

SADRŽAJ

i. PREDGOVOR vii UVOD

1.	POLIMERI U RASTVORU (S. Jovanović)	1
1.1.	Uvod	1
1.2.	Idealni i realni rastvori	4
1.3.	Model rešetke i Flori-Haginsova teorija rastvora polimera	6
1.3.1.	<i>Primena modela rešetke na rastvore polimera</i>	8
1.3.2.	<i>Energija mešanja za rastvore polimera</i>	11
1.3.3.	<i>Teta stanje</i>	15
1.4.	Razdvajanje faza	17
1.5.	Gornja i donja kritična temperatura razdvajanja	19
1.6.	Oblik i veličina makromolekula u rastvoru	22
1.7.	Parametar rastvorljivosti	27
1.8.	Bubrenje polimera i nastajanje gela	33
1.8.1.	<i>Veza između parametara mreže i stepena bubrenja</i>	37
1.9.	Viskoznost tečnosti	39
1.9.1.	<i>Osnovni pojmovi</i>	39
1.9.2.	<i>Načini eksperimentalnog određivanja viskoznosti tečnosti</i>	45
1.9.2.1.	<i>Kapilarni viskozimetri</i>	45
1.9.2.2.	<i>Rotacioni viskozimetar</i>	48
1.9.2.3.	<i>Viskozimetri sa padajućom kuglom</i>	49
1.10	Viskoznost koncentrovanih disperzija i rastvora polimera	51
1.10.1.	<i>Pojava tiksotropije i reopeksije</i>	53
1.10.2.	<i>Uspostavljanje veze η_0-c-M za koncentrovane rastvore polimera</i>	56
2.	MOLARNA MASA I RASPODELA MOLARNIH MASA (S. Jovanović)	61
2.1.	Određivanje molarne mase polimera	69
2.1.1.	<i>Određivanje molarne mase polimera analizom krajnjih grupa</i>	69
2.1.2.	<i>Koligativna svojstva rastvora polimera i određivanje molarne mase</i>	73

2.1.2.1.	<i>Određivanje molarne mase polimera merenjem osmotskog pritiska rastvora polimera</i>	74
2.1.2.2.	<i>Određivanje molarne mase polimera osmometrijom napona pare</i>	80
2.1.2.3.	<i>Određivanje molarne mase polimera primenom krioskopije i ebulioskopije</i>	83
2.1.3.	<i>Određivanje molarne mase merenjem intenziteta svetlosti rasute rastvorom polimera</i>	85
2.1.3.1.	<i>Statičko rasipanje svetlosti rastvorima makromolekula za koje je $d < \lambda_0/20$</i>	86
2.1.3.2.	<i>Statičko rasipanje svetlosti rastvorima makromolekula za koje je $d > \lambda_0/20$</i>	88
2.1.3.3.	<i>Eksperimentalno određivanje M_w, A_2 i R_g</i>	90
2.1.4.	<i>Dinamičko rasipanje svetlosti rastvorima polimera</i>	98
2.1.5.	<i>Određivanje molarne mase polimera pomoću ultracentrifuge</i>	105
2.1.5.1.	<i>Određivanje molarne mase merenjem brzine sedimentacije</i>	110
2.1.5.2.	<i>Određivanje molarne mase pri uslovima sedimentacione ravnoteže</i>	118
2.1.6.	<i>Određivanje molarne mase linearnih polimera merenjem viskoznosti razblaženih rastvora</i>	119
2.1.6.1.	<i>Određivanje graničnog viskozitetnog broja</i>	121
2.1.6.2.	<i>Određivanje molarne mase iz graničnog viskozitetnog broja</i>	124
2.1.6.3.	<i>Uticaj strukture makromolekula u rastvoru i temperature na granični viskozitetni broj i funkciju $[\eta]=f(M)$</i>	128
2.1.6.4.	<i>Granični viskozitetni broj i veličina makromolekula u rastvoru</i>	134
2.2.	<i>Određivanje raspodele molarnih masa polimera</i>	137
2.2.1.	<i>Određivanje raspodele molarnih masa polimera frakcionim taloženjem</i>	139
2.2.2.	<i>Određivanje raspodele molarnih masa polimera tehnikom Bejkera i Vilijamsa</i>	145
2.2.3.	<i>Određivanje raspodele molarnih masa turbidimetrijskom titracijom</i>	149
2.2.4.	<i>Određivanje raspodele molarnih masa polimera metodom gelpropusne hromatografije</i>	152
2.2.5.	<i>Određivanje molarne mase i raspodele molarnih masa metodom MALDI-TOF-MS</i>	167
2.2.6.	<i>Frakcionisanje polimera pri laminarnom tečenju rastvora i destovu nekog polja normalnog na pravac tečenja – FFF metoda</i>	172

2.2.7.	Određivanje grananja makromolekula	178
2.2.7.1.	Određivanje kratkih bočnih grana	181
2.2.7.2.	Određivanje dugih bočnih grana	183
2.2.7.3.	Frakcionisanje polietena eluiranjem iz kolone sa inertnog nosača pri različitim temperaturama – TREF metoda	187
3.	FIZIČKA STANJA POLIMERA I NADMOLEKULSKA STRUKTURA (K. Jeremić)	193
3.1.	Fizička stanja polimera	193
3.1.1	Temperatura ostakljivanja	196
3.2.	Nadmolekulska struktura polimera	197
3.2.1	Kristalizacija iz rastvora	201
3.2.2	Kristalizacija iz rastopa	202
3.2.3	Određivanje stepena kristalnosti	203
3.2.3.1	Određivanje vrednosti stepena kristalnosti merenjem gustine	205
3.2.3.2	Određivanje stepena kristalnosti pomoću rendgenografije	205
3.2.3.3	Određivanje stepena kristalnosti pomoću infracrvene spektroskopije (IC)	207
3.2.3.4	Određivanje stepena kristalnosti pomoću diferencijalne skenirajuće kalorimetrije (DSC)	208
3.3.	Mikroskopske metode	208
3.3.1	Optički mikroskop	211
3.3.2	Elektronski mikroskop	212
3.3.2.1	Princip građe elektronskog mikroskopa	212
3.3.2.2	Transmisioni elektronski mikroskop (TEM)	213
3.3.2.3	Skenirajući elektronski mikroskop	217
3.3.3	Mikroskopi sa skenirajućom (pokretnom) sondom	221
3.3.3.1	Osnovni principi rada mikroskopije sa skenirajućom sondom	221
3.3.3.2	Mikroskop atomskih sila (AFM)	222
4.	MEHANIČKA SVOJSTVA POLIMERA (K. Jeremić)	229
4.1.	Uvod	229
4.1.1	Vrste deformacije	230
4.1.2	Relaksaciona svojstva amorfnih polimera	232
4.1.3	Mehanički modeli	233
4.1.4	Metode određivanja mehaničkih svojstava polimera	235
4.2.	Ispitivanje puzanja	236
4.2.1	Eksperimentalno određivanje puzanja	238
4.2.2	Primena teorijskih modela na puzanje	241
4.3.	Ispitivanje relaksacije napona	243

4.3.1.	<i>Eksperimentalno određivanje relaksacije napona</i>	244
4.3.2.	<i>Primena teorijskih modela na relaksaciju napona</i>	246
4.4.	Princip superpozicije vreme – temperatura	247
4.5.	Uticaoj različitih faktora na puzanje i relaksaciju napona	249
4.6.	Dinamičko-mehanička ispitivanja	250
4.6.1	<i>Principi dinamičko-mehaničkih ispitivanja</i>	250
4.6.2	<i>Eksperimentalne metode određivanja dinamičko-mehaničkih svojstava</i>	253
4.6.2.1.	<i>Uređaji sa prinudnim oscilacijama</i>	254
4.6.2.2.	<i>Uređaji sa slobodnim oscilacijama</i>	256
4.6.3.	<i>Uticaoj temperature i vremena na dinamičke module i faktor prigušenja</i>	258
4.7.	Ispitivanje zavisnosti napon-deformacija	262
4.7.1	<i>Metoda istezanja</i>	262
4.7.1.1	<i>Vrste zavisnosti napon – deformacije</i>	262
4.7.1.2	<i>Uticaoj različitih faktora na zavisnost $\sigma - \epsilon$</i>	265
4.7.1.3	<i>Eksperimentalno dobijanje zavisnosti napona istezanja od deformacije</i>	266
4.7.2	<i>Ispitivanje pritiskivanjem</i>	268
4.7.2.1.	<i>Princip postupka ispitivanja pritiskivanjem</i>	268
4.7.2.2	<i>Eksperimentalno dobijanje zavisnosti napona pritiskivanja od deformacije</i>	269
4.8.	Ispitivanje žilavosti (otpornosti na udar)	269
4.8.1.	<i>Principi merenja i vrste metoda</i>	269
4.8.2	<i>Uticaoj različitih faktora na žilavost (otpornost na udar)</i>	271
4.9.	Određivanje tvrdoće	272
4.9.1	<i>Određivanje tvrdoće po Šoru</i>	272
4.9.2	<i>Određivanje tvrdoće po Rokvelu</i>	273
4.10.	Ispitivanje otpornosti polimera na zamaranje	275
4.11.	Ispitivanje frikcije	277
4.12.	Ispitivanje otpornosti na abraziju	277
5.	TERMIČKA SVOJSTVA POLIMERA I NJIHOVO ODREĐIVANJE (S. Jovanović)	279
5.1.	Zapremina i gustina polimera i njihova promena sa temperaturom	282
5.2.	Toplotni kapacitet	288
5.3.	Provođenje toplote	290
5.3.1.	<i>Temperaturska provodnost</i>	294
5.4.	Postojanost oblika pri zagrevanju	295
5.4.1.	<i>Određivanje temperature postojanosti oblika po Martensu</i>	295
5.4.2.	<i>Određivanje temperature postojanosti oblika metodom opisanom standardom DIN EN IZO 75 (HDT metoda)</i>	296

5.4.3.	<i>Određivanje temperature postojanosti oblika po Vikatu</i>	297
5.5.	Termičke metode karakterisanja polimera	298
5.5.1.	<i>Diferencijalna termička analiza – DTA</i>	299
5.5.2.	<i>Diferencijalna skenirajuća kalorimetrija – DSC</i>	302
5.5.3.	<i>Termogravimetrija – TG</i>	308
5.5.4.	<i>Termomehanička analiza – TMA</i>	311
5.5.5.	<i>Određivanje kinetičkih parametara iz rezultata termičke analize polimera, smeše polimera i monomera i smeše monomera</i>	314
5.5.6.	<i>Pravci razvoja termičkih metoda karakterisanja polimera</i>	319
5.6.	Ponašanje polimera pri gorenju	321
6.	DIELEKTRIČNA SVOJSTVA POLIMERA (K. Jeremić)	331
6.1.	Uvod	331
6.2.	Dielektrična čvrstoća	332
6.3.	Zapreminska otpornost	333
6.4.	Površinska otpornost	333
6.5.	Električna permitivnost (dielektrična konstanta)	334
6.5.1	<i>Polarizacija molekula</i>	336
6.5.2	<i>Relaksacija dielektrika</i>	336
6.5.2.1	<i>Ponašanje polimera u promenljivom električnom polju</i>	337
6.5.2.2	<i>Dielektrične relaksacije u čvrstim polimerima</i>	339
6.5.3	<i>Ekperimentalno određivanje električne permitivnosti</i>	341
6.5.3.1	<i>Određivanje električne permitivnosti pomoću Šeringovog mosta</i>	342
6.5.3.2	<i>Određivanje električne permitivnosti pomoću rezonantnih metoda</i>	342
7.	OPTIČKA SVOJSTVA POLIMERA (S. Jovanović)	345
7.1.	Prelamanje, refleksija, apsorpcija, transparentnost i rasipanje svetlosti	345
7.2.	Sjaj i mutnoća	351
7.3.	Dvojno prelamanje	353
7.4.	Totalna refleksija i talasovodi (optička vlakna)	354
8.	VISKOZNOST RASTOPA POLIMERA (K. Jeremić)	357
8.1.	Uvod	357
8.2.	Zavisnost viskoznosti od brzine smicanja	357
8.3.	Uticao molarne mase polimera na viskoznost rastopa	359
8.4.	Uticao temperature na viskoznost rastopa	360
8.5.	Metode merenja	361
8.5.1	<i>Kapilarna reometrija</i>	361

	8.5.1.1 <i>Ponašanje ekstrudata</i>	363
	8.5.2 <i>Određivanje vrednosti MFR i MVR (S. Jovanović)</i>	364
9.	PROPUSTLJIVOST POLIMERA ZA GASOVE I PARE I VEZIVANJE VODE (S. Jovanović)	369
9.1.	Ekperimentalno određivanje koeficijenta difuzije i propustljivosti	373
9.2.	Vezivanje vode polimerima	379
P.	PRILOG	381
P1.	Kvalitativna analiza polimera (K. Jeremić)	381
	<i>P1.1. Priprema uzoraka</i>	381
	<i>P1.2. Ispitivanje rastvorljivosti</i>	383
	<i>P1.3. Određivanje gustine</i>	383
	<i>P1.4. Ponašanje polimernih materijala pri zagrevanju</i>	384
	<i>P1.4.1. Test pirolize</i>	384
	<i>P1.4.2. Test gorenja</i>	384
	<i>P1.4.3. Ponašanje pri topljenju</i>	384
P2.	Skraćenice i oznake polimera (S. Jovanović)	388
P3.	Tabela I. Neka svojstva polimera (K. Jeremić)	392
	Literatura	405