

**Marina Mitić-Zlatković**  
**Danilo B. Popović**

**OSNOVI ORGANSKE HEMIJE**  
**SA ANALITIKOM**

**Niš, 2003.**

Biblioteka: ACADEMIA

Autor:

Dr Marina Mitić–Zlatković, vanredni profesor Fakulteta zaštite na radu, Univerziteta u Nišu

Mr Danilo Popović, asistent Fakulteta zaštite na radu, Univerziteta u Nišu

## OSNOVI ORGANSKE HEMIJE SA ANALITIKOM

Recenzenti:

Dr Radosav Palić, redovni profesor Prirodno– matematičkog fakulteta u Nišu

Dr Gordana Grubor–Lajišić, redovni profesor Prirodno–matematičkog fakulteta, Departmana za biologiju i ekologiju u Novom Sadu,

Dr Siniša Đorđević, redovni profesor Tehnološkog fakulteta u Leskovcu

Glavni i odgovorni urednik:

Prof. dr Nenad Radojković

Likovno–tehnički urednik:

Dipl. ing. arh. Gradimirka Stojiljković–Jovanović

Lektor–korektor:

Dobrila Pavlović, profesor

Dragana Nešić, profesor

Tehnička priprema:

Predrag Vlahović, dipl. biolog

Odlukom Nastavno–naučnog veća Fakulteta zaštite na radu u Nišu, broj 03–166/5 od 04.04.2003. godine, rukopis je preporučen za štampu kao univerzitetski udžbenik.

Izdavač:

Izdavačka jedinica Univerziteta u Nišu, Univerzitetski trg 2

Za izdavača:

Prof. dr Zoran Milenković, rektor Univerziteta u Nišu

Yu ISBN 86–7181–062–3

Tiraž 150 primeraka

Štampa: “SVEN” Niš

# SADRŽAJ

---

## I deo - OSNOVI ORGANSKE HEMIJE

1. OSNOVNI PRINCIPI ORGANSKE HEMIJE	1
UVOD	1
UGLJENIK–OSNOVNI ELEMENT ORGANSKE HEMIJE	1
ELEKTRONSKA KONFIGURACIJA ATOMA UGLJENIKA	3
HIBRIDIZACIJA ATOMA UGLJENIKA	4
$sp^3$ hibridizacija	5
$sp^2$ hibridizacija	6
$sp$ hibridizacija	7
STRUKTURNE FORMULE U ORGANSKOJ HEMIJI	9
Elektronske strukturne formule	9
Kekuleove strukturne formule	9
Racionalne strukturne formule	10
Rezonantne strukture	10
IZOMERIJA	12
Strukturna izomerija	12
Izomerija niza	12
Položajna izomerija	13
Funkcionalna izomerija	14
Tautomerija	14
Stereoizomerija	15
Konformaciona izomerija	15
Geometrijska izomerija	17
Optička izomerija	17
HEMIJSKE REAKCIJE U ORGANSKOJ HEMIJI	19
Reakcije supstitucije	20
Reakcije adicije	21
Reakcije eliminacije	21
Oksidacione i redukcionne reakcije	21
Reakcije polimerizacije	22
Kondenzacione i polikondenzacione reakcije	22
RASKIDANJE KOVALENTNE VEZE	22
REAGENSI U ORGANSKOJ HEMIJI	23
KATALIZA	24
KLASIFIKACIJA ORGANSKIH JEDINJENJA	25
HOMOLOGIJA I HOMOLOGI NIZOVI	28
NOMENKLATURA (IMENOVANJE ORGANSKIH JEDINJENJA)	29
2. UGLJOVODONICI	31
ACIKLIČNI UGLJOVODONICI	31
Alkani	31
Alkeni	38
Nezasićeni ugljovodonici sa dve ili više dvostrukih veza	44

Dieni	44
Polieni	46
Alkini	46
<b>CIKLIČNI UGLJOVODONICI</b>	49
<b>Karbociklični ugljovodonici</b>	50
Cikloalkani	50
Cikloalkeni	54
Ciklični ugljovodonici sa više dvostrukih veza	54
<b>Heterociklični ugljovodonici</b>	56
<b>AROMATIČNI UGLJOVODONICI</b>	57
Benzen i njegovi derivati	58
Policiklična aromatična jedinjenja	64
NAFTA	67
<b>3. ORGANSKA JEDINJENJA SA HALOGENOM FUNKCIJOM</b>	69
Zasićena monohalogenata jedinjenja–alkilhalogenidi	69
Zasićena dihalogenata jedinjenja	72
Zasićena polihalogenata jedinjenja	72
Nezasićena halogenata jedinjenja	73
Ciklična jedinjenja sa halogenom funkcijom	74
Polihlorovani bifenili	74
Metaloorganska jedinjenja	76
<b>4. JEDINJENJA SA FUNKCIONALNOM HIDROKSILNOM GRUPOM</b>	79
<b>ALKOHOLI</b>	79
<b>Monohidroksilni alkoholi</b>	82
Zasićeni monohidroksilni alkoholi	82
Nezasićeni monohidroksilni alkoholi	86
<b>Polihidroksilni alkoholi</b>	87
Dihidroksilni alkoholi (dioli)	87
Trihidroksilni alkoholi (trioli)	90
Alkoholi sa prstenastom strukturom	91
<b>FENOLI</b>	92
<b>ETRI</b>	98
<b>5. JEDINJENJA SA KARBONILNOM FUNKCIJOM</b>	103
<b>ALDEHIDI I KETONI</b>	104
Zasićeni aciklični monoaldehidi i monoketoni	106
<b>6. JEDINJENJA SA FUNKCIONALNOM KARBOKSILNOM GRUPOM</b>	113
<b>KARBOKSILNE KISELINE</b>	113
<b>Aciklične karboksilne kiseline</b>	115
Monokarboksilne kiseline	115
Dikarboksilne kiseline	123
<b>Ciklične karboksilne kiseline</b>	127

<b>DERIVATI KARBOKSILNIH KISELINA</b>	129
<b>Halogenidi kiselina</b>	130
<b>Anhidridi kiselina</b>	131
<b>Amidi kiselina</b>	133
<b>Estri</b>	134
Estri organskih kiselina	134
Voskovi	137
Masti i ulja	138
Estri neorganskih kiselina	142
<b>Lipidi</b>	142
Masne kiseline	143
Fosfolipidi	144
Glikolipidi	145
Prostaglandini	146
Terpeni	146
Steroidi	149
<b>7. UGLJENI HIDRATI</b>	153
<b>MONOSAHARIDI</b>	153
<b>POLISAHARIDI</b>	162
<b>OLIGOSAHARIDI</b>	163
Disaharidi	163
Trisaharidi	164
Tetrasaharidi	165
<b>VISOKOMOLEKULSKI POLISAHARIDI</b>	165
Heteropolisaharidi	166
<b>GLIKOZIDI</b>	166
<b>8. AZOTNA ORGANSKA JEDINJENJA</b>	167
<b>NITRO JEDINJENJA</b>	167
<b>AMINI</b>	170
<b>AMINOALKOHOLI I AMINOFENOLI</b>	175
<b>AMINOKARBOKSILNE KISELINE</b>	175
<b>POLIPEPTIDI</b>	181
<b>PROTEINI (BELANČEVINE)</b>	184
<b>ENZIMI ILI FERMENTI</b>	188
<b>NUKLEINSKE KISELINE</b>	192
<b>9. SUMPORNA ORGANSKA JEDINJENJA</b>	195
<b>TIOLI</b>	195
<b>II deo - OSNOVI ANALITIČKE ORGANSKE HEMIJE</b>	
<b>1. UVOD</b>	201
<b>2. PREČIŠĆAVANJE ORGANSKIH SUPSTANCI</b>	203
<b>KRISTALIZACIJA</b>	203

FRAKCIONA KRISTALIZACIJA	204
SUBLIMACIJA	205
EKSTRAKCIJA	205
ADSORPCIJA	206
DESTILACIJA	206
Destilacija pod atmosferskim pritiskom	207
Destilacija vodenom parom	207
Destilacija pod smanjenim pritiskom	209
Frakciona destilacija	209
<b>3. ISPITIVANJE FIZIČKIH OSOBINA I UTVRĐIVANJE FIZIČKIH KONSTANTI ORGANSKIH SUPSTANCI</b>	211
AGREGATNO STANJE	211
BOJA	211
MIRIS	212
TEMPERATURA KLJUČANJA	213
TEMPERATURA TOPLJENJA	214
GUSTINA	216
INDEKS PRELAMANJA	217
OPTIČKA ROTACIJA	218
<b>4. PRETHODNA ISPITIVANJA OSOBINA ORGANSKIH SUPSTANCI</b>	219
ISPITIVANJE RASTVORLJIVOSTI	219
ISPITIVANJE PH	220
ISPITIVANJE SAGORLJIVOSTI	221
ISPITIVANJE DA LI JE ORGANSKA SUPSTANCA SO	222
ISPITIVANJE AROMATIČNE STRUKTURE	222
ODREĐIVANJE MOLEKULSKE MASE	222
<b>5. KVALITATIVNA ORGANSKA ANALIZA</b>	223
KVALITATIVNA ELEMENTNA ANALIZA	223
Dokazivanje ugljenika	223
Dokazivanje vodonika	223
Dokazivanje kiseonika	224
Dokazivanje azota	224
Dokazivanje sumpora	225
Dokazivanje halogena	225
Dokazivanje fosfora	225
Dokazivanje arsena	226
Dokazivanje žive	226
KVALITATIVNA FUNKCIONALNA ANALIZA	226
Ugljovodonici	227
Organohalogeni jedinjenja	231
Alkoholi	233
Fenoli i enoli	236
Etri	238

Aldehidi i ketoni	238
Karboksilne kiseline	243
Hidroksi karboksilne kiseline	245
Anhidridi karboksilnih kiselina	246
Estri i laktoni	247
Amini	247
Aminokiseline	251
Amidi karboksilnih kiselina	252
Nitro jedinjenja	253
Sulfonske kiseline	255
Sulfonamidi	256
<b>KVALITATIVNA ANALIZA SMEŠE ORGANSKIH JEDINJENJA</b>	257
Vodeni sloj	257
Organski sloj	258
<b>6. KVANTITATIVNA ORGANSKA ANALIZA</b>	261
<b>KVANTITATIVNA ELEMENTNA ANALIZA</b>	261
Kvantitativno određivanje ugljenika i vodonika (mikrometoda po Preglu)	261
Kvantitativno određivanje azota (mikrometoda po Dimi)	262
Kvantitativno određivanje sumpora (mikrometoda po Vagneru)	263
Kvantitativno određivanje kiseonika (mikrometoda po Untercauheru)	264
Kvantitativno određivanje halogena (mikrometoda po Mileru)	265
Kvantitativno određivanje sumpora i halogena (mikrometoda po Šenigeru)	265
<b>KVANTITATIVNA FUNKCIONALNA ANALIZA</b>	266
Određivanje kiselosti ispitivane supstance	266
Određivanje baznosti ispitivane supstance	266
Metoda acetilovanja	266
Kvantitativno određivanje 1,2–diola i epoksida	267
Kvantitativno određivanje amida	267
Kvantitativno određivanje metoksi i etoksi grupe	267
Kvantitativno određivanje nitro, nitrozo, azo i hidrazo grupe	268
Kvantitativno određivanje karbonilne grupe	268
Kvantitativno određivanje alkenil grupe	268
Kvantitativno određivanje alkinil grupe	268
<b>GASNA MERENJA U KVANTITATIVNOJ FUNKCIONALNOJ ANALIZI</b>	269
<b>7. HROMATOGRAFSKE METODE</b>	271
<b>HROMATOGRAFIJA NA HARTIJI</b>	272
Jednodimenzionalna hromatografija na hartiji	273
Dvodimenzionalna hromatografija na hartiji	274
Kružna hromatografija na hartiji	274
<b>HROMATOGRAFIJA NA TANKOM SLOJU</b>	274
<b>HROMATOGRAFIJA U KOLONI</b>	276
Adsorpciona hromatografija u koloni	276

Podeona hromatografija u koloni	278
<b>GASNA HROMATOLOGRAFIJA</b>	279
Gasna adsorpciona hromatografija	279
Gasna podeona hromatografija	279
<b>TEČNA HROMATOLOGRAFIJA POD VISOKIM PRITISKOM (HPLC)</b>	282
<b>JONSKO IZMENJIVAČKA HROMATOLOGRAFIJA</b>	283
<b>8. SPEKTROHEMIJSKE METODE ANALIZE</b>	285
<b>PRINCIPI SPEKTRALNE ANALIZE</b>	285
<b>ENERGETSKE PROMENE U ATOMU, MOLEKULU I JONU</b>	286
<b>EMISIONI SPEKTRI</b>	287
<b>APSORPCIONI SPEKTRI</b>	288
<b>ELEKTROMAGNETNE RADIJACIJE I MOLEKUL</b>	288
<b>SPEKTROSKOPSKI APARATI</b>	289
<b>ULTRALJUBIČASTA I VIDLJIVA SPEKTROSKOPIJA</b>	290
Analiza organskih jedinjenja	290
Princip rada	291
UV spektri	292
<b>INFRACRVENA SPEKTROSKOPIJA</b>	293
Princip rada	293
IR spektri	294
<b>NUKLEARNA MAGNETNA REZONANCA (NMR)</b>	298
Princip rada	296
NMR spektri	297
<b>MASENA SPEKTROMETRIJA</b>	298
Princip rada	298
Maseni spektri	300
<b>LITERATURA</b>	302