

**UNIVERZITET U BEOGRADU**

**G. BONČIĆ-CARIČIĆ, B. JOVANOVIĆ, M. MIŠIĆ-  
VUKOVIĆ, M. RADOJKOVIĆ-VELIČKOVIĆ,  
N. STOJANOVIĆ, V. KRSTIĆ, S. PETROVIĆ,  
G. UŠĆUMLIĆ, D. ANTONOVIĆ, D. MIJIN**

**EKSPERIMENTALNA  
ORGANSKA HEMIJA**

TEHNOLOŠKO-METALURŠKI FAKULTET  
Beograd, 2011.

*Autori:*

Dr Gordana Bončić-Caričić, van.prof. u penziji  
Dr Bratislav Ž. Jovanović, red.prof.  
Dr Milica M. Mišić-Vuković, red.prof. u penziji  
Dr Mirjana A. Radojković-Veličković, red.prof. u penziji  
Dr Nadežda D. Stojanović, van.prof.  
Dr Vera V. Krstić, red.prof. u penziji  
Dr Slobodan D. Petrović, red.prof.  
Dr Gordana S. Ušćumlić, red.prof.  
Dr Dušan G. Antonović, red.prof.  
Dr Dušan Ž. Mijin, van.prof.

*Redakcija:*

Dr Gordana Bončić-Caričić, van.prof. u penziji

**EKSPERIMENTALNA ORGANSKA HEMIJA**  
IV izmenjeno i dopunjeno izdanje

*Izdaje:*

Tehnološko-metalurški fakultet  
Univerziteta u Beogradu  
Beograd, Karnegijeva 4

*Za izdavača:*

Dekan Prof. dr Ivanka Popović

*Glavni i odgovorni urednik:*

Prof. dr Šćepan Ušćumlić

*Recenzenti:*

Dr Slavka M. Pavlov, red.prof. u penziji  
Dr Jovan Jovanović, red.prof. u penziji

*Kompjuterska obrada teksta i slika:*

Jelena Lapčević

*Tiraž:* 400 primeraka

*Štampa:* RIC grafičkog inženjerstva  
Tehnološko-metalurškog fakulteta  
Beograd, Karnegijeva 4

ISBN 978-86-7401-271-0

**©Zabranjeno preštampavanje i fotokopiranje**  
**Sva prava zadržavaju autor i izdavač**

## PREDGOVOR ČETVRTOM IZDANJU

U proteklih dvanest godina *Eksperimentalna organska hemija* štampana je u više od 1500 primeraka u tri izdanja. U međuvremenu došlo je do promena u nastavnim planovima i programima na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu. Organska hemija se sada sluša na I, II i III godini sa različitim sadržajem eksperimentalnih vežbi. Ipak, ovaj pomoćni udžbenik obuhvata sve potrebne informacije potrebne studentima za uspešno savladavanje eksperimentalnih zadataka koji su pred njima.

U ovom četvrtom izdanju izvršene su ispravke uočenih grešaka iz prethodnih izdanja uz uvođenje dodatne vežbe, sinteze glicina. Neki mehanizmi su korigovani odnosno dopunjeni.

Autori se zahvaljuju doc. Dr Nataši V. Valentić, na korisnim sugestijama u toku pripreme ovog izdanja.

Beograd, 2011. godine

Autori

## PREDGOVOR PRVOM IZDANJU

*Eksperimentalna organska hemija* nastala je kao rezultat višegodišnjeg iskustva u izučavanju laboratorijske prakse u oblasti organske hemije. U ovom pomoćnom udžbeniku, obuhvaćeno gradivo je usklađeno sa nastavnim planom i programom predmeta Organska hemija za studente II i III godine na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu.

Obrađeni materijal je sistematski izložen iz dva dela. U prvom teorijskom delu udžbenika, pored osnovnih pravila, organizacije i zaštite pri radu u laboratoriji za organsku hemiju, opisani su posude i pribor, aparati i uređaji koji se praktično koriste, a posebno su obrađene tehnike izdvajanja, prečišćavanja i identifikacije organskih jedinjenja.

U drugom delu knjige opisane su sinteze predstavnika pojedinih klasa jedinjenja koje su sistematizovane po tipovima najvažnijih reakcija u organskoj hemiji. Za svako jedinjenje, osim hemizma nastajanja, data su teorijska objašnjenja za nastale hemijske promene, a za izvođenje eksperimenata navedena su detaljna uputstva za rad čijoj uspešnosti doprinose veoma korisne napomene sa ciljem da se spreče eksperimentalne greške. Zadaci na kraju svakog eksperimenta, podstiču studenta na kreativan način

razmišljanja pri proučavanju sinteze jedinjenja. Šeme sinteze pojedinih odabranih jedinjenja doprinose potpunom razumevanju i savlađivanju izvođenja eksperimenata.

Autori se sa puno poštovanja zahvaljuju prof. Dr Slavki M.Pavlov i prof. Dr Jovanu A.Jovanoviću, koji su sa velikom pažnjom pregledali i recenzirali rukopis i nizom korisnih saveta doprineli realizaciji udžbenika.

Posebnu zahvalnost autori duguju prof. Dr Darku B.Šepi koji je svojim sugestijama veoma mnogo doprineo kvalitetu ovog udžbenika.

Kompjutersko-grafičku obradu teksta sa mnogo pažnje i stručnosti izvršila je Jelena V.Lapčević za šta joj autori izražavaju zahvalnost isto kao i Zavodu za grafičku tehniku Tehnološko-metalurškog fakulteta, na doprinosu da ovaj pomoćni udžbenik dobije svoj konačni oblik.

Beograd, 1999. godine

Autori

# SADRŽAJ

1. RAD U LABORATORIJI ZA ORGANSKU HEMIJU.....	1
1.1. Osnovna pravila i organizacija rada u laboratoriji za organsku hemiju .....	1
1.2. Zaštita od opasnosti pri radu .....	2
1.2.1. Opasne hemikalije.....	2
1.2.2. Otpadne hemikalije .....	3
1.2.3. Zaštitna sredstva pri radu u laboratoriji .....	4
1.3. Nezgode u laboratoriji i prva pomoć.....	4
1.3.1. Požar u laboratoriji.....	4
1.3.2. Opekotine.....	5
1.3.3. Povrede izazvane hemikalijama.....	6
1.3.4. Posekotine i rane .....	7
1.3.5. Trovanje.....	7
2. EKSPERIMENTALNA TEHNIKA U LABORATORIJI ZA ORGANSKU HEMIJU .....	9
2.1. Posuđe i pribor od različitih materijala.....	9
2.1.1. Staklo.....	9
2.1.1.1. Normalni brušeni spojevi .....	9
2.1.1.2. Posuđe i pribor od stakla.....	11
2.1.1.3. Rad sa staklenim posudom.....	18
2.1.2. Porcelan .....	21
2.1.3. Pluta.....	22
2.1.4. Guma .....	23
2.1.5. Metali, termoizolacioni materijal, hartija.....	23
2.2. Aparature za izvođenje organskih sinteza.....	25
2.2.1. Pravila pri izboru i sastavljanju aparature.....	28
2.3. Osnovne operacije u eksperimentalnom radu.....	29
2.3.1. Sitnjenje i sejanje .....	29
2.3.2. Mešanje i mućkanje.....	29
2.3.3. Zagrevanje .....	32

2.3.3.1. Tehnike zagrevanja i toplotna kupatila .....	32
2.3.4. Hlađenje.....	36
2.3.5. Sušenje organskih jedinjenja .....	38
2.3.5.1. Tehnika sušenja tečnih organskih jedinjenja .....	40
2.3.5.2. Tehnika sušenja gasovitih jedinjenja .....	41
2.3.5.3. Tehnika sušenja čvrstih jedinjenja .....	41

### 3. IZDVAJANJE, PREČIŠĆAVANJE I IDENTIFIKACIJA ORGANSKIH JEDINJENJA .....

44

3.1. Razdvajanje jedinjenja na osnovu razlike u hemijskim osobinama .....	44
3.2. Razdvajanje i prečišćavanje jedinjenja na osnovu razlika u fizičkim osobinama....	44
3.2.1. Rastvaranje, ceđenje, dekantiranje i centrifugiranje .....	45
3.2.1.1. Rastvaranje.....	45
3.2.1.2. Ceđenje .....	45
3.2.1.3. Dekantiranje.....	49
3.2.1.4. Centrifugiranje .....	49
3.2.2. Ekstrakcija .....	49
3.2.2.1. Ekstrakcija čvrstih jedinjenja .....	49
3.2.2.2. Ekstrakcija iz rastvora .....	50
3.2.2.3. Ekstrakcija hemijski aktivnim rastvaračima.....	54
3.2.2.4. Kontinualna ekstrakcija tečnih supstanci .....	54
3.2.3. Kristalizacija.....	55
3.2.3.1. Izbor i karakteristike rastvarača za kristalizaciju.....	56
3.2.3.2. Tehnika prečišćavanja kristalizacijom.....	57
3.2.3.3. Prečišćavanje frakcionom kristalizacijom.....	61
3.2.4. Sublimacija .....	61
3.2.5. Destilacija .....	62
3.2.5.1. Obična destilacija .....	63
3.2.5.2. Vakuum destilacija .....	67
3.2.5.3. Frakciona destilacija .....	70
3.2.5.4. Destilacija vodenom parom.....	75
3.2.6. Hromatografija.....	78
3.2.6.1. Klasifikacija hromatografskih metoda.....	80
3.2.6.2. Tehnike hromatografskog razdvajanja .....	84
3.2.7. Određivanje osnovnih fizičkih konstanti organskih jedinjenja .....	89
3.2.7.1. Određivanje temperature topljenja .....	90
3.2.7.2. Određivanje temperature ključanja.....	93
3.2.7.3. Određivanje relativne gustine tečnosti.....	94
3.2.7.4. Određivanje indeksa prelamanja .....	94
3.2.8. Prečišćavanje organskih rastvarača.....	95

4. EKSPERIMENTI.....	98
4.1. Prečišćavanje organskih jedinjenja .....	98
4.1.1. Prečišćavanje acetanilida kristalizacijom iz vode i određivanje njegove temperature topljenja.....	98
4.1.2. Prečišćavanje naftalena kristalizacijom iz etanola i određivanje njegove temperature topljenja.....	99
4.1.3. Destilacija anilina vodenom parom, ekstrakcija, sušenje ekstrakta, destilacija etra i destilacija anilina .....	100
4.1.4. Frakciona destilacija smeše metanola i vode .....	101
4.1.5. Razdvajanje metiloranža i metilensko plavog adsorpcionom hromatografijom na koloni .....	102
4.2. Sinteze organskih jedinjenja.....	103
4.2.1. Etil-bromid (brometan).....	103
4.2.2. Brombenzen (fenilbromid) .....	107
4.2.3. Nitrobenzen.....	111
4.2.4. <i>p</i> -Nitroacetanilid .....	116
4.2.5. <i>p</i> -Nitroanilin ( <i>p</i> -aminonitrobenzen).....	119
4.2.6. $\beta$ -Naftalensulfonska kiselina .....	121
4.2.7. Pikrinska kiselina (2,4,6-trinitrofenol).....	126
4.2.8. $\beta$ -Naftol (2-hidroksinaftalen).....	128
4.2.9. Anilin (aminobenzen) .....	131
4.2.10. Acetanilid ( <i>n</i> -fenilacetamid).....	135
4.2.11. Fenol (oksibenzen) .....	138
4.2.12. Metiloranž (heliantin) .....	144
4.2.13. Benzhidrol (difenilmetanol).....	147
4.2.14. Difenilmetan (benzilbenzen).....	152
4.2.15. Acetofenon (fenil-metil-ke-ton).....	155
4.2.16. Pinakol (2,3-dimetil-2,3-butandiol) i pinakolon (3,3-dimetil-2-butanon)....	158
4.2.17. Bademova kiselina ( $\alpha$ -oksifenilsirćetna kiselina) .....	163
4.2.18. Etil-acetat (etil-etanoat, etil estar sirćetne kiseline).....	166
4.2.19. Dietil-oksalat (dietil estar oksalne kiseline) .....	170
4.2.20. Malonski estar (dietil estar malonske kiseline).....	172
4.2.21. Acetamid (amid sirćetne kiseline).....	175
4.2.22. Acetonitril (metil-cijanid).....	177
4.2.23. Acetsirćetni estar (etil estar acetsirćetne kiseline) .....	179
4.2.24. Antranilna kiselina ( <i>o</i> -aminobenzoeva kiselina) .....	183
4.2.25. Malahitno zeleno (4-[(4-dimetilaminofenil)fenilmetil]- <i>N,N</i> -dimetilanilinjum-hlorid) .....	188
4.2.26. Hinolin (benzo[ <i>b</i> ]piridin) .....	191
4.2.27. Indigo (2,2'-diindoksil).....	194

4.2.28. $\beta$ -Pentaacetil <i>D</i> -glukoza (1,2,3,4,6-penta-O-acetil- $\beta$ - <i>D</i> -glukopiranoza).....	197
4.2.29. $\alpha$ -Pentaacetil <i>D</i> -glukoza (1,2,3,4,6-penta-O-acetil- $\alpha$ - <i>D</i> -glukopiranoza) .....	199
4.2.30. Fenil osazon <i>D</i> -glukoze .....	201
4.2.31. Saponifikacija masti i ulja .....	203
4.2.32. Fluorescein .....	205
4.2.33. Eozin.....	207
4.2.34. <i>p</i> -Nitroanilin crveno (1-((4-nitrofenil)azo)-2-naftol).....	209
4.2.35. Glicin (aminosirćetna kiselina).....	211
4.3. Šeme sinteze odabranih organskih jedinjenja.....	213
Etil-bromid .....	214
Nitrobenzen .....	216
Anilin .....	218
Acetanilid .....	220
Fenol.....	222
Metiloranž .....	224
Acetofenon.....	226
Etil-acetat .....	228
$\beta$ -Naftalensulfonska kiselina .....	230
Benzhidrol .....	231
Hinolin .....	234
4.4. Izračunavanje prinosa organskih sinteza .....	237
4.5. Pristup izvorima naučnih informacija iz oblasti organske hemije.....	239
4.5.1. Primarna literatura .....	239
4.5.2. Sekundarna literatura .....	240
4.5.3. Način korišćenja literature.....	243
PRILOZI.....	241