

# **ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД**

год. 50

бр. 3 (јун)

YU ISSN04406826

UDC 54.001.93

# ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД CHEMICAL REVIEW



Годиште 50

број 3  
јун

Editor-in-Chief  
RATKO M. JANKOV  
Deputy Editor-in-Chief  
DRAGICA TRIVIĆ

Volume 50  
NUMBER 3  
(June)

Publisher  
SERBIAN CHEMICAL SOCIETY  
Belgrade/Serbia, Karnegijeva 4

Издаје  
СРПСКО ХЕМИЈСКО ДРУШТВО

Телефон 3370-467

Карнегијева 4

излази двомесечно

ОДГОВОРНИ И ГЛАВНИ УРЕДНИК  
Ратко М. Јанков

ПОМОЋНИК ОДГОВОРНОГ И ГЛАВНОГ  
УРЕДНИКА  
Драгица Тривић

ЧЛАНОВИ РЕДАКЦИЈЕ

Владимир Вукотић, Бранко Дракулић, Јелена Радосављевић  
и Воин Петровић

Издавање часописа „ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД“ помажу:  
Технолошко-металуршки факултет, Хемијски факултет и  
Факултет за физичку хемију у Београду.

УРЕЂИВАЧКИ ОДБОР

Иван Гутман, Снежана Зарић, Јован Јовановић, Славко  
Кеврешан, Драган Марковић, Радо Марковић, Владимир  
Павловић, Радомир Саичић, Живорад Чековић (пред-  
седник).

Годишња чланарина, укључује часопис „Хемијски преглед“,  
за 2009. годину износи:

- за запослене..... 1.400,00  
- за пензионере, студенте, ђаке и незапослене.....600,00  
- претплата за школе и остале институције..... 3.000,00  
- за чланове из иностранства.....€ 40,-  
- претплата за институције из иностранства ..... € 50,-

Чланарину и претплату можете уплатити на рачун СХД:  
205-13815-62, позив на број 320.

Web site: <http://www.shd.org.yu/hp/>  
e-mail редакције: [hempred@chem.bg.ac.rs](mailto:hempred@chem.bg.ac.rs)

Припрема за штампу: Јелена и Зоран Димић, Светозара  
Марковића 2, 11000 Београд

Штампа: Завод за графичку технику Технолошко-  
металуршког факултета Београд, Карнегијева 4

Насловна страна и Интернет верзија часописа:  
Слободан и Горан Ратковић, RatkovicDesign  
[www.ratkovicdesign.net](http://www.ratkovicdesign.net)  
[office@ratkovicdesign.net](mailto:office@ratkovicdesign.net)

## САДРЖАЈ

### ЧЛАНЦИ

Јовица БАЂИЋ, Сандра СТОЈАНОВИЋ и Теодора ЖУЈОВИЋ  
*Jovica BADIĆ, Sandra STOJANOVIĆ and Teodora ŽUJOVIĆ*

ХЕМИЈА И НАНОТЕХНОЛОГИЈА  
*CHEMISTRY AND NANOTECHNOLOGY* ..... 58

Иван ГУТМАН, Маријана ЂОКИЋ  
*Ivan GUTMAN and Marijana ĐOKIĆ*

СМАРАГДНА ТАБЛА  
*THE EMERALD TABLET* ..... 67

Слободан Н. МАРИНКОВИЋ,  
*Slobodan N. MARINKOVIĆ*

КОЛИКО ДИМЕНЗИЈА ИМА ЧВРСТ УГЉЕНИК?  
*HOW MANY DIMENSIONS HAS SOLID CARBON?* ..... 70

### ВЕСТИ за ШКОЛЕ

45. РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ из ХЕМИЈЕ за УЧЕНИКЕ  
ОСНОВНИХ ШКОЛА ..... 75  
ТАКМИЧЕЊЕ СРЕДЊОШКОЛАЦА 2008/2009. .... 76

### ВЕСТИ из СХД

МОЛЕКУЛИ У ТАЈНАМА ЖИВОТА И СВЕТУ ОКО НАС ... 77

ЗАВРШЕНИ СУ ДВАДЕСЕТИ АПРИЛСКИ ДАНИ  
ПРОСВЕТНИХ РАДНИКА СРБИЈЕ - СЕМИНАР ЗА  
ПРОФЕСОРЕ И НАСТАВНИКЕ ХЕМИЈЕ ..... 78

ИЗВЕШТАЈ О РАДУ 47. САВЕТОВАЊА  
СРПСКОГ ХЕМИЈСКОГ ДРУШТВА ..... 79

ДОДЕЉЕН ОРДЕН СЛОБОДАНУ Д. ПЕТРОВИЋУ,  
ЧЛАНУ ПРЕДСЕДНИШТВА СХД ..... 80

### ПРИКАЗ УЏБЕНИКА

Слободан Д. Петровић, Најаиша В. Валентић, Душан Ж. Мијин:  
Сировине за фармацевтске производе ..... 80

### НОВА КЊИГА

Драгомир Вишиоровић: О првој послератној генерацији  
београдских хемичара (1945/46) с осмехом ..... 81

### IN MEMORIAM

Ненад Радошевић, (1912-2008) ..... 82

### ХЕМИЈА НА ИНТЕРНЕТУ

Александар ДЕКАНСКИ, Владимир ПАНИЋ, Драгана  
ДЕКАНСКИ

ФОРЕНЗИЧКА ХЕМИЈА ..... 83



## УВОДНИК

Ризикујући да нас назовете хвалисавим, морамо вам рећи: овај број ХП који је пред вама препун је одличних чланака!

Добитник Нобелове награде за физику, Ричард Фејнман (Richard Feynman, Caltech) је још давне 1959. године на седници Америчког друштва физичара нагласио важност минијатуризације и поставио темеље нанотехнологије: „Какве су предности сићушних молекулских уређаја? Врло је тешко предвидети корисност таквих справа, али сама могућност контроле трансфера енергије на молекулском нивоу је интересантна и обећавајућа.” Овај приступ минијатуризацији као тенденцији развоја технологије довео је до економских и социјалних промена и утицао на животни стандард људске популације у целом свету. Како све то изгледа данас, описују нам Јовица Бађић, Сандра Стојановић и Теодора Жујовић у свом чланку под насловом „Хемија и нанотехнологија“.

Чврсти угљеник може бити 1-, 2- или 3-димензионалан. Сваки од ова три варијетета има јединствену комбинацију особина. Дијамант (3-Д) је најтврђи од свих познатих материјала, провидан и са високим индексом преламања. Кристал графита (2-Д), присутан у природи у облику ситних плочица, изграђен је од паралелних графенских слојева који су слабо везани за суседне, тако да је изразито анизотропан. Огроман интерес за угљеничне наноцеве (1-Д), потиче од њихових изванредних особина. Добру елаборацију ове теме наћи ћете у чланку „Колико димензија има чврст угљеник?“, аутора Слободана Маринковића.

Чланак Ивана Гутмана и Маријане Ђокић о „Смарагдној табли“, као једној од најстаријих легенди хемије показује вам да се у хемији може уживати не само као у науци и практичном решењу животних проблема, већ као у књижевном тексту.

\* \* \*

Јубиларни двадесети Априлски дани за професоре хемије одржани су ове године 21. и 22. априла у организацији Српског хемијског друштва и Хемијског факултета у Београду. Семинару је присуствовало више од 230 регистрованих учесника. На основу извештаја Организационог одбора, семинар је оцењен као успешан. Извештај о овом догађају можете прочитати у рубрици *Вести из СХД*. У истој рубрици наћи ћете и извештај о раду 47. Саветовања Српског хемијског друштва (које је одржано на Технолошко-металуршком факултету у Београду 21. марта 2009. године).

\* \* \*

У Србији је прво такмичење ученика у познавању хемије одржано још пре 45 година, 1964. године. Од тада па све до данас стално се организују годишња такмичења која се завршавају са завршетком школске године. Тако је и ове године управо завршено Републичко такмичење из хемије ученика основних и средњих школа, у организацији Српског хемијског друштва и Министарства просвете Републике Србије. Већ неколико година унатраг организација такмичења подељена је у два дела: део који се односио на основне школе и део такмичења за средњошколце. Финале основношколског такмичења одржано је од 16. до 17. маја у Београду у згради Хемијског факултета. Ученици су показали одличне резултате. Средње школе су, на задовољство свих, своје финале одржале од 23 до 24. маја у гостољубивом Ужицу, где су одлични домаћини обезбедили добре услове за такмичење. Извештај о оба ова такмичења, са резултатима и табелама, погледајте у овом броју *Хемијској ирепеди* у *Вестима из школе*. Честитамо свим добитницима.

**Р.М.Јанков**



## ЧЛАНЦИ



Јовица БАЂИЋ,\* Сандра СТОЈАНОВИЋ и Теодора ЖУЈОВИЋ  
The Ohio State University, Columbus OH 43220 USA

\*badjic@chemistry.ohio-state.edu

## ХЕМИЈА И НАНОТЕХНОЛОГИЈА

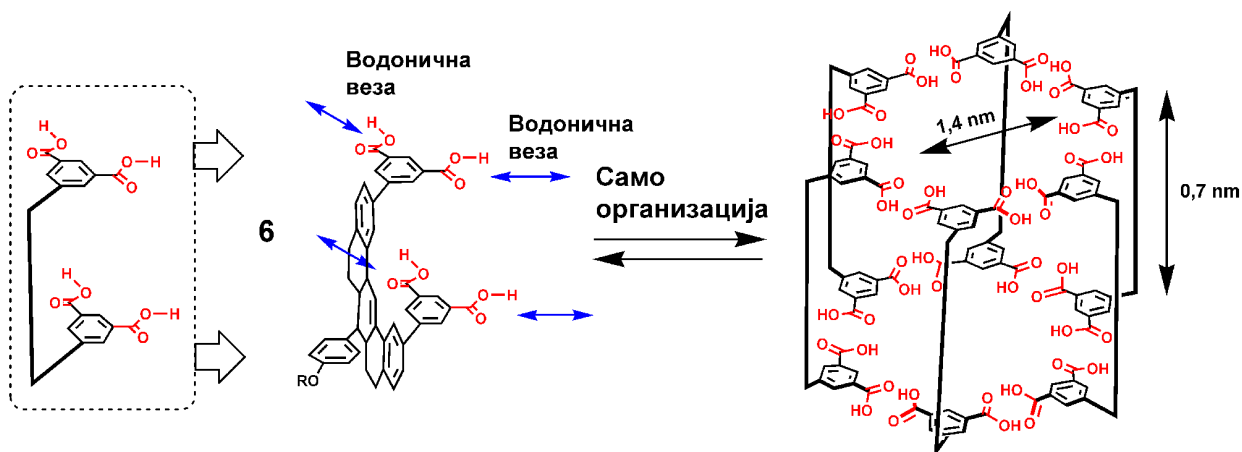
**Минијатуризација као тенденција развоја технологије:** Напредак људске цивилизације је одувек био повезан са конструкцијом справа и машина. Индустриска револуција, са краја 18. и почетка 19. века, је тако у Великој Британији отпочела са механизацијом друштва. Развитак нових технологија је довео до економских и социјалних промена и утицао на животни стандард људске популације у целом свету. Истовремено напредак основних наука је омогућио достигнућа у области медицине, информатике и материјала. Просечан животни век је у развијеном делу света продужен, док су брза и ефикасна размена информација као и квалитет уређаја за стварање и пренос енергије неоспорни. Интересантан је податак да су енергенти, од којих данашња индустрија зависи, распложиви у ограниченој мери. Садашње резерве нафте, природног гаса и угља се процењују на одприлике 200 година. Светска потрошња нафте је 1000 барела (један барел = 159 литара) у секунди, што је два литра дневно по свакој особи на земаљској кугли.<sup>1</sup> Коришћење нафтних

деривата се данас сматра главним узроком глобалног загревања и климатских промена које трајно мењају нашу околину (биосистем). Проблеми са којима се човечанство сусреће произилазе из релативно застарелих принципа и технологија којима се енергија добија (на пример сагоревање горива) и преводи из једног облика у други. Решење се види у развијању нових и ефикасних метода за производњу, пренос и очување енергије посретством сићушних (нано, што је милионити део милиметра) молекулских уређаја (Слика 1). Добитник нобелове награде за физику Ричард Фејнман (Richard Feynman, Caltech) је још давне 1959. године, на седници Америчког Друштва Физичара, нагласио важност минијатуризације и поставио темеље нанотехнологије: „Какве су предности сићушних молекулских уређаја? Врло је тешко предвидети корисност таквих справа, али сама могућност контроле трансфера енергије на молекулском нивоу је интересантна и обећавајућа.” Фејнман је истовремено понудио награду од 1000 америчких долара првом ко направи електрични мотор величине 1/64 инча (1 инч = 2,54 цм) или препише страницу књиге на површину 25 000 пута мању од саме странице. Томас Њуман (Thomas Newman) је 1985. године, као студент универзитета Станфорд, успео да уз помоћ електронске литографије препише уводну страницу из књиге Чарлса Дикенса Прича о два града (Charles Dickens, A Tale of Two Cities) на површину величине 1/160 део милиметра (~20 пута мање од величине које људско око може да препозна). Фејнман је исплатио награду, а рекорд у креацији малих уређених структура је оборен још два пута: 1990. године истраживачи из компаније ИВМ (Пало Алто, САД) су пронашли начин за контролисано распоређивање атома племенитог гаса ксенона на равну површину, док су у јануару 2009. године истраживачи са Станфорда исписали слова С и У величине мање од величине атома.<sup>2</sup>



**Слика 1.** Нанотехнологија је грана науке која за циљ има развијања уређаја величине 1 - 100 нанометара (један нанометар одговара милијардитом делу метра). Ефикасност оваквих сићушних уређаја за пренос и добијање енергије је боља од постојећих, што може помоћи у решавању енергетских проблема са којима се свет сусреће.

**Нанотехнологија:** Нанотехнологија је као правац науке произашла из Фејнманове визије, а оријентисана је разумевању молекулских и атомских структура величине до 100 nm (Слика 1). Општеприхваћена су два приступа у конструкцији таквих сићушних нано



**Слика 2.** Приказана је само-организација шест функционалних молекула (лево) у сложени молекулски склоп (десно) величине 0,7 x 1,4 nm. Карактеризација је обављена у лабораторији Професора Стивена Зимермана (Stephen Zimmerman, University of Illinois Urbana-Champaign).<sup>3</sup> Разумевање оваквих хемијских процеса је важно за развитак нанотехнологије.

структура: (1) Приступ „на доле” (top-down) је од инжињерског значаја и подразумева прецизну изградњу нано елемената уз помоћ оптичких уређаја полазећи од веће целине (2) приступ „на горе” (bottom-up) је од значаја за хемију и хемијску технологију и подразумева уређење молекула уз помоћ процеса само-организације (Слика 2).

Из скорашње јавне дебате професора Дреклера (K. Drexler, Foresight Institute) и нобеловца Ричарда Смолија (Richard Smalley, Rice University)<sup>4</sup> о напретку нанотехнологије, конструкција молекулских машина способних за извршавање корисних операција са атомском прецизношћу је могућа и укључује: (1) трансформацију хемијске или светлосне у кинетичку енергију (кретање), (2) пренос материје из једне у другу средину, као и (3) прецизну контролу хемијских процеса (реакција). Тако могућности нанотехнологије пружају могућа решења горућих енергетских проблема и доприносе проналажењу метода за искоришћавање светлосне енергије.

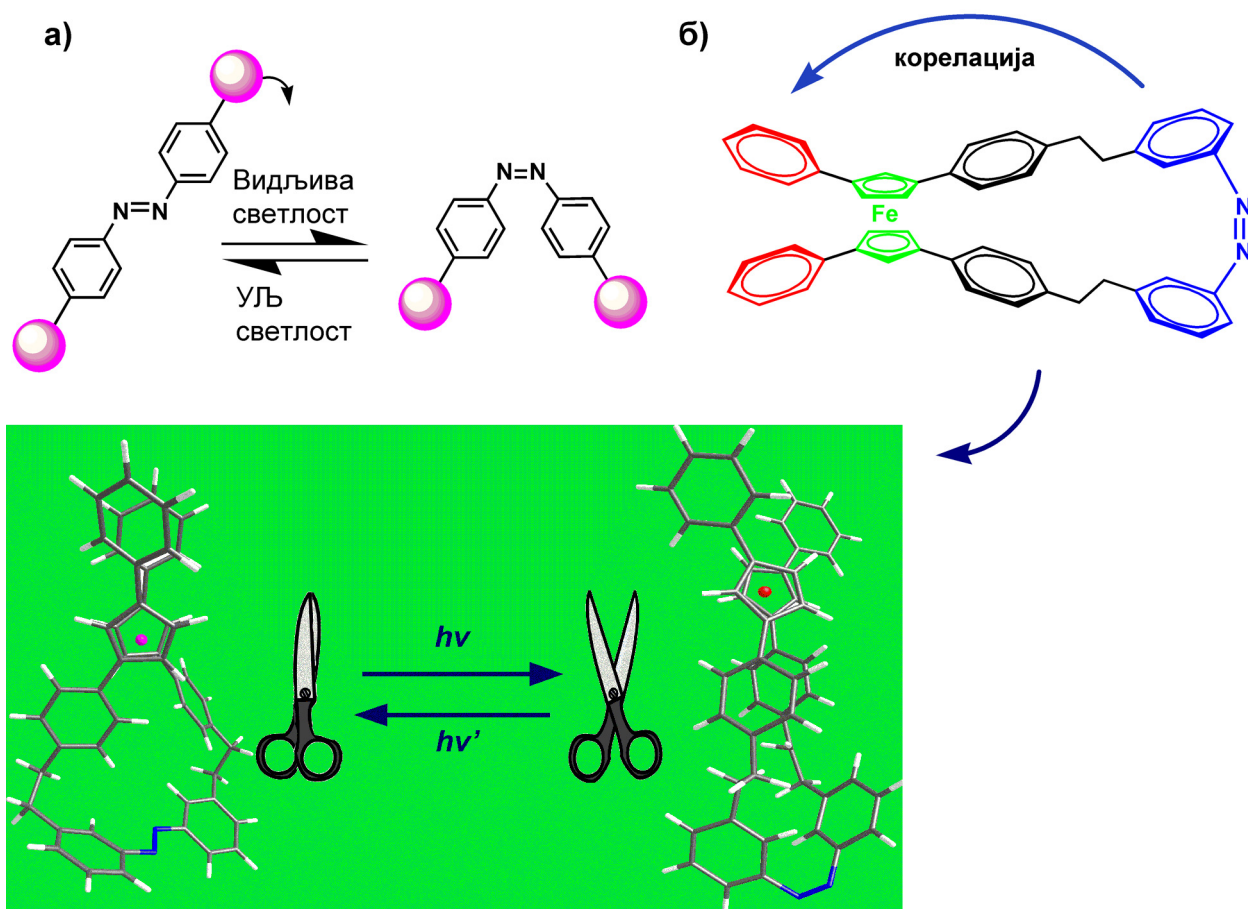
Такође се у том смислу може побољшати третман тешких болести (на пример рак, сида, паркинсонов синдром) изналажењем начина за ефикасну и селективну доставу постојећих лекова болесном ткиву и ћелијама. Извршење компликованих хемијских реакција (или групе повезаних реакција) је од изузетне важности за добијање нових и корисних материјала, и у томе методе нанотехнологије могу да помогну.

**Биолошки системи врше компликоване операције са изузетном прецизношћу:** Молекули у природним системима (ћелијама живог организма) су организовани у склопове са способношћу да обављају компликоване операције. Ефикасан пренос светлосне (сунчеве) у хемијску енергију се код биљака обавља у фотосистему (I и II) у процесу фотосинтезе и доводи до производње молекула аденозин трифосфата (АТФ). Молекули АТФ-а садрже „вишак” енергије, која се након раскидања Р-О везе ослобађа и користи за друге процесе (егзотермна реакција,  $\Delta G^\circ = 7 -$

14 kcal/mol) као што је контракција мишића. За производњу молекула АТФ-а је директно одговоран релативно компликован ензим АТФ синтаза.<sup>5</sup> Овај ензим представља пример ротационог мотора у мембрани митохондрије (ћелијска органела), а сачињавају га ротор ( $\Phi_0$ ) и статор ( $\Phi_1$ ). Ротор  $\Phi_0$  се окреће уз помоћ енергије коју добија регулацијом протока позитивних јона водоника (протона) из области веће концентрације (ван митохондрије) у област мање концентрације (унутар митохондрије). Ротација ротора се даље преко осовине преноси на статор ( $\Phi_1$ ) који тако мења свој облик. Промена облика (конформације) статора  $\Phi_0$  је довољна да олакша синтезу молекула АТФ-а. Хемијска енергија од протонског градијента са тако трансформише у хемијску енергију ускладиштену у насталом молекулу АТФ-а посредством механичке промене (ротације). Нобелова награда за хемију је 1997. године додељена професору Полу Бојеру (Paul Boyer, UCLA) и Џону Вокеру (John Walker, Cambridge) за објашњење механизма деловања АТФ синтазе. Контракција мишића је пример претварања хемијске (АТФ) у механичку енергију и врши се уз помоћ линеарног мотора – протеинских структура миозина и актина. Миозин је структура која има способност да се помера дуж актина и истовремено га повлачи у једном смеру. Овај молекулски процес се одражава на контракцију целокупног мишићног ткива (механички рад), а иницира се након ослобађања јона калцијума (хемијска иницијација), за шта је одговоран електрични сигнал нервног система (мозак).

**Изазови у дизајну и проучавању вештачких система:** Вештачке молекулске склопове је вероватно могуће конструисати по угледу на природне, али је прво потребно развити методе за њихово добијање (синтезу) и контролу њиховог „понашања”. На основу садашњег знања, конструкција функционалних молекулских система способних за обављање сложених операција је прилично захтевна. Велики изазов у овој области науке такође представља контрола једносмерног





**Слика 3.** (а) Молекул азобензена мења облик у присуству видљиве и ултраљубичасте светлости. У интеракцији светлости са молекулом, енергија светлосног зрачења се преноси на азобензен и тако олакшава изомеризацију N=N хемијске везе. (б) Структура молекулске педале конструисане у лабораторији професора Т. Аиде (Т. Aida, The University of Tokyo). Промена облика азобензена (означен плаво) се преноси на фероценски систем (означен зелено) који тако врши ротацију и има способност да мења структуру малих молекула ухваћених у маказе (означен црвено). Пренос кретања са једног дела молекула на други је означен као корелација.

кретања као и карактеризација таквог процеса. Њутнови закони (на пример закони гравитације), који контролишу макроскопски свет у коме ми живимо, су у молекулском свету практично непримењиви. Понашање молекулских склопова описују компликовани закони квантне механике. Хаотично Брауновско кретање, које карактерише молекуле и последица је топлотне енергије околине, увелико отежава контролу једносмерног кретања. Да направимо аналогију и дамо пример: замислите шетњу по правој линији уз јак ветар (200 км/сат) променљивог правца.

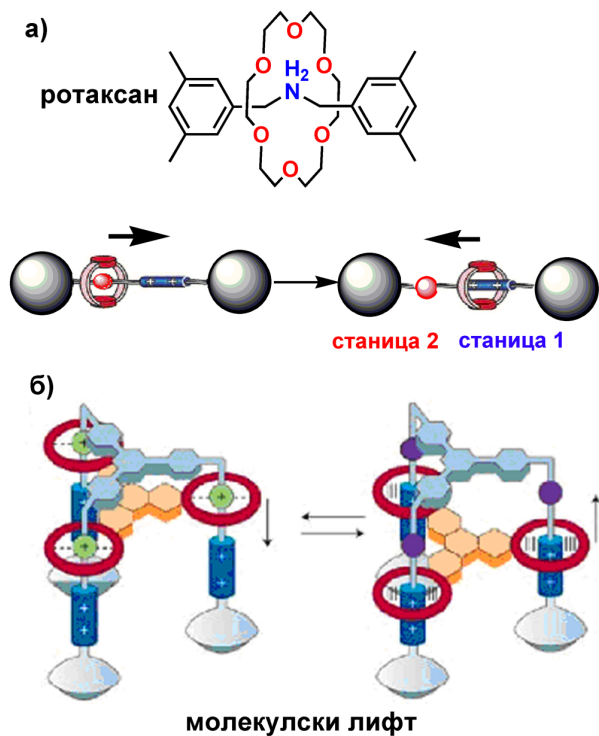
**Вештачки молекулски мотори:** Решењу многобројних проблема у области дизајна и синтезе функционалних молекулских склопова се приступило систематично. На Слици за дат је пример молекула који на контролисан начин прелази из једног молекулског облика у други.

Под утицајем видљиве светлости, велике групе (љубичасти кругови) се могу поставити у близини или просторно удаљити. Два геометријска облика азобензена (*cis* и *trans*) имају другачију структуру, и тако раз-

личите физичке и хемијске особине, што се користи за извршење, детекцију и карактеризацију процеса. Користећи принцип ове геометријске промене, Аида и сарадници (Takuzo Aida, Japan) су направили молекулски систем који се састоји од азобензеновог и фероценског дела (Слика 3б).<sup>6</sup> Под утицајем светлости, азобензенски део система мења облик преносећи промену на фероценски који утиче на продужетке померајући их као маказе. Маказе су затворене када је азобензенски део у *trans* облику, а отворене када је у *cis* облику. Важно је запазити да се светлосна енергија у овом систему претвара у кинетичку, уз потпуну координацију покретних делова система.

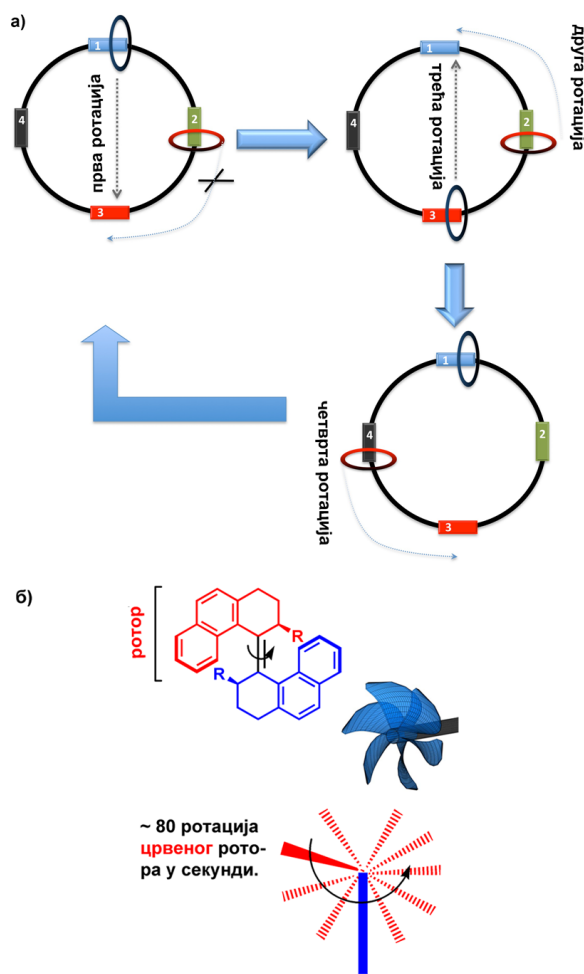
Како извести једносмерно кретање молекула и истовремено решити проблем њихове тенденције да хаотично мењају правац током померања? Професор Стодарт (Fraser Stoddart, Northwestern University) је развио групу молекула коју зовемо ротаксани<sup>7</sup> (Слика 4). Ови молекули се састоје из два дела, прстена и штапа. Прстен је довољно велики да окружи линеарни део (штап) који притом садржи гломазне крајеве онемо-

гућавајући спадање прстена. Механичка веза (која постоји у оваквом систему) је данас прихваћена као нови тип хемијске везе, где су два (или више) молекула спојена тако да их је могуће одвојити само раскидањем једне (или више) ковалентних веза. Уз помоћ органске синтезе, линеарни део је промењен тако да садржи хемијски различите станице (Слика 4а). Прстен који стоји на првој станици мења место и одлази на другу станицу, након што ротаксан реагује са хемијским једињењем које се додаје систему. Улога хемијског једињења је да изазове промену на првој станици и тако омогући линеарно покретање прстена уз помоћ шине (коју чини линеарна јединица). Очигледно, у системима овог типа хемијска енергија се претвара у кинетичку уз истовремено линеарно кретање је дог дела система. Код молекулског лифта (Слика 4б), сила која прати прелазак прстена са једне на другу станицу је процењена на  $\sim 200$  pN (пико Њутна).



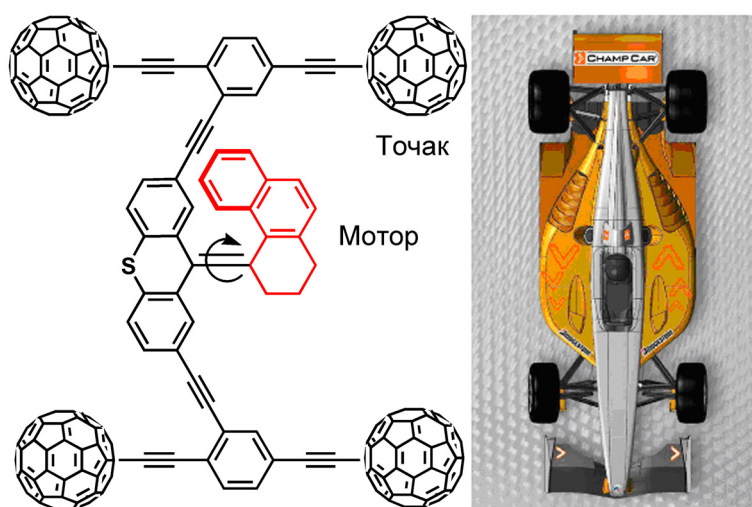
**Слика 4.** (а) Хемијска структура молекула ротаксана (горе). Померање прстена се у ротаксану, од једне до друге станице, може прецизно контролисати (доле). (б) Пример компликованог молекулског склопа (молекулски лифт) где се померање црвеног прстена врши силом од 150 pN.

Професор Ли са Универзитета у Шефилду (David Leigh, Sheffield) је успео да конструише катенанске системе (катенани су молекули са два прстена међусобно повезана механичком везом) у којима се кретање црвеног прстена контролише тако да се обавља искључиво у једном смеру (Слика 5а).<sup>8</sup> Плави прстен се користи да онемогући померање црвеног у нежељеном правцу. Путовање прстена са једне на другу страну је омогућено хемијским реагенсима, који иницирају промене у самом систему.



**Слика 5.** (а) Једносмерно кретање црвеног прстена је могуће у катенану где плави прстен спречава његову ротацију у супротном смеру. Запамтите како црвени прстен полази са станице 2, да би након пуне ротације завршио путовање на полазној станици (David Leigh, The University of Sheffield). (б) Ротационо кретање црвеног ротора, око плавог статора се врши уз помоћ светлости. Брзина ротације се може подесити променом величине R групе везане за статор и ротор (N. Feringa, The University of Groningen).

Молекулске справе способне да обављају једносмерно кретање омогућавају изучавање преноса хемијске или светлосне у механичку енергију. Професор Феринга са Универзитета у Гронингену (B. Feringa, The University of Groningen) је развио системе који уз помоћ светлости врше ротационо кретање у једном правцу (Слика 5б).<sup>9</sup> Функционисање ових молекула се може упоредити са ротацијом пропелера (црвени део) око своје осе (плави део). Брзина ротације се може подесити променом величине R групе, која се поставља на пропелерски део. Тако мале групе омогућавају брзину од отприлике 80 пуних и једносмерних ротација у секунди. Професор Тур са Универзитета Рајс (James Tour, Rice University) у Тексасу, је покушао да уз помоћ пропелера конструише нано аутомобил (Слика 6).<sup>10</sup> Точкови аутомобила се састоје од лоптастих молекула



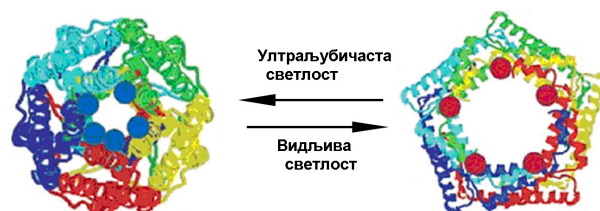
**Слика 6.** Нано-аутомобил је направљен тако да су точкови од лоптаског молекула C<sub>60</sub>, а тело садржи Ферингин мотор (пропелер) који се окреће уз помоћ светлости (James Tour, Rice University). Кретање нано аутомобила по равној површини је недефинисано, па је потребна даља модификација целог система.

(фулерена) који су преко осовина (ланац угљеникових атома) везани за Ферингин пропелерски мотор. Ова молекулска справа је направљена у лабораторији и постављена на равну површину са надом да ће ротација пропелера уз помоћ светлости („гориво“) омогућити кретање нано аутомобила. Уз помоћ електронске микроскопије, доказано је да се аутомобил не понаша на очекивани начин. Још једном, закони класичне механике не важе у молекулском свету и комплексна природа процеса, очигледно, захтева даља испитивања.

**Молекулски канали и пренос материје у природним системима:** Контрола преноса малих молекула и јона из једне у другу хемијску околину се у природним системима врши уз помоћ протеина. Тако је доток јона и воде из спољне околине у ћелију контролисан преко канала - протина зароњених у ћелијску мембрану, који су способни да мењају величину отвора и тако контролишу селективан проток кроз иначе непропустљиву ћелијску мембрану. Код калијумових канала се тако услед промене напона (потенцијала) ћелијске мембране јавља електромагнетно поље које утиче на канал да промени облик и тако величину отвора. Отварање и затварање канала је такође контролисано везивањем молекула (агониста) за протеин, узрокујући промену његовог облика тако да је пролаз наелектрисаних атома (калијум и натријум) омогућен. Нобелова награда за хемију је 2003. године додељена професору Петру Агреу (Peter Agre, John Hopkins) за откриће водених канала (aquaporines - регулишу проток воде) и професору Родерику Макинону (Roderick Mackinnon) за истраживање калијумових канала (регулишу проток калијума).

**Вештачки молекулски канали и вентили:** Проток молекула (на пример флуоресцеина) је онемогућен кроз вештачку мембрану сачињену од липида. Када се у мембрану уметне протеински канал са модификованим крајем, контрола протока постаје могућа. Модификација протеинског канала се врши молекулима који мењају структуру под утицајем светлости и стога им је и додељено име прекидачи. Прекидачи, та-

ко, дејством видљиве светлости затварају док дејством ултраљубичасте светлости отварају канал (Слика 7).

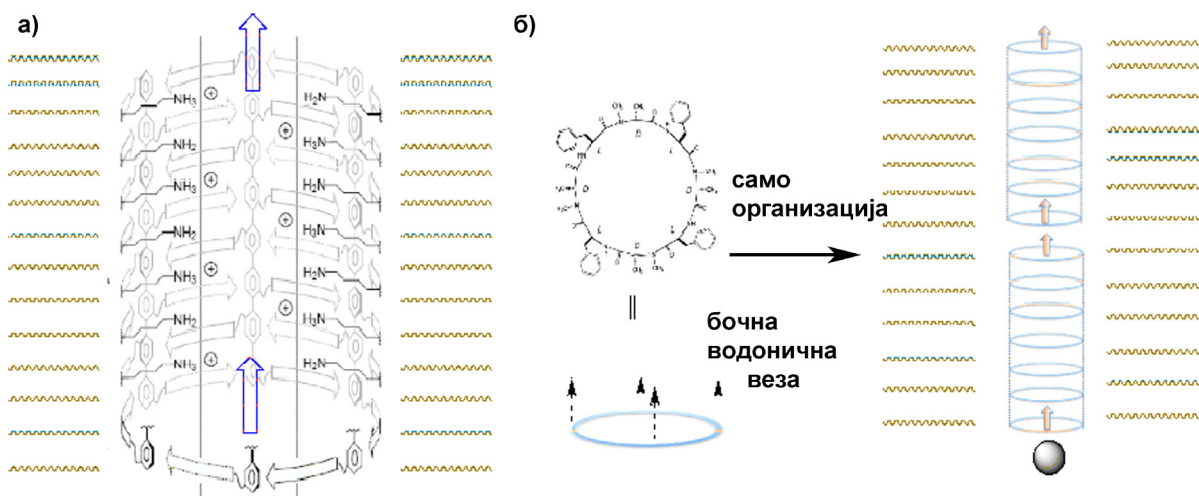


**Слика 7.** Протеински канал је хемијски модификован прекидачима, тако да се величина отвора у каналу може контролисати уз помоћ светлости.

Професор Стефан Матиле (Stefan Matile, The University of Geneva) је развио групу молекула, штапова, способних да се само-организују и формирају цевасте канале са могућношћу регулације преноса јона и молекула. Организација подразумева повезивање молекулских штапова преко водоничних веза (Слика 8а). Наиме, сваки штап поседује осам бензенових прстенова за које су на бочној страни везани пептиди (на слици приказани као стрелице). Пептиди се у ствари везују водоничним везама (садрже групе N-H и C=O) организујући штапове у цилиндричну структуру која премошћује мембрану (Слика 8а).<sup>11</sup> Број штапова који се повезује у цилиндар одређује ширину канала. Свакако, ширина канала је важна јер одређује врсту молекула или јона који могу да прођу кроз канал.

Професор Гадири (R. Ghadiri, The Scripps Research Institute)<sup>12</sup> је са својим истраживачким тимом развио прстенасте молекуле сачињене од аминокиселина (циклични пептиди, Слика 8б). Такви пептидни прстенови садрже групе (N-H и C=O) које их међусобно повезују водоничним везама и организују у цилиндре (пептидне наноцеви). Величина прстена је важна јер одређује ширину, док број уређених прстена дужину цилиндара. Цилиндар се формира унутар мембране и његова дужина одговара самој дебљини мембране, што је важно за пренос материје код мембрана различите дебљине.





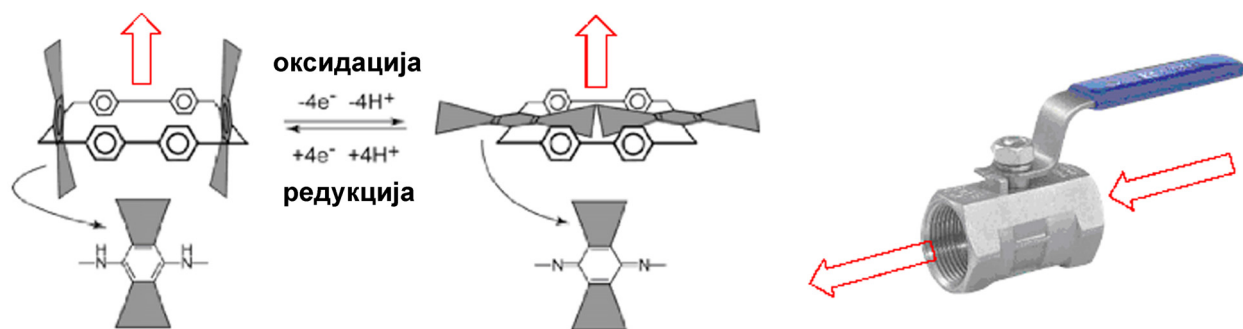
**Слика 8.** (а) Самоорганизација молекула у облику штапа даје цилиндрични канал способан да регулише проток из једне у другу средину (S. Matile, The University of Geneva). (б) Молекул цикличног пептида (прстен) може се везати за суседни водоничним везама. Самоорганизација прстенова тако даје молекулске цилиндрице – наноцеви (R. Ghadiri, The Scripps Research Institute).

Интересантан је пример молекула који се у будућности могу искористити за изградњу нано вентила и дат је на Слици 9.<sup>13</sup> Молекул циклофана је у облику прстена и састоји се из два пара различитих аромата који се слободно okreћу око своје осе (ротација је брза зато што је праћена ниском активационом енергијом). Ово стање циклофана је „отворено” са претпоставком да мали молекули могу да прођу кроз његово језгро. Електрохемијска оксидација аминских мостова, међутим, доводи до промене структуре прстена - два аромата су сада заротирана за  $90^\circ$  и пролаз малих молекула је спречен (затворено стање).

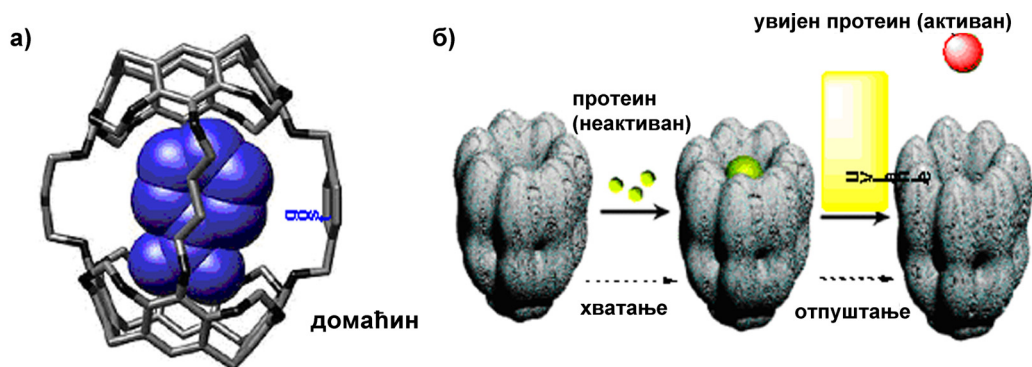
Зашто је важно проучавати молекулске склопове способне да регулишу пренос јона или молекула кроз ћелијске или вештачке мембране? Значајан број обољења је повезан са регулацијом протока материја у ћелију (или из ћелије) и разумевање тог процеса ће олакшати третман таквих болести. Само проналажење метода за контролисан пренос материје је део нанотехнологије (микро и нано флуидика) и тежи раз-

витку аутоматизованих уређаја са способношћу такве контроле.

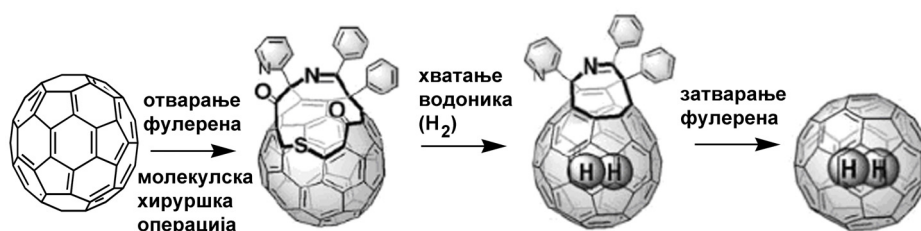
**Молекулски кавези и контрола изолације молекула:** Идеја изоловања молекула унутар молекулског кавеза је произашла из истраживања професора Доналда Крема (Donald Cram, UCLA), који је кавезу дао име домаћин, а ухваћеном молекулу гост<sup>14</sup> (Слика 10а). Хемијске и физичке особине госта су након „хватања” од стране домаћина мењају, што омогућава његову детекцију, док се у многим случајевима запажа и промена реактивности. Важно је поменути да овакво понашање молекула домаћина подсећа на ензиме који обављају своју функцију убрзавања хемијских реакција (катализе) у затвореном простору, унутар активног центра. Са друге стране, протеински склопови - чаперони (TRiC/CCT) олакшавају увијање протеина у активни облик унутар њиховог цилиндричног кавеза (Слика 10б).<sup>15</sup> Кавез се отвара и затвара под утицајем хемијског стимуланса (АТП) истовремено примајући протеин у денатурираном, а избацујући га у активном облику. И даље је актуелно питање да ли се могу на-



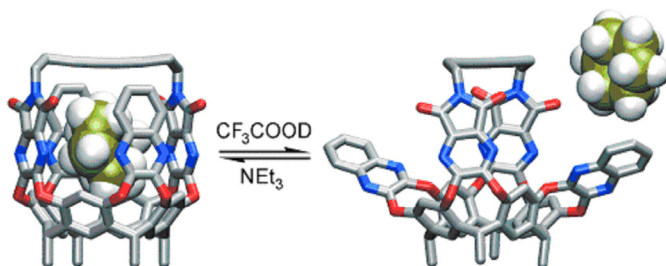
**Слика 9.** Циклични молекул циклофана је направљен тако да се ротација обележених прстенова око осе може контролисати оксидацијом и редукцијом. Отварање и затварање отвора у прстену тако подсећа на рад вентила (десно).



Слика 10. (а) Молекул гост се може ухватити у кавез домаћина и тако изоловати од спољашне средине (D. Cram, UCLA) (б) Чаперонски кавез се отвара и затвара под утицајем АТП-а, у процесу који регулише увијање протеина у њихов активни облик.



Слика 11. Молекулска хируршка операција је извршена на фулерену  $C_{60}$  који је отворен, молекул водоника уметнут у његову унутрашњост, и након тога затворен (K. Komatsu, Kyoto University). Серија хемијских реакција која омогућава показани процес није приказана и може се наћи у литератури.<sup>17</sup>



Слика 12. Супрамолекулска корпа заузима затворени или отворени облик у зависности од киселости спољне средине. Тако се може обављати регуласање хватања и отпуштања малих молекула (F. Diederich, ETH).

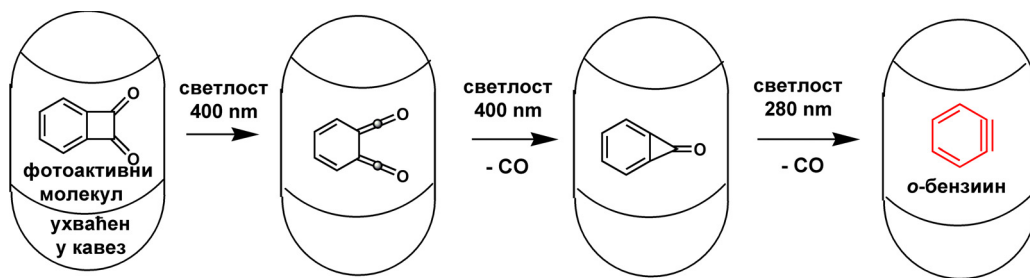
правити (синтетисати) молекули домаћини са способношћу обављања компликованих операција и по угледу на протеине. Одабрани примери из хемијске литературе (дати у даљем тексту) показују данашње стање у овој области хемије. Важно је разумети да је схватање контроле хемијских операција још увек недовољно за конструкцију компликованијих молекулских склопова са жељеним механизмом деловања.

Интересантан пример изоловања малих молекула је њихово хватање унутар фулерена  $C_{60}$  који су затворени и лоптастог облика (Слика 11). Поред графита и дијаманта, фулереи такође представљају алотропску модификацију угљеника. Молекулском хирургијом, уз помоћ низа хемијских реакција направљен је отвор на фулерену  $C_{60}$  (F. Wudl, Y. Rubin UCLA). Молекул воде, угљен-моноксида, водоника или племенитог гаса се под великим притиском и високом температуром може ухватити унутар фулеренског кавеза.<sup>16</sup> Професор Комацу (K. Komatsu, Kyoto) је развио синтетички метод за затварање фулерена, након хватања молекула у кавез (Слика 11). Тако је молекул водоника, по први пут, ухваћен у лоптасти  $C_{60}$ .<sup>17</sup> Процес се састоји од ни-

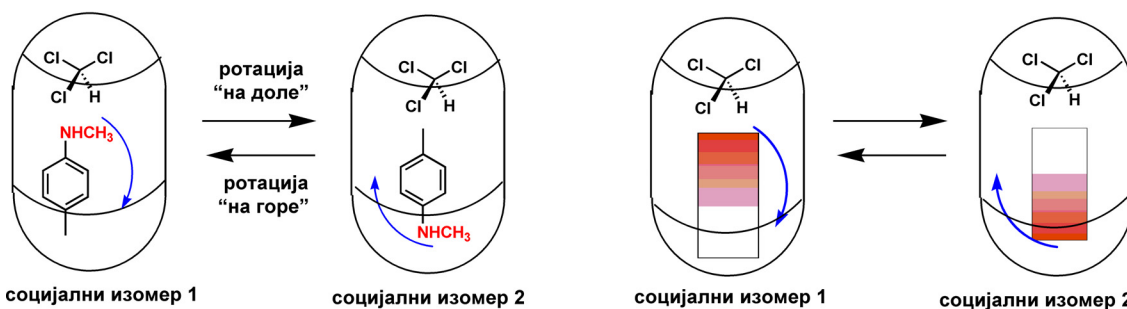
за хемијских реакција, и од велике је важности за добијање нових материјала, као што су органски суперпроводници или магнети.

Дидрих и сарадници (F. Diederich, ETH) су синтетисали молекул кавез у облику корпе (Слика 12).<sup>18</sup> Овај молекул је интересантан јер има способност да мења облик (конформацију) као одговор на промену у спољној средини. У киселој околини, тако, кавез прелази из затворене у отворену форму, и резултат је отпуштање молекула госта. У неутралној средини, међутим, конформација се мења у првобитну и гост се враћа у кавез домаћина (Слика 12). Важно је запазити да се хватање и отпуштање госта, овај пут, одиграва без раскидања или формирања ковалентних веза, а може се прецизно контролисати због способности да маћина да реагује са протоном (водоничним јоном).

Пре отприлике пола века Професор Џорџ Витиг (George Wittig) (Нобелова награда за хемију 1977. године) је предвидео постојање врло реактивног и нестабилног интермедијера *o*-бензиина (Слика 13). Професори Џон Робертс (John Roberts, Caltech) и Орвил Чепман (Orville Chapman, UCLA) су, након тога, дока-



**Слика 13.** Нестабилни *o*-бензиин (обележен црвено) је добијен унутар молекулског кавеза (R. Warmuth, Rutgers). *o*-бензиин је у кавезу стабилнији и може се детектовати уз помоћ стандардних метода за карактерисање молекула (на пример, НМР спектроскопија).



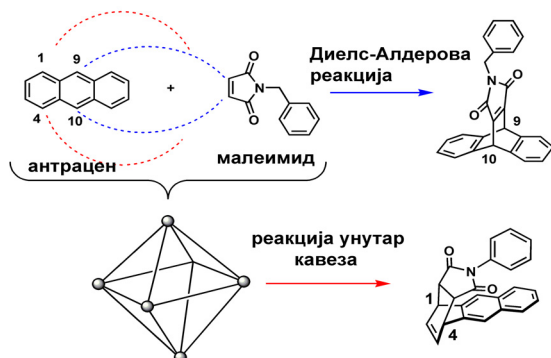
**Слика 14.** Социјална изомерија је карактерисана могућношћу да молекул гост заузме различиту позицију унутар кавеза. У приказаном примеру, ароматични прстен се поставља тако да је амино група (обележена црвено) или на унутрашњој или периферној страни кавеза (J. Rebek, The Scripps Research Institute).

зали да овај нестабилни молекул стварно постоји уз помоћ метода НМР и ИЦ спектроскопије: молекул се заиста може детектовати, али само на ниској температури од  $-247\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Професор Ралф Вормут (Ralf Warmuth, Rutgers) је уз помоћ синтетске трансформације успео да ухвати фотоактивни молекул у кавез домаћина.<sup>19</sup> Након озрачивања госта ултраљубичастом светлошћу, низ хемијских реакција је дао *o*-бензиин. Овај реактивни молекул је у кавезу далеко стабилнији, може се окарактерисати, а и измерено је да остаје непромењен 7 милисекунди на собној температури!

Интересанто је напоменути да се померање (транслација) и окретање (ротација) молекула госта, унутар молекула домаћина, може пратити (Слика 14). Тако у цилиндричним кавезима, два молекула измеђују место што доводи до формирања различитих структура и стереохемијске изомерије названом социјална изомерија.<sup>20</sup> Свакако, социјална изомерија је динамичке природе и измењивање као и ротација гостију се

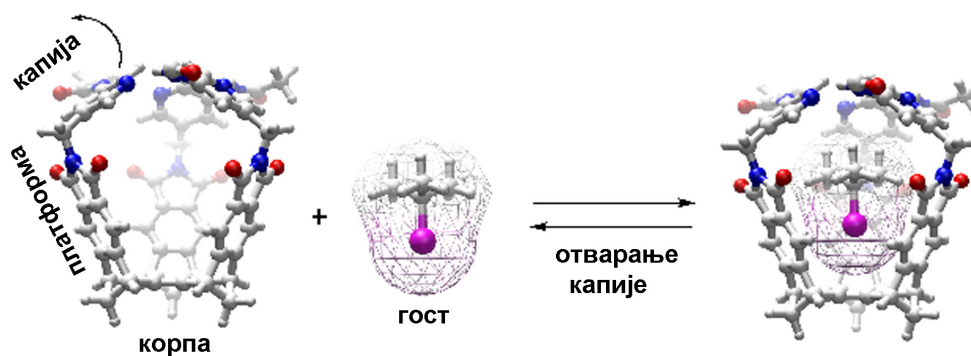
одвија релативно брзо ( $\sim$  милисекунда) и одређена је структуром домаћина.

Бројни примери хемијских реакција, које се могу одвијати унутар молекулских кавеза, су интересанти због могућности контроле у добијању производа (селективност, Слика 15). Тако, познато је да циклоадисија (Дилс-Алдерова реакција, Слика 15) антрацена и малеимида<sup>21</sup> даје производ где се реакција искључиво врши на централним позицијама 9 и 10 у антрацену. Након додавања молекулског кавеза, међутим, реакција мења свој ток. Адиција се дешава на крајњим позицијама, 1 и 4, јер су антрацен и малеимид у кавезу, и могући начини приближавња реактаната су ограничени. Шта више, производ Дилс-Алдерове реакције заузима облик који не одговара унутрашњости домаћина и бива лако замењен реактантима. Тако се реакција врши у присуству мале количине домаћина - кавеза (катализа), подсећајући на ензиме из природних система.



**Слика 15.** Производи хемијских реакција се могу променити унутар молекулских кавеза. Приказана је Диелс-Алдерова реакција између антрацена и малеимида (M. Fujita, The University of Tokyo).





**Слика 16.** Хватање молекула госта унутар корпе се врши након отварања капија. Брзина отварања капија, са друге стране, контролише брзину којом се ослобађа гост, и на тај начин време које гост проведе унутар корпе (J. Badjić, The Ohio State University).

Контрола регулације транспорта молекула из једне средине у другу, а нарочито брзине којом се таква процес одвија, је врло важна за конструкцију вештачких мембрана, уређаја за контролисано ослобађање лекова или регулацију хемијских реакција. Професор Бађић и сарадници (The Ohio State University)<sup>22</sup> су синтетисали молекулску корпу способну да контролише брзину хватања „малих“ молекула (Слика 16). Корпа се састоји од платформе за коју су везана три ароматска прстена намењена да се понашају као капије. Капије одржавају корпу у затвореном стању уз помоћ слабих водоничних веза којима се међусобно повезују и од велике је важности да се јачина оваквих водоничних веза може подешавати. Тако, молекул гост улази у корпу када су капије отворене и остаје у унутрашњости све док су исте затворене. Дочкавано је да се време које гост проведе у унутрашњости корпе може прецизно контролисати (0,1 до 15 секунди), уз подешавање брзине којом се капије отварају и затварају.

**Уместо закључка.** Нанотехнолошка револуција је у току: минијатуризација у циљу детекције, третмана болести, преноса енергије и материје привлачи пажњу научника широм света. Хемија у нанотехнологији има централну улогу и њен даљи развој је од важности за конструкцију сићушних молекулских уређаја величине 1 - 100 nm. Од нанотехнолошких открића се очекује да ће олакшати и побољшати живот растућој људској популацији на планети са ограниченим потенцијалима.

## Abstract

### CHEMISTRY AND NANOTECHNOLOGY

Jovica BADJIĆ,\* Sandra STOJANOVIĆ and Teodora ŽUJOVIĆ

The Ohio State University, Columbus OH 43220 USA

\*badjic@chemistry.ohio-state.edu

The progress of our world depends on resolving current challenges for harvesting and utilizing the energy. We use oil to obtain heat, convert chemical into mechanical energy and produce useful materials. These, in turn, give carbon dioxide and other pollutants and lead to global warming with a great depletion of natural resources. Our world is facing difficulties that must be resolved. A solution is seen in developing new technologies for which the sci-

ence of small, nanotechnology, holds a great promise. This review explains how chemistry relates to nanotechnology. The process of self-assembly is central to many fabrication methods and of a great interest to chemists. Selected examples from the literature are given to describe several approaches that chemists, from all chemistry disciplines, take for building nanoscale materials and devices. The exciting world of nanotechnology has a lot to offer, but it demands time and immediate breakthroughs are less imminent. Stay tuned!

## ЛИТЕРАТУРА

- Tertzakian, P., *A Thousand Barrels a Second*, McGraw-Hill, New York, 2006.  
<http://www.sciencedaily.com/releases/2009/01/090130154918.htm>  
 Ma, Y.; Kolotuchin, V. M.; Zimmerman, S. C. *J. Am. Chem. Soc.* **124**, 13757-13769, (2002)  
<http://pubs.acs.org/cen/coverstory/8148/8148counterpoint.html>  
 Kinbara, K.; Aida, T. *Chem. Rev.* **105**, 1377-1400, (2005)  
 Muraoka, T.; Kinbara, K.; Kobayashi, Y.; Aida, T. *J. Am. Chem. Soc.* **125**, 5612, (2003)  
 Balzani, V.; Credi, A.; Raymo, F. M.; Stoddart, J. F. *Angew. Chem. Int. Ed.* **39**, 3348-3391, (2000)  
 Leigh, D. A.; Wong, J. K. Y.; Dehez, F.; Zerbetto, F. *Nature*, **424**, 174-179, (2003)  
 Fletcher, S. P.; Dumur, F.; Pollard, M. M.; Feringa, B. L. *Science*, **310**, 80-82, (2005)  
 Morin, J. F.; Shirai, Y.; Tour, J. *Org. Lett.* **8**, 1713-1716, (2006)  
 Baumeister, B.; Sakai, N.; Matile, S. *Angew. Chem. Int. Ed.* **39**, 1955-1958, (2000)  
 Rapaport, H.; Kim, H. S.; Kjaer, K.; Howes, P. B.; Cohen, S.; Al-Nielsen, J.; Ghadiri, R.; Leiserowitz, L.; Lahav, M. *J. Am. Chem. Soc.* **121**, 1186, (1999)  
 Kanazawa, H.; Higuchi, M.; Yamamoto, K. *J. Am. Chem. Soc.* **127**, 16404-16405, (2005)  
 Cram, D. J.; Cram, J. M. *Container Molecules and Their Guests*; Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1994  
 Saibil, H. R.; Ranson, N. A. *Trends Biochem. Sci.* **27**, 627, (2002)  
 Rubin, Y.; Jarrosson, T.; Wang, G. W.; Bartberger, M. D.; Houk, K. N.; Schick, G.; Saunders, M.; Cross, R. J. *Angew. Chem. Int. Ed.* **40**, 1543-1546, (2001)  
 Murata, Y.; Murata, M.; Komatsu, K. *J. Am. Chem. Soc.* **125**, 7152-7153, (2003)  
 Gottschalk, T.; Jaun, B.; Diederich, F. *Angew. Chem. Int. Ed.* **46**, 260-264, (2007)  
 Warmuth, R. *Eur. J. Org. Chem.*, 423-437, (2001)  
 Shivanyuk, A.; Rebek, J. Jr. *J. Am. Chem. Soc.*, **124**, 12074-12075, (2002)  
 Yoshizawa, M.; Tamura, M.; Fujita, M. *Science*, **312**, 251-254, (2006)  
 Wang, B. Y.; Bao, X.; Yan, Z.; Maslak, V.; Hadad, C. M.; Badjić, J. *J. Am. Chem. Soc.* **130**, 15127-15133, (2008)





Иван ГУТМАН, Маријана ЂОКИЋ  
Природно-математички факултет Крагујевац (e-mail: gutman@kg.ac.rs)

## СМАРАГДНА ТАБЛА

*Прича о Хермесу Трисмегисту и његовој смарагдној табли је вероватно најстарија легенда хемије. Она је данашњим хемичарима мало позната, иако се током безмало хиљаду година сматрало да садржи најважнија хемијска знања. Текст (наводно) написан на смарагдној табли био је полазна тачка у раду хемичара од првих векова наше ере све до 16. и 17. века. У овом чланку упознајемо читаоце „Хемијској ирепедици“ са основним подацима о овој легенди, а све у нади да ће им то помоћи да остваре Велико Дело.*

### ХЕРМЕС ТРИСМЕГИСТ – ЛЕГЕНДАРНИ ПРВИ ХЕМИЧАР

Сматра се да је хемија настала у Александрији, или шире: на подручју Египта и Мале Азије (данашње Турске), стотинак година пре Христа. У то време Александрија је била центар ученог света. У том периоду могла је настати и легенда о Хермесу Трисмегисту и његовој смарагдној табли.

Хермес Трисмегист (= Хермес три пута највећи) је легендарни оснивач хемије, легендарни први хемичар.

Иако се он често помиње током читавог алхемијског периода, и иако је било много књига које је он, наводно, написао, нема поузданих историјских података који би потврђивали да је он уопште постојао. Ако је постојао, живео је или почетком нове ере или још раније. Први који га помиње (у сачуваним текстовима) је Зосим у 3. веку наше ере.

Чак ако је хемичар (тачније: мудрац, филозоф, маг или чаробњак) по имену Хермес и постојао, оно што се о њему касније говорило и писало је до те мере помешано са измишљотинама да се права истина вероватно никада неће сазнати.

Треба знати следеће: У грчкој митологији Хермес је био бог стада и пастира, заштитник путника и трговаца. У египатској митологији Тот је био бог Месеца, заштитник магије, лечења и занатства. За Тота се веровало да је изумео говор, писање и мерење времена. Већ у 5. веку п.н.е. сматрало се да су Хермес и Тот идентични. Према египатској традицији он је бог, али су га александријски Грци сматрали човеком, тако да његов идентитет није у потпуности јасан.



Слика 1. Да би истакао значај смарагдне табле уметник ју је приказао као планину. Права смарагдна tabla, ако је икада постојала, није могла имати више од десетак квадратних центиметара.

Било како било, када су у Александрији почели да делују први хемичари, било је више него природно да Хермесу изберу за бога заштитника своје вештине. Од тога, па да се Хермесу припишу разна хемијска знања и да се он прогласи оснивачем хемије је само мали корак.

У старом и средњем веку било је много књига из астрологије, мистике и алхемије које су приписиване Хермесу. Међутим, добро је познато да је у оно време било уобичајено да се прави аутор скрива иза неког познатијег имена, да би свом делу дао већи значај. Ниједно (наводно) Хермесово хемијско дело није сачувано.

Међутим, најважнија ствар која се приписује Хермесу је сачувана. То је текст *смарагдне табле*.

## СМАРАГДНА ТАБЛА – НАЈСТАРИЈИ ХЕМИЈСКИ ДОКУМЕНТ

За најважније Хермесово дело сматра се текст који је он – наводно – записао на плочици од смарагда, а који – наводно – описује како се прави *камен мудраца*, то јест како се изводи *Велико Дело*. Тај текст се зато назива *смарагдна табла* (на латинском: *Tabula smaragdina*, на енглеском: *Emerald tablet*).

Прво два објашњења: Током безмало петнаест векова, главно настојање хемичара (који се од арапских времена називају алхемичари) било је да претворе неплемените метале у злато. Тај поступак називали су *Велико Дело* (на латинском: *Opus Magnum*). Сматрало се да је за извођење Великог Дела потребно неко средство (не нужно материјалне природе) који су називали *камен мудраца* (латински: *lapis philosophorum*). Упросто речено, камен мудраца је требало да буде нека врста катализатора за извођење трансмутације не племенитих метала у злато.

Вратимо се сада смарагдној табли.

Према легенди, Хермес је своје знање записао на плочици од смарагда. Постоје разне фантастичне верзије о томе како и где је та плочица откривена. Према једној, пронађена је у тајној дворани Кеопсове пирамиде; неки чак мисле да се и данас налази на том месту. Према другој, табла је пронађена у некој пећини у Малој Азији, где је Хермес провео остатак свог живота као филозоф и учитељ. Према трећој, таблу је пронашао лично Александар Македонски у Хермесовом гробу. Итд, итд.

Оно што је историјска чињеница јесте да је најстарији сачувани текст смарагдне табле на арапском језику. Сачувано је неколико веома сличних верзија овог текста на арапском, као и већи број на латинском језику. Готово је извесно да су тај текст Арапи преузели из неког грчког извора, који је изгубљен. Оригинал текста смарагдне табле био је највероватније на грчком. Сама смарагдна табла, ако је икада и постојала, није сачувана.

У сваком случају, они који верују у истинитост легенде о Хермесу Трисмегису, смарагдну таблу сматраће најстаријим хемијским документом. Озбиљ-



**Слика 2.** Витез на слици представља хемичара који остварује Велико Дело. Само особа високих моралних вредности могла је бити достојна тог подвига. Неке звезде које образују ореол око витезове главе су од злата а неке од неког сивог метала. Из десне фонтане извире сиви метал (можда олово), док из леве фонтане извире злато. Оба метала се мешају и претварају у злато, који прекрива читаву околину. Ова слика вероватно одражава гледиште да се злато не може добити без злата, односно да се за Велико Дело мора употребити злато, чија количина ће се одговарајућим поступцима "само" повећати.

нији историчари хемије, наравно, не деле ово мишљење.

## ШТА ПИШЕ НА СМАРАГДНОЈ ТАБЛИ

Текст смарагдне табле је кратак. Наводимо га у преводу на наш језик.<sup>2</sup>

1. Истина је, без лажи, сигурна и најистинитија: оно што је доле налик је ономе што је горе, а оно што је горе ономе што је доле, све зато да би се испунила чуда једне ствари.
2. И као што су све ствари биле од једног, мишљу једног, иако су и све настале ствари настале прилађавањем од ове једне.
3. Отац му је Сунце, мајка му је Месец, Већар ја је носио у својој утроби. Земља му је хранилиштво. Отац је свих савршенства целој свећи. Снага му је иштинна ако буде приворен у земљу.
4. Расширићеш земљу од вајре, рејко од јустој, на благи начин, уз многа досељивости. Оно се узди-



же од земље до неба, сјушћиа се оиетї на земљу, ња љрїма силу од љорњих и доњих стївари.

5. Тако ће слава целої светїа бїтїи љївоја, а свака љїама ће љїе се клонїїтїи.
6. Он је јака сила над свим силама јер савлада све исљарљиво и љржїма све чврстїо.
7. Тако је бїо стїворен светї.
8. Одаїїле ће се доїађаїтїи чудесна љрїлаїођавања, којїма је ово начин.
9. Заїїо ме и зову Хермес Трїсмейстї, јер љоседујем љїри дела од мудростїи целої светїа.
10. Завршено је оно шїїо сам рекао о деловању Сунца.

Током више од хиљаду пет стотина година хемичари су сматрали да смарадна табла крије у себи тајну Великог Дела, и тај текст су проучавали са највећом пажњом, настојећи да разумеју његово значење и трудећи се да поступају према упутствима која (у скривеној форми) она даје.

## ОБЈАШЊЕЊЕ ТЕКСТА СМАРАДНЕ ТАБЛЕ

Протумачити смарадну таблу није лако, а вероватно ником до сада није у потпуности успело. Ево неколико најједноставнијих објашњења.

**Одељак 1:** Једно од основних алхемијских поставки било је да су хемијске појаве на неки начин повезане са небеским појавама. Хермес то изричито каже: хемијске појаве ("оно шїїо је доле") личе на небеске појаве ("оно шїїо је горе").

**Одељак 2:** Писац смарадне табле прихвата филозофско гледиште да се у основи света налази нека јединствена основна прасупстанца ("једно") из које су настале све остале супстанце. "Прилаїођавање" се може схватити као "хемијска промена".

**Одељак 3.** Сада се прелази на конкретније хемијске ствари. Сунце и Месец су свакако злато и сребро. Ветар је неки гас а земља неки минерал. Могуће је да се овај део текста односи на Камен мудраца. У том случају, да би он ефикасно деловао треба да буде "љреїїворен у земљу", што би могло значити да је Камен мудраца неко чврсто тело које није метал, можда метални оксид.

**Одељак 4** Описује се неке лабораторијске операције. Растварити ретко од густог би могла бити филтрација или таложeње. Уздизање и спуштање се свакако односи на испаравање и кондензацију, то јест дестилацију. Мање је јасно шта значи "расїїавїїтїи земљу од вайїре". Треба имати на уму да су у оно време земља и ватра сматрани за елементе, па "расїїавїїтїи земљу од вайїре" може бити нека хемијска реакција у којој се добива супстнца у којој нема "вайїре", то јест која не сагорева.

**Одељак 6.** Са данашњим знањем хемије, "јака сила над свим силама" која "савлада све исљарљиво и љржїма све чврстїо" могла би бити нека неорганска киселина (сумпорна или азотна). Међутим, ова једињења откривена су хиљаду година касније него што је написана смарадна табла. Имајући у виду чиме су тадашњи хемичари располагали, биће да се овде ради само о одразу њихових жеља а не о некој стварној супстанци са тако моћним својствима. Али, ко зна ...

**Одељак 8** тврди да је у претходном тексту објашњено како треба извести "чудесна љрїлаїођавање", то јест Велико Дело. Ко је схватио, схватио је, а ко није – недостајало му је "мноїо досейљивостїи".

## ЗАКЉУЧАК

Веровало се да ће онај ко у потпуности схвати текст смарадне табле моћи да оствари Велико Дело, то јест да направи вештачко злато. Будући да то никоме до сада није успело, изгледа да или нешто у рецептури коју нуди смарадна табла није у реду, или се до сада није родио хемичар који би био довољно "мноїо досейљив" да текст у потпуности протумачи и спроведе у дело. Нека читаоци "Хемијскої љреїїледа" сами просуде која од овде две могућности је вероватнија.

Смарадна табла је вековима инспирисала хемичаре. То је оставило трага и на илустрацијама које налазимо у алхемијским књигама. Две такве илустрације приказане су на сликама 1 и 2.

## Abstract

### THE EMERALD TABLET

Ivan GUTMAN and Marijana ĐOKIĆ

Faculty of Science Kragujevac

The basic facts concerning the legendary first chemist Hermes Trismegist and his Emerald tablet are outlined. The entire text of the Emerald tablet (in Serbian language) is reproduced, and some of its most easily understandable chemical messages explained and commented.

## ЛИТЕРАТУРА

- E. J. Holmyard, *Alchemy*, Penguin Books, Harmondsworth, 1968.
- D. Grdenić, *Povijest kemije*, Novi Liber, Zagreb, 2001.
- D. Grdenić, *Alkemija*, Jesenski i Turk, Zagreb, 2003.
- И. Гутман, Алхемијски лабораторијски поступци, *Хем. љреїїлед* 44 (2003) 130-133.
- И. Гутман, Изабрана поглавља из историје хемије, ПМФ Крагујевац, Крагујевац, 2005.
- Аутори су користили и податке који се могу наћи на интернету, али уз велику дозу опреза и критичности. Посебно истичемо сајт [www.alchemylab.com](http://www.alchemylab.com).



Слободан Н. МАРИНКОВИЋ, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд, (zmar@ptt.rs)

## КОЛИКО ДИМЕНЗИЈА ИМА ЧВРСТ УГЉЕНИК?

**Извод:** Чврсти угљеник може бити 1-, 2- или 3-димензионалан. Сваки од ова три варијетета има јединствену комбинацију особина. Дијамант (3-Д) је најтврђи од свих познатих материјала, провидан и са високим индексом преламања. Две у основи различите методе синтезе дијаманта – а) на високој температури и високом притиску и б) хемијским дејновањем из парне фазе (ХДП) на ниском притиску, знатно су прошириле области његове примене, пошто ХДП која је омогућила производњу дијамантских превака и илоча. Кристал графита (2-Д), присутан у природи у облику ситних илочица, израђен је од паралелних графенских слојева који су слабо везани за суседне, иако да је изразито анизотропан, са драстично различитим особинама уздуж и попреко на слојеве. Материјал који представља први корак према усјешној имитацији графитног кристала – микропички карбон, нашао је значајну примену у ваздухопловству и просторној техници, захваљујући великој анизотропији особина, нарочито термичке проводљивости. Ојроман интерес за угљеничне нанотубе (1-Д), поштом од њихових изванредних особина. Ванредно мали пречник (неколико пм), заједно са савршено равномерном атомском структуром (која се може представити као графенски слој савијен у цев), врло великим односом дужине према пречнику (aspect ratio), изванредним механичким особинама, могућношћу да буде метална или полупроводна, чине да се овом материјалу предвиђа велика будућност, нарочито у наноелектроници.

### УВОД

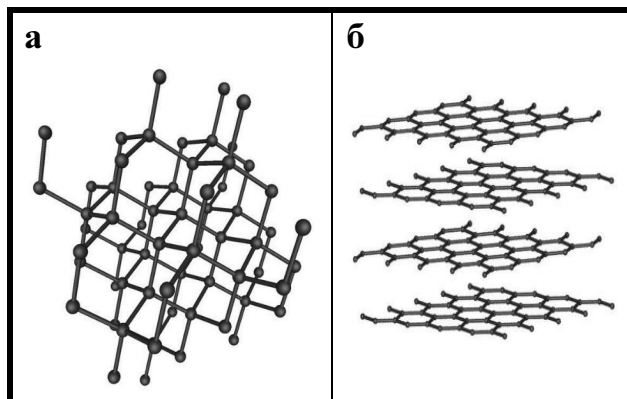
Претпоставимо да сте пре пола века питали истакнутог научника-хемичара да ли може да замисли један хемијски елемент који би у чврстом стању могао да постоји као једно-димензионалан (1-Д), димензионалан (2-Д) или тродимензионалан (3-Д)? И да, као 1-Д, буде металан у једном сегменту, а полупроводник у другом. А као 2-Д, да буде ванредан проводник топлоте и електрицитета у једном правцу и одличан топлотни и електрични изолатор у другом. Најзад, као 3-Д, да буде најтврђи и термички најпроводљивији материјал. На основу знања расположивог у то доба, ваш научник би одговорио да такав хемијски елемент не постоји. Он би још могао да дода да „млади људи данас измишљају немогуће ствари уместо да нађу нешто паметно чиме би се бавили...“.

Па ипак, данас знамо да угљеник у елементарном стању може бити све што смо набројали и још више од тога. Опште прихваћено објашњење, као што знамо, даје теорија хибридизације атомских орбитала. Зах-

ваљујући хибридизацији, формирају се врло јаке  $\sigma$ -везе, а број ових веза са различитом оријентацијом у простору може бити 3 ( $sp^2$ ) или 4 ( $sp^3$ ), зависно од броја електрона који учествују у хибридизацији (заправо,  $sp$  везе су такође могуће, али се засада мало зна о тако добијеним кристалима).

### ДИЈАМАНТ (3-Д)

Да се вратимо сада на  $n$ -димензионални угљеник (где је  $n$  1, 2 или 3). Дијамант је очигледно 3-димензионални кристал, што се види из његове структуре (слика 1а) код које су сви С атоми на подједнаком растојању (све везе су подједнако чврсте), као и из његових особина које не зависе од правца. Код дијаманта долази до  $sp^3$  хибридизације и сваки атом је везан са четири суседа у тетраедарском распореду.



**Слика 1.** Структура дијаманта (а) и графита (б). Атоми у дијаманту сви имају исто међусобно растојање, док је у графиту растојање између графенских слојева много веће него међуатомско растојање унутар графена. Разлика у јачини везе се одражава на разлику у међуатомским растојањима.

Доскора је дијамант индустријски произвођен само под високим притиском, у складу са фазним дијаграмом угљеника који „забрањује“ његову синтезу на ниском притиску. Мада се далеко највећа количина комерцијалног дијаманта још увек производи синтезом на високом притиску, од прве синтезе дијаманта на ниском притиску са прихватљивом брзином раста почетком 1980-их, та истраживања су драматично расла, тако да данас синтеза на ниском притиску почиње да конкурише оној на високом [1, 2]. Главни разлог великог интересовања за методе ХДП је у томе што оне први пут омогућују добијање дијамантских



*иревлака* на разним недимаантским материјалима, као и (самосталних) дијамантских *илоча*. То битно проширује области примене дијаманта. Други разлог популарности метода ХДП је у томе што су оне, за разлику од метода високог притиска, релативно једноставне, а у неким случајевима и екстремно једноставне (најпростија синтеза се може извести чак и у шупи) и приступачне великом броју истраживача и потенцијалних произвођача.

## ГРАФИТ (2-Д)

За разлику од дијаманта, код кога је сасвим јасно да је 3-Д, у случају графита ситуација није тако јасна. Индустијски графит (какав се производи од нафтног кокса и смоле) личи мање или више на обичан 3-Д материјал и понаша се слично (мада не идентично) у свим правцима. Међутим, природни графит се јавља у облику танких љуспица које при манипулацији постају још тање. Оне се понашају сасвим различито у правцу паралелном плочицама и управно на тај правац. У ствари, природни графит као да се састоји од два материјала: једног (паралелног са плочицама) који је одличан проводник топлоте и електрицитета, механички врло чврст (појединачни угљенични слој (слика 1б) је један од најјачих материјала у природи), и другог (управно на плочице) који је добар термички изолатор и има електричну проводљивост око 1000 пута мању. Пошто је природни графит монокристал, његове особине су репрезентативне за кристал графита и стога важније од особина индустијског графита који је поликристалан и састоји се од мноштва кристала.

Објашњење понашања монокристала графита (слика 1б) је засновано на чињеници да у графиту постоје два типа веза које се међусобно драстично разликују у јачини. Унутар равних слојева, хексагонално уређени атоми угљеника су везани ванредно чврстим  $sp^2$   $\sigma$ -везама. Сваки атом је везан  $\sigma$ -везама са своја три суседа. Други тип су врло слабе  $\pi$ -везе које повезују слојеве међусобно, а потичу од преосталих  $p$ -електрона који не учествују у хибридизацији. Дакле, графит се састоји од слојева изграђених од атома међусобно везаних ванредно чврстим везама, док су ти слојеви врло слабо везани један са другим. Стога су слојеви квази-независни, тзв. *графени* (в. слику 1б). Пошто су везе међу графенским слојевима тако слабе, оне се врло лако кидају раздвајајући графене. Даље,  $\pi$ -електрони се слободно крећу унутар графена, али не могу да изађу из њих. Резултат је врло добра електрична проводљивост дуж слојева, али врло слаба попречно на њих. Дакле, могли бисмо рећи да је графит у основи 2-Д материјал, иако је истовремено и 3-Д.

Природни графит се јавља (у најбољем случају) у облику малих и танких љуспица и стога је тешко радити са њима. Мада се доста користи, његово коришћење би могло бити још шире када би кристали били већи. Осим тога, због малих димензија, неке од

његових особина нису могле да се измере довољно тачно. Стога је било потребно да се направе крупнији монокристали. Бројни покушаји су најзад довели уместо до монокристала, до – поликристалног материјала. Ипак, за разлику од индустијског графита, у новом „пиролитичком карбону“ (или „пирокарбону“)<sup>1</sup>, добијеном термичким разлагањем паре угљоводоника и депоновањем чистог угљеника на графитној подлози (ХДП), кристали су преференцијално оријентисани тако да су графенски слојеви свих кристала више или мање паралелни површини подлоге. Браун и Ват (Brown and Watt) [3] су били први који су направили пиролитички карбон. Користили су као подлогу графитну шипку загрејану до високе температуре, а депоновање је вршено из проточне атмосфере пропана или бензена. Међутим, иако су графенски слојеви у разним кристалима били грубо међусобно паралелни, кристали су били ситни и турбостратични, тј. са хаотичним узајамним положајем суседних слојева, што је различито од идеалног графита [4].

Истини за вољу, Браун и Ват вероватно нису намеравали да праве монокристал, али се десило тако да је добијени материјал био први корак ка томе. Даљи прогрес ка добијању монокристалног материјала је постигнут подвргавајући пиролитички карбон високом притиску (управно на графенске слојеве) и високој температури, чиме се дошло до Високо Оријентисаног Пиролитичког Графита (ВОПГ) [5]. Кристали су били много већи, сви графени међусобно паралелни (са врло малим одступањем) и узајамно уређени као у графиту. Мада није прави монокристал, ВОПГ је мозаик који се састоји од много монокристала, а има особине веома блиске особинама монокристала. Стога је коришћен да би се прецизно одредиле његове особине. Ипак, његова примена је остала веома ограничена. Може изгледати парадоксално да је пирокарбон нашао много ширу примену, али је до тога дошло углавном захваљујући релативно ниским трошковима његове производње и преференцијалној оријентацији довољно високој за многе сврхе. Захваљујући високој анизотропији термичке проводљивости (паралелно графенима је слична проводљивости бабра, али је материјал једновремено добар термички изолатор управно на слојеве) и термичкој и хемијској стабилности, пирокарбон се користи пре свега у ваздухопловству и просторној техници за израду или заштиту структура изложених врло високом топлотном флуксу, спречавајући прегревање ефикасним одвођењем генерисане топлоте до хладнијих делова [4].

Идеја да се искористи један од два „материјала“ који постоје у графиту, тј. графени са њиховим јаким  $\sigma$ -везама, а да се избегну сметње од слабих  $\pi$ -веза, представља изазов за истраживаче.

Један прилаз се састојао у томе да се суседни графенски слојеви најпре међусобно јако удаље, а затим поново сакупе на нов начин. Пошто су графенски слојеви слабо међусобно везани, разни страни атоми,

<sup>1</sup> Под појмом „карбон“ подразумевамо графит са бројним кристалним дефектима.

јони и молекули могу да раздвоје суседне графене и сместе се између њих, градећи тзв. интеркалациона једињења. Ако се једно од таквих једињења које садржи групе  $\text{HSO}_4^-$  нагло загреје, страни атоми испаравају, вршећи велики притисак на околне графене и раздвајајући их. Запремина полазног природног графита се може на тај начин повећати више од 100 пута. Применом притиска графени се поново међусобно приближавају, производећи одличан заптивни материјал.

У једном од скорашњих радова [6] је показано да графит-оксид са кисеоничним функционалним групама, како на графенским равнима, тако и на њиховим ивицама, може бити диспергован у води, чинећи колоидну суспензију која садржи скоро искључиво појединачне графен-оксидне листове просечне дужине/ширине око  $1 \mu\text{m}$ , у којој је приближно сваки други угљенични атом чврсто везан са кисеоничним атомом. Пошто се вода филтрирањем удаљи, листови се одговарајућим поступком сакупе чинећи материјал сличан папиру, али чврст приближно као алуминијумски лист. Међуслојно растојање износи  $0,83 \text{ nm}$  (у графиту оно износи  $0,34 \text{ nm}$ ). Оволико растојање се приписује слоју приближне дебљине једног молекула воде међу слојевима графен-оксида.

Поменути експерименти су били усмерени на смањење утицаја  $\pi$ -веза. Очигледно би било много боље потпуно елиминисати  $\pi$ -везе, тј. радити са појединачним графенским слојевима. Међутим, доскора се сматрало да равни графени не могу да постоје у слободном стању, јер су нестабилни у односу на закривљене структуре као што су чађ, фулерени или наноцеви. Ипак су у експериментима Новоселова и сар. [7,8] добијени графитни слојеви са дебљинама од само неколико атомских слојева, па чак и појединачни графени; поред тога, од њих су направљени и извесни уређаји и испитане њихове електронске особине. Да би се добили узорци графена, коришћени су оригинални поступци, који се састоје у микромеханичком стањивању графита а затим идентификацији и избору монослојева уз помоћ оптичке микроскопије, сканирајуће електронске микроскопије и микроскопије атомске силе. Иако су дебљине само једног атомског слоја и нису заштићени од утицаја околине, произведени графенски уређаји су стабилни под амбијентним условима и имају велику покретљивост носилаца наелектрисања. Транспорт електрона у графенима се у основи померава Дираковој (Dirac) релативистичкој једначини. Носиоци наелектрисања у графену се понашају као релативистичке честице са нултом масом мировања и имају ефективну „брзину светлости“  $c^* \sim 10^6 \text{ ms}^{-1}$ .

Резултати другог проучавања [9] указују на закључак да се електронске особине графена могу модификовати. Према резултатима компјутерског моделовања, дужина графенске траке, подешена тако да је само неколико пута већа од ширине, може се користити за манипулисање и подешавање енергетског процепа, чиме се постиже да графен буде металан или полупроводан. На тај начин би требало да буде могућа произ-

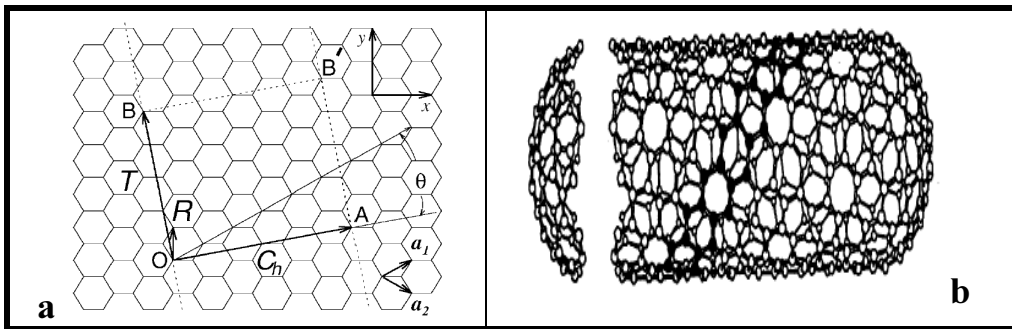
водња једног или другог. Пошто електрони лако пролазе кроз метални графен чак и на собној температури брзином блиској брзини светлости уз минимални отпор, то би омогућило да се графенски контакт много мање загрева од одговарајућег бакарног контакта истих димензија. Треба се надати да ће графенски контакти (после решавања техничких проблема) моћи да замене бакарне у будућим чиповима. Све у свему, графени би могли да играју битну улогу у електроници не тако далеке будућности.

## НАНОЦЕВИ (1-D)

Покушаји да се користе графени, потискујући утицај слабих  $\pi$ -веза, били су мање или више успешни. Успешан покушај се састојао у открићу израде карбонских влакана – првог 1-D материјала од чистог угљеника који је човек направио и који има високу преференцијалну оријентацију, тако да су чврсте  $\sigma$ -везе паралелне оси влакна. Ват и сар. су први изложили релативно једноставан поступак израде квалитетних карбонских влакана 1970. [10]. Отада многе компаније широм света производе карбонска влакна и о њима су објављене бројне књиге [4, 11-14].

Полазни материјали су (а) органски полимери у облику влакана (обично полиакрилонитрил) који се најпре „стабилишу“ погодним поступком оксидације и настали шестоугаони прстенови оријентишу затезањем влакана, а затим карбонизују, или (б) катранска смола, заправо „мезофаза“ (течни кристали) добијена од смоле, која се најпре истискује кроз уске отворе млазнице да би се течни кристали оријентисали, а затим оксидише и карбонизује. Добијена влакна имају ванредне механичке особине у правцу осе влакна (чврстоћа до  $4\text{-}5 \text{ GPa}$ , модул  $200 \text{ -} 700 \text{ GPa}$ , зависно од типа), ниску привидну густину ( $1,6\text{-}2,1 \text{ g/cm}^3$ , зависно од типа), високу термичку и хемијску стабилност, мали пречник ( $5\text{-}7 \mu\text{m}$ ). Производи се неколико типова комерцијалних карбонских влакана: високе чврстоће, ниског, високог и ултрависоког модула. Захваљујући особинама, карбонска влакна су нашла доста широку примену, пре свега у облику композита са пластичном основом, у аеро-космонаутичкој, аутомобилској индустрији, за спортске реквизите и многим другим областима. Композити у којима карбонска влакна појачавају карбонску основу, чиме се добија материјал од чистог угљеника, проширује примену карбонских влакана на високе температуре, нпр. за кочнице авиона. Главна препрека широј примени карбонских влакана је њихова висока цена.

Мада су карбонска влакна била велики корак ка налажењу чврстог, а ипак лаког материјала који се може користити на врло високим температурама, њихова затезна чврстоћа не прелази  $4\text{-}5 \%$  теоријског максимума ( $100 \text{ GPa}$ ). Природа је била много успешнија стварајући угљеничне наноцеви (УНЦ), које су готово два реда величине чвршће од карбонских влакана. Човек је помогао Природи обезбеђујући погодне услове за формирање УНЦ (што не искључује могућност да оне могу настати и без његове интервенције).



**Слика 2.** а) Део графенског слоја који приказује несавијену хексагоналну решетку наноцеви. Спајањем тачака  $O$  и  $A$ , и тачака  $B$  и  $B'$ , може се контруисати наноцев.  $a_1$  и  $a_2$  су јединични вектори. Вектор  $OA$  дефинише спирални вектор  $C_n$ , а  $OB$  трансляциони вектор  $T$  наноцеви. Правоугаоник  $OAB'B$  дефинише јединичну ћелију наноцеви. Слика је конструисана за наноцев  $(n, m) = (4, 2)$  [20]. б) Скица структуре једнослојне наноцеви затворене на обе стране. Спиралност цеви је назначена црно обојеним атомима угљеника који чине скуп шестоугаоника у облику завојнице [21].

Међутим, изгледа да нико није запазио, или није био заинтересован за УНЦ које су открили руски научници Радушкевич и Лукјанович (Радушкевич и Лукьянович) још 1952. године [15], дакле много пре открића карбонских влакана. Међутим, до праве експлозије интересовања за УНЦ је дошло када их је 1991. године, дакле скоро 40 година касније, поново „открио“ Ииџима (Iijima) у Јапану [16], тако да већина истраживача (свакако укључујући и самог Ииџиму) погрешно сматра (или је сматрала до појаве чланка (Guest Editorial) у часопису Carbon 2006. године [17]) да је рад Ииџиме први у коме се реферише о постојању угљеничних наноцеви. Поменути чланак [17] анализира разлоге због којих је руски рад [15] остао скоро незапажен.

1-Д угљеник који се јавља у облику наноцеви [18] је можда најегзотичнији угљенични материјал до данас. Пречник наноцеви је реда величине неколико нанометара, а најуже добијене цеви су имале пречник од само 0,4 nm [19]. Друга фасцинантна карактеристика наноцеви је да се састоје од савијених графенских слојева (слика 2) који морају бити јако закривљени да би постали (бешавне) наноцеви. Треба рећи да механизам раста УНЦ још није познат, тако да је говорити о УНЦ као о савијеним графенима само погодан начин да се опише и схвати тај нови облик чврстог угљеника. Могу се добити како УНЦ од само једног савијеног графенског слоја (једнослојне наноцеви, ЈСНЦ), тако и вишеслојне наноцеви (ВСНЦ, са више концентричних слојева). Пошто УНЦ имају тако мале димензије (поменута УНЦ пречника од само 0,4 nm са само 10 атома по обиму је врло мала, чак и у домену наноструктура), квантни ефекти играју значајну улогу – што су мање димензије, значајнији су квантни ефекти.

Пошто пречник УНЦ може бити тако мали, а цеви могу бити „дебеле“ само један атом, однос дужине и пречника (aspect ratio) може бити врло велики ( $>10^4$ ), тако да су УНЦ прототип једнодимензионалног система. Поред тога, зависно од њиховог пречника и спиралности<sup>1</sup> (начина на који су савијене), УНЦ

су једнодимензионални метали или полупроводници. Стога се могу користити за добијање спојева метал-полупроводник, полупроводник-полупроводник или метал-метал. Поред тога, увођењем пентагона и хептагона у хексагоналну структуру, могу се добити два сегмента цеви са различитом спиралношћу и различитом електронском структуром и тиме остваре поменути спојеви унутар једне наноцеви. Експериментално је потврђено не само постојање таквих структура на атомском нивоу, већ су извршена и испитивања њихових електронских особина [22, 23].

Нанометарске димензије угљеничних наноцеви и јединствена електронска структура дводимензионалног графенског слоја чине да су електронске особине оваквих једнодимензионалних структура УНЦ веома необичне. Теорија је била испред експеримента у овом случају. Ранија теоријска израчунавања су показала да су електронске особине УНЦ врло зависне од њихове геометријске структуре [24]. Док је графенски слој полупроводник са нултим процепом у коме се  $\pi$ -електрони крећу у свим правцима (2-димензионално), теорија је предвидела да наноцеви, код којих се електрони због квантних ограничења крећу само дуж осе цеви, могу бити или метали или полупроводници са различитим енергетским процепима, што врло јако зависи од пречника и спиралности цеви, тј. од индекса  $(n, m)$  (в. слику 2а). Физика која стоји иза ове осетљивости електронских особина УНЦ према њиховој структури може се разумети уз помоћ „набирања“ енергетских зона.

Постоји једноставно правило помоћу кога се може одредити да ли су цеви металне или полупроводне. Ако је  $n - m = 3j$ , где је  $j$  цео број, ЈСНЦ су металне. С друге стране, све ЈСЦС са  $n - m = 3j \pm 1$  су полупроводници са великим енергетским процепом ( $\sim 1,0$  eV за пречник  $\sim 0,7$  nm).

Увођење дефеката, пре свега страних атома (допаната), у УНЦ је занимљив начин да се „кроје“ њихове особине. Мада није много истраживано увођење било бора или азота (погодних атома-допаната који имају

<sup>1</sup> Енглески термини су helicity и chirality.

један електрон мање (бор), односно више (азот) него атом угљеника) у ЈСНЦ, верује се да би ови системи требало да имају необичне квантне ефекте и да би требало да буде могуће „кројење“ ширине процепа полупроводних ЈСНЦ уношењем врло малих концен-трација допаната.

У току последњих неколико година су уложени знатни напори на теоријском и експерименталном проучавању утицаја разних страних елемената на електронске особине ЈСНЦ. Постоје два начина смештаја допаната (односно интеркаланта): интерстицијални канали унутар снопова цеви и унутрашњост ЈСНЦ. Структура енергетских зона се може модификовати уношењем различитих молекулских и атомских врста као што су халогени, алкални метали, метални халиди, оксиди итд. За јоне јода је нађено да улазе у унутрашњост ЈСНЦ ако је пречник наноцеви већи од пречника јода, али уже цеви могу да приме јод само са спољашње (интерстицијалне) стране [25]. Нађено је да шире наноцеви са јодом у унутрашњости имају знатно већу густину носилаца наелектрисања него уже „празне“ цеви.

Зид наноцеви се састоји од облака  $\pi$ -електрона, а његова „дебљина“ је половина дебљине облака  $\pi$ -електрона графена ( $0,340/2=0,170$  nm), тј. половина растојања међу суседним графенима у графиту.

Што се тиче примене УНЦ, она је на самом почетку. Очекује се да примена у електроници буде у будућности најважнија, али се претходно морају решити бројни проблеми. Ови се односе на контролу спиралности, структуре и дужине, али су потребна и фундаменталнија истраживања, као што је механизам раста УНЦ. Ипак, релативно оптимистичка предвиђања су да ће до 2015. бити низ комерцијалних прототипова. Међу применама на којима се већ ради су екрани са емисијом електрона изазване јаким електричним пољем, шиљци сонди микроскопа атомске силе, спојеве у производњи савремених комплементарних полупроводника метал/оксид (енгл. скр. CMOS). Једна корпорација је већ развила процес производње УНЦ на собној температури. Штавише, 2007. је била и њена прва комерцијална демонстрација.

Постојеће примене УНС у облику масе релативно неорганизованих фрагмената наноцеви, су за израду композита на бази полимера за побољшање механичких, термичких и електричних особина производа.

Набројаћемо неке од потенцијалних примена УНЦ:

- ојачавање полимерних основа ради добијања композита супервисоке чврстоће и материјала са живавањем непревазиђеном у постојећим производима човека и природе;

- транзистори на бази наноцеви који раде на собној температури; прво интегрално коло на бази УНЦ је израђено 2004.;

- електромотори нано-димензија;

- примене за разне сензоре;

- провидни, електропроводни робустни филмови од наноцеви за разне екране.

На крају, нека питања: наноцеви се формирају од равних графена свакако да би се заситиле слободне валенце на ивицама слојева. Али зашто се то дешава чак и ако међуатомске везе морају да буду јако напегнуте? Иицима је поставио то питање за цеви пречника 2,2 nm, најуже цеви које је нашао у својим експериментима [16], код којих су суседни шестоугаоници на ободу цеви под углом од  $\sim 6^\circ$ , док је за молекула  $C_{60}$  тај угао  $42^\circ$ ! Као могуће објашњење, он је сугерисао да закривљавање шестоугаоних прстенова снижава енергију везе, као код  $C_{60}$ , чија је енергија везе нижа од оне код графита. Заиста, према теорији, најужа цев која је још енергетски стабилна има пречник од само 0,4 nm. Поменули смо напред да су такве цеви експериментално добијене, мада посебним поступком. И поред свега, таква огромна способност веза C-C да се свијају је чудесна и доприноси нашем разумевању да угљенични атом прави невероватне комбинације веза.

## ЗАКЉУЧАК

Да закључимо, наш научник са почетка овог чланка није био у праву – постоји хемијски елеменат који у чврстом стању може бити 1-, 2-, и 3-димензионалан и има особине раније незамисливе. Међутим, аутор овог текста верује да ће чврсти угљеник донети нова изненађења у будућности. Чврсти угљеник је већ донео толика изненађења током последњих 50 година, да би било тешко поверовати да је списак исцрпљен. Угљеник је заиста чудесан елеменат, а чврсти угљеник је чудесно чврсто тело.

3D нано цев - Nano-cev\_3D.mol2. Фајл се може преузети из html верзије овог броја Хемијског Прегледа (<http://hemija.chem.bg.ac.yu/home.htm>). За информације у ком програму отворити овај фајл, погледајте Хемијски Преглед 1/2008, стране 14-20

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] S.N. Marinković, Dijamant sintetizovan na niskom pritisku, Beograd, 2002; Partenon.
- [2] S.N. Marinković, Diamond Synthesized at Low Pressure. In: Chemistry and Physics of Carbon, vol 29, New York, 2004 (L.R. Radovic, Editor), Dekker: 71- 207.
- [3] A.R.G. Brown, W. Watt, Proc. Conf. industr. carbon and graphite, London, Soc. Chem. Ind. (1958), 86.
- [4] S. Marinković, Z. Laušević, M. Polovina, Savremeni karbonski materijali, Beograd, 1999. (S. Marinković, Urednik), Inst. za nukl. nauke „Vinča“.
- [5] A.V. Moore, Highly Oriented Pyrolytic Graphite. In: Chemistry and Physics of Carbon, vol 11, New York, 1973 (P.L. Walker Jr, P.A. Throver, Editors), Dekker: 69-187.
- [6] D.A. Dikin, S. Stankovich, E.J. Zimney, R.D. Piner, G.H.B. Dommett, G. Evmenenko, S.-B.T. Nguyen, R.S. Ruoff, Nature, 448 (2007) 457.
- [7] K.S. Novoselov, A.K. Geim, S.V. Morozov, D. Jiang, Y. Zhang, S.V. Dubonos, I.V. Grigorieva, A.A. Firsov, Science, 306 (2004) 666.
- [8] K.S. Novoselov, A.K. Geim, S.V. Morozov, D. Jiang, M.I. Katsnelson, I.V. Grigorieva, S.V. Dubonos, A.A. Firsov, Nature, 438 (2005) 197.
- [9] S. Bush, Electronics Weekly, Iss.2300 (2007) 8.
- [10] W. Watt, W. Johnson, Proc. 3<sup>rd</sup> conf. industr. carbon and graphite, London, Soc. Chem. Ind. (1970), 417.



- [11] J.B. Donnet, R.C. Bansal, Carbon fibres, 2<sup>nd</sup> edition, New York, 1990; Dekker.
- [12] E. Fitzer, Editor, Carbon fibres and their composites, Berlin, 1985; Springer-Verlag.
- [13] А.А. Конкин, Жаростойкие (углеродные) волокна. V: Термо-жаростойкие и негорючие волокна, Москва, 1978; Химия: 217-340.
- [14] D.J. Johnson, Structural studies of PAN-based carbon fibres. In: Chemistry and Physics of Carbon, vol. 20, New York, 1987 (P.A. Thrower, Editor), Dekker: 1-58.
- [15] Л.В. Радужкевич, В.М. Лукьянович, Жур. Физич. Хим., 26 (1952) 88.
- [16] S. Iijima, Nature, 354 (1991) 56.
- [17] M. Monthieux, V.L. Kuznetsov, Carbon, 44 (2006) 1621.
- [18] S.N. Marinković, J. Serb. Chem. Soc., 73 (2008) 891.
- [19] N. Wang, Z.K. Tang, G.D. Li, J.S. Chen, Nature, 408 (2000) 50.
- [20] M.S. Dresselhaus, G. Dresselhaus, A. Jorio, Annu. Rev. Mater. Res., 34 (2004) 247.
- [21] W. Krätschmer, AIP Conf. Proc., 544 (2000) 3.
- [22] Z. Yao, H.W.Ch. Postma, L. Balents, C. Dekker, Nature, 402 (1999) 273.
- [23] M. Ouyang, J.-L. Huang, C.L. Cheung, C.M. Lieber, Science, 292 (2001) 702.
- [24] R. Saito, M. Fujita, G. Dresselhaus, M.S. Dresselhaus, Appl. Phys. Lett., 60 (1992) 2204.
- [25] L. Grigorian, S. Colbern, I.O. Maciel, M.A. Pimenta, F. Plentz, A. Jorio, Nanotechnology, 18 (2007) 435705.

## Abstract

### HOW MANY DIMENSIONS HAS SOLID CARBON?

**Slobodan N. MARINKOVIĆ**, *Vinča Institute of Nuclear Sciences, Belgrade*

Solid carbon can be 1-, 2- or 3-dimensional. Each of these 3 varieties is characterized by a unique combination of properties. Diamond (3-D) is the hardest material known, transparent, with high index of refraction. Two essentially different methods of diamond synthesis – a) at high temperature and pressure and b) by (low pressure) chemical vapour deposition (CVD), have considerably enlarged its field of application, particularly CVD which made possible to manufacture diamond coatings and plates. Graphite crystal (2-D) present in nature as tiny platelets, is made of parallel graphene layers weakly bound to their neighbours, so that it is highly anisotropic, with drastically different properties along and across the layers. The first step toward a successful imitation of the graphite crystal – pyrolytic carbon, has found considerable application in aero-space industry, owing to its high anisotropy of properties, especially thermal conductivity. The enormous interest in carbon nanotubes (1-D), arises from their extraordinary properties. The unprecedentedly small diameter (a few nm), combined with the crystalline perfection of the atomic network (which can be viewed as graphene layers rolled into seamless tubes), high aspect ratio, excellent mechanical properties, the capacity to be either metallic or semiconducting, cause that this material is considered to have great future, primarily in nanoelectronics.



## ВЕСТИ из ШКОЛЕ ВЕСТИ за ШКОЛЕ

### 45. РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ХЕМИЈЕ ЗА УЧЕНИКЕ ОСНОВНИХ ШКОЛА

Овогодишње, 45. по реду, републичко такмичење из хемије за ученике основних школа, у организацији Министарства просвете Републике Србије и Српског хемијског друштва (СХД) одржано је 16. и 17. маја 2009. године у Београду, у просторијама Хемијског факултета. Такмичење је отворила председница СХД-а др Иванка Поповић. Републичка комисија радила је у саставу: др Веселин Маслак (председник), др Снежана Николић, др Рада Баошић, др Милош Милчић, др Ненад Милосавић, мр Биљана Томашевић, мр Тамара Тодоровић, мр Милан Николић, Радојка Ђурђевић, Вера Муждека, Јелена Лазић, Милица Букоровић и Марија Циндрић. У току такмичења одржана су два предавања за професоре и наставнике хемије: "Животне намирнице на часу хемије", др Јасминке Королије и "Метаболизам – контрола и регулација", др Љубе Мандић. До-

маћин такмичења, Хемијски факултет Универзитета у Београду, организовао је за учеснике такмичења и посету изложби "Молекули у тајнама живота и свету око нас", у галерији Српске академије наука и уметности, као и приредби "Између магије и хемије", у оквиру манифестације "Ноћ музеја".

У категорији "Тест и експериментална вежба" учествовала су 60 ученика VII разреда и 62 ученика VIII разреда. У категорији "Тест и истраживачки рад" учествовало је 15 ученика VII и VIII разреда основних школа. Одлични резултати постигнути су у све три такмичарске категорије. Наводимо листе најбоље пласираних ученика, њихових ментора, заједно са називима основних школа и местима у којима се оне налазе. Комплетне резултате такмичења можете да погледате на сајту: [www.mojahemija.org](http://www.mojahemija.org).

## VII разред - ТЕСТ И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНЕ ВЕЖБЕ

Пласман	Име и презиме ученика	Основна школа	Место	Ментор
1. место	Војислав Глигоровски	"Скадарлија"	Београд	Слободанка Новаковић
2. место	Никола Крстић	"Коле Рашић"	Ниш	Љиљана Ћирић
3. место	Милена Ђорђевић	"Светозар Марковић"	Нови Сад	Јелена Чича-Бајић
4. место	Душан Дробњак	"Аца Милосављевић"	Београд	Триша Владушић
5. место	Павле Милојевић	"Душан Јерковић"	Ужице	Брана Арсовић
6. место	Давид Копривица	"Сестре Илић"	Ваљево	Ружа Панић

## VIII разред - ТЕСТ И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНЕ ВЕЖБЕ

Пласман	Име и презиме ученика	Основна школа	Место	Ментор
1. место	Милан Крстајић	"Јован Миодраговић"	Београд	Сања Шушњар
2. место	Наташа Станојевић	"Доситеј Обрадовић"	Ћићевац	Виолета Аренијевић
3. место	Емилија Стаменић	"Рајак Павићевић"	Бајина Башта	Љубинка Алексић
3. место	Ђорђе Тимотијевић	"Мито Игумановић"	Косјерић	Г. Спасојевић
4. место	Дарко Стаменов	"Христо Ботев"	Димитровград	Младенка Соколов
5. место	Милош Гаговић	"Вук Караџић"	Бачко Добро Поље	Зорана Бијеловић
6. место	Вања Лазов	"Христо Ботев"	Димитровград	Младенка Соколов

## VII и VIII разред - Категорија: ТЕСТ И ИСТРАЖИВАЧКИ РАД

Пласман	Име и презиме ученика	Разред	Основна школа	Место	Ментор
1. место	Немања Миловановић	VII	"Бубањски хероји"	Ниш	Слађанка Митић
2. место	Јована Тодоровић	VII	"Бубањски хероји"	Ниш	Слађанка Митић
3. место	Александра Бркић	VIII	"Јован Курсула"	Варварин	Владимир Вучковић
4. место	Новак Чабаркапа	VII	"Кизур Иштван"	Суботица	Славица Меденица
5. место	Милена Обрадовић	VIII	"Гаврило Принцип"	Земун	Мирјана Марковић
6. место	Милица Јеличић	VIII	"Гаврило Принцип"	Земун	Мирјана Марковић

## ТАКМИЧЕЊЕ СРЕДЊОШКОЛАЦА 2008/2009.

XLV републичко такмичење ученика средњих школа из хемије одржано је у Ужицу 23. и 24. маја 2009. Домаћин је била Медицинска школа Ужице. У категорији Тест и експерименталне вежбе учествовало је 45 ученика I разреда, 47 ученика II разреда и 52 ученика III и IV разреда. У категорији Тест и истраживачки рад учествовала су 4 ученика I и II разреда и 7 ученика III и IV разреда. У организацији, припреми и спровођењу такмичења учествовали су: др Душан Сладић, др Драгица Тривић, др Нико Радуловић, др Зоран Вујчић, др Ђеђи Ваштаг, др Горан Роглић, мр Татјана Божић, мр Ирена Новаковић, Александра Миловановић, Срђан Туфегџић, др Мирослава Вујчић и Радојка Ушћумлић. Организациони одбор школе домаћина чинили су:

Богданка Ђорђевић (директор), Љиљана Иваниш, Слађана Басуровић, Милена Вучићевић, Бобан Трговић, Живана Видаковић, Весна Грујовић, Мирјана Стефановић, Наташа Смиљанић, Мирјана Митрашиновић, Валентина Златановић-Марковић и Катарина Илић. Такмичари су постигли одличан успех, за шта су, поред њих самих, заслужни и њихови ментори. Школа домаћин је једна од најмодернијих и најбоље опремљених школа у Србији. Домаћини су, поред беспрекорне организације, заслужни и за присну атмосферу током такмичења. Наводимо списак награђених ученика у свим такмичарским категоријама, називе школа и места из којих су дошли, као и имена ментора који су припремили ученике за ово такмичење.

## I разред - ТЕСТ И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНЕ ВЕЖБЕ

Пласман	Име и презиме ученика	Назив школе	Место	Име и презиме ментора
1.	Милан Корњача	Митровачка гимназија	Сремска Митровица	Бранислава Милашиновић
2.	Огњен Јањић	XIII београдска гимназија	Београд	Анита Стојчевски
3.	Милена Вујовић	XII београдска гимназија	Београд	Милосав Ђорђевић
4.	Сара Поповић	Гимназија Крушевац	Крушевац	Зорка Јаковљевић
5.	Андреа Аладић	Гимназија „Вељко Петровић“	Сомбор	Мирјана Пањак
6.	Милица Мартиновић	Гимназија „Бора Станковић“	Ниш	Зорица Ташков

## II разред - ТЕСТ И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНЕ ВЕЖБЕ

Пласман	Име и презиме ученика	Назив школе	Место	Име и презиме ментора
1.	Игор Асановић	Медицинска школа „Драгиња Никшић“	Сремска Митровица	Соња Стојчић
2.	Данило Николић	Гимназија Ивањица	Ивањица	Станимирка Бешевић
3.	Немања Ђоковић	Медицинска школа Чачак	Чачак	Јелена Броћић
4.	Андреа Трифковић	Гимназија Крушевац	Крушевац	Радава Станојков
5.	Милош Дубајић	XIII београдска гимназија	Београд	Милена Бојацић
6.	Марко Кузмановић	Математичка гимназија	Београд	Аника Влајић

## III и IV разред - ТЕСТ И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНЕ ВЕЖБЕ

Пласман	Име и презиме ученика	Назив школе	Место	Име и презиме ментора
1.	Невена Арсеновић	Гимназија Обреновац	Обреновац	Ружица Ковачевић
2.	Небојша Прибој	Гимназија Прибој	Прибој	Брана Станчић
3.	Милан Нешић	Гимназија „Стеван Јаковљевић“	Власотинце	Нела Петковић
4.	Бојана Дамњановић	Гимназија Обреновац	Обреновац	Ружица Ковачевић
5.	Егон Кеченовић	Гимназија „Болгаи“	Сента	Ендре Сорад
5.	Константин Видаковић	Гимназија „Борислав Петров Браца“	Вршац	Везирка Добарић

## I и II разред - ТЕСТ И ИСТРАЖИВАЧКИ РАД

Пласман	Име и презиме ученика	Назив школе	Место	Име и презиме ментора
1.	Едвин Фако	Хемијско-медицинска школа	Вршац	Никола Олујић
2.	Јован Дамјановић	Математичка гимназија	Београд	Аника Влајић
3.	Андрија Сенте	Гимназија "Светозар Марковић"	Суботица	Ева Демек

## III и IV разред - ТЕСТ И ИСТРАЖИВАЧКИ РАД

Пласман	Име и презиме ученика	Назив школе	Место	Име и презиме ментора
1.	Игор Прлина	Земунска гимназија	Земун	без ментора
2.	Стефан Вучковић	Гимназија Куршумлија	Куршумлија	Зорица Радоичић
3.	Петар Вукојичић	Гимназија „Бора Станковић“	Ниш	Ивана Тонса
4.	Душан Димић	Средња школа Свилајнац	Свилајнац	Марија Јевремовић



## ВЕСТИ ИЗ СХД

ИЗЛОЖБА У ГАЛЕРИЈИ САНУ:

### МОЛЕКУЛИ У ТАЈНАМА ЖИВОТА И СВЕТУ ОКО НАС

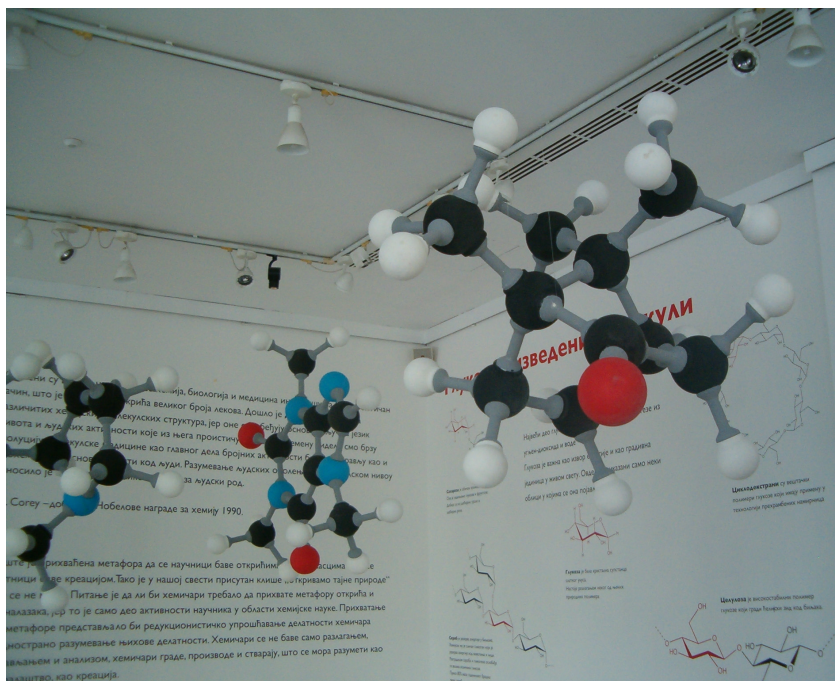
Хемијски факултет Универзитета у Београду је, под покровитељством Српске академије наука и уметности (САНУ), организовао изложбу „Молекули у тајнама живота и свету око нас“, која је отворена 12. маја 2009. у Галерији Српске академије наука и уметности. Изложба траје до 26. јуна 2009. године.

Мотиви за стварање ове изложбе о молекулима су двоструки. С једне стране, то је жеља да се на научно егзактан, али обичном човеку прихватљив начин осветли загонетна и мање позната страна хемије, а с друге стране да се улије веће поверење и респект друштва према хемији као апстрактној и тешкој науци о материји и њеним променама.

Свакодневно се сусрећемо са бројним хемијским производима и хемијским појавама, па је сваком савременом човеку потребно поседовање макар минималног знања из хемије. Постоји скоро пола милиона хемијских производа који се налазе у савременим домаћинствима. На полицама сваке савремене куће налази се велики број корисних и неопходних кућних хемикалија које су веома корисне и доброћудне ако се правилно користе, али које могу бити злоћудне, опасне и токсичне, ако се не познају њихове особине и не поштују хемијска правила руковања са њима.

Циљ ове изложбе јесте да посетиоце упозна са важним и општепознатим молекулима који су променили свет и обележили 20. век, да се посетиоцима из-

Слика 1 и 2. Детаљи са изложбе молекули у тајнама живота и свету око нас.



ложе неке идеје о општој присутности хемије, њеној важности и њеном утицају на живот људи. Хемичари проучавају природни материјални свет и настоје да га што боље разумеју. Поред тога они проширују тај свет стварањем нових материја, хемијских производа и материјала које природа није створила и проналазе нове хемијске производе који не постоје у природи.

На изложби су представљени важни природни молекули као што су витамини, хормони, молекули за репродукцију, хемоглобин, хлорофил, као и молекули које осећамо чулима мириса и укуса. Поред тога описани су и различити протеински молекули, различити молекули кретања, различити структурни молекули (целулоза, хитин и слични), затим ензими као биолошки катализатори и нуклеинске киселине. Објашњен је значај и улога ових класа једињења у животним процесима на молекулском нивоу. Детаљно су приказани типични молекули неких класа лекова као што су антибиотици, лекови против канцерозних или сличних болести, лекови за кардиоваскуларне болести, антималярични лекови и дат је преглед психоактивних молекула – дрога као лекова и отрова.

У другом сегменту изложбе приказани су материјали и хемијски производи који имају примене у свакодневном животу. Приказани су нови материјали као фулерени и нано-материјали, затим молекулске машине, течни кристали као и боје и пигменти. Детаљно су приказани полимерни материјали са посебним освртом на њихове примене, затим површински активне супстанце (детерџенти) и њихове примене. На изложби је изложена и занимљива прича о води.

Ову изложбу прати и каталог „МОЛЕКУЛИ у тајнама живота и свету око нас“, који садржи 23 занимљива есеја о изложеним класама молекула. Аутори есеја су најпознатији наши стручњаци за дате области. Каталог је штампан у боји на 330 страна а издавач је Завод за уџбенике Београд.

Поставка изложбе је функционална, посетилац је и физички у сталном окружењу модела молекула. Сигуран сам да ће изложба, до затварања, имати пуно посетилаца, посебно младих.

**Ратко М. Јанков**

## ЗАВРШЕНИ СУ ДВАДЕСЕТИ АПРИЛСКИ ДАНИ ПРОСВЕТНИХ РАДНИКА СРБИЈЕ - СЕМИНАР ЗА ПРОФЕСОРЕ И НАСТАВНИКЕ ХЕМИЈЕ

Као и претходних година, Српско хемијско друштво и Хемијски факултет Универзитета у Београду организовали су Семинар за професоре и наставнике хемије у оквиру Априлских дана просветних радника Србије. Овај јубиларни, двадесети семинар, одржан је 21. и 22. априла 2009. године на Хемијском факултету у Београду, а организовали су га др **Ратко М. Јанков** (председник, са Катедре за биохемију), др

**Драгица Тривић** (са Катедре за наставу хемије), др **Војин Крсмановић** (стручни сарадник са Катедре за примењену хемију) и **Владимир Вукотић**, професор у ОШ „Старина Новак“.

Семинар је посвећен како проблемима наставе хемије у школама, тако и иновацијама знања наставника и професора хемије. Ове године било је укупно осам предавања, од чега су два била из наставе хемије,

а осталих шест из новијих трендова у хемији или "хемијски општеобразовна". Програм Семинара објављен је у Хемијском прегледу број 2 за ову годину. Одржана су сва планирана предавања. Према мишљењу консултованих учесника и чланова Организаци оног одбора Семинара, теме предавања су биле веома интересантне, а сви предавачи били су одлични и добро су прилагодили ниво предавања аудиторијуму.

Другог дана Семинара (после предавања) дата су обавештења о такмичењима из хемије. Др Душан Сладић је говорио о такмичењима за ученике средњих школа, а др Веселин Маслак, о такмичењима за ученике основних школа. У дискусији је учествовало више учесника Семинара. Било је и примедби на неке од пропозиција такмичења и закључено је да се оне касније размотре и промене како би се такмичења наред

не године одржала према побољшаним пропозицијама.

На Семинару је регистровано 230 учесника. Сваки учесник Семинара добио је књижицу у којој је био штампан програм Семинара са изводима предавања (на по једној страници). Као и претходних година, сви предавачи су предали копије својих презентација. Учесници Семинара су обавештени да све презентације (као и презентације предавања са претходних Семинара) могу да преузму са Интернет презентације Семинара Априлски дани која се налази на ВЕБ страници Српског хемијског друштва. На тај начин омогућено је бесплатно преузимање презентација предавања, као и доступност презентација професорима хемије и другим заинтересованим који нису учествовали на Семинару Априлски дани.

Војин Крсмановић

## ИЗВЕШТАЈ О РАДУ 47. САВЕТОВАЊА СРПСКОГ ХЕМИЈСКОГ ДРУШТВА

Традиционално 47. Саветовање Српског хемијског друштва одржано је на Технолошко-металуршком факултету 21. марта 2009. године у Београду. На скупу на којем су изложени оригинални радови из области хемије, хемијске технологије и металургије присуствовало је око 200 учесника.

Као и на претходном Саветовању, у циљу масовнијег и активнијег учешћа и упознавања ширег аудиторијума са резултатима фундаменталних и примењених истраживања из свих области хемије, која се одвијају у академским лабораторијама при високошколским и научним институцијама у Србији и у знатно мањој мери индустријским лабораторијама, рад скупа је био пленарног карактера.

У оквиру научног програма одржана су три пленарна предавања, као и три предавања по позиву.

### ПЛЕНАРНА ПРЕДАВАЊА

**Elena Volanschi,**

Department of Physical Chemistry, University of Bucharest, Romania,

*Electron transfer reactions of some heteroatomic organic compounds: a spectroelectrochemical approach*

**Велимир Попсавин,**

Департаман за хемију, Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду, Србија

*Total Synthesis and Preliminary Cytotoxic Assay of Selected Naturally Occurring Styryl Lactones and Analogues Thereof*

**Жељко Томовић, Albert P. H. J. Schenning and E. W. Meijer,**

Laboratory of Macromolecular and Organic Chemistry, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, The Netherlands,

*Supramolecular architectures based on oligo(p-phenylenevinylene)s*

### ПРЕДАВАЊА ПО ПОЗИВУ

**Alessandro Pedretti and Giulio Vistoli,**

Istituto di Chimica Farmaceutica e Tossicologica "Pietro Pratesi", Facolta di Farmacia, Universita degli Studi di Milano, Milan, Italy,

*Protein modelling by fragmental approach: connecting global homologies with local peculiarities*

**Снежана Зарић,**

Хемијски факултет Универзитета у Београду, Србија

*News types of noncovalent interactions with  $\pi$ -systems*

**Karel Vytras and Ivan Švancara,**

Department of Analytical Chemistry, Faculty of Chemical Technology, University of Pardubice, Pardubice, Czech Republic

*Carbon paste electrodes in electroanalytical chemistry*

На Саветовању је презентовано и 141 саопштење, подељених у две постерске сесије. Кратки изводи ових саопштења, као и пленарних предавања и предавања по позиву, штампани су у Књизи извода.

Један број аутора је искористио могућност да саопштења припреми на српском или енглеском језику, према датим упутствима и у форми рада на четири стране. Ови радови, који се вреднују као радови на скупу националног значаја штампани у целини ( $P_{65}=0,5$ ), саопштени су у следећим секцијама: аналитичка хемија (7 радова од укупно 16 саопштења), биохемија (6 радова од укупно 11 саопштења), биотехнологија (7 радова од укупно 10 саопштења), електрохемија (8 радова од укупно 10 саопштења), физичка хемија (2 рада од укупно 5 саопштења), хемијско инжењерство (8 радова од укупно 9 саопштења), металургија (3 рада од укупно 6 саопштења), хемија и технологија хране (2 рада од укупно 4 саопштења), керамика (0 радова од укупно 2 саопштења), хемија и технологија макромолекула (3 рада од укупно 9 саопштења), металургија (1



рад од укупно 3 саопштења), настава хемије (о радова од укупно 1 саопштења), неорганска хемија (1 рад од укупно 9 саопштења), органска хемија (2 рада од укупно 22 саопштења), спектроскопија (1 рад од укупно 3 саопштења), текстилно инжењерство (1 рад од укупно 5 саопштења), теоријска хемија (1 рад од укупно 4 саопштења) и заштита животне средине (2 рада од укупно 12 саопштења).

Зборник ових радова публикован је на компакт диску као саставни део материјала Саветовања.

У намери да се подигне научни квалитет Саветовања, као и да се подстакне већи број млађих истраживача да учествују на овом домаћем скупу коме је присуствовао и мањи број страних учесника, Научни одбор је извршио прелиминарну рецензију свих пријављених радова. Жири у саставу В. Мишковић-Станковић, М. Врвић и С. Ђилас, је затим, на основу оригиналности, квалитета експерименталних резултата и примењених метода, јасноће и техничког квалитета презентације изложених постера, одабрао три најквалитетнија постера под насловима:

**Издавање сребра на површини хемијски третираног карбон монолита** (*Silver deposition on chemically treated carbon monolith*); аутори: Зоран М. Јовановић, Ана М. Калијадис, Марија М. Вукчевић, Зоран В. Лаушевић, Мила Д. Лаушевић

**Наноконтроли на бази наночестица сребра у поли(N-винил-2-пиролидон) хидрогелу добијени ин ситу гама-зрачењем** (*Silver nanoparticles/poly(N-*

*vinyl-2-pyrrolidone) hydrogel nanocomposites: in situ  $\gamma$  irradiation synthesis*); аутори: Жељка С. Јовановић, Александра Н. Кркљеш, Наташа Бибић, Миодраг Митрић, Симонида Љ. Томић, Зорица М. Качаревић-Поповић, Весна Б. Мишковић-Станковић

**Фениламини (E)-4-арил-4-оксо-2-бутенских киселина. Дизајн, антипролиферативна активност, 3Д квантитативна студија структуре и активност заснована на алгоритму АМАНДА и сличност са једињењима из "механицистичког сета" Националног института за рак САД**

*((E)-4-Aryl-4-oxo-2-butenic Acid Phenylamides. Design, Antiproliferative Activity, Alignment Independent 3D QSAR Study Based on AMANDA Algorithm and Similarity on NCI-DTP Mechanistic Set)*; аутори: Маја Д. Виторовић-Тодоровић, Александра Ерић, Зорица Јуранић, Иван О. Јуранић, Бранко Ј. Дракулић

Аутори ових постера су добитници IUPAC-ових постерских награда за 2009. годину које се у оквиру IUPAC POSTER PRIZE програма додељују на IUPAC-овим конгресима и одабраним националним конференцијама. Награда се састоји од IUPAC-ове дипломе и (ове године) IUPAC-ове Green Book (*Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry*).

**Раде Марковић**

Председник Научног одбора  
47. саветовања СХД-а

## ДОДЕЉЕН ОРДЕН СЛОБОДАНУ Д. ПЕТРОВИЋУ, ЧЛАНУ ПРЕДСЕДНИШТВА СХД

Члану Председништва нашег Друштва, Слободану Д. Петровићу, ред. професору Технолошко-металуршког факултета у Београду и саветнику председника Хемофарма, додељен је орден **Tantae Molis erat**, степен **GRAND PRIX**, на предлог ICEREC-а (Инсти-

тут Европске заједнице за промоцију трговинских предузећа) и Белгијске коморе иноватора. Орден је додељен, 15.11.2008 године у Бриселу, због великог броја проналазака, трансфера технологија и примене патентна у индустрији.

## ПРИКАЗ УЏБЕНИКА

**Назив уџбеника:** Сировине за фармацеутске производе

**Аутори:** Слободан Д. Петровић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета; Наташа В. Валентић, доцент Технолошко-металуршког факултета; Душан Ж. Мијин, ванредни професор Технолошко-металуршког факултета

**Издавач:** Завод за уџбенике, Београд

**Година:** 2008.

ИСБН 978-86-17-15738-6

Уџбеник *Сировине за фармацеутске производе* намењен је ученицима III разреда средње школе, подручје рада – хемија и неметали, образовни профил – техничар за индустријску фармацеутску технологију. Уџбеник се састоји из *Увода* и шест тематских целина. Написан је на 187 страна, илустрован је великим бројем слика, и табелама, а на крају се налази *Литература*, *Речник* и регистар имена и појмова.

Сировине биљног порекла, које су изузетно важне органске материје у технологији израде фармацеутских производа представљају највеће поглавље овог уџбеника. У овом делу су наведени и описани најзначајнији природни производи и то: алкалоиди, хетерозиди, терпени и терпеноиди, угљени хидрати, гуме и слузи, смоле и балсами, биљне масти и уља, биљни воскови и витамини. Посебно су наведени и описани они представници који се употребљавају у фармацеутској индустрији.

Поглавље које се односи на сировине животињског порекла обухвата пчелиње производе, животињске масти и уља, животињске воскове као и масне киселине и алкоhole. У овом поглављу разматрају се и стероиди, хормони, антибиотици и пептиди и беланчевине као и ензими. Осим основних информација овим сировинама дата је и њихова употреба као фармацеутских сировина.

У поглављу које се односи на сировине минералног порекла дат је преглед свих важнијих неорганских сировина које се употребљавају при справљању фармацеутских производа. Обрађена су једињења алуминијума, бакра, баријума, бизмута, бора, цинка, живе, гвожђа, јода, калијума, калцијума, литијума, магнезијума, натријума, силицијума, сребра, селена. Ове сировине су наведене по абecedном реду при чему су посебно назначене основне физичко-хемијске и хемијске особине са истицањем растворљивости и употребе у фармацији и медицини.

У поглављу које се односи на синтетичке сировине разматрају се важније сировине типа површински активних материја (ПАМ-а) које се користе као сировине у производњи фармацеутских производа, као и парафински воскови. Обрађене су четири хемијске групе ПАМ-а, односно, анијонске, катјонске, амфотерне и нејонске површински активне материје. На крају поглавља приказане су синтезе неких важнијих фармацеутски активних материја као и основне информације о њиховом деловању. Назначене су, такође, и њихове основне физичко-хемијске особине, са посебним нагласком на растворљивост.

Лековити препарати се састоје из активне материје, која представља носиоца терапијског дејства и

више додатних сировина, које представљају носиоце физичких особина финалног фармацеутског облика. Зато су у посебном поглављу обрађене додатне фармацеутске сировине. Дат је преглед и опис основних додатних сировина: растварачи, емулгатори, солубилизатори и сл., и затим преглед основних додатних материја у таблетама и капсулама. Посебно је дат преглед најзначајнијих помоћних додатних сировина, као што су: конзерванси, антиоксиданси, коригенси, средства за растварање и агенси за емулговање и суспендовање.

Последње поглавље у овом уџбенику се односи на воду. Осим основних података о води, дат је преглед типова воде са основним карактеристикама сваког типа. У наставку описани су основни поступци за пречишћавање вода, како би се добила вода која се може даље користити у фармацеутској индустрији. Приказана је припрема воде за индустрију, као и типови воде који се користе у фармацеутској индустрији, њихово добијање и карактеристике. Обрађена је вода за ињекције, пречишћена вода, и вода за разблаживање концентрованих раствора за хемодијализу.

На крају сваке тематске целине дат је одговарајући број питања и задатака помоћу којих ученици могу лакше да савладају пређено градиво као и да провере у којој мери владају пређеним градивом.

## НОВА КЊИГА

**ДРАГОМИР ВИТОРОВИЋ:**

### **О ПРВОЈ ПОСЛЕРАТНОЈ ГЕНЕРАЦИЈИ БЕОГРАДСКИХ ХЕМИЧАРА (1945/46) С ОСМЕХОМ**

*Прошла је чийава вечност од како сам на Београдском универзитету у првој послератној генерацији студирао хемију, пошто дипломирао, затим и проживео прве године своје хемијској радној века. Сећања на та, по мношћу чему узбудљива а и судбоносна, давна времена - сачињена од пријатних али и мношћу непријатних усјомена - у мени су остала да живе. Одувек сам сматрао да људи за собом шреба да остављају и ипсамна сведочанства, како збивања из прошлости - као добра учишћеница животиња - не би пала у трајни заборава. С поштом намером понешто сам забележио о животињу и раду те наше прве послератне генерације хемичара.*

Академик Драгомир Виторовић, професор Хемијског факултета у пензији, написао је књигу под насловом „**О првој послератној генерацији београдских хемичара (1945/46) с осмехом**“ књига прва из серије *Усјомене са маријина професионалне биографије*. Књигу је публикувао и финансирао сам аутор а објавило је, 2008. године, издавачко предузеће „Принцип“. Књига је написана на 145 страна и може се сврстати у есеистичко-аутобиографске публикације.

Професор Виторовић, са њему својственом систематичношћу, сачувао је папириће из студентских и раних асистентских дана, а то значи из прве деценије после Другог светског рата, на којима је, кроз стихове,

козерије, карикатуре, афоризме и вицеове, приказан живот, рад, студирање и забава студената хемије и младих људи. Академик Виторовић је приказао прву послератну генерацију студената хемије у којој је било 48 студената хемије, одсликао је време и веома тешке услове не само студирања већ и живота у првим послератним годинама. Описано је постреволуционарно време великих промена, обележено немаштином, страхом и неизвесношћу при „завођењу социјализма“. Мада је Виторовић у наслов књиге унео реч „с осмехом“ што треба да укаже да је описана само забавна и шаљива страна тога времена, међутим пажљивим исчитавањем књиге могу се схватити сви страхови, ограничења и сиромаштво али и дух тога времена.

Читањем ове књиге може се осетити да су студије хемије веома специфичне, студенти током студија проводе заједно и по десетак сати дневно у лабораторијама и учионицама, па се у тим задимљеним и ароматизованим просторима стварају нераскидива пријатељства, љубави и чести бракови између хемичара. У условима великих ограничења и сиромаштва студенти су се забављали на тада једино могући а њима својствен и искрен начин, што су Виторовић и његове колеге пажљиво бележили а аутор сачувао до данашњих дана и преточио у књигу.

Та генерација која је добро запамтила све ратне тешкоће и послератну беду и страх од времена олаког ликвидирања „државних непријатеља и буржоазije“ једину шансу је видела у озбиљном приступу студијама и од те прве послератне генерације хемичара док-

торат наука је стекло 18 хемичара, а њих 14 су бирани за професоре универзитета а из те генерације у САНУ су изабрана три хемичара.

Виторовић у књизи не говори о себи, мада у наднаслову књиге стоји „са маргина професионалне биографије“ он веома пластично приказује целу генерацију хемичара и време њихових студија. Али он најмање говори „аутобиографски“, већ на виторовићевски прецизан начин приказује „уметничко и литерарно стваралаштво“ својих колегиница и колега хемичара и њихове ауторске доприносе, ту је забележена и

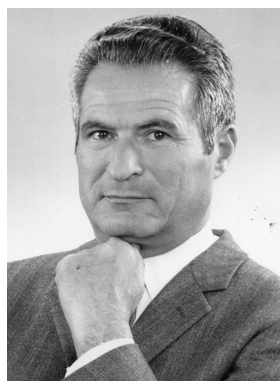
чувена поема Славка Михајловића о зидању Хемијског института на „Главњачи“ и бриљантне карикатуре и стихови Драгославе Наумовић.

Старијим генерацијама хемичара препоручујем да прочитају књигу академика Виторовића и да се потсетите времена својих студија, својих колега, љубави, својих асистената и професора а млађи хемичари из ове књиге могу „научити“ да су „забавно-другарске маргине“ студирања хемије и до данашњих времена остале исте као и пре пола века.

**Живорад Чековић**

## IN MEMORIAM

### НЕНАД РАДОШЕВИЋ, ДИПЛ. ИНГ. ТЕХНОЛОГИЈЕ (1912-2008)



Крајем 2008. године угасио се плодан живот Ненада Радошевића, истакнутог члана Српског хемијског друштва. Ненад Радошевић рођен је 15. децембра 1912. године у Сарајеву као Натан Рајс. Основну школу и гимназију завршио је у Сарајеву. Студирао је технологију на Високој техничкој школи - хемијски одсек у Прагу и дипломирао 1936. године.

До рата је радио је у предузећима текстилне индустрије у Вараждину и Сарајеву.

После окупације земље напустио је Сарајево и отишао у Сплит где је радио у Хемијско-дијагностичкој лабораторији А. Франчески. Истовремено се повео са антифашистичким покретом у коме је учествовао до краја рата.

По завршетку рата радио је у Београду на организовању хемијске индустрије (војне привреде), а од 1948., до одласка у пензију 1970. године био је директор Хемијско-технолошког института у Београду, касније Војно-техничког института.

После ослобођења Н. Радошевић је остао у ЈНА, радећи као директор Дирекције за експлозиве и учествујући у изградњи војно-хемијске индустрије. Упоредо с тим, са најближим сарадницима препиремао је и организовао научноистраживачки рад за потребе војно-хемијске индустрије. Као резултат тих настојања 1945. године је формирана Централна војно-техничка лабораторија која је касније прерасла у Технолошки институт у коме је Ненад Радочевевић радио од 1948. године, најпре као начелник а затим као директор. Као директор водио је Институт више од 20 година, све до пензионисања 1970. године. За то време Технолошки институт је израстао у снажну научноистраживачку органи-

зацију, касније Војно-технички институт (ВТИ), која је стекла углед не само у Армији и војној привреди, већ и у целој земљи.

Био је иницијатор и организатор многих стручних акција које је спроводио Савез хемичара и технолога Југославије, као што су саветовања, конгреси, изложбе и сајмови хемијске индустрије

Године 1955. дао је иницијативу за издавање Алманаха хемијске индустрије Југославије. По излажењу првог издања 1956., Алманах је постао стална периодична публикација и под руководством Н. Радошевића као главног уредника, крајем 1973. изашло је осмо издање.

Од 1956. је члан редакције „Хемијске индустрије“ која је излазила у саставу часописа „Техника“. Од 1964. до 1978. је главни и одговорни уредник под чијим је руководством овај часопис мењао изглед, структуру и обим, тако да од 1972. године излази као самостални југословенски часопис за хемију и хемијску индустрију.

Са групом аутора 1962. године издао је „Приручника за хемичаре и технологе“ (1968. друго проширено издање), а 1988. Едицију „Хемијско-технолошки приручник“ у 6 књига, у обиму од преко 4.000 страница.

Поред високих функција у организацијама инжењера и техничара, дуго времена је био члан управе Српског хемијског друштва, члан Савета Технолошко-металуршког факултета у Београду и члан Савета Института за хемију, технологију и металургију у Београду.

За свој рад и постигнуте резултате Ненад Радошевић је добио многобројна признања у виду одликовања, повеља и захвалница и изабран је за почасног, а затим заслужног члана Савеза хемичара и технолога Југославије, добитник је повеље Српског хемијског друштва поводом обележавања стогодишњице постојања, повеље почасног и заслужног члана Савеза инжењера и техничара Југославије.

**Снежана Бојовић**



# ХЕМИЈА НА ИНТЕРНЕТУ

Александар ДЕКАНСКИ, Владимир ПАНИЋ, ИХТМ – Центар за електрохемију, Београд и Драгана ДЕКАНСКИ, Галеника А.Д. - Институт, Земун  
E-mail: [aleksandar@dekanski.com](mailto:aleksandar@dekanski.com), [panic@ihtm.bg.ac.rs](mailto:panic@ihtm.bg.ac.rs), [dragana@dekanski.com](mailto:dragana@dekanski.com)

## ФОРЕНЗИЧКА ХЕМИЈА<sup>1</sup>

Форензика је мултидисциплинарна наука чији је циљ давање одговора или објашњења за потребе правног утврђивања чињеница. Мало шире гледано, она обухвата и поступке утврђивање чињеница које су довеле до отказивања неког производа или процеса. У нашем језику често се за те поступке користи појам **вештачење**. С обзиром на то да предмет форензике обухвата практично све области људских активности, њена мултидисциплинарност укључује, мање или више, све природне и друштвене науке, од физике, биологије, медицине, и стоматологије до лингвистике, економије и права. Форензичка хемија међу њима заузима једно од најзначајнијих места.

У нашој земљи не постоји институција која образује форензичаре, па ни стручњаке форензичке хемије. Узимајући у обзир мултидисциплинарност форензике, практично је и немогуће образовати форензичара у најширем смислу речи, па се и форензички тимови састоје од више стручњака различитих професија и специјалности. И тада је врло често неопходно ангажовати и особе ван постојећих тимова, јер проблеми пред којима се такви тимови налазе могу бити врло специфични, а откривање истине може захтевати ангажовање ускоспецијализованих стручњака. Но, када су у питању форензичари, образовање стручњака у појединим научним областима, па и специјалиста форензичке хемије, је могуће, и по нашем мишљењу пожељно. Таквог специјалистичког образовања у нашој земљи нема, барем колико је нама познато.

Како наша намера није да у овом чланку полемисмо о овој теми, нити да коментаришемо образовне програме, већ да представимо ресурсе о форензичкој хемији на Интернету, горњим редовима смо желели да образложимо избор теме овог чланка. Мотив за избор теме била је случајна посета форуму под именом Форензика, на једном од најпознатијих домаћих сајтова - Крстарица, на коме је велики број посетилаца тражио информацију како да се образује за форензичара, под тим углавном подразумевајући стручњака форензичке хемије.

Колико је нама познато, у нашој земљи на високошколском нивоу постоји неколико курсева форензичке хемије, углавном у облику изборних предмета на следећим факултетима:

1. Природно-математички факултет у Новом Саду, Департман за хемију, Дипломске академске студије хемије: **Форензичка хемија**, изборни предмет са фондом часова 2+2, 6 ЕСПБ (ECTS) бодова.

2. Факултет за физичку хемију у Београду, Основне академске студије физичке хемије: **Форензичка физичка хемија**, изборни предмет са фондом часова 2+2, 5,5 ЕСПБ (ECTS) бодова.
3. Природно-математички факултет у Нишу, Одсек за хемију, Програм примењена хемија, Дипломске академске студије хемије: **Форензичка хемија**, изборни предмет са фондом часова 3+2, 6 ЕСПБ (ECTS) бодова.

Поред ових курсева, форензичка хемија се проучава и у оквиру појединих курсева аналитичке хемије, као што је то случај на Хемијском факултету у Београду. Са форензичком хемијом се упознају и студенти Правног факултета Интернационалног универзитета у Новом Пазару, Департман у Панчеву, Одсек за криминалистику, као и студенти Криминалистичко-полицијске академије у Земуну, али, на основу програма студирања, више информативно него суштински.

У следећим редовим представимо информације о могућности образовања у области форензичке хемије до којих се може доћи на Интернету, али и представити сајтове на којима је могуће стећи нека знања из ове области и упознати се са одговарајућом литературом.

Можда је најбоље да почнемо од странице **Форензички хемичар** на сајту Америчког хемијског друштва ([portal.acs.org/portal/Navigate?nodeid=1188](http://portal.acs.org/portal/Navigate?nodeid=1188)), на којој се може сазнати шта је, где и како се може образовати и шта и где може да ради форензички хемичар. На тој страници налазе се и линкови ка два најпознатија удружења форензичара: American Academy of Forensic Science ([www.aafs.org](http://www.aafs.org)) и Forensic Science Society, В. Британија ([www.forensicsscienceociety.co.uk](http://www.forensicsscienceociety.co.uk)). На тим страницама је могуће још детаљније упознавање са форензичком науком, па и форензичком хемијом, и проналажење великог броја информација.

**Шта је форензичка хемија** може се више сазнати и на страници истоветног имена ([www.wisegeek.com/what-is-forensic-chemistry.htm](http://www.wisegeek.com/what-is-forensic-chemistry.htm)), на сајту **wiseGEEK**, чији садржај чине одговори на обична питања на која људи углавном одговор или не знају, или га само нагађају. На тој страници налази се и неколико линкова ка другим страницама истог сајта са одговорима на питања блиско повезаним са форензичком и форензичком хемијом, али и ка неким сајтовим сличног садржаја.

Сличне информације, укључујући и кратку историју форензичке хемије, могу се пронаћи и на страници: [www.chemistryexplained.com/Fe-Ge/Forensic-Chemistry.html](http://www.chemistryexplained.com/Fe-Ge/Forensic-Chemistry.html).

<sup>1</sup> Све интернет странице чије су адресе наведене у овом чланку посећене су између 20. и 23. марта 2009. године.



Од великог броја универзитета широм света на којима је могуће стећи образовање из форензичке хемије, овде наводимо Интернет адресе и основне информације о неколико, по нама, најпознатијих и најцењенијих:

1. **University of New Haven** – Department of Forensic Science (<http://www.newhaven.edu/5765/>), нуди образовање на нивоу основних (B.S.) и мастер (M.S.) студија уз велики број курсева из различитих дисциплина форензичких наука,
2. **George Washington University** - Department of Forensic Sciences (<http://www.gwu.edu/~forensic/>), образује мастере у неколико форензичких дисциплина, међу којима је и звање Мастера форензичке хемије.
3. На Chemistry Department, **Buffalo State University of New York** ([www.buffalostate.edu/chemistry/](http://www.buffalostate.edu/chemistry/)), могуће је стећи диплому из области Форензичке хемије у оквиру основних (B.S.) и из области Форензичких наука у оквиру мастер студија (M.S.).
4. **University of Glamorgan**, Cardiff (UK), Faculty of Health, Sport and Science, могуће је стећи диплому Форензичких наука (B.S.).
5. **University of Bradford** (UK), School of Life Sciences, Division of Chemical and Forensic Sciences, образује истоветни профил форензичког стручњака.
6. На **Manchester Metropolitan University**, School of Biology, Chemistry and Health Science, Division of Chemistry & Materials ([www.sci-eng.mmu.ac.uk/bchs/chemistry/](http://www.sci-eng.mmu.ac.uk/bchs/chemistry/)), могуће је похађати трогодишње студије које је акредитовало Краљевског хемијског друштва и стећи диплому Форензичке хемије (B.S.)
7. Немачки **Gesellschaft für Toxikologische und Forensische Chemie** организује последипломску наставу у три области, од којих је једна Форензичка хемија. Детаљније информације на адреси [www.gt-fch.org/cms/index.php/fachtitelen](http://www.gt-fch.org/cms/index.php/fachtitelen).
8. **l'Université de Lausanne**, Ecole des sciences criminelles, нуди образовање из области Форензичких наука у оквиру основних (B.S.), мастер (M.S.) и докторских (PhD) студија.

Комплетанији списак високошколских институција на којима се у САД може стећи образовање из форензичких наука може се пронаћи на адреси: [www.crime-scene-investigator.net/csi-training.html](http://www.crime-scene-investigator.net/csi-training.html).

Споменимо да је образовање из ове области могуће стећи и студирањем на даљину, путем Интернета. Неколико WEB адреса где се могу пронаћи детаљније информације о томе наводимо овде:

- [www.fiu.edu/~almirall/Masters.html](http://www.fiu.edu/~almirall/Masters.html)
- [outreach.lib.uic.edu/www/issues/issuez\\_1/noble/](http://outreach.lib.uic.edu/www/issues/issuez_1/noble/)
- [www.amrn.com/](http://www.amrn.com/)
- [www.corpus-delicti.com/](http://www.corpus-delicti.com/)
- [www.aiasinc.com/](http://www.aiasinc.com/)

**The Open University** ([www.open.ac.uk](http://www.open.ac.uk)) је универзитет у Великој Британији на којем је могуће студирање само на даљину. Материјал за један део курсева овог универзитета, из различитих области науке, је на сајту **OpenLearn** ([openlearn.open.ac.uk](http://openlearn.open.ac.uk)) потпуно бесплатно доступан свима. У питању је преко стотину курсева, а један мањи део њих се односи и на област хемије. Један

од тих курсева носи име **Увод у форензичко инжењерство** (*Introduction to forensic engineering*). Дужина курса је 20 часова, а пружа знање на мастер нивоу. Више детаља се може пронаћи на адреси (<http://openlearn.open.ac.uk/course/view.php?id=2980>). Садржај курса је форензичка анализа отказивања (квара) производа и процеса. Подељен је на 8 делова, од којих сваки садржи уводне напомене. Курс се, осим општих делова: **Квалификациони инжењерства, Пројектовање и израда производа и Форензичке методе**, заснива и на приказу детаљне форензичке анализе неколико реалних случајева заказивања односно квара: **Инцидент са мердевинама, Ошказ (квар) хладњака аутомобила, Ошказ (квар) резервоара и Проблем цевовода**. Последњи део курса представљају **Закључци**.

Много информација у вези форензичке науке, праксе, образовања, литературе, могуће је наћи на сајту [www.forensicpage.com](http://www.forensicpage.com), чији је аутор господин **Reddy P. Chatakura**, пензионисани форензичар из Полицијске лабораторије Полиције Њујорка (*New York City Police Department*). Своје тридесетшестогодишње искуство и знање које је стекао, понудио је јавности потпуно бесплатно на овом сајту. Навешћемо наслове само неколико секција на сајту које су блиске Форензичкој хемији:

- Forensic chemistry/narcotics
- Mass spectrometry and instrumentation
- Forensic science laboratories/ institutes/centers
- Societies, organizations and associations
- Forensic science books

Чланак чији је аутор **Synthia Holt** под насловом *Resources on the Internet - www.isrl.org/03-spring/internet.html*, објављен у пролећном броју часописа *Issues in Science & Technology Librarianship* за 2003. годину, такође нуди мноштво информација о Интернет страницама посвећеним форензичким наукама. Посебно истичемо поглавље *Forensic Chemistry and Toxicology*. Чланак садржи и прилично богат списак форензичке литературе.

Богатији и свеобухватнији списак форензичке литературе могуће је пронаћи на Интернет страницама часописа *Journal of Chemical Education*, који издаје Секција за наставу хемије Америчког хемијског друштва ([jchemed.chem.wisc.edu/jcewww/Features/CERS/TOC/my-books.php?sorting=59](http://jchemed.chem.wisc.edu/jcewww/Features/CERS/TOC/my-books.php?sorting=59)).

Као пример рада форензичких хемичара у нашој земљи, наводимо недавно објављени чланак под насловом: *Analysis of amphetamines illegally produced in Serbia*, аутора **Марина Невешћанин, Соња Бановић Стевић, Слободан Петровић и Влатка Вајс**, објављен у *J. Serb. Chem. Soc.*, **73**(7) 691–701 (2008) ([www.shd.org.rs/ISCS/Vol73/No7/ISCS-3752.pdf](http://www.shd.org.rs/ISCS/Vol73/No7/ISCS-3752.pdf)).

На крају ћемо навести адресе неколико форензичких форума, од којих на првом месту наводимо Форум криминалиста и форензичара Србије:

- [kriminalistika.editboard.com/](http://kriminalistika.editboard.com/)
- [community.boredofstudies.org/262/elective-forensic-chemistry/](http://community.boredofstudies.org/262/elective-forensic-chemistry/)
- [www.aafs.org/yfsf/info\\_request.html](http://www.aafs.org/yfsf/info_request.html)
- [www.molecularstation.com/forum/chemistry-forum/44469-forensic-chemistry.html](http://www.molecularstation.com/forum/chemistry-forum/44469-forensic-chemistry.html)