik inercije R_g , drugi virijalni koeficijent A_2 , koeficijent difuzije D , i hidrodinamički poluprečnik R_h . Potom je detaljno objašnjeno određivanje molarne mase polimera pomoću ultracentrifuge. U odeljku posvećenom

određivanju molarnih masa merenjem viskoznosti razblaženih rastvora prvo su definisani osnovni pojmovi i terminologija razblaženih rastvora i disperzija, a zatim je prikazano određivanje graničnog viskozitetnog broja kao i određivanje molarne mase iz graničnog viskozitetnog broja i na kraju je analiziran uticaj strukture makromolekula i temperature na hidrodinamičku zapreminu makromolekula i granični viskozitetni broj. Naglašeno je da raspodela molarnih masa polimera ima odlučujući uticaj na njegovo ponašanje u rastvoru, rastopu i čvrstom stanju. Prikazane su metode određivanja raspodele molarnih masa frakcionim taloženjem, turbidimetrijskom titracijom, kao i metodom gel propusne hromatografije. Na kraju je prikazana takozvana masena spektroskopija vremena leta jona (MALDI-TOF-MS) koja se koristi za određivanje molarnih masa i raspodele molarnih masa. Poznato je da razgranatost strukture polimera utiče na ponašanje i svojstva polimera, te su detaljno opisane metode koje se koriste za određivanje sadržaja kratkih i dugih bočnih grana.

U trećem poglavlju "Fizička stanja polimera i nadmolekulska struktura" prvo je data termodinamička definicija faze, a potom definicija zasnovana na stepenu srednosti i objašnjeno je da je za definisanje polimera neophodno uvesti pojam fizičkih stanja jer agregatna i fazna stanja nisu bila dovoljna za definisanje svih stanja polimera. Polimeri se mogu naći u tri fizička stanja: staklastom, gumolikom i tečno-viskoznom. Objašnjen je pojam temperature ostakljivanja i analiziran je uticaj velikog broja faktora na T_g . Zatim je diskutovan uticaj molekulske strukture kao i spojašnjih faktora na nadmolekulsku strukturu polimera, odnosno prostornu sredenost makromolekula. Prikazane su metode koje se koriste za određivanje stepena kristalnosti kao što su merenje gustine, rentgenografija i infracrvena spektroskopija. Na kraju su prikazane mikroskopske metode, počev od principa rada i mogućnosti konvencionalnih optičkih i elektronskih mikroskopa, do mikroskopa sa pokretnom sondom.

U poglavlju "Mehanička svojstva polimera" prikazana su svojstva polimera u čvrstom stanju. Date su definicije napona i deformacija kao i veza između njih. Prikazane su osnovne vrste elastičnih deformacija. Definirani su moduli i kompliance kao i veza između njih. Zatim je objašnjen pojam relaksacionih stanja polimera. Prikazani su mehanički modeli koji se koriste za opisivanje viskoelastičnog ponašanja polimera. Takođe su prikazane eksperimentalne tehnike za određivanje relaksacije napona i pužanja. Zatim su predstavljena dinamičko-mehanička ispitivanja počev od principa rada do eksperimentalnih metoda. Analiziran je uticaj temperature i vremena na reološko ponašanje viskoelastičnih materijala. Prikazan je princip superpozicije uticaja temperature i vremena po Arenijusu i prema WLF jednačini kao i zavisnost pokazatelja reološkog ponašanja od pokazatelja molekulske strukture. Takođe je detaljno analizirana zavisnost napona od deformacije kao jedna od najčešće korišćenih metoda ispitivanja mehaničkih osobina. Na kraju su prikazane metode za ispitivanje pritiskivanjem, ispitivanje žilavosti ili otpornosti na udar, određivanje tvrdoće kao i otpornosti polimera na zamaranje i frikciju.

U petom poglavlju koje se odnosi na "Termička svojstva polimera i njihovo određivanje", prvo su definisane veličine stanja i objašnjene su njihove promene sa temperaturom. U okviru termičkih svojstava polimera analiziraju se fazni i drugi prelazi, termičko širenje, toplotni kapacitet, provođenje toplote, postojanost oblika, zapaljivost i gorenje i sva ta svojstva određuju oblast primene i cenu polimernih proizvoda. Prvo je analizirana promena zapremine i gustine polimera sa temperaturom, a zatim su navedene metode koje omogućavaju njihovo praćenje kao što su piknometri i razni dilatometri. Zatim su detaljno opisane metode koje se koriste za termičko karakterisanje polimera: diferencijalna termička analiza – DTA, diferencijalna skenirajuća kalorimetrija – DSC, termogravimetrija – TG, termomehanička analiza – TMA. Na kraju je prikazano ponašanje polimera pri gorenju, kao i metode koje omogućavaju da se odredi temperatura paljenja polimera, temperature samopaljenja i vrednost graničnog indeksa kiseonika.

U šestom poglavlju "Dielektrična svojstva polimera" objašnjeno je

da se polimeri u električnom polju uglavnom ponašaju kao izolatori odnosno dielektrici. Poslednjih trideset godina intenzivno se izučavaju elektroprovodni polimeri, koji se mogu klasifikovati u dve osnovne grupe: polimerni materijali sa elektronskom provodljivošću i polimerni materijali sa jonskom provodljivošću. Zatim su definisani pojmovi dielektrične čvrstoće, zapreminske i površinske otpornivosti. Takođe je definisana i električna permitivnost (dielektrična konstanta), a zatim pojam molarne polarizacije i relaksacije dielektrika. Objasnjeno je ponašanje polimera u promenljivom električnom polju kao i dielektrične relaksacije u čvrstim polimerima. Na kraju su prikazane metode koje se koriste za određivanje električne permitivnosti: pomoću Šeringovog mosta kao i pomoću rezonantnih metoda. Pokazano je da izučavanje električnih svojstava pruža mogućnost ispitivanja dinamike molekula, a time i razumevanja ponašanja na molekulskom nivou.

U sedmom poglavlju posvećenom "Optičkim svojstvima polimera" naglašeno je da su optička svojstva polimera posledica interakcije sa elektromagnetnim poljem svetlosti. Date su definicije prelamanja, refleksije, apsorpcije, transparentnosti i rasipanja svetlosti. Naglašeno je da prelamanje, reflektovanje i apsorpcija svetlosti uglavnom zavise od prosečnih svojstava materijala, dok rasipanje svetlosti zavisi od lokalnog odstupanja svojstava od srednjih svojstava ispitivanog materijala. Zatim su prikazani instrumenti za određivanje propustljivosti svetlosti polimernih i drugih materijala. Na kraju su definisani sjaj i mutnoća i objašnjen je uticaj hrapavosti površine na način reflektovanja svetlosti. Definisan je pojam dvojnog prelamanja svetlosti kao i njegova primena za određivanje stepena orijentacije kristalita i polimernih lanaca u vlaknima kao i za analizu zaostalih napona u polimernim materijalima. Na kraju je objašnjen pojam totalne refleksije kao i primena amorfnih polimera za izradu optičkih vlakana.

Osmo poglavlje je posvećeno "Viskoznosti rastopa polimera". Navedeno je da je poznavanje zavisnosti viskoznosti rastopa polimera od temperature, pritiska, brzine proticanja, molarne mase i raspodele molarnih masa kao i od strukture polimera od suštinske važnosti za proizvodnju i preradu polimera. Detaljno je prikazana metoda kapilarne reometrije koja se koristi za određivanje viskoznosti rastopa polimera

kao i za analizu fenomena vezanih za ekstrudat polimera, tj. bubenje i izgled ekstrudata. Na kraju su prikazane metode koje se koriste za određivanje masene brzine proticanja rastopa i zapreminske brzine proticanja rastopa polimera kroz kapilaru pod definisanim uslovima, a našle su primenu u kontroli kvaliteta polimernih materijala i njihove termičke postojanosti.

U devetom poglavlju pod nazivom "Propustljivost polimera za gasove i pare i vezivanje vode" naznačeno je da poznavanje transporta gasova i para kroz polimerne materijale pored naučnog ima i praktični značaj i da brzina transporta zavisi od hemijske strukture i nadmolekulske strukture polimera, temperature kao i od veličine i vrste penetranta. Za eksperimentalno određivanje koeficijenta difuzije i koeficijenta propustljivosti nekog polimera za gasove i pare prikazane su manometarska metoda i metoda sa inertnim gasom kao nosačem.

Na kraju bih istakla da udžbenik *Karakterisanje polimera* predstavlja odličan tekst, jer pruža neophodna fundamentalna znanja iz oblasti karakterisanja polimera kroz razmatranje svojstava polimera kako u čvrstom stanju tako i u rastvoru i rastopu, kao i kroz analizu uticaja različitih faktora uključujući i molekulsku i nadmolekulsku strukturu na svojstva polimernih materijala. Na veoma jasan način su prikazane teorijske osnove karakterisanja polimera poznate iz drugih prirodnih nauka, a posebno je dragoceno ukazivanje na specifičnosti polimernih materijala u odnosu na druge materijale. Zatim, prikazane su savremene eksperimentalne metode koje se koriste za karakterisanje polimera, počev od principa rada do analize mogućnosti koje pružaju pojedine metode. Lakota čitanja i boljem razumevanju teksta doprinele su brojne slike i tabelarni prikazi.

Sa velikim zadovoljstvom preporučujem ovaj veoma interesantan, savremen i dobro opremljen udžbenik ne samo studentima Tehnološko-metalurškog fakulteta već i studentima svih drugih fakulteta u Srbiji gde se izučava nauka o polimerima, kao i istraživačima u institutima ili privredi koji se bave izučavanjem nauke o polimerima ili njene primene u proizvodnji ili preradi.

Beograd, 21.11.2007. godine

Jasna Đonlagić