



'24

ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД

год. 65
бр. 1 (фeбруар)

YU ISSN 04406826
UDC 54.011.93



Век од рођења

оснивача модерне хемије
на Универзитету у Београду

CONFIGURATION AND REACTIVITY OF TEN-
MEMBERED 5,10-SECO-COMPOUNDS OBTAINED BY
FRAGMENTATION OF 5-HYDROXY-STERIODS

M. Lj. MIHANOVIĆ, Lj. LORENC, M. GAŠIĆ, M. ROGIĆ,¹

A. MIĆEVIĆ² and M. ŠTEFANOVIĆ²
Department of Chemistry, Faculty of Sciences¹ and Institute of Chemistry, Technology and
Metallurgy, Belgrade, Yugoslavia

(Received 2 December 1965)

OPENING OF STEROID RING A BY MEANS
OF LEAD TETRAACETATE¹

M. ŠTEFANOVIĆ, M. GAŠIĆ, Lj. LORENC and M. Lj. MIHANOVIĆ²

Department of Chemistry, Faculty of Sciences¹
and
Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy,
Belgrade, Yugoslavia

(Received 22 June 1964)

Милутин Стефановић
(1924 - 2009)

Михаило Михаиловић
(1924 - 1998)

Хемијски Преглед
www.shd.org.rs/hp.htm

српско хемијско друштво

ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД CHEMICAL REVIEW



Editor-in-Chief
DRAGICA D. TRIVIĆ
Deputy Editor-in-Chief
VESNA D. MILANOVIĆ
MAŠTRAPOVIĆ
Honorary editor
RATKO M. JANKOV

Volume 65
NUMBER 1
(February)

Годиште 65

број 1
фебруар

Publisher
SERBIAN CHEMICAL SOCIETY
Belgrade/Serbia, Karnegijeva 4

Издаје
СРПСКО ХЕМИЈСКО ДРУШТВО

Телефон 3370-467

Карнегијева 4

излази двомесечно

ОДГОВОРНИ И ГЛАВНИ УРЕДНИК
Драгица Д. Тривић

ПОМОЋНИК ОДГОВОРНОГ И ГЛАВНОГ УРЕДНИКА
Весна Д. Милановић Маштраповић

ПОЧАСНИ УРЕДНИК
Ратко М. Јанков

ЧЛАНОВИ РЕДАКЦИЈЕ
Душанка М. Милојковић Опсеница, Тамара Р. Тодоровић,
Игор М. Опсеница, Милан Р. Николић, Ксенија Стојановић,
Александра Дапчевић

УРЕЂИВАЧКИ ОДБОР
Иван Гутман, Душан Сладић, Снежана Зарић, Сузана
Јовановић Шанта, Драган Марковић, Радомир Саичић,
Мелина Калагасидис Крушић, Живорад Чековић
(председник)

Web site: <https://www.shd-pub.org.rs/index.php/HP>

e-mail редакције: hempred@chem.bg.ac.rs

Припрема за штампу и штампа:
РИЦ графичког инжењерства
Технолошко-металуршки факултет
Београд, Карнегијева 4

Насловна страна:
Слободан и Горан Ратковић
RatkovicDesign
www.ratkovicdesign.net
office@ratkovicdesign.net

САДРЖАЈ

ПРИЧА СА КОРИЦА

Снежана БОЈОВИЋ
ВЕК ОД РОЂЕЊА ОСНИВАЧА МОДЕРНЕ ХЕМИЈЕ
У СРБИЈИ, МИХАИЛА МИХАИЛОВИЋА И МИЛУТИНА
СТЕФАНОВИЋА 2

ЧЛАНЦИ

Иван ГУТМАН, Андреј КУКУРУЗАР
Ivan GUTMAN, Andrej KUKURUZAR
ХЕМИЈА МИРИСА СМРДИБУБЕ
CHEMISTRY OF STINK BUG'S ODOR 7

Љубица БРЕЊО
Ljubica BRENJO
РЕАКЦИЈЕ ОТВАРАЊА ПРСТЕНА УЗ ЕЛИМИНАЦИЈУ
АЗОТА
*SRING-OPENING REACTIONS WITH NITROGEN
ELIMINATION* 11

ТРИБИНА

Вера МУЖДЕКА
ОТВОРЕНА ПИТАЊА 18

IN MEMORIAM

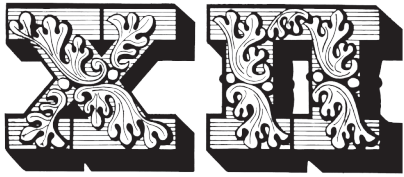
СТОГОДИШЊИЦА РОЂЕЊА ЉУБИНКЕ ЛОРЕНЦ
1923-2023 19

ПРОФ. ДР ВЛАДИМИР ПАВЛОВИЋ 21

ПРОФ. ЕМЕРИТУС ДР МИРЈАНА ВОЈИНОВИЋ
МИЛОРАДОВ 22

ВЕСТИ ИЗ СХД

ИЗВЕШТАЈ СА СВЕЧАНЕ СКУПШТИНЕ СРПСКОГ
ХЕМИЈСКОГ ДРУШТВА 23



УВОДНИК

Драги читаоци *Хемијског џурнала*, пред вама је први број часописа у 2024. години, припремљен од стране нешто измењеног уређивачког тима. Квалитету и овог броја допринео је проф. др Ратко М. Јанков, сада са позиције почасног уредника. Професору Јанкову захваљујемо се за претходне деценије напорног рада да *Хемијски џурнал* редовно излази и информише нас о новинама у хемији. У времену када се наглашава важност образовања за излазак друштва из различитих криза, када се наглашава да је научна писменост, која обухвата хемијску писменост, потребна свима, а истовремено смањује образовање у области хемије (и других природних наука), и не предузимају кораци да се унапреде услови потребни за квалитетно образовање у овој области, Српско хемијско друштво кроз *Хемијски џурнал* пружа допринос квалитету образовања младих, уводећи их чланцима у свет науке и научних сазнања која мењају свет. На овом уређивачком почетку молимо вас да чланцима за *Хемијски џурнал* пружите ослободите наставницима хемије и њиховим ученицима да разумеју за којим одговорима трагају данас хемичари и какав је практични значај тих истраживања. Поред истраживачких искустава из хемијске лабораторије, на овим странама се могу поделити добра искуства из учионице, примери добре наставне праксе и ефекти иновација којима сте унапредили наставу и учење хемије. У овом броју часописа налази се ново упутство за ауторе. Молимо вас да према њему припремате чланке, а ми се унапред захваљујемо на вашим прилозима.

Хемијски факултет и Српска академија наука и уметности обележиће средином године јубилеј - век од рођења Михаила Михаиловића и Милутина Стефановића, два хемичара која су допринела развоју модерне хемије у Србији. *Хемијски џурнал*, у прилици са корица проф. др **Снежане Бојовић**, подсећа на ове великане наше хемије, на њихов живот и најзначајнија постигнућа у науци.

Академик Иван Гутман и **Андреј Кукурузар**, асистент на Универзитету у Београду – Хемијском факултету, припремили су чланак под називом *Хемија мириса смрдигубе*. Аутори чланка не препоручују (ни случајно) да се згазе смрдигубе које су потражиле скровито место у нашим кућама, већ да се нежно узму, али никако голом руком, и изнесу из куће. Нежност у избацивању смрдигубе из куће изнуђена је хемијским саставом одбрамбене течности из посебне жлезде овог инсекта. Две главне компоненте одбрамбене течности (чине 90-95 % секрета и мужјака и женке) су засићени угљоводоник тридекан и незасићени алдехид хексенал. Мирис смрдигубе углавном потиче од алдехида. У чланку ћете сазнати детаљније о хемијском саставу одбрамбене течности смрдигубе, има ли неких разлика у секрету мужјака и женке, и о биохемији смрдигубине хемијске одбране.

Љубица Брењо, истраживач-приправник на Департману за хемију, биохемију и заштиту животне средине, Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду, припремила је чланак под називом *Реакције отварања њрсиена уз елиминацију азота*. У чланку је приказан кратак преглед литературе о реакцијама отварања прстенова који садрже најмање два суседна атома азота, уз елиминацију N_2 . Молекул N_2 може да се ослободи из прстена обично при високим температурама или фотохемијским путем, а некада и у реакцијама као резултат напада одговарајућег реагенса (углавном електрофила) на прстен. Настали реактивни интермедијери могу бити искоришћени у синтези различитих једињења.

Вера Муждека, професор хемије у пензији, у чланку *Отворена њрсиена* суочава нас с тим шта се у образовању заговара(ло), а шта се заиста ради(ло). Подсећа да је пре око две деценије уведено школско развојно планирање, евалуација у оквиру школе и екстерно вредновање рада школе с очекивањем да ће то донети позитивне промене у образовном систему. Како данас изгледају та очекивања, какве су се промене заиста десиле у систему, какво је стање у образовању данас, прочитајте и размислите о Вериним питањима.

Причу са корица наставићемо подсећањем на Љубинку Лоренц Обрадовић, професора Хемијског Факултета, Универзитета у Београду. Године 2023. навршило се сто година од њеног рођења. Као сарадник Михаила Михаиловића бавила се научним радом у области органске хемије, и то хемије стероидних молекула. О том посвећеном раду прочитајте у тексту *Спогодинарница рођења Љубинке Лоренц (1923-2023)*, који је припремио академик **Живорад Чековић**. Иако је научни рад Љубинке Лоренц Обрадовић био у области органске хемије, предавала је Виши курс неорганске хемије, предмет који је модернизовала током целе универзитетске каријере.

У овом броју опраштамо се од наших драгих колега, проф. емеритус др Мирјане Војиновић Милорадов и проф. др Владимира Павловића.

Прочитајте како је протекла Свечана скупштина Српског хемијског друштва, одржана 18. децембра 2023. године, и ко су били добитници награда и признања Друштва.

Драгица Д. Тривић



ПРИЧА СА КОРИЦА



Снежана БОЈОВИЋ, Универзитет у Београду - Хемијски факултет

Е-пошта: sbojovic@chem.bg.ac.rs

ВЕК ОД РОЂЕЊА ОСНИВАЧА МОДЕРНЕ ХЕМИЈЕ У СРБИЈИ, МИХАИЛА МИХАИЛОВИЋА И МИЛУТИНА СТЕФАНОВИЋА

Ове године навршава се век од рођења оснивача модерне хемије у Србији, Михаила Михаиловића и Милутина Стефановића. Хемијски факултет и Српска академија наука обележиће средином године овај јубилеј, а *Хемијски преглед* подсећа на ове великане наше хемије стављањем њихових ликова на корице часописа. У уводном тексту износимо основне податке о њиховом животу и најзначајнијим постигнућима у науци.

Михаило Михаиловић (1924-1998)¹

Михаило Михаиловић, један од наших најзначајнијих и најплоднијих научника у другој половини 20. века и творац модерне органске хемије у Србији, рођен је 1924. у Београду, где је завршио гимназију у матурирао 1942. године.

На студије хемије Филозофског факултета у Београду уписао се 1945. и завршио 1950. године на Катедри хемије ПМФ-а² с просечном оценом 9,87.

Пре завршетка студија с Вукићем Мићовићем је започео истраживања на редукацији органских једињења помоћу литијум-алуминијумхидрида и прве научне радове објавио пре дипломирања.

По завршетку студија маја 1950. изабран је за асистента Хемијског института. Докторску дисертацију *Редукације амида киселина и 1,3-кетим-естера помоћу литијум-алуминијумхидрида*, под руководством В. Мићовића, завршио је 1953. године. У дисертацији је дао и потпун преглед светске литературе која се односила на литијум-алуминијумхидрид. Године 1955. Мићовић је са Михаиловићем објавио прву у свету монографију о

примени литијум-алуминијумхидрида у органској хемији на енглеском језику, у издању САНУ. Исте године 1955. Михаиловић је изабран за доцента за хемију на Катедри за хемију ПМФ-а. Две године касније, као постдоктор, започео је сарадњу с нобеловцима Лавославом Ружичком и Владимиром Прелогом³ на Федералној техничкој високој школи (ЕТХ) у Цириху (1957-1959). У сарадњи са Прелогом радио је на одређивању структуре сложених антибиотичких молекула, примењујући хемијске и нове спектроскопске методе за одређивање структуре органских једињења.

Са швајцарским колегама Михаиловић је успешно применио реакцију оксидације алкохола с олово-тетраацетатом на стероидне молекуле, при којој се добијају петочлани циклични етри. Ову реакцију открио је пре доласка у Цирих, у сарадњи са Вукићем Мићовићем и Растком Мамузићем. Откриће ове реакције и њена примена донели су Михаиловићу светску репутацију и значај и уврстили Хемијски институт у значајне научне институције.

Михаиловић је за ванредног професора изабран 1961. године, исте године када је Хемијски институт пресељен у нову зграду, што је искористио да опреми лабораторију на савремен начин и окупи бројне сараднике. Значајно је допринео и формирању Одељења за примену инструменталних спектроскопских метода за одређивање структуре органских једињења.

Шездесетих година Михаиловић је посетио више универзитета широм света на којима је држао предавања. Године 1963. на Империл колеџу у Лондону упознао се с нобеловцем Д.Х.Р. Бартоном, а на Универзитету у Кембриџу с нобеловцем А. Тодом.

¹ Ж. Чековић, Михаило Љ. Михаиловић (1924-1998), Живот и дело српских научника, биографије и библиографије, САНУ, 9 (2004) 475-562

² Филозофски факултет је 1947. године подељен на Природно-математички и Филозофски факултет

³ Ружичка је добитник Нобелове награде за хемију 1939, а Прелог 1972.

На позив Румунске академије Михаиловић је 1966. године боравио на универзитетима у Букурешту, Темишвару, Крајови и Брашову. Године 1967/68. провео је годину дана као гостујући професор у САД, на Висконсиншком универзитету у Медисону, где је одржао једносеместрални курс о оксидационим процесима у органској хемији, и на Корнелском институту у Итаки, где је држао предавања о интрамолекуларним слободно-радикалским премештањима и фрагментацијама. Посетио је и већи број других америчких универзитета и истраживачких института (Колумбија, Принстон, Харвард, МИТ, Станфорд, Минеаполис, Брандаис, колеџ Кларксон).

По повратку из САД 1968. године изабран је за редовног професора.

У Источној Немачкој боравио је 1973. године на позив Академије наука и Хемијског друштва. Том приликом посетио је Источни Берлин, Дрезден и Хале где је држао већи број предавања. Као гост Академије наука СССР 1979. године посетио је органско-хемијске и биоорганско-хемијске институте и лабораторије у Москви, Пушћину, Лењинграду, Риги и Кијеву учествујући у раду научних семинара и држећи предавања о својим радовима.

Његов успешан научни рад привукао је многе талентоване младе људе и он је шездесетих и седамдесетих година 20. века имао по 10-15 сарадника (последипломаца, докторанада и асистената). У то време су професори Вукић Мићковић, а затим и Ђорђе Стефановић отишли у пензију а руковођење и организацију научно-истраживачког рада у хемији препустили су млађим сарадницима, Михаиловићу у органској хемији.

Своју научну активност Михаиловић је реализовао кроз Одељење за органску хемију ИХТМ-а, касније Центра за хемију.

Објавио је 257 научних радова и 18 монографских и прегледних радова. Највише је радио у области редукционих и оксидационих процеса у органској хемији, а објавио је радове из следећих области: редукције помоћу литијум-алуминијумхидрида; синтезе и реакције бисамида, кондензације изатинске киселине и реакције *N*-бензоил-фталамида; хемијско проучавање пшенице; оксидације алкохола помоћу олово-тетраацетата и сличне реакције; добијање и проучавање секо-стероида; синтезе и испитивање стерокластана; хетероциклизације олефинских алкохола; одређивање структуре органских једињења и природних производа; остали радови.

Михаиловић је отишао у пензију 1989. године, али је наставио да свакодневно долази на Факултет и да се бави научним радом. У деценији после пензионисања објавио је 53 научна рада и шест прегледних и ревијских чланака.

Седамдесетих и осамдесетих година 20. века објављивао је са сарадницима по пет до осам радова годишње. У том периоду Михаиловићу су много помагали сарадници, највише Љубинка Лоренц. Са њом је Михаиловић сарађивао скоро четири деценије: први заједнички рад објавили су 1959, а последњи 2000 (после његове смрти).

Поред Љ. Лоренц дугогодишњу сарадњу са М. Михаиловићем имали су: Александар Миловановић, Владимир Андрејевић, Владимир Павловић, Иван Јуранић (са ХИ), Милан Дабовић (из ИХТМ) и Јован Миловановић и Станимир Константиновић (из Крагујевца), као и многи други.

Михаиловић се није бавио административним и управним пословима али се ангажовао на стручним пословима од интереса за науку. Учествовао је у организовању научних скупова и саветовања СХД, био је председник научног одбора првог Југословенског симпозијума о органској хемији 1977. године у Београду, а кроз СХД је учествовао у раду Уније хемијских друштава Југославије. Учествовао је у организацији Европског симпозијума о органској хемији 1989 (ESOC-VI) и у организовању прославе Стогодишњице оснивања Српског хемијског друштва 1997. године. Одржавао је контакте с многим познатим научницима а многе је позивао да учествују у раду научних скупова или у држању предавања и семинара у оквиру СХД. На његов позив боравили су у Београду нобеловци Н. С. Brown (САД), D. H. R. Barton (В. Британија), K. Ziegler (Немачка), L. Ružička (Швајцарска) и J. M. Lehn (Француска), као и многи други познати научници из Европе и САД: A. Eschenmoser, G. Ohloff и D. Arigoni (Швајцарска), Ју. Овлинков и И. В. Торгов (Русија), В. М. Trost и E. Wenkert (САД), G. Ourisson (Француска) и многи други.

Михаиловић је сваке године учествовао на неколико међународних научних скупова као и на домаћем саветовању хемичара Србије. На EUCHEM конференцији о стереохемији, која се одржава у Биргенштоку у Швајцарској сваке године, уз ограничен број учесника, Михаиловић је учествовао 27 пута. Учествовао је и у раду следећих научних скупова о органској хемији: ESOC-II, Стреса, Италија 1982. и ESOC-VI, Београд 1989; органској фитохемији: Ghent, Белгија 1975; Aix en Provence, Француска 1976; Leuven, Белгија 1978; Zefild, Аустрија, 1980; Рау, Француска 1982; Interlaken, Швајцарска 1984. Научне резултате саопштавао је и на симпозијумима о органској синтези: Nancy, Француска 1988; хемији природних производа: Лондон, Енглеска 1968; хемији слободних радикала: Aix en Provence, Француска 1988; органометалној хемији: Dijon, Француска 1983; Беч, Аустрија 1985; и о конформационој анализи: Брисел, Белгија 1969.

Поред вишедеценијске сарадње са ЕТН Михаиловић је у Швајцарској сарађивао и са универзитетима у Базелу, Женеви и Лозани, као и са фармацеутском и хемијском индустријом, о чему сведоче 27 студијских путовања у поменуте научне центре. Поред тога, посећивао је универзитете у Немачкој (Минхен, Келн, Карлсруе, Фрејбург), Аустрији (Беч), Енглеској (Лондон, Кембриџ) и Француској (Тулуз, Екс-ан-Прованс, Париз), држећи семинаре и излажући резултате својих научних истраживања.

У његовој оставштини сачувана је преписка с бројним познатим хемичарима. Нобеловци са којима се дописивао: Л. Ружичка и В. Прелог (Швајцарска), А. Todd и D.H.R. Barton (Енглеска), H.C. Brown, E. J. Corey, D. Cram (САД) и J. M. Lehn (Француска). Остали познати хемичари с којима се дописивао: A. Eschenmoser, D. Arigoni, J. Kalvoda, A. S. Dreiding, D. Seebach, G. Ohloff, W. Opplozer, R. Scheffold (Швајцарска), D. Ollis, A. R. Battersby (Енглеска), G. Ourisson, J. Surzur, J. Mathieu, J. P. Declercq (Француска), K. Mislow, E. L. Eliel, E. Wenkert, B. Trost (САД), J. Овчиников, И. В. Торгов (Русија).

Био је члан саветодавног одбора следећих познатих часописа: *Tetrahedron*, *Tetrahedron Letters*, *Tetrahedron Asymmetry*, *Tetrahedron Computer Methodology*.

Поводом његовог 60. рођендана посвећена му је посебна свеска часописа *Croatica Chemica Acta* 58 (1985) 349-764, за коју је предговор написао В. Прелог. Поводом 65. рођендана посвећена му је посебна свеска часописа *Journal of the Serbian Chemical Society* 64 (1989) 569-642. Можда је највеће признање Михаиловићевом раду одато издавањем посебне свеске поводом 60. годишњице часописа *Helvetica Chimica Acta*. У њој су одабрана само 54 рада о стероидима, од којих су четири М. Михаиловића. Такође су приказане и анализиране реакције олово-тетраацетата примењене у стероидној хемији, при чему је наведено 14 Михаиловићевих референци о стероидима.

За дописног члана САНУ Михаиловић је изабран је 1961 (у 37. години), а за редовног 1965. године. Поред САНУ, био је члан Словенске академије наука (1976), ЈАЗУ (1981), Њујоршке академије наука (1982), Европске академије наука (1989). Био је и члан великог броја националних хемијских друштава и међународних асоцијација и организација хемичара.

За успешан научни рад, откриће нових реакција и класа органских једињења, за рад на организацији научних истраживања и школовање научних кадрова добио је велики број одликовања: Децембарску награду Савета за културу Србије (1959), Октобарску награду града Београда (1969), почасно чланство у СХД (1977), Седмојулску награду владе Србије (1978), Орден рада са црвеном заставом (1981), АВНОЈ-еву награду владе Југославије (1983), *Prix d'Aumale* награду Института Француске, на предлог Француске академије наука (1985), Медаљу СХД-а за

трајан и изванредан допринос науци (1988), Орден заслуга за народ са златном звездом (1988), Плакету ПМФ-а у Београду (1988), Орден легије части – реда витеза, Француске владе (1989), Плакету ИХТМ-а (1991), Плакету ПМФ-а из Крагујевца (1992), Плакету града Београда (1994), Јубиларну медаљу посвећену Стогодишњици оснивања СХД-а (1997).

Преминуо је у Београду, 8. јуна 1998. године

Милутин Стефановић (1924-2009)⁴

Милутин Стефановић, један од наших најзначајнијих органских хемичара и биохемичара, оснивач хемије стероида и фитохемијских и хемотаксономских истраживања, рођен је 1924. године у Београду. Основну школу и гимназију завршио је у Београду где је матурирао 1942. године.

На Хемијску групу Природно-математичког факултета М. Стефановић се уписао 1947. године. После дипломирања 1951, под руководством Ђорђа Стефановића започео је рад на докторској дисертацији, на синтези ароматичних β -аминокиселина и α,β -диаминокиселина. После три године рада дао је нову методу за добијање β -аминокиселина. Овом методом синтетизовао је читав низ деривата α,β -диамино- β -арил-пропионске киселине. Пре одбране тезе, са Ђ. Стефановићем објавио је три рада (у *Analytica Chimica Acta* 1952 и у *Journal of Organic Chemistry* 1952. и 1953). По одбрани тезе изабран је за асистента, а две године касније за доцента за предмет Хемија. Од 1959. године предавао је хемију природних производа и са професорима Ђ. Стефановић и Б. Грујић Ињац руководио наставом III степена Биохемијског смера, предајући, у оквиру специјалних предавања, хемију стероида, антибиотика и витамина.

Први боравци у иностранству Милутина Стефановића, двогодишњи у Паризу, вишемесечни у Немачкој и шестомесечни у САД, највише су имали утицаја на његов научни рад, истраживања у новим областима, али и примену научних резултата у индустрији.

После првих објављених радова позвао га је на специјализацију Леон Велуз (Leon Velluz), члан Француске академије наука и научни директор једне од највећих фабрика органских хемијских производа „Uclaf-Roussel“ у Паризу, која се бавила проучавањем, синтезом и фабрикацијом антибиотика, хормона, гликозида, нуклеинских киселина и других производа. У Француској је боравио две године (1958-1960) на постдокторским студијама радећи на синтезама сложених органских производа, првенствено стероида и алкалоида и на њиховим структурним модификацијама. Из ове сарадње, поред неколико радова, произишло је и пет патената.

⁴ С. Бојовић, Б. Шолаја, Милутин Стефановић, Живот и дело српских научника, биографије и библиографије, САНУ 14 (2014) 351-390

Вративши се у Београд стечено знање о стероидима и алкалоидима искористио је у настави и науци, а искуство са индустријом наставио у Београду сарађујући са фармацеутском индустријом „Галеника“. Осим развоја хемије алкалоида, развио је биохемијске трансформације стероида што је за крајњи циљ имало развој индустријске производње кортикостероида, андрогених и естрогених стероидних деривата.

Године 1963/1964, боравећи у Хемијском институту Техничке велике школе у Брауншвајгу, проширио је област хемије стероида радећи на проблемима фитохемијских реакција неких хемијских производа, пре свега на фитохемији стероида. Неко време провео је и на другим универзитетима. По повратку у земљу наставио је да ради у области стероида: на парцијалној синтези деривата 16-супституисаних стероида са биолошком активношћу у прегнанској и андростанској серији, фузији прстена А у стероидном молекулу, добијању стероида са десеточланим прстеном и парцијалној синтези стероидних кетала, градећи нови прстен Е и Ф. Радио је и на микробиолошкој трансформацији синтетизованих стероида.

Године 1969. боравио је шест месеци у САД радећи у области органске хемије и хемије природних производа и држећи семинаре и предавања, учествујући на неколико научних скупова. Највише је сарађивао са Гајсманом (Theodore A. Geissman) са Калифорнијског универзитета (UCLA) на изоловању и одређивању структуре производа лактонског типа добијених из биљне врсте *Simaroubaceae*. Ови радови цитирани су у *Annual Reports on the Progress of Chemistry*, у коме се наводе најзначајнија достигнућа у свету.

Почетком седамдесетих започео је, са сарадницима, фитохемијска истраживања наших биљних врста на две велике фамилије; *Asteraceae* и *Apiaceae*. Из ових фамилија испитао је више од 20 биљних врста и из њих изоловао и окарактерисао преко 100 једињења, углавном сесквитерпенских лактона, кумарина и флавоноида, при чему је већина била нова, први пут изолована.

Седамдесетих и осамдесетих година боравио је на више иностраних универзитета држећи предавања о својим истраживањима. Тако је 1979. боравио шест недеља у САД и одржао на америчким универзитетима предавања о резултатима истраживања из области домаће флоре и рада на синтези кортикостероида. Године 1985, за време двонедељног боравка у Кини, одржао је неколико предавања на Институту за органску хемију Кинеске академије наука у Шангају.

Активно је учествовао на већем броју конгреса у иностранству: Њу Делхи, Лондон, Бостон, Лос Анђелес, Рига, Париз, Цирих и др. Учествовао је и на скоро свим домаћим научним и стручним скуповима из хемије. Више од деценије учествовао је на чувеним годишњим конференцијама о стереохемији у Биргенштоку изнад Луцернског језера.

Био је председник Научног одбора IV југословенског симпозијума о органској хемији одржаног у САНУ јуна 1987. и члан националног комитета на ESOC-6 (Sixth European Symposium on Organic Chemistry) одржаног у Сава-центру у Београду 1989. године.

Објавио је 130 радова у домаћим и страним часописима. Његови радови се могу поделити у три групе: Хемија бисамида, Хемија и биохемија стероида и Фитохемијско проучавање домаће флоре.

Извршио је читав низ синтеза у области стероида, алкалоида, ароматичних аминокиселина и хетероцикличних једињења. У оквиру Одељења за органску синтезу формирао је микробиолошку лабораторију, неопходну за проучавање дејства микроорганизама на органска једињења, посебно на стероиде. Остварио је и индустријске синтезе стероидних хормона хемијским и микробиолошким путем. Са Фармацеутско-хемијском индустријом „Галеника“, углавном преко ИХТМ-а, имао је вишегодишње уговоре за различите синтезе: естрадиола и естрадиол-бензоата, 1968-1970; етинил-естрадиола и 3-метил-етра, 1968-1970; 17 α -хидрокси-прогестерон-ацетата и капроната 1968-1970; 19-нортестостерона и 19-етинилтестостерона, 1971; Микробиолошка деградација холестерина (холестерола) и других стероида до андростадиендиона, важног интермедијера у синтези хормона, 1971; Синтеза 19-хидроксиметил-холестерола и његова микробиолошка деградација у естрон, 1979.

Једно од најважнијих открића М. Стефановића и сарадника јесте изоловање и хемија артемизинина изолованог из биљке *Artemisia annua L.*, убране у околини Београда. Резултати су изнети 1972. године на Међународном симпозијуму о хемији природних производа у Њу Делхију, где су аутори први пут представили сесквитерпенски лактон са пероксидном функцијом. Неколико година касније кинески аутори објавили су податке о истом једињењу коме су тачну структуру одредили дифракцијом X-зрака. Испоставило се да једињење изоловано из ове биљке представља један од најважнијих лекова против маларије. На основу оригиналних узорака М. Стефановића, фармацеутска кућа *Hoffmann la Roche* (Базел) остварила је прву тоталну синтезу овог једињења, а артемизинин је био најчешће дериватизовани природни производ у последњих 40 година. О значају овог открића сведочи Нобелова награда за физиологију или медицину додељена 2015. године Кинескињи Ту Јују за открића у вези са новом терапијом против маларије. У књизи кинеских аутора о открићу артемизинина и додели Нобелове награде наведено је да су код одређивања структуре овог једињења кинески научници узели у обзир и резултате анализа есктракта *A. annua* (у бившој Југославији) који су довели до открића кадинанских скелета код изолованих лактона.

Основна истраживања М. Стефановић вршио је на Хемијском институту, ИХТМ и САНУ. Одржавао је контакте са многим научницима у свету и код нас: Т. Geissman, J. Velluz, E. Eliel, В. Прелог, Д. Миљковић, А. S. Dreiding, М. Тишлер, М. Шуњић, L. Julia, С. Jefford, Д. Сунко и многи други.

Објавио је четири универзитетска уџбеника, од којих су два превода:

1. Хемија природних производа, Завод за издавање уџбеника, Београд 1965 (са Ђ. Стефановићем и Б. Грујић)

2. Хемија стероида, Завод за издавање уџбеника СРС, 1966

3. Органска хемија, Београд 1970 (превод: Carl R. Noller, *Textbook of Organic Chemistry*, W. B. Saunders Company, 1966).

4. Стереохемија, Београд 1987 (превод: Kagan Henry B., *Organische Stereochemie*, Stuttgart, Georg Thieme Verlag, 1977)

Уџбеник Хемија стероида, делом монографског карактера, обухватио је све што је у области стероида урађено до 1962. године и служио је генерацијама студената, дипломцима, магистрантима и докторантима за информисање и рад са стероидима.

Под руководством М. Стефановића урађено је и одбрањено преко 20 докторских и 40 магистарских теза и преко 200 дипломских радова. Делови докторских теза објављени су у низу публикација, а један део дипломских радова послужио је као основ за даљи научни рад и саопштења на научним скуповима. На овај начин Милутин Стефановић је створио јединствену школу из ове области, не само на Београдском универзитету него и у целој бившој Југославији. Велики број хемичара који је магистрирао или докторирао код М. Стефановића наставио је универзитетску каријеру (Слободан Младеновић, Душан Миљковић, Александар Миловановић, Никола Ристић, Стеван Лајшић, Иван

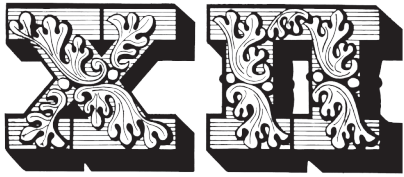
Мићовић, Александар Јокић, Ратко Јанков, Славиша Матић, Смиљана Велимировић, Снежана Бојовић, Вукић Шошкић, Славица Солујић, Влатка Вајс, Мирјана Веренчевић Миловановић, Сурен Хусинец, Слободан Сукдолак, Богдан Шолаја) или са њим сарађивао преко ИХТМ-а (Мирјана Браловић, Крста Поповић, Миодраг Ђермановић, Миодраг Марић, Ивана Аљанчић, Верица Ђермановић, Љубомир Крстић, Борис Рихтер, Нина Тодоровић, Мирослава Вујовић, Момчило Горуновић, Милица Кметовић, Жика Јоксимовић, Љиљана Карановић, Вера Колб, Војин Крсмановић, Абдулазис Бехбуд, Љубиша Ристовић, Љубица Медић, Гордана Урошевић).

Милутин Стефановић је био шеф Катедре за органску хемију у Хемијском институту ПМФ-а, управник Института за хемију ПМФ-а, управник Одељења за органску хемију и биохемију ИХТМ-а.

За дописног члана САНУ изабран је 1968, за редовног 1974. године.

Током научне каријере добио је велики број одликовања: Октобарска награда града Београда 1966, Орден рада са црвеном заставом 1981, Плакета града Београда 1985, Орден заслуга за народ са златном звездом 1988, Плакета поводом 40. годишњице ПМФ-а БУ, Заслужни члан СХД-а 1981, Медаља и повеља СХД-а за трајан научни допринос у хемији 1990, Почасни члан СХД-а 1992, Јубиларна медаља СХД-а у знак захвалности за дугогодишње прегалаштво у Друштву и изузетан допринос његовом развоју - поводом стогодишњице СХД-а 1997.

Преминуо је у Београду 7. маја 2009. године.



ЧЛАНЦИ



Иван ГУТМАН, Природно-математички факултет Крагујевац

Андреј КУКУРУЗАР, Хемијски факултет, Београд

Е-пошта: gutman@kg.ac.rs, andrej@chem.bg.ac.rs

ХЕМИЈА МИРИСА СМРДИБУБЕ

Професор Миленко Б. Ђелап нас је учио: *Хемичару ниједна хемикалија не смрди, али неке имају неугодан мирис.*

У овом чланку бавимо се инсектом „смрдибуба“, који је у народу познат и као „смрдјиви мартин“. Постоји неколико врста, које лаик тешко може да разликује. У наше куће најчешће улазе бубе које се у науци означавају као *Rhaphigaster nebulosa* и *Halyomorpha halys* (обе из породице *Pentatomidae*). Упознаћемо се са хемијским супстанцама које им дају „неугодан мирис“.

О СМРДИБУБАМА

Будући да је овај чланак намењен хемичарима и онима који се интересују за хемију, нехемијске особине смрдибуба овде нећемо детаљније разматрати. Заинтересовани читаоци нека погледају текст [1] и литературу тамо наведену, а неки подаци из области биологије изложени су у једном каснијем одељку.

На Сликама 1 и 2 су две врсте смрдибуба које се код нас најчешће срећу. Није их лако разликовати.



Слика 1. Смрдибуба *Rhaphigaster nebulosa* (Poda, 1761)

Смрдибубе привлаче пажњу када у јесен улазе у станове (и друга, за њих скривита места), да би ту провели зиму. Тада их је лако уочити, јер су величи-

не 2-3 центиметра, не скривају се, и веома се споро крећу. Зато их је лако уловити. Ако их не дирамо, смрдибубе не испуштају никакве непријатне мирисе.



Слика 2. Смрдибуба *Halyomorpha halys* (Stal, 1855)

Искусне домаћице ће смрдибубу ухватити, никако не голом руком, и нежно, да је не повреди, избаци из куће. Један од аутора овог чланка, који није „искусна домаћица“, ципелом је нагазио смрдибубу. Мирис у стану осећао се и после два дана, а ципела је мирисала скоро седмицу.

Смрдибубе, дакле, имају особину да ако их згњечите, испуштају материје веома непријатног, и то дуготрајно непријатног мириса. Зато избегавамо да их убијемо. На тај начин – мирис смрдибубе служи за њихову одбрану. Супстанцу која се налази у једној нарочитој жлезди смрдибубе можемо стога назвати „одбрамбена течност“.

Хемијски састав ове одбрамбене течности је познат, и о томе говоримо у наставку.

ШТА СМРДИ У СМРДИБУБИ – ЗА НЕСТРПЉИВЕ

Када неко згњечи смрдибубу, мирис који ће се осетити потиче од алдехида $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH=CH-SHO}$ (једињење 7 на Слици 3). Овај алдехид је растворен у воскастој материји чији је главни састојак угљоводоник $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{11}\text{-CH}_3$ (једињење 3 на Слици

3). Алдехид из тог раствора постепено испарава, и зато ће се мирис осећати током дужег времена.

ШТА СМРДИ У СМРДИБУБИ

Хемијски састав супстанце која се налази у секрету одговарајуће жлезде смрдибубе (тачније: врсте *Rhaphigaster nebulosa*) установљен је у раду.[2] За то су употребљене стандардне инструменталне методе – гасна хроматографија комбинована са компјутеризованом масеном спектрометријом. Одвојено су испитивани секретни мужјака и женке, и састав њихових мириса се донекле разликује. Најважнија једињења која су пронађена приказана су на Слици 3.

Оно што прво пада у очи је да ниједно од једињења на Слици 3 не садржи азот (елемент карактеристичан за беланчевинасте супстанце) и да велика већина једињења поседује дугачке, неразгранате, ланце угљеникових атома. То указује да је одбрамбена течност смрдибубе на неки начин повезана са мастима. Касније ћемо видети да је то заиста и случај.

Две главне компоненте одбрамбене течности су засићени угљоводоник тридекан (3) и незасићени алдехид хексенал (7). Оне чине 90-95% секрета, како мужјака тако и женке. Имајући у виду да је тридекан воскаста материја без икаквог мириса (парафин), закључујемо да мирис смрдибубе углавном потиче од алдехида, пре свега од хексенала (7).

Постоје мање разлике између секрета мужјака и женке. На пример, секрет мужјака садржи алкане тетракозан ($C_{24}H_{50}$) и хексакозан ($C_{26}H_{54}$), док само код женке налазимо циклодецен (6) и трикозан ($C_{23}H_{48}$).

СМРДИБУБЕ И ЊИХОВА ШИРА ФАМИЛИЈА

Хетероптере (Heteropterae, праве ваши) су велика и широко распрострањена група (подред) инсеката, од којих су многи штетни за пољопривреду. Имају развијене мирисне жлезде, чије излучевине представљају ефикасну хемијску заштиту од предатора. Уобичајена заштитна једињења укључују ниже алкоhole, алдехиде, естре, алкенале, оксо-алкенале, алкане, монотер-

пене и разна ароматична једињења. Инсекти у народу познати као смрдибубе, припадају овом подреду, тачније породици *Pentatomidae*.

Мирису који смрдибубе ослобађају када су нападнуте највише доприносе алдехиди. Осим што треба да одбију предатора, мирисне супстанце имају улогу и у комуникацији с другим јединкама исте врсте. Сматра се да концентрација одређених једињења утиче на њихово дејство: у нижим концентрацијама делују као феромони за агрегацију (привлачење других јединки супротног пола), а у вишим концентрацијама као сигналне супстанце за узбуну.

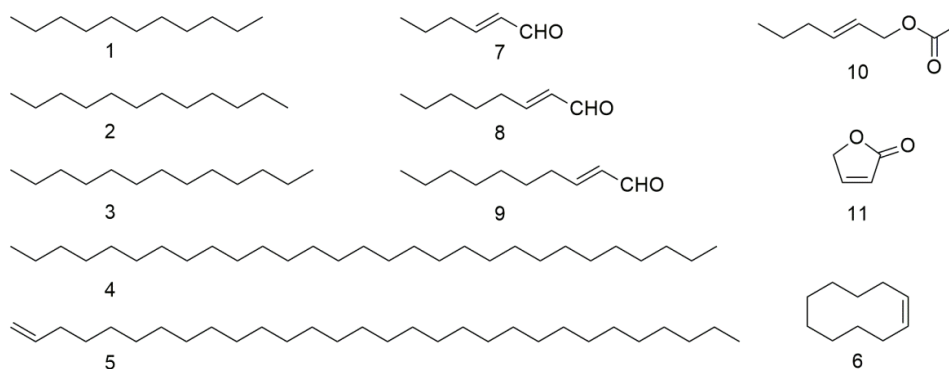
Улога алифатичних угљоводоничких компоненти (алкана и алкена) још није потпуно разјашњена. Ова једињења сама по себи немају биолошку активност, иако се производе у великим количинама (као што је случај с тридеканом).[2,3] Може бити да она имају улогу као растварачи, и да на тај начин контролишу испаравање других, активних, компоненти.

Током развића јединке долази до промене у саставу одбрамбене течности.[4] Нимфе пентатомида као главне компоненте излучују ниже (Е)-2-алкенале, (Е)-4-оксо-2-алкенале (C_6 до C_{10}) и линеарне угљоводонике (C_{11} и C_{13}). Производња ових једињења се мења проласком кроз различите стадијуме развоја. У првом стадијуму нимфе, у највећој количини се производи (Е)-4-оксо-2-деценал, док се код даљих стадијума производња овог једињења смањује или потпуно прекида, а уместо њега се излучују веће количине (Е)-4-оксо-2-хексенала и (Е)-4-оксо-2-октенала.

Одбрамбене течности различитих врста смрдибуба имају углавном исти хемијски састав. Ипак, постоје јасне разлике у количини ових састојака, као и у присуству других једињења у траговима. Ови детаљи су карактеристични за сваку врсту.[3,5]

БИОХЕМИЈА СМРДИБУБИНЕ ХЕМИЈСКЕ ОДБРАНЕ

Биосинтеза једињења која су састојци одбрамбене течности смрдибуба, укључује путеве уобичајеног метаболизма масних киселина и изопреноида.[6] Тачни ензими и механизми нису детаљно испи-

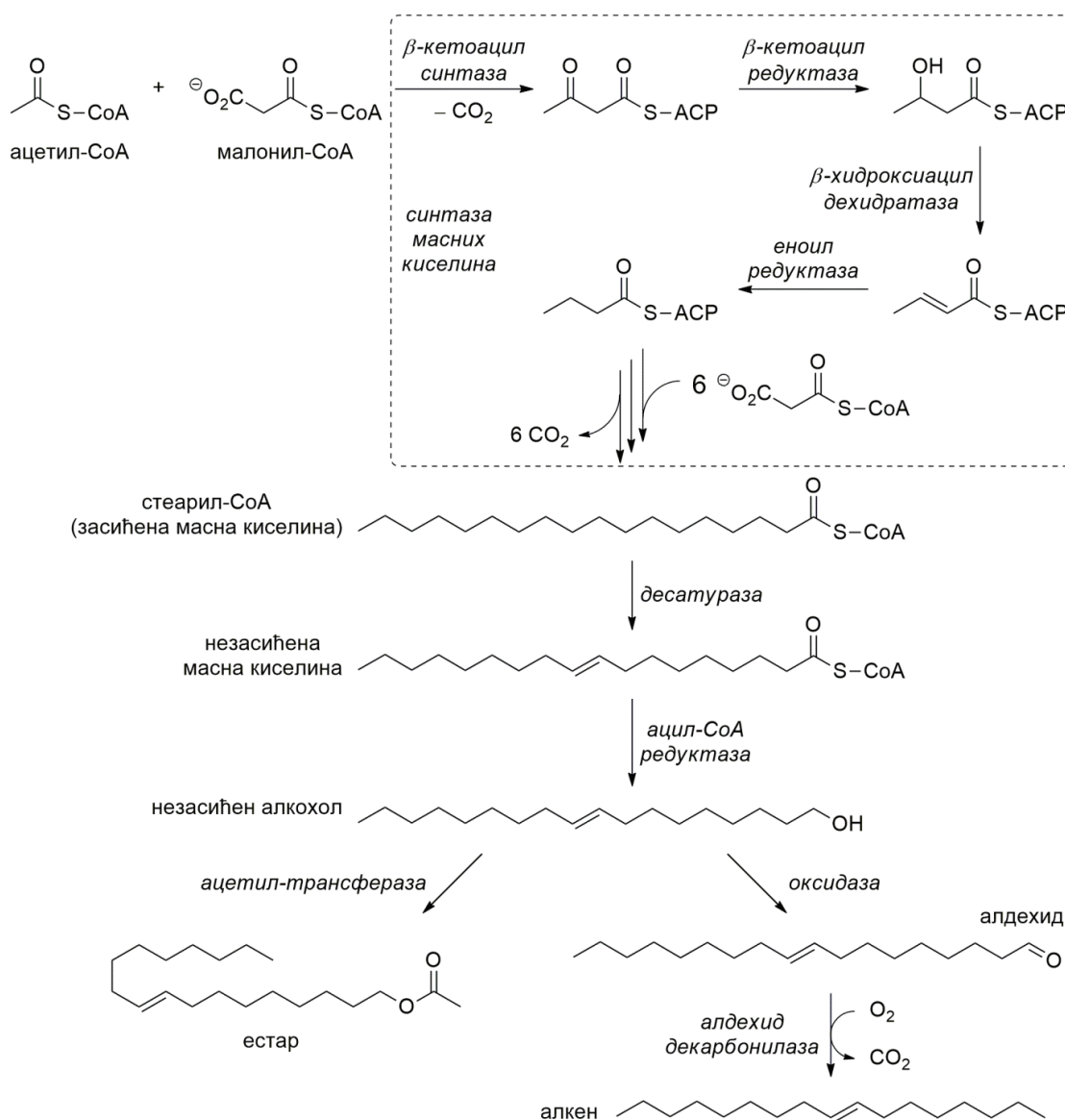


Слика 3. Једињења која се налазе у одбрамбеној течности смрдибубе. Алкани: ундекан (1), додекан (2), тридекан (3), нонакозан (4); алкени: 1-тридецен (5), (Z)-циклодецен (6); алдехиди: (Е)-2-хексенал (7), (Е)-2-октенал (8), (Е)-2-деценал (9); естар: (Е)-2-хексенил-ацетат (10) и циклични естар (лактон): 2(5H)-фуранон (11).

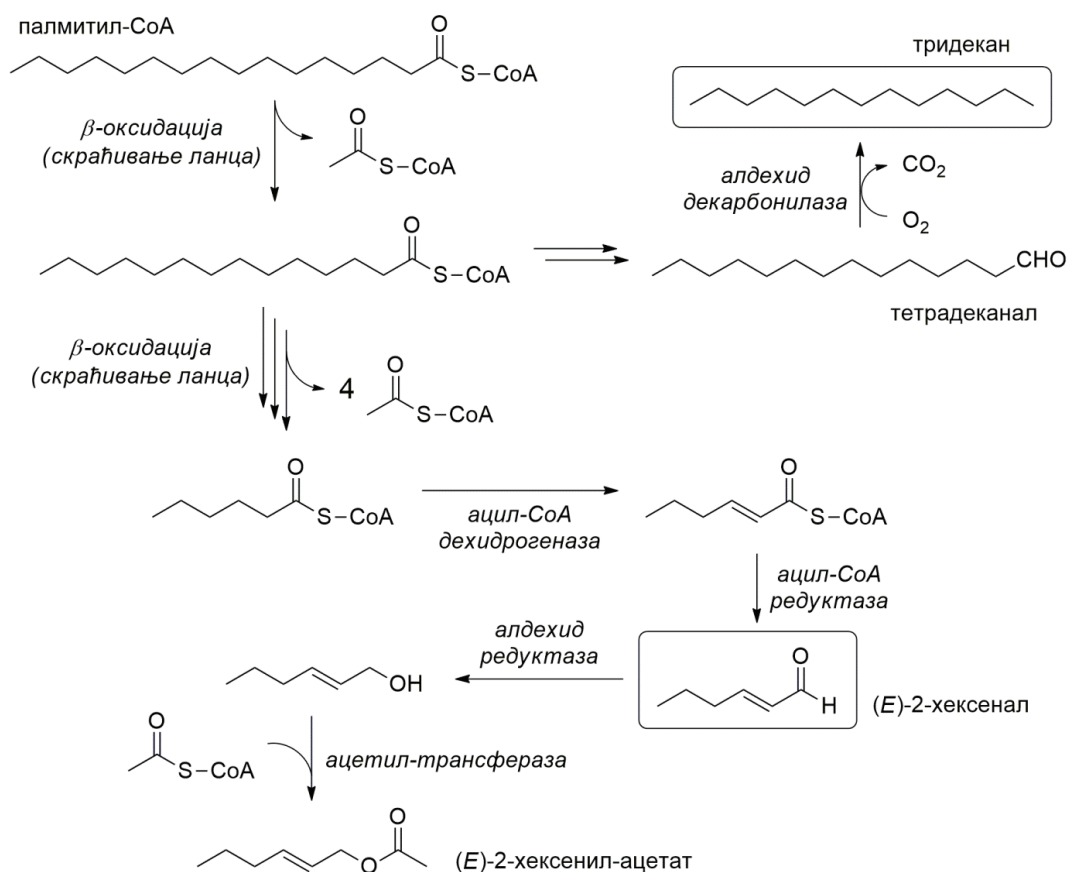
тани, али на основу познатих метаболичких путева код других, а посебно сродних организама, можемо дати разумне претпоставке о процесима биосинтезе ових супстанци. Алдехиди, естри као и алкани и алкени, добијају се из масних киселина, које се у свим организмима синтетишу на исти начин. Синтеза масних киселина је ензиматски комплекс чија је основна улога синтеза палмитинске и стеаринске киселине (масних киселина са 16 и 18 угљеникових атома) полазећи из ацетил- CoA (ацетил коензим А) и малонил- CoA (малонил коензим А). Реакцијом декарбоксилативне Клајзенове кондензације, угљенични низ масне киселине се у сваком кораку продужава за два угљеникова атома, који потичу из малонил- CoA . Добија се β -кетокиселина која се редукује дејством различитих ензима, након чега се процес понавља док се не постигне потребна дужина ланца (уоквирили део на Слици 4). Добијене масне киселине се могу скраћивати β -оксидацијом или се могу увести

двоструке везе помоћу ензима десатураза. Скраћивање низа β -оксидацијом обухвата исте кораке као и синтеза масних киселина, али обрнутим редоследом, уз ослобађање ацетил- CoA (јединице од два угљеникова атома). При томе се у било ком кораку реакција може прекинути, чиме се могу добити незасићене, β -хидрокси или β -кетокиселине. Од добијених киселина се дејством ензима редуктаза добијају алкохоли, који се даље могу оксидовати до алдехида или се помоћу ацетил-трансферазе превести у ацетатне естре.

Угљоводоници се добијају декарбонилацијом алдехида помоћу одговарајућих ензима из породице цитохрома P450, у присуству кисеоника и NADPH. На овај начин се из алдехида са парним добијају угљоводоници са непарним бројем угљеникових атома, јер се карбонилна група уклања у облику угљен-диоксида. Наведени биохемијски процеси схематски су приказани на Слици 4.



Слика 4. Механизам проширеног метаболизма масних киселина којим настају основни састојци одбрамбене течности смрдибуке.



Слика 5. Предлог механизма биосинтезе главних компоненти одбрамбене течности смрдубубе – тридекана и (E)-2-хексенала.

Тако се тридекан може добити из палмитинске или стеаринске киселине (односно њихових деривата са коензимом-А). Скраћивањем низа до миристил-КоА (C_{14}) и његовом редукцијом добија се одговарајући алдеhid, који декарбонилацијом даје тридекан (видети Слику 5).

Пут ка (E)-2-хексеналу може започети скраћивањем низа до хексаноил-КоА (C_6 киселине), који затим започиње први корак даље β -оксидације и редукује се до циљног алдеhида. Није познато да ли се алдеhid може ослободити као међупроизвод редукције киселине до алкохола (приказано на Слици 5) или је неопходно да се изврши потпуна редукција до алкохола, који се затим оксидује до алдеhида (као што је претходно наведено и приказано на Слици 4). Естерификацијом се овај алкохол може превести у одговарајући ацетат (видети Слику 5).

Abstract

CHEMISTRY OF STINK BUG'S ODOR

Ivan Gutman, University of Kragujevac, Faculty of Science
 Andrej Kukuruzar, University of Belgrade, Faculty of Chemistry

Basic data on stink bugs (*Rhaphigaster nebulosa* and *Halyomorpha halys*) are outlined, and the chemical compo-

sition of their protective odor presented in due detail and commented. Also the biochemical processes by which these protective substances are produced is discussed in some detail.

LITERATURA

- <https://sr.wikipedia.org/sr-ec/Pentatomidae>.
- D. Durak, Y. Kalender, Scanning electron microscopic and chemical study of the metathoracic scent glands system of *Rhaphigaster nebulosa* (Poda, 1761) (Heteroptera: Pentatomidae), *J. Entomolog. Res. Soc.* **11**(2) (2009) 21-29.
- J. E. McPherson, *Invasive Stink Bugs and Related Species (Pentatomidae): Biology, Higher Systematics, Semiochemistry, and Management*, CRC Press, Boca Raton, 2018.
- M. Pareja, M. Borges, R. A. Laumann, M. C. B. Moraes, Inter- and intraspecific variation in defensive compounds produced by five neotropical stink bug species (Hemiptera: Pentatomidae), *J. Insect Phys.* **53** (2007) 639-648.
- J. G. Millar, Pheromones of true bugs, in: S. Schulz (Ed.), *The Chemistry of Pheromones and Other Semiochemicals II. Topics in Current Chemistry*, Vol. 240, Springer, Berlin, 2004.
- R. Jurenka, Insect pheromone biosynthesis, in: S. Schulz (Ed.), *The Chemistry of Pheromones and Other Semiochemicals I. Topics in Current Chemistry*, Vol. 239, Springer, Berlin, 2004.



Љубица БРЕЊО, Департман за хемију, биохемију и заштиту животне средине, Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду

Е-пошта: ljubica.brenjo@dh.uns.ac.rs

РЕАКЦИЈЕ ОТВАРАЊА ПРСТЕНА УЗ ЕЛИМИНАЦИЈУ АЗОТА

ИЗВОД

Азот у виду N_2 може да се ослободи из прстена обично при високим температурама или фотохемијским путем, а некада се ослободи и у неким реакцијама као резултат напада одговарајућег реагенса (углавном електрофила) на прстен. На тај начин добијају се реактивни интермедијери, који даље могу да реагују и дају одговарајуће крајње продукте. Дат је кратак преглед литературе која обухвата реакције отварања прстенова који садрже најмање два суседна азотова атома уз елиминацију молекулског азота.

ФОТОХЕМИЈСКО ОТВАРАЊЕ ПРСТЕНА УЗ ОСЛОБАЂАЊЕ АЗОТА

Ослобађање малих стабилних молекула је уобичајена фотохемијска реакција. Молекулски азот N_2 је изузетно стабилан фрагмент, и као такав се може ослободити из различитих једињења фотохемијским путем. Фотохемијска елиминација N_2 је поготово корисна у широком спектру студија реактивних интермедијера. Могуће је ове реактивне интермедијере изоловати, тиме што се прекурсори реактивних интермедијера замрзну у матриксу (растварачу који је углавном племенити гас) и охладе на јако ниске температуре (2–4 К). Фотолизом се онда добија жељени реактивни интермедијер, који у таквим условима не може да пређе никакве термалне баријере, тако да иначе врло реактивне врсте могу да постану дугоживуће. Тип једињења која се зову 1,2-диазени могу у фотохемијским условима да ослободе азот уз формирање бирадикала [1]. Тако фотолиза 2,3-диазаби-

цикло[2.2.1]хептена (1) даје преко интермедијерног циклопентадил-бирадикала (2) бицикло[2.1.0]пентан (3) и циклопентен [2], за ког је познато да настаје термичком изомеризацијом једињења 3 (Схема 1.а) [3]. Слично, полициклични диазен 4 даје циклопропил-дикарбинил-бирадикал 5, за кога се претпоставља да учествује у ди-п-метан премјештању, које као главни производ даје једињење 6а, у случају да је бирадикал у триплетном стању. С друге стране, ексцитовани синглети фаворизују формирање барелена 6б (Схема 1.б) [4].

Једињења код којих такође долази до фотохемијског ослобађања азота јесу: 1) диазо-једињења, који су одличан извор карбена; 2) α -диазокетони, код којих долази до настајања ацил-карбена, који се ефикасно преводе премјештањима у кетене; 3) диазирини, који су заправо циклични изомери диазо-једињења, који такође дају карбене фотохемијским разлагањем; 4) азиди, који губитком N_2 дају нитрене [1].

Фотолиза различито супституисаних тетразоло[1,5-а]пиридина/2-азидопиридина 7Т/7А је погодна метода за синтезу 1,3-дiazепина (Схема 2). Реакција се дешава ширењем прстена најприје формираних 2-пиридилнитрена 8 у 1,3-дiazациклохепта-1,2,4,6-тетраене 9. У присуству нуклеофила, 9 даје 1Н- или 5Н-дiazепине 10 и 11 у зависности од врсте нуклеофила. За $Nu=OR$ формирају се 1Н-дiazепини 10, док су за $Nu=NR_2$ 5Н-дiazепини 11 стабилнији таутомери [5].

Тип једињења 7Т/7А не подлијеже нужно реакцији формирања 1,3-дiazепина, па је тако пријављено да 8-цијанотетразоло[1,5-а]пиридин (12) у реакцији са јаким нуклеофилима у мраку на собној температури даје бутадиенилтетразоле 13 и 14 (Схема 3.а). Нукле-

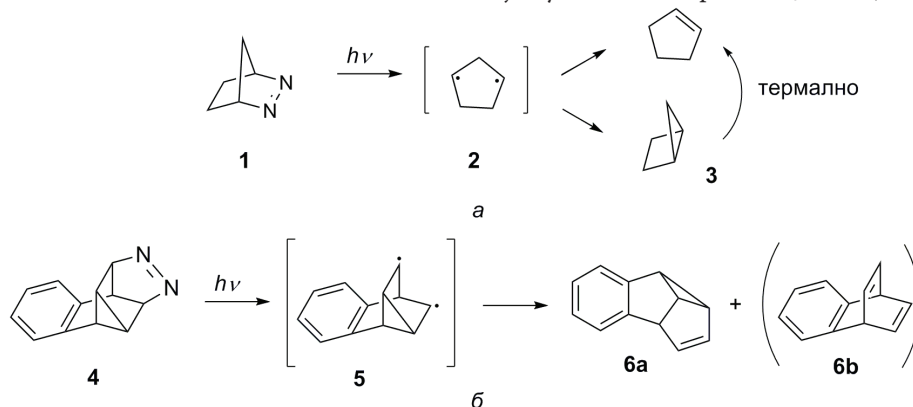


Схема 1. Фотохемијско ослобађање N_2 из диазена.

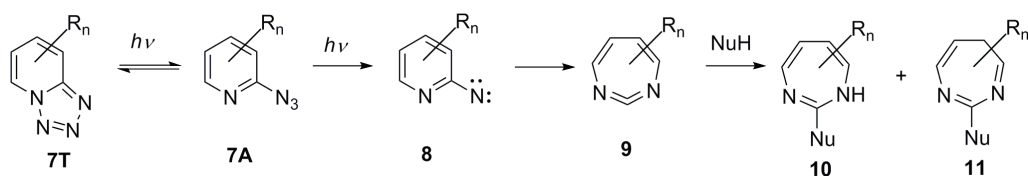


Схема 2. Синтеза 1,3-дiazепина преко реакције отварања тетразолошког прстена и N_2 елиминације.

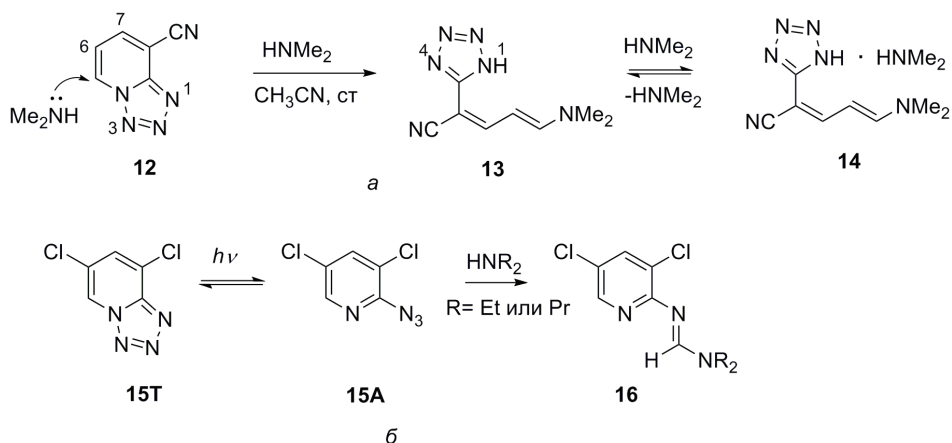


Схема 3. Реакције отварања прстена код тетразоло[1,5-а]пиридина/2-азидопиридина.

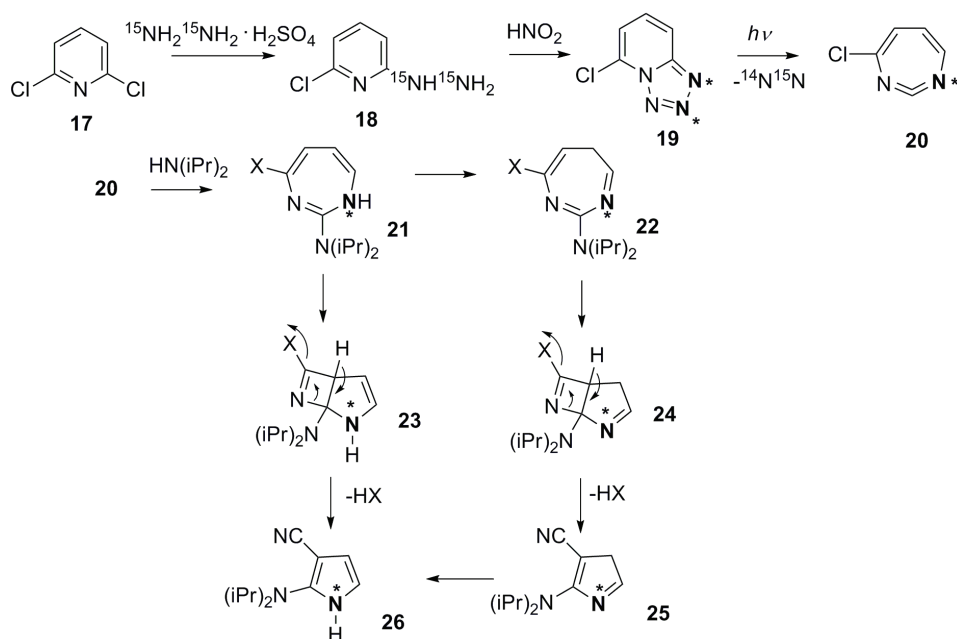


Схема 4. Механизам формирања пирила **26** из N-15 обиљеженог тетразола **19**.

офилни напад се врши на положај C-5 уз отварање пиридинског прстена, а не долази до отварања тетразоловог прстена [6]. С друге стране, једињење **15** подлијеже спорој реакцији са диалкиламинима (етил или пропил-) у мраку на собној температури, и даје формамидин **16** (Схема 3.б) [7].

Фотолитиза 5-хлортетразоло[1,5-а]пиридина (N-14 аналог једињења **19**) није дала очекивани diaзепин (N-14 аналоге једињења **21** односно **22**) (Схема 4). Умјесто тога, добијено је једињење 3-цијано-2-(диизопропиламино)пирило (N-14 аналог **26**). Механизам реакције је утврђен експериментом обиљежавања једињења са изотопом азота N-15, и помоћу ^{15}N NMR спектроскопије. Реакцијом полазног 2,6-дихлорпи-

ридина (**17**) са $^{15}\text{N}_2$ -хидразинијум-сулфатом добија се једињење **18**, које подлијеже diaзотизацији и даје тетразол **19**. Тетразол би у фотохемијским условима требало да да diaзациклохептатетраен **20**, који има само један обиљежен азот атом, који остаје у крајњем пириловом прстену. Даље, **20** са диизопропиламином даје 1*H*-изомер **21**, који се таутомеризује у стабилнији 5*H*-изомер **22**. Интермедијерно награђена једињења **21** или **22** подлијежу премјештању: 4*π*-електроциклизација даје прелазне diaзацикло[2.3.0]хептациклене **23** и **24**, који подлијежу дехидрохалогеновању ($X=\text{Cl}$) или дехидроаминирању ($X=\text{N}(\text{iPr})_2$) уз отварање прстена и коначно се добијају производи **25** и **26** (Схема 4) [8].

ТЕРМИЧКО ОТВАРАЊЕ ПРСТЕНА УЗ ОСЛОБАЂАЊЕ АЗОТА

У једној студији је проучавана молекулска структура, инфрацрвени спектар и ултраљубичаста (UV) фотохемија 2-метил-2*H*-тетразол-5-амин (27) изолованог у чврстом аргону (10 K) (Схема 5). Експерименталне студије су потврђене са DFT(B3LYP)/6-311++G(d,p) калкулацијама. Утврђено је да *in situ* UV озрачивање ($\lambda > 235 \text{ nm}$) 27 мономера изолованог у матриксу индукује три главна фотохемијска процеса: 1) таутомеризацију у мезојонски 3-метил-1*H*-тетразол-3-ијум-5-аминид (28); 2) елиминацију азота, уз настајање 1-метил-1*H*-диазирен-3-амин (29); 3) отварање прстена што доводи до формирања метил-азид (30) и цијанамида (31). Посматрањем примарних фотопродуката, уочене су секундарне реакције, што је довело до спектроскопског детектовања метиленимина (32) и водоник-изоцијанида (CNH) (Схема 5). Треба нагласити да пошто се ове реакције одигравају у истом матриксу, добија се до четири молекулске врсте у истом „кавезу”, што ће рећи да ови молекули могу да интерагују један с другим у извјесној мјери, јер им је кретање ограничено у условима чврстог матрикса. Зато се не добијају сасвим једнаки спектроскопски подаци, односно фреквенције, за молекуле настале након фотохемијске реакције, и за референтне мономерне молекуле који су изоловани у истим експерименталним условима. Што се тиче кинетике примарних и секундарних фотохемијских процеса, показало се да је елиминација азота уз формирање једињења 29 најбржа реакција. Накнадна разградња 29 до 31 и 32 такође је брз процес, док је отварање прстена које доводи до настанка 30 и 31 спорије, пошто и након 180 минута озрачивања, количина 30 наставља да расте линеарно с временом. Најспорији корак је таутомеризација 27 у мезојонски производ 28. Чињеница да је ово најспорија реакција се тумачи повратном фотоизомеризацијом 28 у 27 [9].

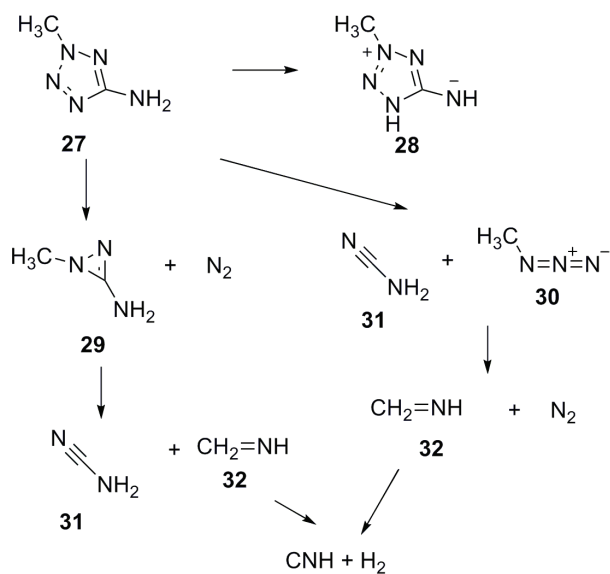


Схема 5. Уочени фотохемијски процеси након озрачивања 27.

Након представљања више примјера реакција отварања прстена уз елиминацију азота фотохемијским путем, споменућемо пар студија које су се бавиле утицајем температуре на овај тип елиминације. У термичким условима нитрил-имини, као корисни интермедијери у 1,3-диполарним циклоадицијама (1,3-DPCA), обично се генеришу оксидацијом алдехидних хидразона, нпр. помоћу хлорамина-Г (CAT) [10], [бис(ацетокси)јод]бензена [11] или оловотетраацетата [12]. Са циљем формирања нитрил-имина, истраживачи су тражили потенцијалну стратегију да се из тетразоловог прстена азот елиминише термичким путем под блажим условима, пошто ове термичке реакције углавном имају високе енергетске баријере. Помоћу рачунарске хемије на Mo6-2X/6-31+G(d,p) нивоу теорије са SMD корекцијама за растварач, показало се да се термичке активационе баријере могу знатно смањити кориштењем наелектрисаних функционалних група (енг. charged functional groups, CFG). За 2,5-диметилтетразол, позитивна CFG на *N*-метил групи (положај 2) смањује фрагментациону баријеру на до око 80 kJ/mol у гасовитој фази, док негативно наелектрисање има мањи супротан ефекат. Ови CFG ефекти остају значајни чак и у поларним растварачима, са смањењем баријере за око 30 kJ/mol у DMSO и ацетонитрилу. Позитивна CFG смањује полувријеме потпуне фрагментације 2,5-диметилтетразола у рефлукујућем о-ксилену од 300.000 година на једну седмицу. Иако је добијени нитрил-имин стабилизован, 1,3-DPCA са *N*-метилмалеимидом лако се одвија (Схема 6). Одабране CFG су биле негативна CH₂BF₃⁻ и позитивна CH₂NH₃⁺ група, гдје линкер CH₂ инхибира π-конјугацију са реакционим центром. У свим прелазним стањима и интермедијерима, осим на полазном 2,5-диметилтетразолу, диполни моменат је усмјерен према метил-супституенту на ендоцикличном угљенику, што је индикација да је парцијално позитивна шаржа на овом положају, док је на азоту парцијално негативна шаржа. Структуре се стабилизују тако што се уведе позитивна CFG на *N*-положај [13].

У другом раду је испитивана каталитичка активност биметалних оксида гвожђа (NiFe₂O₄, ZnFe₂O₄, CoFe₂O₄) у термичкој разградњи дихидроксиламонијум-5,5'-бистетразол-1,1'-диолат (33) (Схема 7). За ову студију процес разлагања 33 прије и после мијешања са биметалним оксидима гвожђа је праћен *in situ* помоћу FTIR и гасног MS-FTIR. Најбоље резултате у смањењу иницијалне температуре разлагања 33 показао је ZnFe₂O₄. То је посљедица смањења енергије активације отварања тетразоловог прстена. Механизам се састоји из неколико корака, који укључују протоновање, разлагање хидроксиламина, отварање тетразоловог прстена уз ослобађање азота, и настајање стабилних продуката. Најприје протонски трансфер

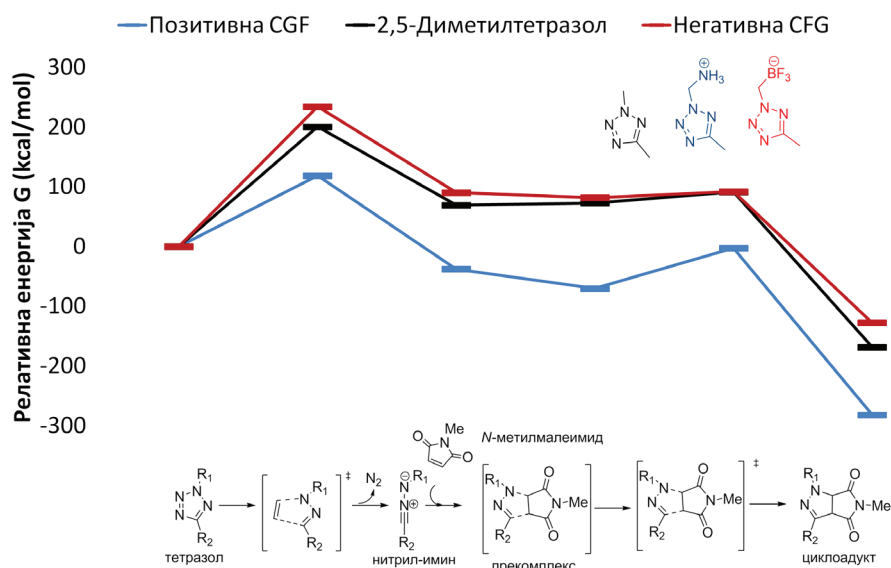


Схема 6. Површина Гибсове слободне енергије (25°C) за термичку реакцију 2,5-диметилтетразола ($R_1, R_2 = \text{CH}_3$) са *N*-метилмалеимидом у гасовитој фази (црна линија). Плава и црвена линија показују одговарајуће реакције када је водоник на *N*-метил групи 2,5-диметилтетразола замијењен са позитивно наелектрисаним (плаво) односно негативно наелектрисаним (црвено) функционалним групама.

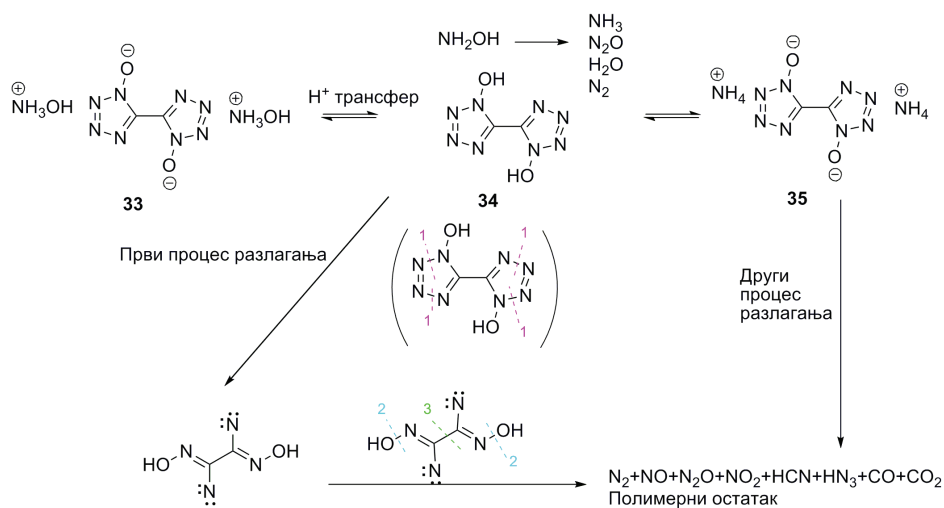


Схема 7. Термичко разлагање деривата тетразола 33.

резултује у формирању 1,1'-бистетразол-диола 34 и хидроксиламина. Хидроксиламин се разлаже на гасовите производе, H_2O , NH_3 и N_2O на температурама испод 150°C. Накнадно, генерисани NH_3 реагује са 34 и даје диамонијум-5,5'-бистетразол-1,1'-диолат 35. Коначно се 34 разлаже на низ гасовитих продуката и друге полимерне остатке (Схема 7) [14].

Уочава се да је тетразолов прстен прилично стабилан, те да до отварања прстена долази под високим температурама, при чему температуре могу да се смање у случају употребе катализатора или увођењем одговарајућих наелектрисаних група које могу да смање енергију прелазног стања. У случају термичке декомпозиције тетразола, као интермедијери настају нитрени или нитрил-имини.

РЕАКЦИЈЕ ОТВАРАЊА ПРСТЕНА УЗ ЕЛИМИНАЦИЈУ АЗОТА УПОТРЕБОМ РАЗЛИЧИТИХ РЕАГЕНАСА

Отварање хетероцикличног прстена уз елиминацију молекулског азота под дејством различитих реагенаса описано је у различитим радовима, што отежава систематски приступ у објашњењу овог типа елиминационих реакција. Сада ће бити наведени само неки примјери ових реакција код којих фотохемија, високе температуре или употреба катализатора нису били пресудни за њихово одвијање.

У реакцији низа тетразола са алкил-, арил-, винил- и фенокси-супституентима на положају 5 (36) са 4,5-дихлор-1,2,3-дитиазолијум-хлоридом, тзв. Апеловом соли (37) у дихлорметану (DCM) на собној температури, те накнадним додатком пиридина, добијена је серија једињења 38 у приносима од 56-87% (Схема

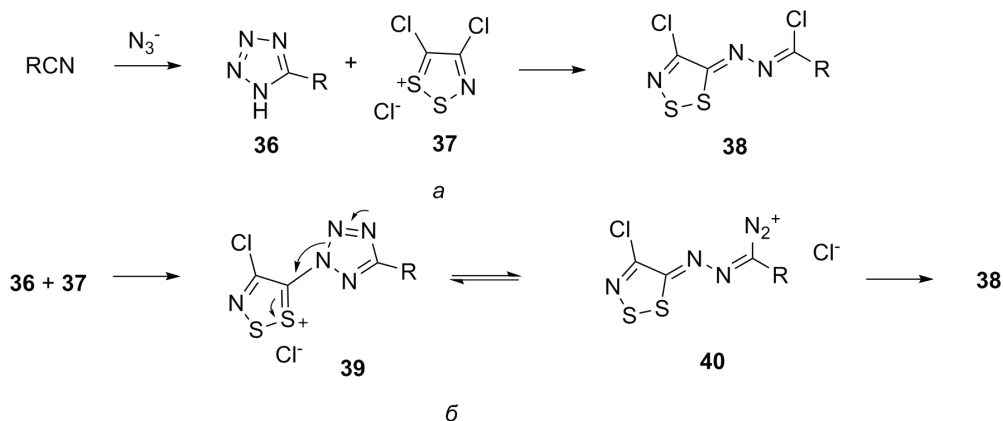


Схема 8. Реакција тетразола са Апеловом соли и механизам отварања тетразоловог прстена.

8.а). Претпостављени механизам обухвата најприје формирање интермедијера **39**, електрофилним нападом на N-2 тетразола. Због јаке електрон-акцепторске дитиазолијум групе на N-2 тетразола, долази до уравнотежавања **39** са стабилованим диазонијум дериватом **40**, дакле долази до отварања тетразоловог прстена при благим реакционим условима. Након тога долази до реакције са хлоридним јоном, елиминације азота и формирања производа **38** (Схема 8.6) [15].

Тетразолопиридинијум соли **41** у реакцији са нуклеофилима могу да подлегну отварању пиридиновог прстена [16] (слично описано у већ цитираном раду [6], Схема 3.а), а нуклеофилни напад може да се изврши и на угљеников атом између кондензованих прстенова, при чему се формира адукт **42** (Схема 9.а). Адукт **42** потом подлијеже елиминацији азота што резултује у формирању

N-анилинопиридона **43** (Схема 9.а). Реакција бициклических соли **41** са натријум-тиофенолатима (генерисаним из тиофенола са NaH у тетрахидрофурану) у благим условима (-35°C) дала је арилтио-супституисане пиридинијум *N*-ариламиде **45** (Схема 9.б). Након додатка реагенса, боја реакционе смјеше се промијенила у тамноцрвено, уочено је издвајање гаса и изоловани су црвени кристали. Тиофенолати вјероватно најприје формирају адидиони производ **44**, аналогно производу **42**. Када су цвистерјони **45** третирани са метанолом, дошло је до солволизе и формирао се крајњи производ *N*-анилинопиридон **43** у добрим приносима. Слично реагује и тетразоло[3,5-*a*]хинолинијум со **46** са натријум-*p*-толилтиофенолатом и даје плави цвистерјон **47**, који растворен у метанолу даје хинолинске деривате **48** (Схема 9.ц) [17].

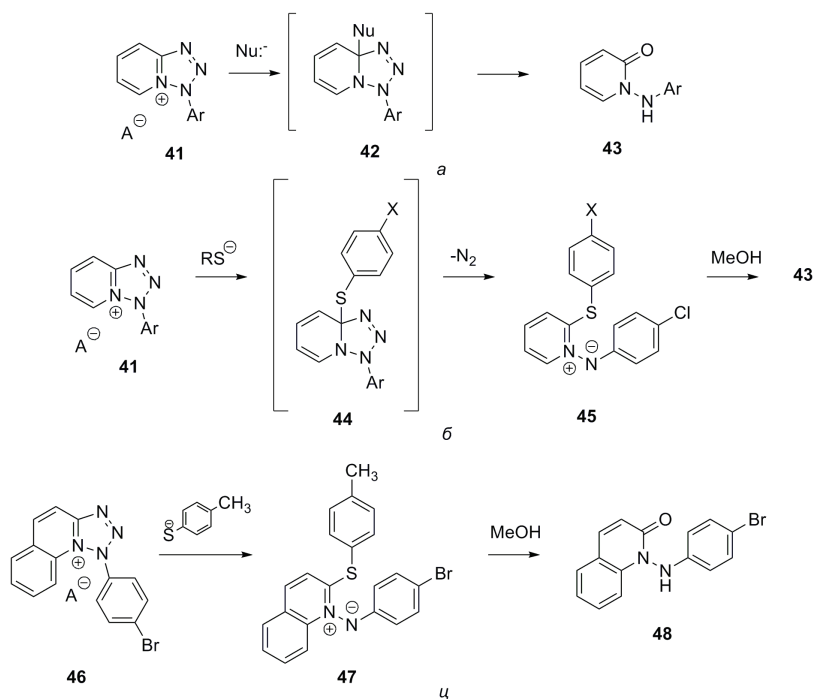


Схема 9. Отварање тетразолског прстена и елиминација азота из тетразолопиридинијум соли у присуству тиофенолата.

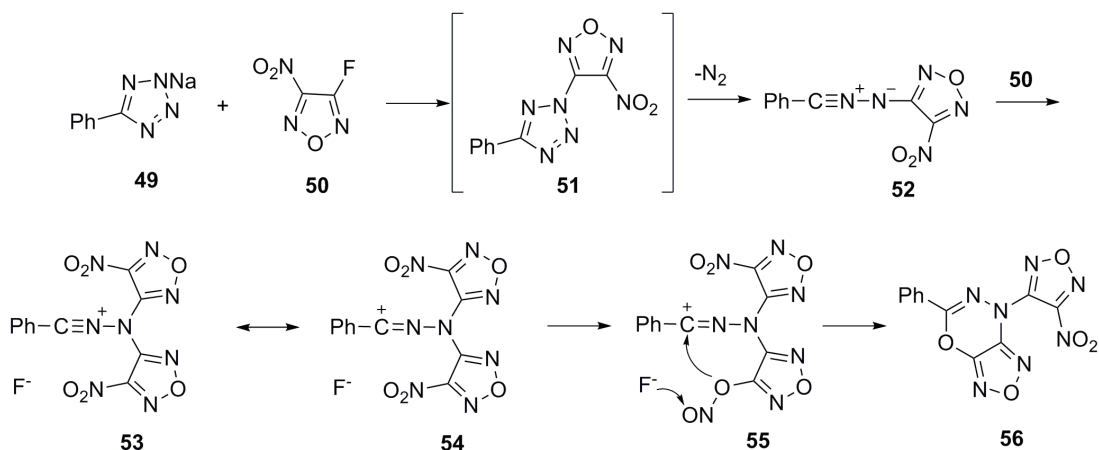


Схема 10. Отварање тетразоловог прстена и елиминација N_2 у реакцији са дериватом фуразана.

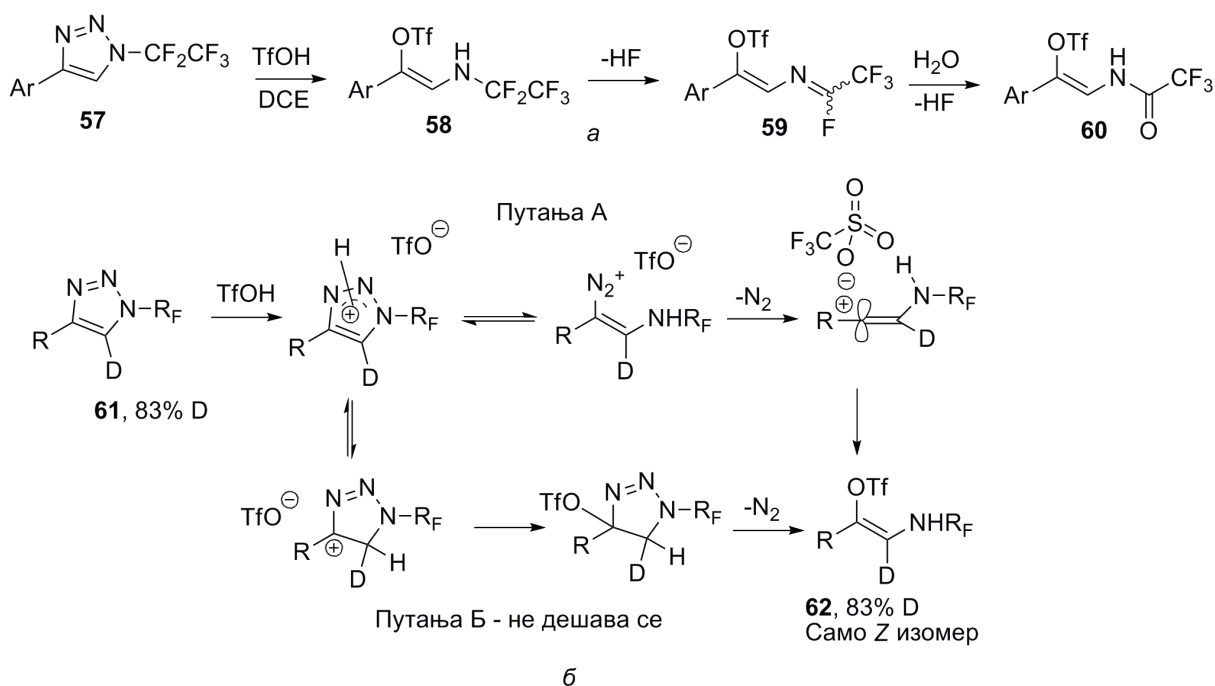


Схема 11. Реакција отварања триазолошког прстена и елиминација N_2 у реакцији са јаким киселинама, и предложени механизам реакције.

У реакцији натријумове соли 5-фенилтетразола (49) са 3-флуор-4-нитро-фуразаном (50) на собној температури у гликолом полиетеру дошло је до формирања новог неочекиваног кондензованог производа 56 (Схема 10). Претпостављени механизам подразумева очекивану нуклеofilну супституцију флуорида на фуразанском прстену, чиме се добија дисупституисани тетразол 51. Међутим, он није стабилан интермедијер, него се конвертује у нитрил-имин 52 отварањем тетразолошког прстена и ослобађањем N_2 . Други молекул врло електрофилног фуразана 50 напада нитрил-имин 52 чиме се формира со 53. Ова јонска врста потом подлиже помјерању шарже дајући једињење 54, које интрамолекулским нитро-нитрит премјештањем даје 55. Крајњи корак обухвата затварање оксадиазинског прстена, подстакнуто слободним електронским паром на кисеонику нитритне групе, што доводи до елиминације нитро-

зо-флуорида (FNO) и генерисања крајњег производа 56 (Схема 10) [18].

N-флуоралкиловани 1,2,3-триазоли у присуству трифлуорметансулфонске или флуорсулфонске киселине подлегли су низу реакција које се састоје од протоновања триазола, отварања прстена, елиминације азота, адиције сулфоната, елиминације HF и хидролизе, чиме су добијени нови трифлуорметансулфонилокси- односно флуорсулфонилокси-супституисани енамиди у врло стереоселективном маниру, који су послужили даље у реакцијама унакрсног купловања. Триазол 57 са трифлуорметансулфонском киселином (TfOH) у дихлоретану (DCE) даје енамин 58, који након елиминације HF и хидролизе даје енамид 60 (Схема 11.а). У случају да супстрат 57 има електронима богату арил-групу, реакције се одвијају на собној температури, док се за супстрате са електронима сиромашним арил-групама температура мора повећати

на 40-60°C. Хидролиза нестабилног интермедијера **58** до коначних енамида **60** је постигнута повећавањем температуре у влажном DCE или хидролизом на силика-гелу. Помоћу изотопски обиљеженог триазола **61** (Схема 11.б), објашњен је први корак механизма ових реакција триазола. Прво долази до формирања протонваног триазола у присуству TfOH, након чега долази до отварања прстена и формирања диазонијум једињења. Даље слиједи елиминација азота и формирање винил-катјона, те реакција са трифлатним анионом (TfO⁻) који преко кисеоника гради водоничну везу са водоником енамина, дајући производ **62** у Z-конфигурацији (путања А). Алтернативна путања је Б, у којој карбокатјон реагује са трифлатним анионом, након чега долази до раскидања C-H везе и елиминације азота да се добије продукт **62**. Ипак је ова путања одбачена, јер у експерименту изотопског обиљежавања није детектовано раскидање C-H/D веза током реакције [19].

ЗАКЉУЧАК

Закључујемо на крају да екстремнији термички услови и реакције са прилично јаким електрофилним реагенсима омогућавају отварање стабилних тетразолових и триазолових прстенова уз елиминацију молекулског азота, и да се фотохемијско отварање ових и сличних једињења одвија у најблажим условима. На овај начин се могу добити реактивни интермедијери који могу бити искориштени у синтези различитих једињења. Интересантно је да се истражују путеви којима ће се смањити енергетске баријере овог типа реакција, како би се лакше добили потенцијални синтетски интермедијери за даље реакције од интереса.

Abstract

RING-OPENING REACTIONS WITH NITROGEN ELIMINATION

Ljubica BRENJO, Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection, Faculty of Sciences, University of Novi Sad, ljubica.brenjo@dh.uns.ac.rs

Cyclic structures containing a double bond between two nitrogen atoms may undergo ring opening and N₂ elimination by various means, such as photochemical, thermal or in reactions with reactive electrophiles. This leads to reactive intermediate formation, such as nitrenes and nitrile imines in case of tetrazole ring-opening and N₂ expulsion. The resulting intermediates proceed in further reactions to give final products, so this is a potential way in synthesis of new compounds. This review covers

several works which dealt with this kind of reaction sequence, and the accompanying proposed mechanisms for these reactions are shown as well. In the case of stable tetrazole rings, ring-opening is quite challenging, and photochemical activation is the most promising way in generating important intermediates. Nevertheless, the aim to lower the activation energy in thermal reactions is still attractive.

ЛИТЕРАТУРА

1. E. V. Anslyn, D. A. Dougherty, *Modern physical organic chemistry*, University Science Books, Mill Valley, California, USA (2006), pp. 981-983.
2. C. Steel, *J. Phys. Chem.* 67 (1963), 1779.
3. R. Criegee, A. Rimmelin, *Chem. Ber.* 90 (1957), 414.
4. H. E. Zimmerman, R. J. Boettcher, N. E. Buehler, G. E. Keck, M. G. Steinmetz, *J. Am. Chem. Soc.* 98 (1976), 7680.
5. A. Reisinger, R. Koch, C. Wentrup, *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1* (1998), 2247.
6. C. Addicott, P. V. Bernhardt, C. Wentrup, *ARKIVOC* 2009 (vi) (2009), 30.
7. A. Reisinger, C. Wentrup, *ARKIVOC* 2005 (xiv) (2005), 131.
8. A. Reisinger, P. V. Bernhardt, C. Wentrup, *Org. Biomol. Chem.* 2 (2004), 246.
9. A. Gómez-Zavaglia, I. D. Reva, L. Frija, M. L. Cristiano, R. Fausto, *J. Phys. Chem. A* 109 (2005), 7967.
10. K. M. Lokanath Rai, A. Hassner, *Synth. Commun.* 19 (1989), 2799.
11. D.-W. Chen, Z.-C. Chen, *Synth. Commun.* 25 (1995), 1617.
12. W. A. F. Gladstone, J. B. Aylward, R. O. C. Norman, *J. Chem. Soc. (C)* (1969), 2587.
13. V. Doan, B. B. Noble, M. L. Coote, *J. Org. Chem.* 85 (2020), 10091.
14. X. Hou, M. Zhang, F. Zhao, Y. Yang, T. An, H. Li, Q. Pan, X. Wang, K. Zhang, *Cent. Eur. J. Energ. Mater.* 18 (2021), 223.
15. C. W. Rees, S. Sivadasan, A. J. P. White, D. J. Williams, *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1* (2002), 1535.
16. A. Gelléri, A. Messmer, *Tetrahedron Lett.* 44 (1973), 4295.
17. A. Messmer, P. Kövér, Z. Riedl, Á. Gömöry, G. Hajós, *Tetrahedron* 58 (2002), 3613.
18. A. B. Sheremetev, N. S. Aleksandrova, K. Yu. Suponitsky, M. Yu. Antipin, *Mendeleev Commun.* 19 (2009), 89.
19. A. Markos, S. Voltrová, V. Motornov, D. Tichý, B. Klepetářová, P. Beier, *Chem. Eur. J.* 25 (2019), 7640.



ТРИБИНА



Вера МУЖДЕКА, професор хемије у пензији

Е-пошта: vera.muzdeka@gmail.com

ОТВОРЕНА ПИТАЊА

У дневном распореду, посао наставника почиње у школи, али се ту не завршава. Неретко, важне активности се настављају у другим институцијама, срединама и местима која могу бити ресурс и подршка, како наставнику тако и школи. Један је од малобројних послова који се преноси у кућу (пишу се планови и припреме часа, припрема се радни материјал, литература, итд). При сусретима, разговорима, формалним и неформалним, школа је за наставника стална тема. Отуда крилатица „Једном наставник, увек наставник“.

Када је реч о образовно-васпитној делатности, може се говорити о већем броју битних елемената у овој области, и важности њихове узајамне повезаности. Промене у једном, имају утицаја и на остале елементе у низу. Када је реч о променама, оне су често биле у доношењу нових наставних планова и програма, грађењу и опремању простора, набавци нових наставних средстава и опреме. Администрирање се развило до невероватних размера. Свакодневно се од школа траже подаци, а да људи који прикупљају и шаљу те податке не знају сврху тога, нити добијају повратну информацију о важности и резултатима евентуалне обраде тих података. Од превелике папирологије занемарују се важније ствари и при томе се не виде ученици (осим ако није питање бројки о изостајању са наставе и сл).

Нови послови у школама су почели пре око двадесетак година када су уведени школско развојно планирање, евалуација у оквиру саме школе и када се кренуло са екстерним вредновањем рада школе. Очекивало се да ће ови нови програми донети позитивне промене. Била је то добра намера да се окупе сви актери школског живота (ученици, наставници, родитељи, локална заједница) око питања важних за унапређивање образовно-васпитног рада. Планирање, праћење и вредновање, као и у свему другом, овде су такође били услов за унапређивање и развој. Нажалост, концепт развоја није опстао на идеји окупљања и сарадње, на аутономном доношењу одлука, представљању и размени добре праксе и добрих искустава. У школи формално постоје документа као доказ, док се суштински реални живот одвија спонтано, од данас до сутра. Мали број људи зна шта је садржај ових докумената.

Колико год били важни школски простор, опрема, наставни планови и програми, уџбеници, плате наставника и све друго што чини образовни систем, фокус је

на „живим елементима“ система. Све напред наведено, ваљало би да је у функцији ученика и наставника и њиховог основног посла. Међутим, искуство показује да мало који од наведених елемената пружа значајнији допринос процесу наставе и учења. Различита тестирања спровођена у школама и пријемни испити за упис у средњу школу показали су слабе резултате у знању и постигнућима из области природних наука, језика и математике. На овоме се отворило доста питања како за непосредне учеснике, тако и за појединце ван школе, стручњаке, факултете, интересне групе, ресорне службе итд. Отворило се врло тешко питање: како децу/ученике¹ вратити школи и вредностима које школа заступа? Шта и како прилагодити и како придобити децу/ученике за учење? Како их оспособити да садњаје учења препознају ван учioniце и повежу их с реалним светом? Какве и колико атрактивне активности понудити које би могле да их увуку у процес учења? Отвара се доста питања за живот унутар школе, а истовремено су то питања од интереса за ширу заједницу и целокупно друштво. Не могу школа и наставници да остану по страни, изоловани, сами са собом, као што нагомилане проблеме и бројна питања не може да реши појединац или једна административна мера.

Годинама уназад пренебрегавала су се важна питања од интереса за образовно-васпитну делатност као што су финансирање, управљање образовним системом и школом. Треба посебно издвојити питање аутономије школе. Дуго времена прећуткивани су и занемаривани јасни показатељи о губљењу њених надлежности. Данас је школа готово потпуно изгубила аутономију у доношењу одлука по свим питањима. Последица тога је престајање одговорности за ствари које се у њој дешавају. Школски одбори су само формални доносиоци одлука.

На крају, не и мање важно питање за све који се баве, или имају интерес за образовање и васпитање деце и интерес за школу и образовни систем, јесте питање корака и поступака који би могли да мењају садашње стање и да преусмере ствари ка опоравку. Може ли, на почетку, озбиљно и одговорно да се укаже на препреке које су се нашле на овом путу, да се бар умање, ако не и да се уклоне?

¹ Синтагма дете/ученик је из пројекта Активно учење/настава, др Иван Ивић, др Ана Пешикан, др Слободанка Антић



IN MEMORIAM

СТОГОДИШЊИЦА РОЂЕЊА ЉУБИНКЕ ЛОРЕНЦ 1923-2023

Године 2023. навршило се сто година од рођења Љубинке Лоренц Обрадовић, професора Хемијског Факултета, Универзитета у Београду. Цео свој радни век (1952-93) провела је у лабораторијама Катедре (касније Факултета) за хемију и сву своју стваралачку енергију посветила је хемијској науци, експерименту, чистим супстанцама, прецизним структурама и стереохемији стероидних молекула. Та своја научна достигнућа уздигла је до савршенства, са њима је живела и у томе је уживала. Током своје универзитетске каријере углавном се бавила научним радом у области органске хемије, прецизније хемијом стероидних молекула, али се прихватала да наставу одржава из неорганске хемије и предавала је Виши курс неорганске хемије, поред неколико мањих савременијих предмета из органске хемије на постдипломским студијама.

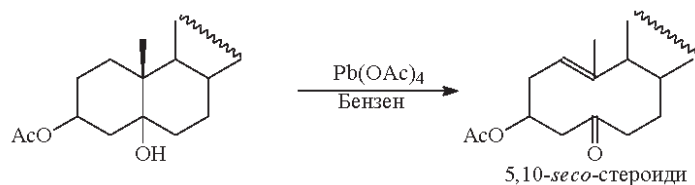
Професорка Љубинка Лоренц Обрадовић рођена је 1923. године у Београду. Студије хемије успешно је завршила 1950. године на Катедри за хемију Природно-математичког факултета у Београду. Одмах после завршетка студија запослила се у Дирекцији за нафту (1952) али је убрзо, као одличан студент, додељена на рад Катедри за хемију, као приправник професора средње школе, да би 1954. године била изабрана за асистента на истој Катедри Природно-математичког факултета. На почетку своје научне каријере научним радом се бавила у области хетероцикличне хемије а у овој области је и одбранила докторску тезу. Проучавала је кондензације изатина и изатинске киселине са дикетонима. Докторску тезу из области органске хемије радила је под руководством професора Ђорђа Стефановића и успешно одбранила 1960. године.[1] Услед недостатка наставника на Катедри за неорганску хемију за доцента је изабрана на тој Катедри већ 1961. године. Предавала је Виши курс неорганске хемије, иако се научним истраживањима бавила искључиво у областима органске хемије. Није било уобичајено да наставник одржава наставу на универзитетском нивоу из једне области а да се научним истраживањима бави у другој области хемијских наука, међутим, професорка Љубинка Лоренц је добро разумела потребу Катедре за неорганску хемију, жртвовала се и прихватила обавезе да изводи наставу из предмета који није био толико близак научној области којом се бавила. Предмет Виши курс неорганске хемије унапређивала је, модернизовала и предавала током целе своје универзитетске каријере. Овај

предмет је још предавала и на Филозофском факултету у Приштини, као и на Природно-математичким факултетима универзитета у Новом Саду и Нишу.

Боравила је на постдокторским студијама на Федералној техничкој школи у Цириху (1962) као и на специјалистичким студијама на Калифорнијском институту за технологију у Лос Анђелесу (1972), САД. Превела је с енглеског језика *Inorganic reactions and structure* (Неорганске реакције и структуре) од E. S. Goulda, Научна књига, Београд, 1966.

Са развојем хемије природних производа, а нарочито хемије стероидних једињења, у Хемијском институту, шездесетих година прошлог века, Лоренцова се почела бавити овом облашћу. Касније, током своје целе универзитетске и научне каријере, била је сарадник Михаила Михаиловића. Никада није имала жеље да самостално обрађује неку научну проблематику, не због тога што није имала знања, интуиције и способности да комплетно, теоријски и експериментално обради одређен научни проблем, већ је сарадњу тражила у некој јакој личности и нашла је у професору Михаиловићу. Била му је веран сарадник током своје целе научне каријере, била је изузетно вредна, педантна и поуздана, бавила се експерименталним радом, сређивала научне резултате за скоро целу Михаиловићеву истраживачку групу, проучавала конформациону анализу стероидних молекула којима се бавила, писала је научне радове.

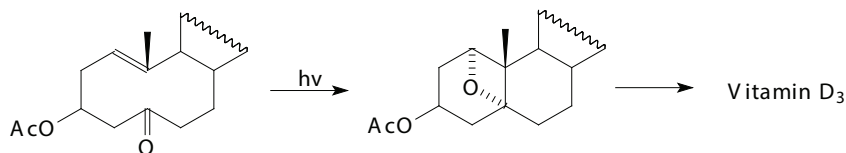
Са развојем стероидне хемије на Катедри за хемију Природно-математичког факултета у Београду и са њиховим повећаним фармаколошким применама, професорка Лоренц се определила за проучавање реакција и трансформација стероидних молекула. Тако је у сарадњи са Милутином Стефановићем, Михаилом Михаиловићем и Мирославом Гашићем откривена једна нова фрагментациона реакција, оксидација 5-хидрокси-стероидних молекула помоћу олово-тетраацетата при којој се врши раскидање везе између C_5 - C_{10} угљеникових атома и настају десеточлани прстенови - 5,10-сесо-стероиди.[2] Реакција је примењена на велики број стероидних молекула са хидроксилом групом у положају 5 и добијани су одговарајући сесо-стероиди, молекули са десеточланим прстеном, од којих су неки имали значајне фармаколошке особине. Проучавајући реактивност сесо-стероидних молекула, Лоренц и Михаиловић су пронашли да 5,10-стероидни



кетони с Е-конфигурацијом на олефинске везе, при озрачивању UV-светлошћу подлежу још једној интересантној и значајној трансануларној реакцији, Paterno-Buchi-јевој реакцији, фотоиндукованом циклизацији карбонилне групе на олефинску везу при којој се ствара оксетански прстен.[4] Ова метода искоришћена је за синтезу 1 α -хидрокси витамина D₃ који се употребљава у терапији неких коштаног обољења.

Структуре, стереохемија, конформације и реактивност 5,10-*seco*-стероида детаљно је проучавала професорка Лоренц у сарадњи с Михаловићем, а нарочито су значајне биле солволитичке реакције неких тозилатних естера, при којима су добијени врло интересантни производи, у трансануларним реакцијама 5-хидрокси-тозилата.[3] Неки значајни изоксализидински деривати добијени су из незасићених 5,10-стероидних кетона. 19-нор-стероиди такође подлежу фрагментационим реакцијама па су добијане и разне занимљиве структуре 19-нор-*seco*-стероидних молекула. Поред 5,10-*seco*-стероида Лоренц и Михаиловић су извршили и синтезу 13,14-*seco*-стероида полазећи од 14-хидрокси стероида и примењујући познате оксидативне фрагментационе реакције. Овим реакцијама настају 9-члани прстенови са раскинутом везом између C₁₃ и C₁₄ угљеникових атома. Структуре и конформације *seco*-стероидних молекула проучавали су и X-зрачном спектроскопијом као и NMR-спектроскопијом.

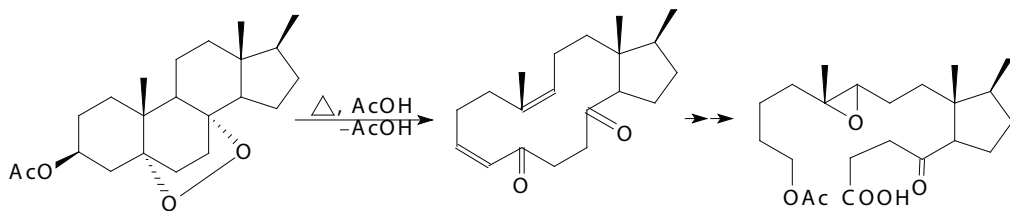
Поред наведених стероидних оксидативних фрагментација професорка Лоренц је у сарадњи са Михаиловићем значајно допринела открићу једне нове модификоване класе стероидних молекула *diseco*-стероида или стереокластана. То су молекули који имају стероидни скелет и функционалност са макроцикличним прстеновима. За овакву врсту трансформација стероидних молекула, обухватајући алкокси-радикалске модификације, Љубинка Лоренц одабрала је адекватна пероксидна једињења која разлагањем пероксидне везе генеришу алкокси радикале који подлежу фрагментационим реакцијама. Тако су извршили синтезу [2.2.2]-ендо-пероксида (5 α ,8 α -ендо-пероксида) чијим термичким разлагањем и елиминацијом сирћетне киселине настају макроциклична стероидна једињења - стереокластани.[5,6]



Ова фрагментациона радикалска реакција обухвата раскидање C₅-C₁₀ и C₈-C₉ угљеникових веза између прстенова В и С и тако настаје 14-члани прстен кондензован са циклопентановим прстеном. Трансформацијама оваквих стереокластанских молекула са отварањем макроцикличног прстена стероидни молекули довођени су у везу са простагландинским молекулима. Структуре оваквих стереокластанских молекула и њихових синтетичких интермедијера одређене су рендгенском структурном анализом и разним NMR-техникама. Ова група радова професора Лоренц и Михаиловић била је веома запажена у светској научној литератури.[7]

Љубинка Лоренц била је веома ангажована и у разним активностима и делатностима Српског хемијског друштва. Учествовала је у организацији више научних скупова које је организовало Друштво, била је дугогодишњи члан редакције Journal of the Serbian Chemical Society, рецензент рукописа многих научних радова, одржала је велики број стручних и научних предавања у подружницама Друштва. Због доприноса делатностима и активностима Друштва изабрана је за почасног члана Друштва и добитник је Медаље за трајан и изванредан допринос хемијској науци. Одликована је Орденом рада са златним венцем.

Професорка Љубинка Лоренц сарађивала је са Михаиловићем током скоро целе своје научне каријере, била изузетно вредна, педантна и поуздана сарадница, највише се бавила експерименталним радом, руководила израдом великог броја дипломских радова, магистарских теза као и докторских дисертација. Била је највештији експериментатор за изоловање и пречишћавање органских супстанци у малим количинама. За целу истраживачку групу Михаиловићевих сарадника, чији је најстарији члан била, сређивала је научне резултате, прикупљала литературне и спектралне податке, разматрала и утврђивала конформационе и стереохемијске односе сложених стероидних молекула, писала рукописе научних радова а улога Михаиловићева била је да прегледа рукописе и пошаље их издавачу. Беба Лоренц је била Михаиловићева десна рука, била му је верна и одана до краја живота, никада није показивала интересовање за самостални научни рад, мада је била најбољи познавалац реактивности, структура и стереохемије нових стероидних једињења. Кључна је била њена улога у синтезама и



steroklastan prostaglandinska struktura

проучавањима секо-стероида и стереокластана, нове класе стероидних молекула откривених у Хемијском институту. О њеном изванредном познавању стероидне хемије знали су само блиски сарадници професора Михаиловића, јер и многи чланови Хемијског института нису имали увида у њен реалан и објективан допринос значајним научним открићима која су остварена при Катедри за органску хемију.

Таква је била професорка Љубинка Лоренц, скромна, тиха, изузетно поуздана и одговорна сарадница. Волела је то што је радила и са својим сарадницима уживала у необичним молекулским структурама које је проучавала.

Текст припремио: Живорад Чековић

ЛИТЕРАТУРА

- Dj. Stefanović, M. Pavučić-Wass, Lj. Lorenc, M. Lj. Mihailović, Tetrahedron, 6 97 (1959).
- M. Lj. Mihailović, M. Setefanović, Lj. Lorenc, M. Gašić, Tetrahedron Letters 1867 (1964).
- M. Stefanović, M. Gašić, Lj. Lorenc, M. Lj. Mihailović, Tetrahedron, 20, 2289 (1964).
- M. Lj. Mihailović, M. Dabović, Lj. Lorenc, M. Gašić, Tetrahedron Letters, 4245 (1970).
- H. -C. Mez, G. Rist, O. Ermer, Lj. Lorenc, J. Kalvoda, M. Lj. Mihailović, Helvetica Chimica Acta, 59, 1273 (1976)
- H. Fuhrer, Lj. Lorenc, V. Pavlović, G. Rihs, G. Rist, J. Kalvoda, M. Lj. Mihailović, Helvetica Chimica Acta, 64, 703 (1981).
- Lj. Lorenc, L. Bondarenko, M. Lj. Mihailović, Tetrahedron Letters, 26, 389 (1985).
- Lj. Lorenc, L. Bondarenko, V. Pavlović, M. Fuhrer, G. Rihs, J. Kalvoda, M. Lj. Mihailović, Helvetica Chimica Acta, 72, 608 (1989).
- Lj. Lorenc, L. Bondarenko-Gheorghiu, V. Pavlović, H. Fuhrer, J. Kalvoda, M. Lj. Mihailović, Helvetica Chimica Acta, 75, 203 (1992).
- Lj. Lorenc, L. Bondarenko—Gheorghiu, N. Krstić, H. Fuhrer, J. Kalvoda, M. Lj. Mihailović, Helvetica Chimica Acta, 78, 891 (1995).
- M. S. Bjelaković, Lj. B. Lorenc, V. D. Pavlović, M. Lj. Mihailović, B. Tinant, J. -P. Declercq, J. Kalvoda, Helvetica Chimica Acta, 82, 707 (1999).

ПРОФ. ДР ВЛАДИМИР ПАВЛОВИЋ



Дана 28. јануара 2024. године напустио нас је др Владимир Павловић, професор Хемијског факултета у пензији. Био је изузетан човек у сваком погледу. Професор Павловић је био велики стручњак и ентузијаста у области органске хемије. Проучавао је синтезе и реактивност стероида и њихових структурних аналога. Током вишедеценијског стваралачког рада дао је изузетан допринос у настави и науци, оставивши за собом више уџбеника, велики

број радова, али и неколико важних патената међу којима су «Поступак за добијање чистог триацетина», «Поступак за добијање натријум-варфарина» и «Синтеза алкил кетен димера из стеарина».

Био је редовни професор Хемијског факултета коме је посветио свој целокупни радни век. Задужио је Факултет као педагог који је увек имао времена и разумевања за своје студенте. Дао је значајан допринос настави органске хемије у средњим школама, као аутор неколико средњошколских уџбеника и практикума.

Остаће нам у сећању као веома драг, ненаметљив и пажљив колега, изврстан хемичар и племенит човек са којим је увек било задовољство сарађивати.

Текст припремио: Љубодраг Вујисић, Универзитет у Београду - Хемијски факултет, ljubaw@chem.bg.ac.rs

ПРОФ. ЕМЕРИТУС ДР МИРЈАНА ВОЈИНОВИЋ МИЛОРАДОВ

Велика дама новосадске и српске хемије

Са великом тугом примили смо вест да је преминула професор емеритус др Мирјана Војиновић Милорадов, редовни професор Факултета техничких наука. Ко меморација у организацији Универзитета у Новом Саду и Факултета техничких наука Универзитета у Новом Саду одржана је у четвртак, 25. јануара 2024. године, у 11 часова, у амфитеатру зграде Ректората.

Проф. Војиновић Милорадов је рођена у Сремској Каменици. Дипломирала је, магистрала и докторирала на Технолошком факултету Универзитета у Новом Саду (ТФ УНС), на којем је 1964. г. започела своју богату академску каријеру. Од 1977. г. била је запослена на Природно-математичком факултету (ПМФ УНС), где је изабрана у звање доцента, ванредног, а потом 1988. године и у звање редовног професора. Држала је наставу на предметима из области примењене и медицинске хемије и инжењерства заштите животне средине на Технолошком и Медицинском факултету (МФ) УНС. Од 1985. била је ангажована и на ФТН УНС, на којем је у потпуности била ангажована од 2007. године, и где је наставила своју академску каријеру, доминатно у области заштите животне средине. Наставу на магистарским и докторским студијама држала је у земљи и иностранству. У звању професора емеритуса била је ангажована на мастер и докторским студијама на ФТН УНС. Била је пленарни предавач на многобројним међународним конгресима, као и руководилац 14 међународних пројеката. Објавила је велики број књига, приручника и збирки задатака на српском и енглеском језику. Била је ментор више од 40 докторских дисертација.

Проф. Мирјана Војиновић Милорадов је била председник Српског хемијског друштва – Хемијског друштва Војводине у периоду од 1984. до 1988., доприносила и на тај начин афирмацији хемије и хемичара и технолога у сферама друштва и привреде. У периоду од 1988. до 1992. године била је директор тадашњег Института за хемију, а данашњег Департмана за хемију, биохемију и заштиту животне средине ПМФ УНС. Прва и до недавно једина жена директор, и то у време када је грађена нова, тзв. плава зграда ПМФ-а, оставила је свој лични печат у раду, као и у изгледу Института за хемију.

Заштита животне средине била је омиљена и најважнија област истраживачког рада професорке Војиновић Милорадов. Учествовала је у припреми, реализацији и раду првог ТЕМПУС пројекта за образовање из области инжењерства заштите животне средине на Универзитету у Новом Саду, почев од 1991. године, уз формирање првог интердисциплинарног и мултидисциплинарног центра из области инжењерства заштите животне средине у

Источној Европи, захваљујући којем је развијен Универзитетски центар за интердисциплинарне и мултидисциплинарне студије и истраживања УНС (УЦИМСИ). Ово искуство стечено било је од велике важности за креирање и оснивање студијског програма из области Инжењерства заштите животне средине на ФТН УНС.

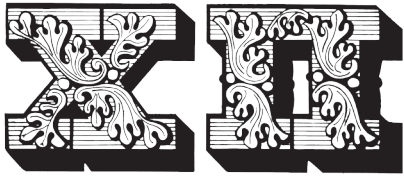
Била је добитница већег броја националних и међународних признања за допринос развоју ФТН, ПМФ и ТФ, и целокупног Универзитета у Новом Саду. Као изузетан хемичар, посвећен и успешан научник и предавач у области хемије и сродних дисциплина, проф. Мирјана Војиновић Милорадов је 2002. године изабрана за почасног члана Српског хемијског друштва, чиме су јој колеге одале почаст за изузетан допринос хемији у Србији и уопште. За посебна достигнућа у научном, стручном, педагошком раду и међународним активностима, резултате у обезбеђивању наставно-научног подмлатка, као и заслуге за развој, напредак и допринос угледу и афирмацији Универзитета и факултета на којима је била ангажована у земљи и иностранству, 2008. године додељено јој је звање професор емеритус Универзитета у Новом Саду.

Увек интересантан саговорник, виспрана и духовита, спремна за шалу, а када је требало и врло строга и ауторитативна, рационална жена, али још више емотивна, велики хемијски зналац, а пре свега зналац у области хемије и заштите животне средине, професионално и одговорно је приступала свему што је радила. Многобројне генерације студената, сарадници и колеге памтиће је по њеном научном, стручном, образовном и педагошком доприносу, неговању интердисциплинарности и развијању љубави код младих према раду и науци, а посебно према хемији и инжењерству заштите животне средине.

Њена препознатљива, снажна и позитивна енергија којом је инспирисала и мотивисала оне који су је познавали омогућила јој је да уради и оствари много на великом броју научних, наставних и, поготово, људских „фронтова“, те да досегне пијадестал, са којег саговорника гледа као равног себи и подједнако важног и поштованог. У хармонији страсти према животу и страсти према науци, посвећујући се породици подједнако као и студентима и колегама, показала нам је да је не само то могућа, него и добитна комбинација за један живот вредан поштовања и дивљења.

Захвалне колеге и чланови СХД

Текст припремила: Сузана Јовановић Шанта, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, suzana.jovanovic-santa@dh.uns.ac.rs



ИЗВЕШТАЈ СА СВЕЧАНЕ СКУПШТИНЕ СРПСКОГ ХЕМИЈСКОГ ДРУШТВА

Свечана скупштина Српског хемијског друштва одржана је 18. децембра 2023. године у Свечаној сали Српске академије наука и уметности у Београду. Председник Друштва, др Душан Сладић, отворио је Скупштину и укратко подсетио на најзначајније активности Друштва у 2023. години, на одржане манифестације, припремљен нови сајт Друштва, нове правилнике и активности у EuChemS-у и IUPAC-у. Потом је најавио планове за следећу годину.

Добитник Медаље за трајан и изванредан допринос науци за 2022. годину, др Бранимир Гргур, одржао је предавање под насловом: „Изазови у електрохемијском складиштењу енергије”.

У складу с традицијом уручена су стручна и научна признања Друштва за допринос развоју хемијске мисли у Србији и то:

- др Душанки Милојковић Опсеница - **Медаља за трајан и изванредан допринос науци**, као израз признања за допринос развоју савремених хроматографских метода и хемије хране,
- др Данијелу Милинчићу - **Медаља за прегалаштво и успех у науци**, као израз признања за допринос развоју метода за анализу секундарних метаболита у храни, и
- др Милану Р. Николићу - **Медаља за изванредне резултате у настави**, као израз признања за допринос квалитету образовања у области хемије.

Након доделе медаља уручено је признање др Тањи Ђирковић Величковић као **заслужном члану** у знак признања и захвалности за значајан допринос раду Друштва.

У оквиру подсећања на историју хемије, др Весна Милановић Маштраповић је одржала предавање као увод у предстојећу изложбу „Сима Лозанић: витез српске науке“ која ће бити отворена од 26.12.2023. до 25.2.2024. године у Галерији Српске академије наука и уметности.

У 2023. години СХД је доделило **Захвалнице**:

- др Ради Баошић, као знак признања за дугогодишњи допринос раду Друштва,
- др Драгици Тривић, као знак признања за дугогодишњи допринос раду Друштва,

- др Сањи Панић, као знак признања за дугогодишњи допринос раду Друштва,
- др Александру Деканском, као знак признања за дугогодишњи допринос раду Друштва,
- Lynne Katsikas, као знак признања за дугогодишњи допринос у припремању часописа „Journal of the Serbian Chemical Society“,
- Хемијском факултету Универзитета у Београду, као знак признања за организацију конгреса XXII EuroFoodChem,
- Природно-математичком факултету Универзитета у Нишу, као знак признања за организацију Републичког такмичења из хемије за ученике основних школа у 2023,
- Природно-математичком факултету Универзитета у Новом Саду, као знак признања за организацију Републичког такмичења из хемије за ученике средњих школа и 59. Саветовања СХД у 2023,
- компанији „НИС а.д. Нови Сад“, као знак признања за подршку у организацији олимпијада из хемије у 2023,
- фирми „Analysis doo“, као знак признања за подршку свим конференцијама у организацији Друштва у 2023,
- фирми „Браћа Мирчић Оптика - Сатови“, као знак признања за дугогодишњу подршку раду Друштва.

У 2023. години СХД је доделило **Похвалнице** за постигнут успех на 55. Међународној хемијској олимпијади у Швајцарској:

- Урошу Полексићу за освојену сребрну медаљу,
- Јанку Поповићу за освојену бронзану медаљу,
- Дуњи Вуковић за освојену бронзану медаљу,
- Душану Ђурђевићу за освојену похвалницу.

Студентска признања – Специјално признање и Годишња награда – намењена су најбољим дипломираним студентима хемије и хемијске технологије на универзитетима у Србији, који су, према Правилнику о наградама СХД, дипломирали у периоду од 1. јула претходне године до 30. јуна текуће године са просечном оценом изнад 9,50. Награђени студенти добијају двогодишње бесплатно чланство у Друштву и двогодишњу претплату на *Journal of the Serbian Chemical Society*. На Природно-математичком факултету Универзитета у Крагујевцу није било студената који су у периоду од 1.7.2022. до 30.6.2023.

године завршили основне академске студије са средњом оценом већом од 9,50.

За 2023. годину **носиоци Специјалног признања** су студенти са следећих факултета:

■ Природно-математички факултет Универзитета у Новом Саду

1. Михајло Ђирић
2. Давид Недељковић
3. Габријела Пацал
4. Теодора Мацгал
5. Јована Симеуновић
6. Ема Гардић
7. Вукашин Митровић
8. Славица Митровић
9. Андрија Вуков
10. Горана Илић
11. Алекса Аларгић
12. Нађа Живановић
13. Марија Куч
14. Леа Плавшин
15. Нада Станојев
16. Сергеј Цвијић

■ Технолошки факултет Универзитета у Новом Саду

1. Сара Брунет
2. Христина Радовић
3. Марија Ковач
4. Сања Лудошки
5. Јелена Поповић
6. Јелена Ковач
7. Стефанија Окиљевић
8. Јелена Вукосављевић
9. Тијана Печи
10. Страхиња Ковач
11. Богдан Пјешивац

■ Факултет за физичку хемију Универзитета у Београду

1. Катарина Рондовић
2. Стефана Дејковић
3. Ана Атанасковић

■ Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду

1. Јелена Станисављевић
2. Јелена Ивковић
3. Анђела Буцало
4. Невена Јаћимовић
5. Јана Башчаревић
6. Нера Давидовић
7. Јасна Ђуровић
8. Нина Миладиновић
9. Алекса Галић
10. Сара Радовић

■ Хемијски факултет Универзитета у Београду

1. Дарко Костић
2. Марко Слијепчевић
3. Маша Чолаковић

4. Марија Стефановић

5. Маша Бићанин

6. Дамјан Чубраковић

7. Маја Остојић

8. Владана Сушић

9. Вања Вујасиновић

10. Наталија Петронијевић

11. Марина Писместровић

12. Ненад Друловић

■ Природно-математички факултет Универзитета у Нишу

1. Јелена Живановић

2. Ина Кањевац

■ Технолошки факултет Универзитета у Нишу

1. Катарина Цекић

2. Тијана Јанаћковић

3. Стефана Милосављевић

Добитници Годишње награде СХД за 2023. годину, признања које носи и новчану награду, су:

■ Деспотовски Теодора, Природно-математички факултет Универзитета у Новом Саду

■ Радић Марко, Природно-математички факултет Универзитета у Новом Саду

■ Ђато Теодора, Природно-математички факултет Универзитета у Новом Саду

■ Јанковић Мина, Природно-математички факултет Универзитета у Новом Саду

■ Токовић Ива, Технолошки факултет Универзитета у Новом Саду

■ Бербић Дамир, Хемијски факултет Универзитета у Београду

■ Ковачевић Андреј, Хемијски факултет Универзитета у Београду

■ Весковић Јелена, Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду

Сви добитници Годишње награде су основне академске студије завршили са просечном оценом 10. Финансијски део награда, за ову годину, обезбедили су Природно-математички факултет Универзитета у Нишу и СХД.

На крају, уз пригодан говор, академик др Богдан Шолаја позвао је све присутне на свечано отварање изложбе „Сима Лозанић: витез српске науке“. Свечану скупштину закључио је председник Друштва, др Душан Сладић, који је још једном честитао добитницима признања и позвао на наставак дружења уз коктел.

Александра Дапчевић

Јелена Трифковић

секретари Друштва

Упутство за ауторе

Рад треба да буде написан ћириличним писмом, коришћењем програма *MS Word*. Радови аутора из региона могу бити и на латиничном писму, док радови иностраних аутора могу у целини бити на енглеском језику. У том случају превод извода на српски језик ће бити обезбеђен. Препоручује се употреба фонта *Times New Roman*, величина 12, са проредом *Single*, док први ред у сваком новом пасусу треба да буде аутоматски увучен.

Најпре се пишу имена аутора и њихове афилијације, а затим наслов рада. Поред имена сваког аутора потребно је навести установу у којој је запослен и е-mail адресу. Обавезна је фотографија сваког аутора, коју треба доставити приликом пријављивања рада. Наслов рада треба да буде информативан и да одговара предмету проучавања. За писање наслова користи се фонт *Times New Roman*, величина 14, велика слова, подељано, центрирано. Уколико се у тексту користе поднаслови, њих треба записати фонтом *Times New Roman*, величина 12, велика слова, подељано, лево поравнато.

Рад треба да садржи кратак извод до 200 речи, на српском и енглеском језику. Извод на српском језику се налази на почетку рада, док се извод на енглеском језику налази на крају рада. Уз извод на енглеском језику потребно је написати и преведен наслов рада, имена аутора и називе установа у којима раде.

Испод извода, и на српском и на енглеском језику, треба навести кључне речи (максимално пет). Кључне речи се пишу курзивом и одвојене су запетом. Пожељно је да то буду појмови и термини који се често користе за индексирање и претрагу чланака.

Све референце на српском језику, у заградама у тексту и у списку литературе, наводе се латиницом, без обзира на ћирилично писмо које се користи за писање рада или писмо на коме су штампани коришћени извори. На литературу се упућује у загради у самом тексту, а не у фусноти. Имена страних аутора у тексту се наводе у српској транскрипцији, а затим се у загради наводе изворно, уз годину публикавања рада. Пример: Алхин (Allchin, 2014). Када постоје два аутора рада, наводе се презимена оба, док се у случају већег броја аутора наводи презиме првог и скраћеница „i sar.“ уколико је реч о раду на српском или „et al.“ уколико је реч о раду на страном језику. Уколико се у раду наводе дословни цитати, сваки цитат треба да прати референца са бројем стране. Пример: (Barke et al., 2009: 40).

У раду треба да буде употребљен искључиво Међународни систем мерних јединица (SI). С обзиром на то да се Хемијски преглед штампа ћирилицом, мерне јединице треба да буду написане латиницом, одговарајућим фонтом. Називи свих једињења у раду треба да буду усаглашени са системском номенклатуром.

Слике, табеле, графикони и схеме позиционирају се у раду на одговарајуће место. Сви графички елементи морају да имају редни број и наслов. Пример: **Слика 1** Наслов, или **Табела 1** Наслов, фонт *Times New Roman*, величина 11, реч слика или табела се подељивају. Уколико је потребно може се додати легенда (објашњења ознака, шифара и скраћеница). Наслов слике наводи се испод слике, а наслов табеле изнад табеле. За илустрације преузете из књига или часописа, аутор је дужан да упути на извор, а у случају коришћења *Web* страница да наведе линк са кога је слика преузета, водећи рачуна да слика припада јавном домену, тј. да је слободна за преузимање.

На крају текста (после извода на енглеском језику), под насловом Литература, наводи се списак референци коришћених приликом писања рада. Референце треба записати у складу са стилем АПА (APA, American Psychological Association) и навести их абecedним редом по презименима аутора. Када се исти аутор наводи више пута, поштује се редослед година у којима су радови публиковани. Уколико се наводи већи број радова истог аутора публикованих у истој години, радови треба да буду означени словима уз годину издања, на пример: 2020a, 2020b... У наставку су приказани примери записивања различитих типова коришћених извора.

Књига (презиме(на) и иницијал(и) имена аутор(а). година издања. наслов књиге (курзивом). место издања: издавач.) Пример: Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education, 6th edition*. New York: Routledge.

Поглавље у књизи или у тематском зборнику (презиме(на) и иницијал(и) имена аутора. година издања. назив поглавља. презиме и иницијал имена уредника. наслов књиге (курзивом) и прва и последња страница поглавља у загради. место издања: издавач.) Пример: De Jong, O., & Talanquer, V. (2015). Why is it relevant to learn the big ideas in chemistry at school? In I. Eilks and A. Hofstein (Eds.). *Relevant Chemistry Education From Theory to Practice* (pp. 11-31). Rotterdam: Sense Publishers.

Чланак у часопису (презиме(на) и иницијал(и) имена аутора. година издања. назив чланка. пуно име часописа (курзивом), волумен (број), странице. и, уколико је доступан, DOI број) Пример: Bernholt, S., & Parchmann, I. (2011). Assessing the complexity of students' knowledge in chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 12 (2), 167-173. <https://doi.org/10.1039/C1RP90021H>

Прилог у зборнику са научног скупа, објављен у целини (презиме(на) и иницијал(и) имена аутора. година издања. наслов прилога. презиме(на) и иницијал(и) имена уредника. наслов зборника (курзивом) и прва и последња страна прилога у загради. наслов скупа (курзивом), време одржавања скупа. место издања: издавач.) Пример: Milanović, V., & Bilek, M. (2021). Chemistry as part of society through centuries – the first experience from teachers' education. In: Ciesła, P. (Ed.). *University education of future science teachers* (47-63). 8th International Conference on Research in Didactics of the Sciences (DidSci 2020), 17-19 June 2020. Krakow (Poland): Pedagogical University of Krakow.

Веб-документи (презиме(на) и иницијал(и) имена аутора. година. назив документа (курзивом). датум када је сајт посећен. интернет адреса):

Finegold, D., & Notabartolo, A. S. (2010). *21st century competencies and their impact: An interdisciplinary literature review*. Retrieved January 3, 2019. from: https://hewlett.org/wp-content/uploads/2016/11/21st_Century_Competencies_Impact.pdf

Службена документа - закони, прописи, правилници и слично (назив документа (курзивом). година објављивања. назив гласила. број): Пример: *Pravilnik o standardima kompetencija za profesiju nastavnika i njihovog profesionalnog razvoja*. (2011). Sl. glasnik RS - Prosvetni glasnik. br. 5.

Сваки достављени рад подлеже рецензији, а рецензенте одређује уредништво.

Радови се достављају преко интернет стране Хемијског прегледа на сајту Српског хемијског друштва која ће бити покренута током 2024. године, а у прелазном периоду преко адресе: hempred@chem.bg.ac.rs

СРПСКО ХЕМИЈСКО ДРУШТВО
Карнегијева 4/III, Поштански фах 36
11 120 БЕОГРАД 35
СРБИЈА

ПОШТАРИНА ПЛАЋЕНА КОД ПОШТЕ
11200 БЕОГРАД 2

ПРИМАЛАЦ:

ШТАМПАНА СТВАР