

ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД

год. 51

бр. 6 (децембар)

YU ISSN04406826

UDC 54.001.93

ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД CHEMICAL REVIEW



Годиште 51

број 6
децембар

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

Volume 51
NUMBER 6
(December)

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 2010. 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 и 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.rs/hp/>
e-mail редакције: hcmpr_ed@chem.bg.ac.rs

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

Штампа: РИЦ графичког инжењерства Технолошко-
металуршког факултета Београд, Карнегијева 4

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

САДРЖАЈ

ЧЛАНЦИ

Лидија БОНДАРЕНКО
Lidija BONDARENKO

КЛИК ХЕМИЈА
CLIK CHEMISTRY 134

Живорад ЧЕКОВИЋ
Živorad ČEKOVIĆ

СУВА ВОДА
DRY WATER 147

ХЕМИЈА У ШКОЛИ

Драгица ТРИВИЋ
Dragica TRIVIĆ

TIMSS 2007: РЕЗУЛТАТИ НАСТАВЕ И УЧЕЊА ХЕМИЈЕ У
СРБИЈИ
*TIMSS 2007 - RESULTS OF TEACHING AND LEARNING
CHEMISTRY IN SERBIA* 148

ХЕМИЈА НА ИНТЕРНЕТУ

Александар ДЕКАНСКИ, Владимир ПАНИЋ, Драгана
ДЕКАНСКИ

КОРИСНИ И ЗАНИМЉИВИ САЈТОВИ 155

ВЕСТИ ИЗ СХД

ИЗВЕШТАЈ СА СВЕЧАНЕ СКУПШТИНЕ СРПСКОГ
ХЕМИЈСКОГ ДРУШТВА 157

ОСАМДЕСЕТ ГОДИНА ЖИВОТА И ПЕДЕСЕТ ГОДИНА
УСПЕШНОГ РАДА ПРОФЕСОРА ДРАГАНА
ВЕСЕЛИНОВИЋА 160



УВОДНИК

Поштовани читаоци *Хемијској њрепедга*, на самом крају године, у последњем броју можемо да кажемо да смо успешно завршили још једну годину. Било је доста чланака из различитих области хемије у свим бројевима *Хемијској њрепедга* током 51. годишња. На унутрашњим корицама овог последњег броја у години одштампали смо наслове свих чланака које смо објавили у 2010. години.

Током године успешно смо наставили политику анимирања наших младих и успешних колега који раде у реномираним лабораторијама у иностранству да пишу чланке за *Хемијски њрепед*. И у овом броју штампамо један такав чланак.

Шарплес, Колб и Фин су 2001. године увели у хемију концепт “клик” реакција, као један од најзапаженијих синтетичких трендова последњих година. Популарности концепта несумњиво је допринео врло привлачан назив “клик”, који асоцира на осећај нечега сигурног и брзог – као “клик” на фото апарату или компјутеру. У основи “клик хемије” је настојање да се помоћу сега ефикасних реакција праве молекули спајањем малих јединица преко хетероатомске везе С-Х-С. Ове реакције би требало да испуне одређене услове. У чланку под насловом „Клик хемија“ колегиница **Лидија Бондаренко** (која ради у Сједињеним америчким државама), објашњава основу концепта “клик хемије” и њену срж: реакцију азид-алкин циклоадиције. У чланку је реакција илустрована карактеристичним примерима, приказана је и примена ове реакције у разним областима истраживања, а један део текста је посвећен најзначајнијим достигнућима која су постигнута помоћу “клик” реакција у актуелним дисциплинама, биомедицини и науци о материјалима.

* * *

И други чланак у овом броју *Хемијској њрепедга* доноси неке нове, веома актуелне и интересантне ствари. Августа 2010. године, на научном скупу америчких хемичара објављено је да је пронађена необична супстанца позната као „сува вода“, која изгледа као шећер у праху. Научници верују да се помоћу овакве супстанце може обезбеди нови начин за апсорпцију и складиштење угљендиоксида, главног гаса који изазива глобално загревање планете Земље. „Водени прашак“ има својства која указују на могућности бројних других примена. Тако, на пример, може бити енергетски ефикасан иницијатор многих хемијских реакција које се примењују за израду стотина за складиштење и транспорт потенцијално опасних и здравствено штодљивих индустријских материјала. Научници кажу да „не постоји ништа друго слично овоме и надамо се да ће сува вода у будућности правити таласе“. О овој необичној супстанци за *Хемијски њрепед* писао је академик **Живорад Чековић**.

* * *

Међународно испитивање нивоа постигнућа ученика четвртог разреда (узраст десет година) и осмог разре-

да (узраст четрнаест година) у домену математике и природних наука, под називом **Trends in International Mathematics and Science Study** (TIMSS), изводи се сваке четврте године. До сада су у свету изведена испитивања 1995, 1999, 2003. и 2007. Године, а Србија се укључила у испитивање од 2003. године.

Главни циљ TIMSS истраживања јесте сагледавање ученичких постигнућа у односу на школске и породичне услове. Поред тога, истраживање омогућава упоређивање услова за учење природних наука и математике у другим образовним системима и у том контексту сагледавање постигнућа ученика. Такво разматрање може бити добра основа за планирање могућих интервенција у властитом образовном систему одређене земље да би се унапредио квалитет процеса наставе и учења.

У Србији, и 2003. и 2007. године, испитивање је изведено само са ученицима осмог разреда. Узорак 2007. године је чинило укупно 4045 ученика из 147 основних школа. Просечно постигнуће наших ученика из природних наука у том испитивању било је статистички значајно ниже од просека на TIMSS скали (просек је 500 поена) и износило је 470 поена, веома слично као 2003. године, када је износило 468 поена. О свему овоме, уз много других података значајних за наставнике и остале који учествују у образовном процесу, пише **Драгица Тривић** у рубрици *Вести из школе, вести за школе*.

* * *

И овај број Хемијског прегледа садржи нови прилог у рубрици *Хемија на ињтернету*: „**Корисни** и занимљиви сајтови“. Овај чланак, као и 37 претходних чланака из ове рубрике за *Хемијски њрепед* припремила је стара екипа у саставу: **Александар ДЕКАНСКИ**, **Владимир ПАНИЋ**, и **Драгана ДЕКАНСКИ**.

* * *

Током ове године веома смо водили рачуна о томе да *Хемијски њрепед* представља копчу између Председништва и Управног одбора СХД с једне, и чланства, с друге стране. Зато је *Хемијски њрепед* у рубрици *Вести из СХД*, редовно доносио информације из живота и дешавања у СХД и око њега. Ево и последње такве вести.

Свечана и Изборна скупштина Српског хемијског друштва одржане су 3. децембра 2010. године у Свечаној сали Српске академије наука и уметности у Београду. У овом броју, у рубрици *Вести из СХД* наћи ћете извештај са обе скупштине СХД.

У овој рубрици наћи ћете и чланак „Осамдесет година живота и педесет година успешног рада професора Драгана Веселиновића“, којим честитамо 80. рођендан професору **Драгану Веселиновићу** и желимо му добро здравље и дуг живот.

Ратко М. Јанков



ЧЛАНЦИ



Лидија БОНДАРЕНКО, хемичар, Greater New York City Area, USA,
E-mail: lidija@umich.edu

КЛИК ХЕМИЈА

ИЗВОД

У овом кратком прегледу објашњена је основа концепта “клик хемије” и њена срж, реакција азид-алкин циклоадиције. Примена у разним областима истраживања илустрована је карактеристичним примерима, те је посебан осврт дат најзначајнијим достигнућима која су постигнута помоћу клик реакција у актуелним дисциплинама, биомедицини и науци о материјалима.

Шарплес, Колб и Фин¹ су 2001. године увели концепт “клик” реакција у хемију, као један од најзапаженијих синтетичких трендова последњих година. Популарност је допринео врло привлачан назив клик, који асоцира на осећај нечег сигурног и брзог - као клик на фото апарату или компјутеру. У основи “клик хемије” је настојање да се помоћу сега ефикасних реакција праве молекули, спајањем малих јединица преко хетероатомске везе С-Х-С. Ове реакције би требало да испуне следеће услове:

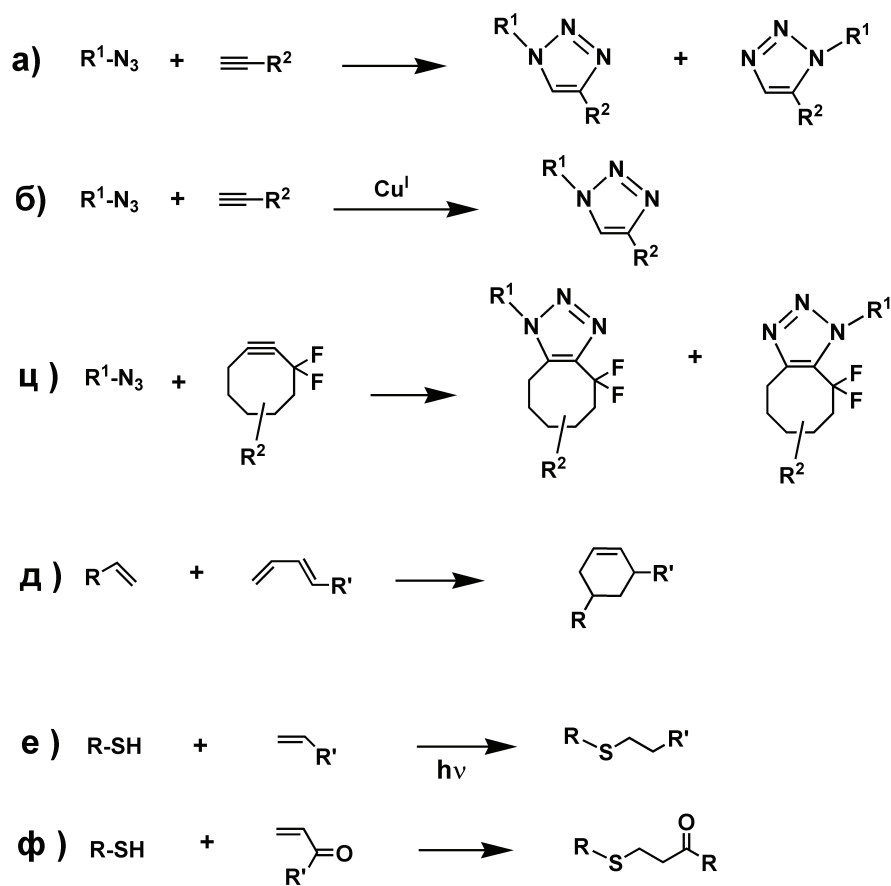
- Модуларност (комбиновање мањих јединица у једну целину) и широка примена
- Високи приноси
- Без нежељних споредних производа, да се производ може пречистити без употребе хроматографије
- Стереоспецифично, али не обавезно и енантиоселективно
- Једноставни реакциони услови, обавезно толерантно на влагу и кисеоник,
- Лако приступачни полазни производи и реагенси
- По могућности, без растварача или употребом воде као растварача
- Да се добије један стабилан производ који се лако изолује

Да би ове реакције испуниле све ове услове треба да буду термодинамички врло повољне (обично $\Delta G > 20$ kcal/mol), односно да су егзотермне - дају јако стабилне производе. Такве реакције се одвијају брзо и селективно. Реакције у којима настаје веза угљеник-хетероатом представљају најједоставнији пример и укључују следеће реакције:

- Циклоадиционе реакције незасићења, нарочито 1,3 диполарне циклоадиције, затим породицу Дилс-Алдерових реакција
- Нуклеофилна супституција, углавном отварање хетероцикла под напоном као што су епоксиди, азириди, азиридин јони и еписулфонијум јони
- Карбонилна хемија не-алдног типа као формирање уреа, тиоуреа, ароматичних хетероцикала, оксим етара, хидразона и амида
- Адиција на вишеструку везу угљеник-угљеник, нарочито оксидативног типа као епоксидација, дихидроксилација, азиридинација, адиција сулфенил халида, али и Мајклова адиција Nu-H реактаната

Међутим све ове реакције су ипак ретке, а неке нису увек довољно ефикасне, или се одвијају у присуству катализатора. Тако се цео овај концепт клик реакција свео, пре свега, на (шема 1) азид-ацетилен циклоадицију (исту реакцију катализивонау бакарним солима су аутори описали годину дана касније), знатно мање се односи на Дилс-Алдерову реакцију, тиол-ен адиције и спорадично на још по неку. Међутим реакција азид-алкин је изазвала врло велико интересовање због лакоће примене и због тога се скоро искључиво назива клик реакцијом. Недавно је дошло до великог напредка, извођењем ове реакције без бакарних соли као катализатора и употребом ацетилена под напоном у малом прстену, односно циклооктинских деривата. Овако модификована реакција се назива *strain promoted azid-alkyne cycloaddition* (SPAAC) и од посебног је значаја за хемијску биологију у реакцијама биокоњугације *in vivo*, а због одсуства токсичног бакра као катализатора.

Синтезу 1,2,3-триазола помоћу 1,3-диполарне циклоадиције открио је још крајем 19. века Arthur Michael² а касније је значајно испитана и унапређена од стране Rolfa Huisgena³ током шездесетих година прошлог века, међутим ипак је остала незапажена. Реакција иде споро па је потребно загревање. На високој температури се добијају прихватљиви приноси, а реакција није региоселективна (шема 1а). Азиди и алкини имају високу потенцијалну енергију и реакција настанка триазола циклоадицијом је јако егзотермна (45 kcal/mol),



Шема 1. Различити типови клик реакција. Азид-алкин циклоадиција: а) стандардна термална циклоадиција, б) циклоадиција катализован са Cu(I)солима, в) циклоадиција без бакура. д) Дилс-Адлерова реакција. е) Тиол-ен реакција.

али је реакција спора код неактивираних алкина, па је потребна активација загревањем.

Почетком 2002. године Meldal⁴ и сарадници су описали употребу каталитичких количина бакар(I) соли у реакцији између терминалних алкина на чврстој фази са азидима, која се одвија брзо, врло ефикасно и региоселективно, на собној температури у органским растварачима (шема 1б). Готово истовремено су Sharpless и Fokin независно разрадили багром катализовану реакцију у поларним растварачима^{5а}. Они су користили CuSO₄ који се *in situ* редукује помоћу аскорбинске киселине и на тај начин “заштитили” катализатор од утицаја киселина и воде. Касније је поступак и патентиран.^{5б} Овим открићем је Huisgenova азид-алкин циклоадиција (CuAAC) доживела ренесансу и може се наћи у хиљадама радова. Багром катализована реакција је, ограничена само на терминалне алкине.

Откриће катализе бакаром, у суштини, и није било неко изненађење јер је добро познато да се све купловане реакције терминалних ацетилена одвијају у присуству бакар(I) соли, као што је Glaserova реакција димеризације из 19. века, или новија паладијумом катализована Sonogashira реакција са којом је ацетиленска хемија последњих 20 година доживела процват⁶ и наравно омогућила добијање најразноврснијих ацетиленских једињења за клик хемију.

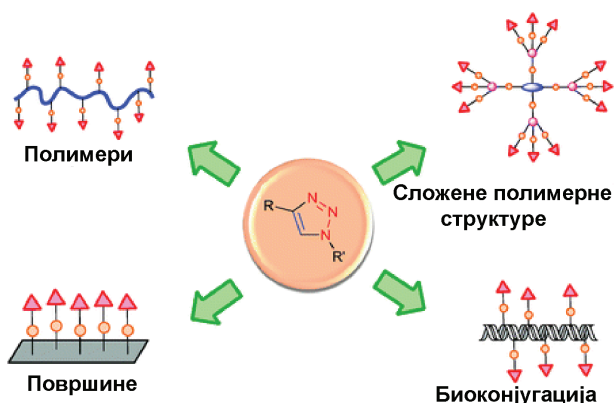
Азиди и алкини су стабилни према нуклеофилима, електрофилима и растварачима, нереактивни су са биолошким молекулима. Азиди и алкини су мали и релативно неполярни, не граде водоничне везе, па је стога мало вероватно да мењају особине структуре за коју су прикачени. И на крају, обе ове функције се могу лако “убацити” у органско једињење. Најчешће се користи реакција катализована бакарним солима, због брзине реакције (мери се минутима) и лакоће добијања реактаната. Настали триазол је такође неутралан и стабилан. Тако је реализована идеја “клик концепта” да се мали блокови спајају путем клик реакција, као копчом која функционише без обзира зашто је учвршћена, да би се поуздано добио велики број различитих једињења разноврсних структура (комбинаторна хемија). Реакција је најчешће катализована бакар(I) солима, или ређе рутенијум(II)комплексима. Катализа рутенијум комплексима даје различити регио-изомер у односу на реакцију катализовану солима бакара. Реакција без употребе бакура као катализатора се примењује на супституисане, односно цикличне алкине и није региоспецифична, али то за њену примену није важно.

Током скоро 10 година употреба клик реакција је експоненцијано расла у свим областима хемије, а пре свега у макромолекуларној и комбинаторној хемији, демонстрирајући своју ефикасност. На тему употребе

клик концепта и реакција се појавило много научних радова, у новије време и патенти, ревијски чланци па и књига.⁷ Ова реакција је иницирала и повећани интерес за органанска једињења азида, тако се ове године појавила књига⁸ у којој су описани начини добијања, као и све реакције азида.

ПРИМЕНА КЛИК РЕАКЦИЈЕ У НАУЦИ О МАТЕРИЈАЛИМА

Идеја иза клик концепта је да се мали блокови спајају путем клик реакција и на тај начин брзо и поуздано добије велики број разних једињења. Овај једноставни концепт перфектно задовољава потребе научника у многим областима као што су молекуларна биологија, дизајн лекова, биотехнологија, макромолекуларна хемија и наука о материјалима. Због повећане потребе за материјалима тачно контролисане структуре, клик хемија је нашла велику примену у синтези полимера, те у модификацији површина и нанометарских структура⁹. Велики број радова у овој области само илуструје да клик хемија представља лако решења за дуго познате изазове (слика 1).



Слика 1. Примена „клик хемије“ у разним областима науке о материјалима

Пошто многе познате реакције у макромолекуларној хемији захтевају одсуство специфичних функционалних група, постоји велики интерес за функционизацију качењем лиганата на полимере и гелове после полимеризације⁹. Алкиленска и азидна група су врло толерантне у оваквим реакцијама и омогућавају

функционизацију на крајевима полимера. Такав пример је дат на шеми 2, где је после полимеризације стирена (до полистирена), нуклеофилном супституцијом бром замењен азидом, а потом су клик реакцијом прикачене различите функционалне групе које не могу учествовати у реакцијама полимеризације.

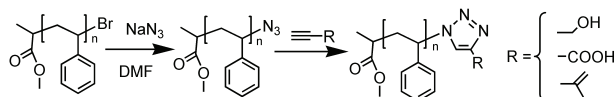


Схема 2. Функционизација полистиренског полимера^{9a}

Слично се може функционизовати танки слој полимера добијен CVD (chemical vapor deposition = наношење хемијским испарењима), полимеризацијом ацетиленског мономера на 680 °Ц и високом вакууму (шема 3). Ацетилен остаје непромењен при овим доста тешким условима реакције, и реагује са биотин азидом на целој површини, а у присуству бакарних соли на местима микроконтакног штампања печатом, а биотин после тога реагује са стрептавидином обележеним флуоресцентном бојом. Оваква региоселективна стратегија имобилизације може наћи примену у пресвчлачењу биомедицинских справа (имплантата) и биосензора за дијагностику.¹⁰ Импланти коју су пресвчучени танким полимерним слојем, који има поларне функционалне групе за успостављање водоничних веза са протеинима, су боље биокомпатибилни, околно ткиво лакше прима таква страна тела.

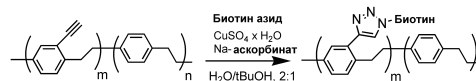


Схема 3. Алкин полимер добијен CVD полимеризацијом алкин-[2.2]парациклофана и имобилизација алкина са биотин-азидом¹⁰

Поред накнадне функционизације полимера могуће су и директне полимеризације клик реакцијом функционалних мономера. Овако се може продужити низ, спајањем две полимерне јединице интермолекулским спајањем, и повећати молекулска тежина (схема4). Чак су добијени и макроциклични полимери интрамолекулским спајањем крајева, без методе великог разблажења, што показује изузетну ефикасност клик реакције.

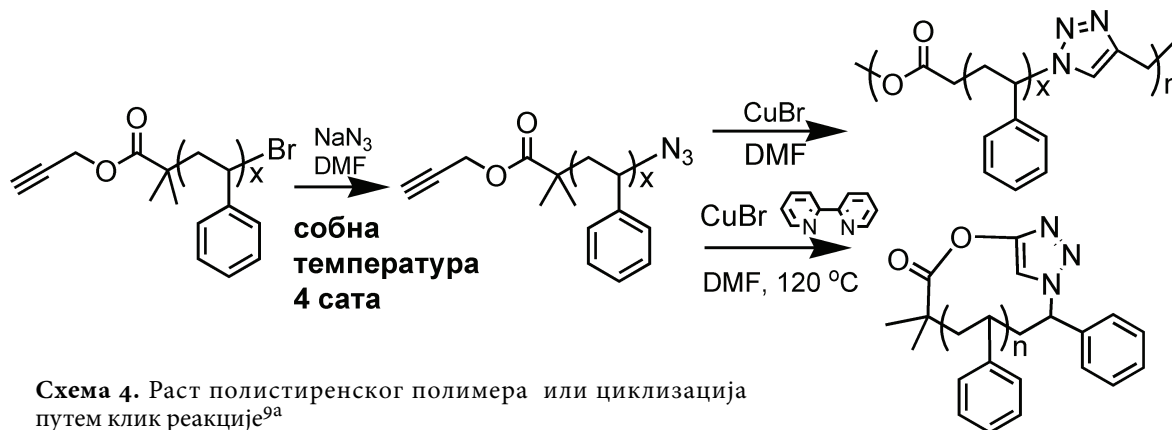
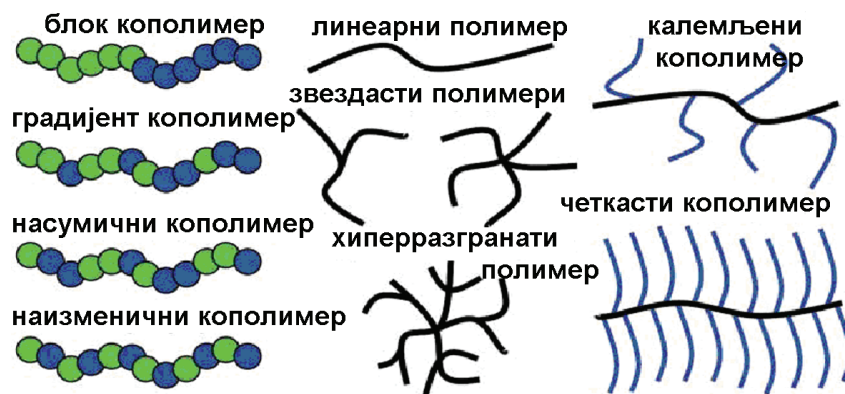


Схема 4. Раст полистиренског полимера или циклизација путем клик реакције^{9a}



Слика 2. Шематски преглед одабраних кополимерних архитектурае

Због различитих метода добијања полимера и њихове инкомпатибилности они се некад не могу једноставно спајати у блок полимере и стога је клик реакција управо идеална метода за спајање и грађење блок полимера најразличитије архитектуре: градиентни полимери, насумично измешани полимери, наизменично мешани, звездасти, разгранати полимери, калемљени полимери, четкасти полимери (слика 2), сви они се добијају на једноставна начин и обично у високом приносу.

Клик реакције су врло добро комбиноване у свим реакцијама живе полимеризације и омогућавају брз приступ великом броју полимерних материјала који иначе нису лако доступни. Ова метода је такође послужила за прављење великог броја биохибридних полимера као гликополимера, вирус-полимер коњугата, полимера са аминокиселинским завршетком који су биокompatibilни, али и блок полимера са полипептидида. Овакви материјали се могу користити за биомедицинско инжењерство.

Пример грађења модуларног триблок АБЦ полимера путем Дилс-Алдрове реакције и CuAAC од поли-терт-бутил акрилата (PtBA) са завршним малеимидом заштићеним фураном, α -антрацен- ω -азид-полистирена и полиетиленгликола (PEG) са завршним алкином је приказан на шеми 5. Извођењем реакције на високој температури у присуству бакарног катализа-

тора, обе реакције се одвијају симултално и специфично при чему настаје триблок полимер уз високу ефикасност.

Синтеза звездастих полимера може се извести са линеарним полимерима, као између азидо-терминални полистирен (PS), и три- или тетра- алкинским градивним блоковима (схема 6). Гране могу бити и од различитих полимера или блок полимера са различитом поларношћу. Тако настали полимери могу служити као емулгатори или за стварање мицела. Сличне тактике се користе и за прављење четкастих полимера, калемљеним полимерних ланаца.

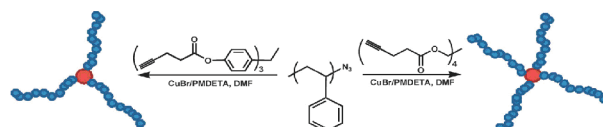


Схема 6. Синтеза звездастих полимера^{9д}

Хидрогелови су полимери који се користе у биомедицинским процесима као средина за инжењеринг ткива, стога ови полимери треба да буду растворни у води и биокompatibilни, значи да не буду токсични и да имају високу чистоћу и контролисане структуре и особине. Стога примена клик реакције олакшава прављење оваквих полимера који су обично поливинил-алкохол (PVA) или полиетиленгликол (PEG). Путем ка-

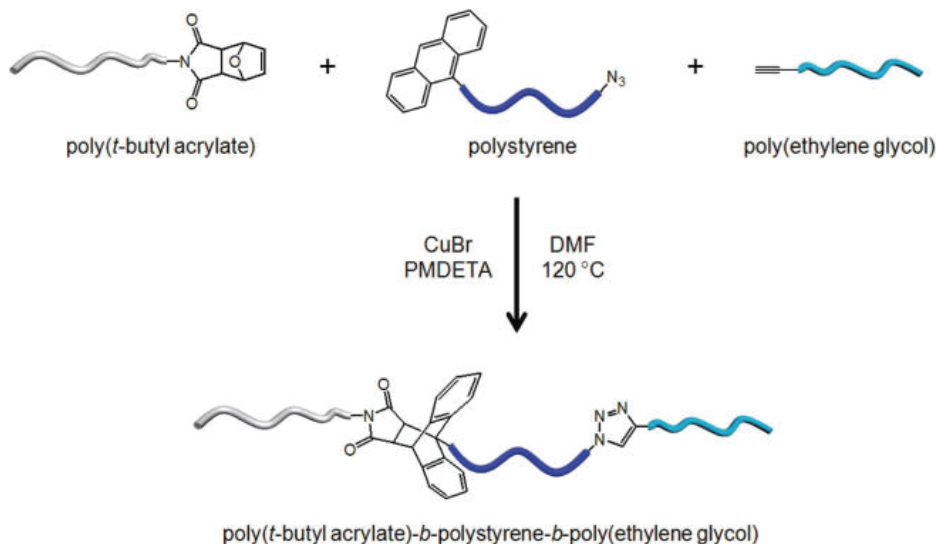


Схема 5. Ортогонална и симултална синтеза, у једном суду, АБЦ триблок кополимера путем Диелс-Алдер и Cu-AAC реакција^{9ц}

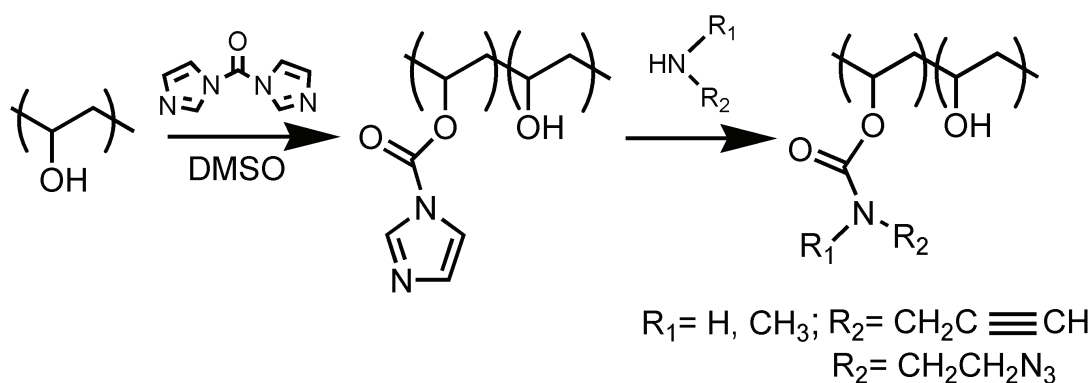
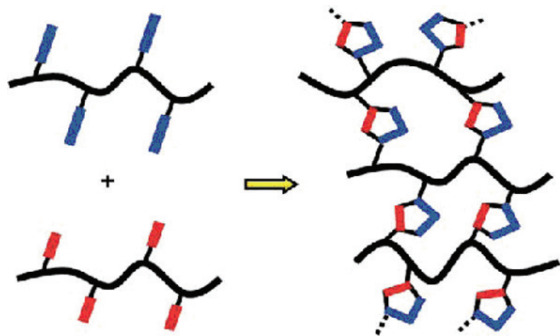


Схема 7. Функционализовање полимерних јединица PVA азидом и алкином, за хидрогел ^{9 д)}

бонилимидазола се куплује PVA гел са азид- и алкин-функционалисаним амином. Овако функционисани полимер са 1-5% азид или алкин функционалности се засебно припреме (шема 7) и после тога се мешају у присуству Cu(I) соли, при чему настаје укрштени хидрогел путем клик реакције између азиди и алкина (слика 3).



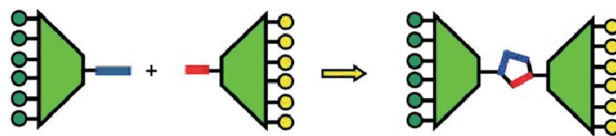
Слика 3. Укрштање PVA јединица са азидом и алкином у хидрогел ^{9 е)}

У неким случајевима овако припремљени хидрогелови имају боље особине од оних који се “укрштају” путем UV зарачења. Овако се могу направити и гелови течних кристала који се примењују у оптоелектроници.

Дендримери су сферни врло симетрични макромолекули који на површини имају велики број истих функционалних група које им одређују особине, и класификују се по генерацијама односно колико пута се понавља разграната структура. На шеми 8 је дендример треће генерације, али се могу произвести и дендримери и до десете генерације. Молекулска тежина се обично дуплира са сваком генерацијом.

Клик реакције су, вероватно, највише користиле компликовану синтезу дендримера. Одмах после поставке клик концепта Sharpless и сардници су објавили синтезу једног дендримера у 4 генерације (шема 8). За синтезу дендримера постоји две тактике: дивергентна и конвергентна. Дивергентно се полази од средишта и додају се слојеви, а како се ради се мултифункционалним молекулима, додавање сваког новог слоја је много теже.

Конвергентна метода полази од крајева, ту се најпре синтетичу дендронске јединице које се спајају са средњим молекулом у последњој фази. Од како је 1990. Fréchet увео конвергентну синтезу, покренут је развој ове области, а клик реакције су додатно олакшале овај компликовани посао. Зато се клик реакције користе код обе синтетичке стратегије. На тај начин се могу спојити и различити дендрони (слика 4) у асиметричне дендримере.



Слика 4. Конвергентно спајање дендрона (сегмента) у асиметрични дендример ^{9 е)}

Дендримери ¹¹ су нашли примену за детектовање, као сензори, или за циљану испоруку лекова (drug delivery), односно за коњугацију активног молекула, који се може везати за површину ковалентном или јонском везом, или може да буде смештен у хидрофобним цеповима у унутрашњости дендримера. Ово последње важи нарочито за лекове који се не растварају у води, па их тако дендример са поларним групама на површини преноси до унутрашњости ћелије. Нађено је да лекови транспортовани дендримерима брже и дуже делују, смањена им је токсичност, често је омогућена орална примена, па чак долази и до селективне акумулације у туморским ћелијама (нпр. цисплатина). Повећана акумулација настаје због ефекта повећане ретенције пермеабилности код туморски индуковане ангиогенезе, са смањеном лимфном дренажом и ретнецијом макромолекула. Осим лекова могу се преносити и делови ДНК у генској терапији. Дендримери су стабилнији од липозома и мицела (који се користе у исте сврхе).

Дендронизовани полимери се синтетизују било полимеризацијом дендронских јединица или калемљењем дендрона, као грана, на линерани полимер и ту, наравно, клик реакција има велику предност. Металодендримери се користе у катализи као еквиваленти наночестица.

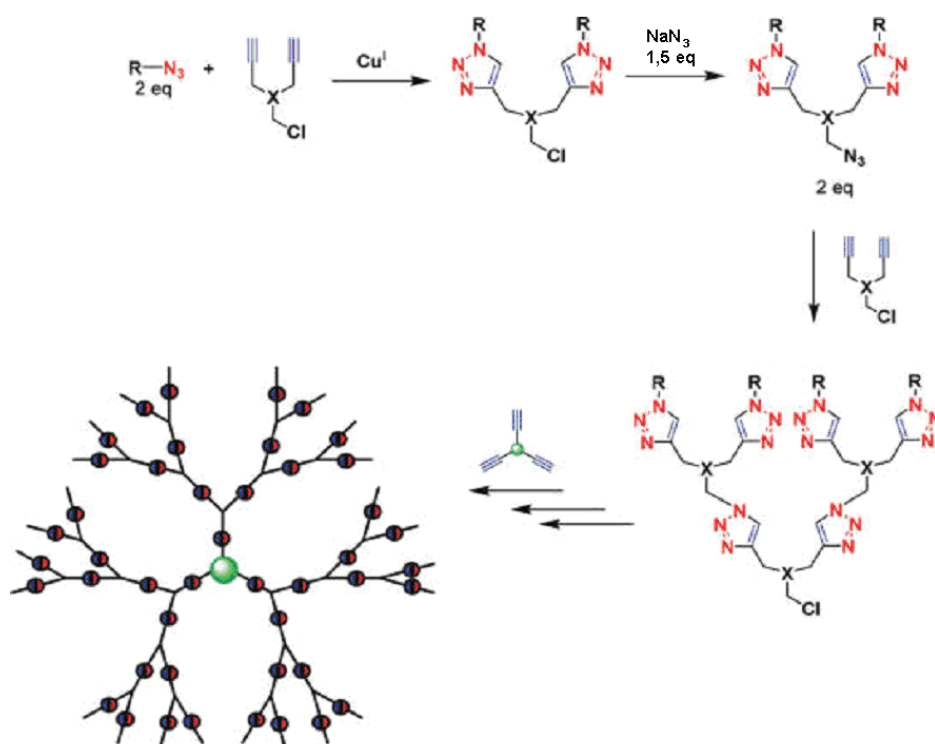


Схема 8. Општа метода за конвергентну синтезу дендримера^{9ц)}

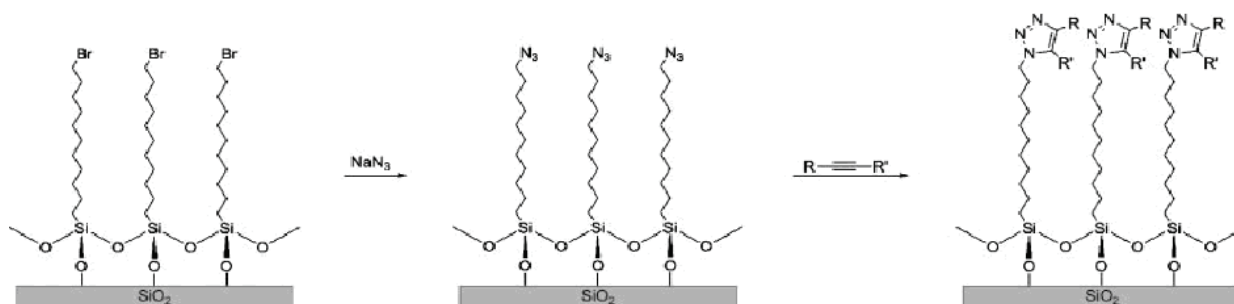
Слично дендримерима, клик реакција је од великог значаја и за синтезу каликсарена, ротаксана, катенана као и других молекулских машина.

Још једну примену клик реакција је нашла у инжењерству површина (surface engineering). Користи се за nanoшење мономолекулских слојева који настају када се површински активни молекули спонтано самоорганизују у добро дефинисане агрегате на специфичној чврстој површини (self-assembled monolayers = SAM). Најчешћи SAM су алкан-тиолати на златној или сребрној површини, или силани на силиконској површини. Реакција nanoшења танког слоја се одвија у раствору, или излагањем парама супстанце. Алкански низ на једном крају има функцију која реагује са површином (глава), а на другом крају је функција која се касније трансформише (реп). Густина реагујућих функција се контролише тако што се мешају алкански низови са и без функција на репу. У протеклој деценији ови монослојеви су модификовани тако да укључују и велики број биомолекула и користе се као средство за контро-

лу површинских особина и површинску интеракцију са околином, где могу служити као сензори.

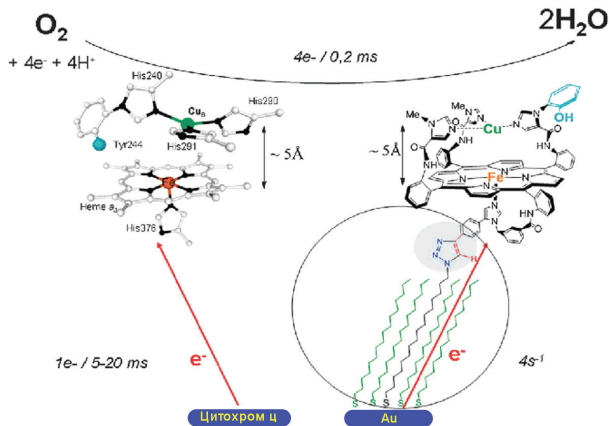
Клик реакција на оваквим површинама може се постићи и без бакарног катализатора, путем микроконтактне штампања са печатом од PDMS (полидиметилсилоксан), који се замочи у раствор реактанта и затим притисне на површину - због велике близине реагујућих група долази до спонтане клик реакције без употребе бакарног катализатора (слика 5).

Овако су на SAM површине постављени супституенти као фeroцени, шећери (сензори за одговарајуће протеине), порфирин, олигонуклеотиди. Путем клик реакције CuAAC, на златну подлогу употребом SAM, је постављен модел каталитичког центра цитохром ц оксидазе (слика 6) и успешно симулирана редукција кисеоника.¹² Трансфер електрона кроз SAM се може контролисати, и постиже се брзина преноса електрона поредива са оном у биолошкој систему. Да би се све ово постигло клик реакција, као једина могућа да се постави активни центар цитохрома ц оксидазе



Слика 5. Функционализација мономолекулске површине SAM^{9а)}

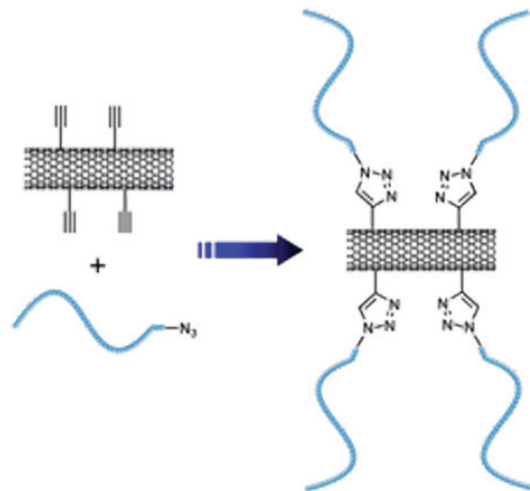
на SAM површину, је била пресудна, и то је омогућило биомиметичку електрокатализу.



Слика 6. Активни центар цитохром ц оксидазе (лево) и његов модел постављен на SAM површину¹²

Синтеза и карактеризација нових наноматеријала је област науке у успону. Ови материјали имају необичне и изузетне особине, пре свега због велике површине у односу на масу честица и стога су од посебног интереса за примену у различитим техничким одблацима али и медицини. Но њихова синтеза и обрада су компликоване агрегацијом честица, чиме се губе специфичне особине. Стога се наноматеријали често површински функционализују да би се смањила агрегација и побољшала дисперзивност и растворљивост у различитим растварачима. Клик хемија се показала као врло корисна техника коњуџације за качење полимерних лиганда на површину. Једнослојне угљеничне нано цеви (single walled carbon nano tubes = SWCNTs) су површински модификоване алкин групом *p*-аминофенил пропаргил етра. После тога су на површину тако модификованих наноцеви клик реакцијом азидом прикачени полистиренски ланаци, путем бакром катализоване реакције у ДМФ (слика 7). Оваква модификација је имала драматичан ефекат на стабилност нано цеви у раствору.

Код фулерена постоји исти проблем растворљивости као и код наноцеви. Међутим, клик реакције је коришћена и за синтезу функционалисаног хексаксидукта фулерена C₆₀, који носи 12 функционалних група,¹⁴ ова метода омогућава качење готово свих фун-



Слика 7. Функционализовање нано цеви (SWCNTc)¹³

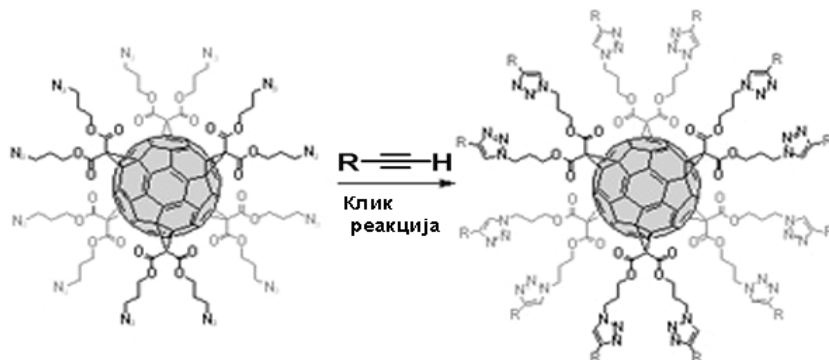
кција и синтезу великог броја фулеренских деривата, као мултифункционалног језгра, за нове системе доставе лекова, слично дендримерима, или као фотоактивно језгро код соларних уређаја.

Осим фулерена и нано цеви, како једнослојних тако и вишеслојних, функционализовани су и графени али и неорганске нано честице.

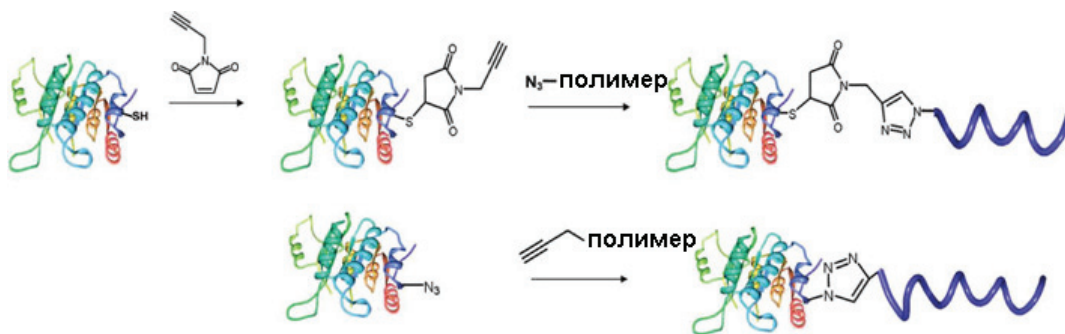
ПРИМЕНА У БИОМЕДИЦИНСКИМ НАУКАМА

Одмах по настанку клик концепта¹ Sharpless је овај концепт повезао са могућностима за дизајнирање лекова, односно за синтезу нових супстанци које показују значајну биолошку активност одређеног типа, затим биокоњуџацију, као и синтезу контрастних средстава за радиохемију, односно магнетну резонанцу (molecular imaging).

Биокоњуџација је спајање два биомолекула; два протеина, протеин-угљени хидрат или нуклеинска киселина, или спајање биомолекула са малим молекулима (нпр. флуоресцентне боје), синтетичким полимерима (PEG) или наночестицама. За ову врсту коњуџације може се користити CuAAC клик реакција, као што је приказано на слици 9, која приказује спајање пептида са полистиреном. Малеимид-ацетилен реагује са тиолном групом цистеина, а затим се клик реакцијом спаја са азид-полимером. Настали коњуџат се у води самоорганизује.



Слика 8. Синтеза хексаксидукта фулерена C₆₀



Слика 9. Биокоњугација протеина и полистирена^{9 ц)}

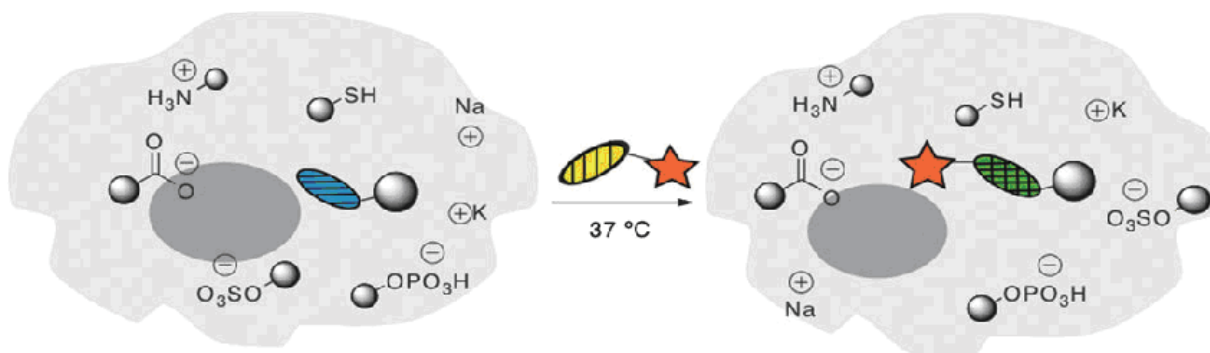
Биолошки макромолекули, протеини, нуклеинске киселине и угљени хидрати, се могу обележити тако што се у њих директно убацују мономерне јединице које садрже алкин или азид као функционалну групу. Такви молекули се зову хемијски репортери. Убацавање хемијског репортера се може постићи и пост транслационим модификацијама протеина. Такав биономер се после може означити неким другим молекулом, нпр. везивањем флуоресцентне боје. Ова врста трансформација могућа је *in vitro* али и *in vivo*.

За хемијску биологију која проучава биолошке системе од посебног је значаја свака клик реакција. Таква клик реакција, међутим, поред општих особина набројаних на почетку текста треба да буде и “инертна у биолошком окружењу”, значи да не реагује са функционалним групама које су својствене за биомолекуле. Оваква подкласа клик реакција се назива биоортоналним реакцијама.¹⁵

Напредне методе посматрања и снимања омогућиле су посматрање ћелије, аналогно сателитском снимку

земље, на коме се не може пратити кретање становника. Слично, да би се посматрала кретања молекула који “посредују” међу ћелијским појединицама треба их обележити, да би се проучавале интеракције унутар ћелије. Биомолекули се могу обележити флуоресцентним бојама, путем клик биортогоналне реакције, при чему је један реактант на биомолекулу, а други на обележивачу, и при томе треба што мање “узнемирити” околину (слика 10). Овакве реакције нису једноставне, поред већ наведених услова реактанти не смеју да реагују са ензимима у ћелији, нити да буду токсични за ћелију, а бакарне соли то јесу, тако да се класична клик реакција CuAAC не може користити.

Прва реакција која се користила за ове сврхе је Штаудингерова реакција азид и триарил-фосфина који има и једну естарску групу (схема 8). То је врло стара реакција, исто и доста спора, па није омогућавала праћење брзих процеса у ћелији.



Слика 10. Општа биоортонална реакција. Биоортоналне функције - жута и плава - реагују настајањем “зелене функције”, да би се обележио (црвеном звездом) молекул у живој ћелији.¹⁵

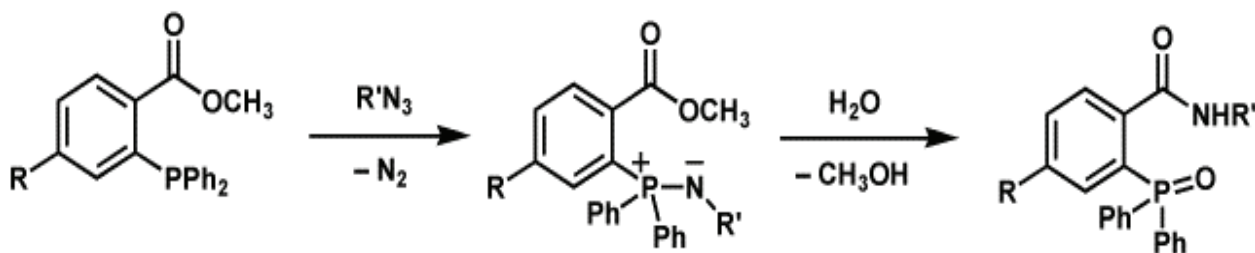


Схема 8. Штаудингерова реакција за повезивање два молекула^{15б)}

Стога је било потребно усавршавање клик реакције CuAAC, и развијање стратегије за без-бакарну циклоадицију (copper-free). Познато је да су у Дилс-Алдеровој циклоадицији реактивни диенофили или електрон дефицитарни алкени или функције које се налазе у прстенновима под напоном. С друге стране позната је и кинетика азид-алкин реакција.^{3a} Узимајући у обзир захтеве биоортогоналности, дошло се до закључка да би најпогоднији били алкени у прстену под напоном. Потврда за то је нађена у раду Wittiga i Krebsa,¹⁶ где је описана изузетна реактивност фенилазида са циклооктином, најмањим стабилним циклоалкином (долази до експлозије). Тако је група професорке Bertozzi^{15a} добила прве задовољавајуће резултате коришћењем OCT, ALO и NOFO деривата циклооктина (схема 9). Међутим реакција је трајала око 24 сата, што није било довољно брзо, стога је требало повећати реактивност алкинског дела молекула. То је постигнуто додавањем електрон-привлачних група. Тако се, додавањем једног флуора у положај суседан ацетиленској вези, (MOFO) дериват, реактивност увећала три пута, а увођењем два флуора (DIFO), реактивност је увећана 60 пута, што значи да је реакција трајала око 30 минута.

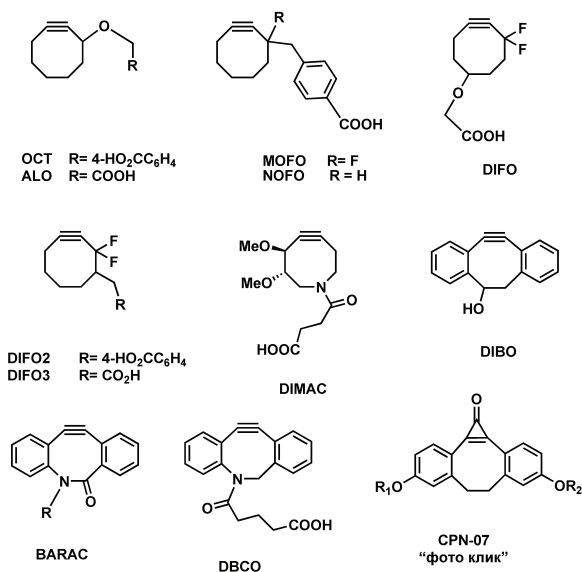


Схема 9. Циклооктини за клик реакцију без бакарног катализатора

Дериватом DIFO^{17a} је обележен живи ембрион зобра рибице^{17b} и то је био сензационалан резултат који је привакао велику пажњу научника. Међутим из личног искуства аутора овог текста, синтеза невероватног DIFO једињења је врло тешка, у 12 фаза и укупним приносом мањим од 1%, с друге стране ни растворљивост није била задовољавајућа. Убрзо је Woons¹⁸ објавио синтезу лако приступачног DIBO деривата, у добром приносу и са кинетиком реакције купловања са азидом сличном DIFO. Кондензовани бензенови прстенови појачавају напон у централном прстену и тако повећавају реактивност ацетиленске везе, док орто водоници

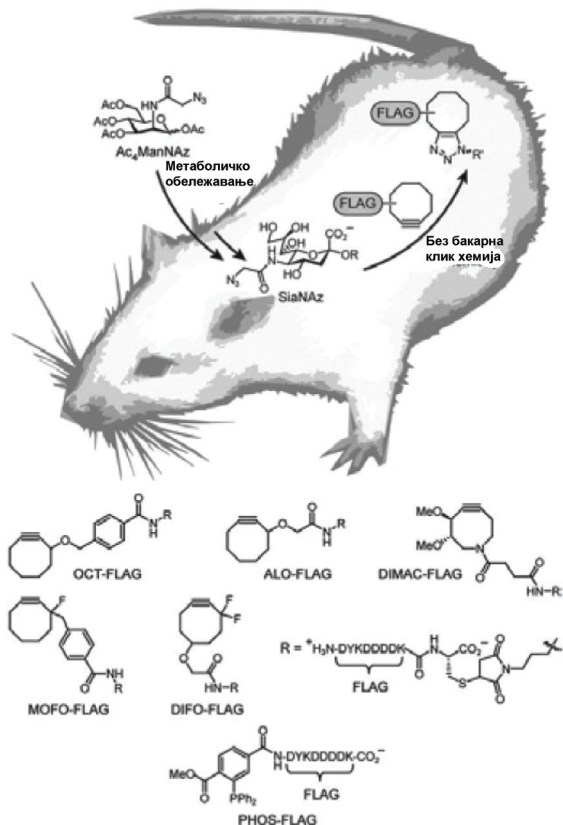
штите ацетилен од нуклеофилног напада, што једињење чини стабилним. За то време је Bertozz-ијева група наставила са DIFO₂ и 3 који су синтетисани једноставније и са солидним приносом, а чија кинетика је мало спорија од DIFO. У експериментима обележавања ћелија у култури, флуоресценца је упола мања када се за купловање флуоресцентне боје користи DIFO₂ и 3. Затим је синтетисан и много боље растворан DIMAC али је кинетика^{15b} била спорија, чак поредива са неактивираним циклооктином OCT (схема 9). После тога, истовремено су објављене синтезе два слична дибензо-аза-циклооктина, van Delft¹⁹ је описао синтезу DBCO, а Bertozzi²⁰ синтезу BARAC. Показано је да је увођењем азота, код DBCO деривата мало повећана активност у односу на DIBO. Међутим увођење амидне везе у циклооктински прстен (са додатним *sp*² положајем амидног карбонила) у деривату BARAC, се повећава реактивности 12 пута у односу на DIFO и DIBO (слика 9), а 450 пута у односу на неактивирани OCT. Интресантно је да је DBCO, у разним варијацијама, комерцијализовала једна америчка компанија,²¹ а Bertozz-ијева група је 2009. патентирала синтезу и поступак модификације биомолекула овим дериватима.²²

Једињење CPN-07 се активира UV озрачивањем *in situ*, при чему се одваја заштита ацетиленске везе (карбонил) и долази до реакције, док фенолски супституенти на кондензованом бензеновом прстену могу бити естерификовани разним супституентима.²³ Од новијих реакција се могу поменути реакција азид са норборненом који поседује CF₃ групу, као и реакције тетрамина са циклооктеном.^{15a}

Даља истраживања *in vivo* клик хемије,²⁴ на животињама (мишеви) у која није био укључен најновији и најактивнији BARAC реагенс, су показала да су и други фактори важни. У свим експериментима праћења гликозилације било у култури, *in vitro*, или у животињама, *in vivo*, врши се обележавање гликана који се налазе на површини ћелија и учествују у преношењу сигнала између ћелија. Ћелије се метаболички обележавају сијалинском киселином за коју је везана азидна група, односно са *N*-ацетил манозамином, који представљају хемијске репортере. Ови репортери се после тога могу обележити селективном реакцијом. Мишеви су припремани 8 дана ињекцијама азидо шећера, после тога су "добили" обележен (FLAG, слика 10) циклооктински реагенс који реагује са азидом клик реакцијом те обележава ћелију. После 3 сата су *ex vivo* анализирне спленоцитне ћелије (из слезине), које се боје флуоресцеин исотиоцијанат-авидином (FITC-avidin) и анализирају проточном цитометријом (flow cytometry). Упоредо је рађено са истим спленоцитним ћелијама и *in vitro*. Док је *in vitro*, убедљиво најбољи резултат добијен са DIFO; *in vivo*, два најреактивнија деривата су били DIMAC због добре растворљивости у води, и DIFO. У *in vivo* експериментима поређени су DIFO као агенс за купловање са Стаудингеровим купловањем употребом PHOS. Показало се да највећи интензитет флуоресценције даје PHOS, а упола мање DIFO. Осим тога је нађено да се DIFO са великим афинитетом везује за се-

рум албумин. На основу ових, скромних, испитивања изгледа да је DIFO најперспективнији реагенс за обележавање. Међутим код оптимизације биоортогоналних реагенаса за *in vivo* употребу, потребно је даље разма-трање како унутрашње реактивности (intrinsic reactivity – реактивности на месту дејства), тако и фармакоки-нетике и могућих метаболичких трансформација.

Могућност да се хемијске реакције изводе унутар живих животиња омогућује циљано молекуларно пра-ћење промена метаболизма у моделу хуманих болести.



Слика 11. Без-бакарна клик реакција уживо код мишева. (А) ињектирање Ac_4ManNAz , током недељу дана, за метаболичко обележавање гликана. Затим ињектирање циклооктин-FLAG за *in vivo* обележавање азидо гликана. (Б) циклооктински обележивачи (FLAG)²⁴

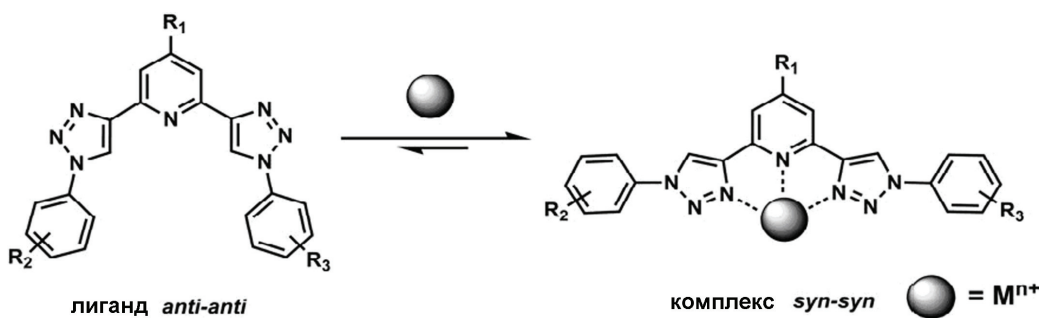
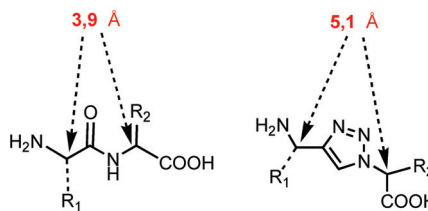


Схема 11. 2,6-Бис(1-арзл-1,2,3-триазол-4-ил)пиридин (ВТР) комплексирање са металним јонима. Катјонски индукована промена из *anti-anti* у *syn-syn* након комплексирања са металним јонима.²⁵

У пептидној хемији²⁵ азид може заменити амидну везу, обе везе су планарне, сличне дужине и великог диполног момента ($\sim 5\text{D}$). Осим тога триазол је отпоран на хидролизу и оксидацију, те може послужити као сурогат амидне везе за синтезу пептида и пептидоми-метика (мали ланци слични пептидима) и њиховој ор-ганизацији где триазол учествује у водоничној вези и хелирању јона²⁵. Триазолска веза може заменити једну, али и више, па чак и све амидне везе у неком олигоме-ру. У пептиду триазолска веза не ремети структуру α -хеликса. Такође у β -заокрету Gly-Pro може у потпуно-сти да замени пролин (слика 12).



Слика 12. Пептидна и триазолска веза²⁶

Циклични пептиди су посебно интересантни као потенцијална класа терапеутских агенаса (антимикробно дејство). Оваква једињења се доста тешко синтетизују и до сада је било разних синтетичких страте-гија, а од скоро се клик реакција показала врло успеш-ном и то у последњој фази затварања прстена у висо-ком приносу. Уз то клик деривати показују већу јачину дејства од природних пептида као инхибитори тирози-назе (шема 10).

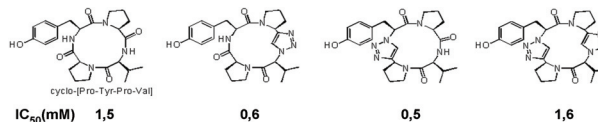


Схема 10. Циклични пептиди инхибитори тирози-назе^{25,26}

Но код већих пептидних ланаца је циклизација успорена линеарном димеризацијом, при чему је интрамолекуларно водонично везивање од пресудног зна-чаја. Неке структуре са триазолским прстеном су у ста-њу да хелирају металне јоне мењајући своју конформа-цију у њиховом присуству²⁵ (схема11).

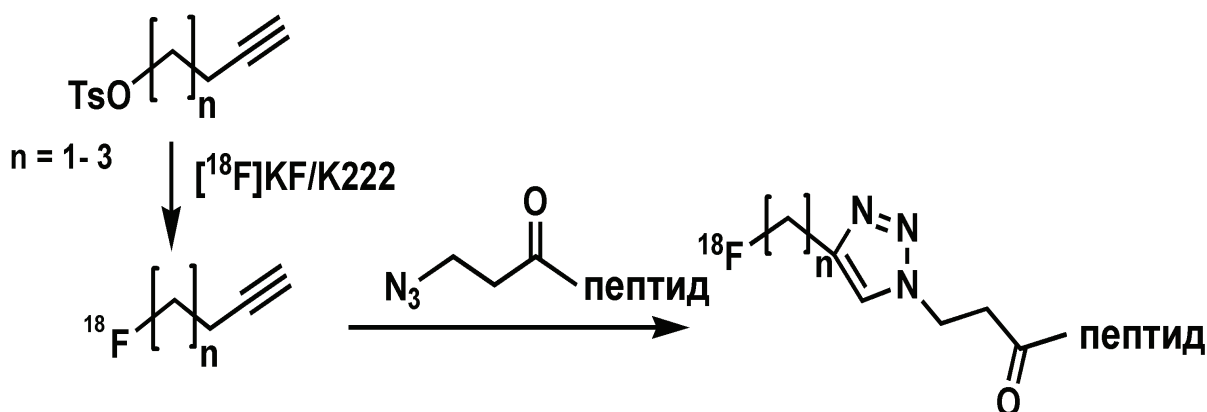


Схема 12. Метода за обележавање пептида

Велики интерес постоји за употребу клик хемије у радиохемији²⁷. Од како су технике неинвазивног нуклеарног снимања, као што је PET (positron emission tomography = позитрон емисиона томографија) и SPECT (single photon emission computed tomography = појединачни-фотон емисиона компјутеризована томографија), постале приступачне, таква врста обележавања биолошких молекула је постао важно средство за селектовање нових кандидата за лекове, али и за рано дијагностификовање тешких болести. За ово се користе неметални позитрон емитујући изотопи као ^{18}F и ^{11}C са кратким полувременом живота ($t_{1/2} = 109,8$ и $20,5$ минута) који се морају произвести у циклотрону и припремити на месту испитивања или у непосредној близини. Радиоактивни елемент се уводи у последњој или предпоследњој фази, а реакције морају бити брзе и ефикасне, без споредних производа, и без потребе за хроматографским одвајањем. Обично се користи бифункционална метода, где се ^{18}F и ^{11}C уводе у мали молекул, који се затим брзо качи за биомолекул, као што су протеини. ^{18}F Обележени пептид се припрема помоћу клик хемије. Мали алкин са ^{18}F се спаја, током 10 минута, са пептидом који садржи аминокиселину са азидном функцијом. Производ се добија у високом приносу и великој радиолошкој (изотопској) чистоћи. Алкин се припрема од одговарајућег алкилтозилата и $[^{18}\text{F}]\text{KF}/\text{K}222$ комплекса, кодестилацијом са ацетонитрилом током 10 минута (схема 12).

PET је коришћена у клиничким испитивањима²⁸ за Merck-ов лек Emend (NK1 рецептор антагонист), што је допринело великим уштедама током испитивања. Овакве методе могу се користити и за специфичне PET биомаркере, који се везују за циљани протеин.

Сам 1,2,3-триазолски прстен је ефикасан лиганд за комплексирање различитих прелазних метала. Обично координира метал азотом у положају 3 1,4-супституираног триазолског прстена и формира врло стабилна једињења *in vivo*. Ово је важно јер се за SPECT радиолошка снимања користе стабилни метални радиоизотопи као што су $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{111}In . Овако су синтетизована једињења за SPECT испитивања фолатних рецептора.²⁷

Концепт клик хемије и клик реакција за откривање лекова,^{29a} односно за синтезу библиотека супстанци за биолошка испитивања се користио у фирми Suelan Corporation, у којој је један од оснивача проф. Sharpless, а од 2001. се фирма зове Lexicon Pharmaceuticals и налази се Принстону, (Њу Џерзи). У овој фирми је синтетизована библиотека од 200 000 супстанци, под руководством Sharpless-овог бившег постдокторанта, Н. Kolba користећи одговарајуће, високо ефикасне, реакције обухваћене технологијом ClickChem(TM). Ту, између осталог, спадају и Sharpless-ове стереоселективне реакције епоксидације, асиметричне дихидроксилације и оксиаминације.

Са могућношћу тестирања великог броја супстанци, све мање се за синтезу кандидата за лекове као предложак користе компликовани природни производи, а све више се примењује комбинаторна синтеза. Бакром катализована реакција азид-алкин је овај тренд још више убрзала. Тако је и настао један од новијих приступа синтези водећих супстанци (lead compound) који користи комбинаторне технике, посебно клик хемију за синтезу вођену структуром везивног места мете (TGS - target guided synthesis). Молекули треба да се, најчешће нековалентно, везују за одређени протеин или ДНК. Код класичног испитивања, на основу познавања структуре везивног места дизајнирају се молекули који би требали да се уклопе у везивно место. Нови TGS приступ "препушта" самом ензиму да изабере који се фрагменти најбоље уклапају и ти фрагменти се даље сапјају, било у самом активном месту ензима или у реакционом суду. Овако су пронађени нови инхибитори ХИВ протеазе^{28,29b}: Направљена је библиотека једињења комбинацијом 50 фрагмената који су имали хидроксиламин биоизостере (за које се зна да се добро везују за ХИВ протеазу) и ацетиленски део за клик коњугацију са два једињења слична Ампренавиру (инхибитору протеаза (генерално) коришћеном у прошлости за лечење ХИВ-а) са азидним делом за коњугацију. Ови градивни блокови су спојени CuAAC. Измерена је активност добијене "библиотека" једињења према ензиму и нађено је четири супстанце које су испољиле

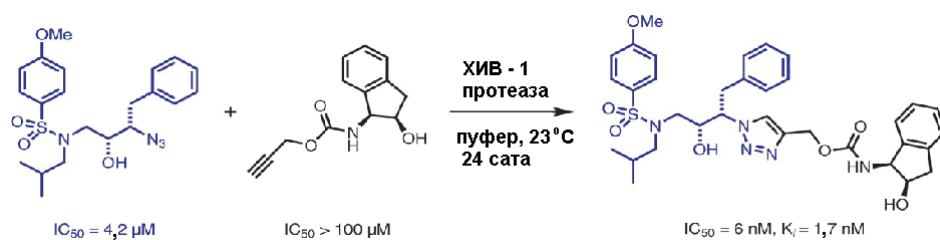


Схема 13. Синтеза инхибитора ХИВ-1 протеазе, најчешћег облика и мутаната, употребом клик хемије.^{29 б)}

врло велику јачину дејства. На схеми 13 је приказано једно од тих једињења.

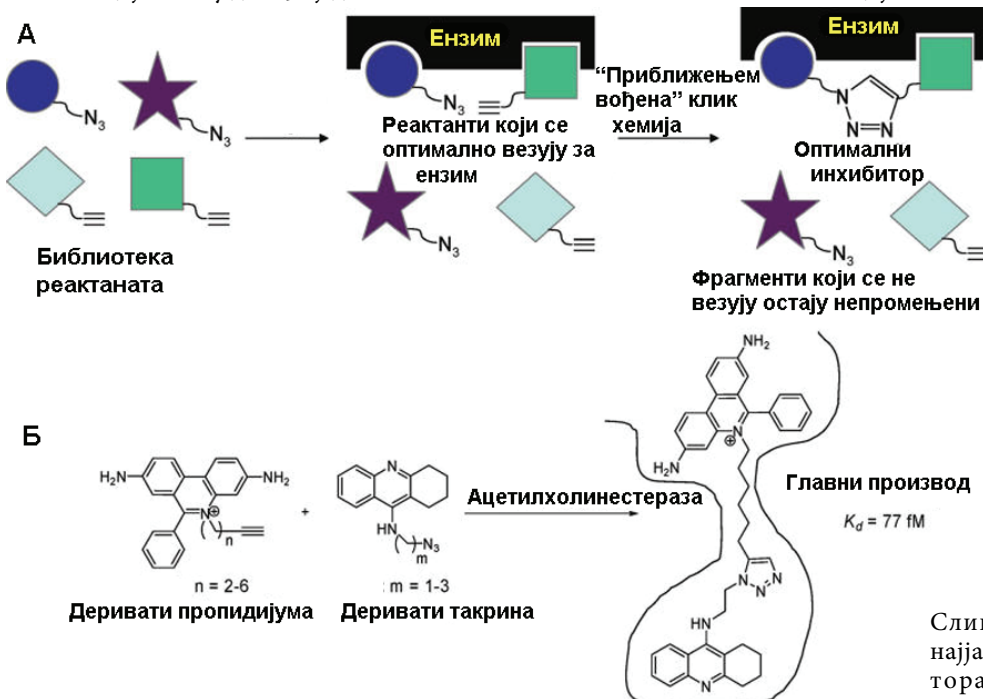
Од раније је било познато (радови Моска^{29а,д} из 80-тих година) да када су функционалне групе које требају да реагују у великој близини, долази спонтано до реакције без катализатора и загревања. Моск је користио кукурбитурил, нонадекацикличну кавезасту структуру да делује као “катализатор”, односно шаблон за региоспецифично формирање триазола насталог сједињавањем азида и алкина. Тако је добијен само један изомер, док се обичном реакцијом добијала смеша 1:1 *syn* и *anti*-триазола. Овакав *in situ* триазол, међутим, готово да није могао напустити канал у коме је настао. Израчунато убрзање реакције је било 100 000. Ова и још нека слична истраживања са ензимима су инспирисали Sharples-а и сараднике за нову тактику циљане синтезе инхибитора ензима чије је каталитичко место познато.

До тада је било неколико покушаја синтезе унутар ензимског активног места са реактивним реагенсима (алдехид и хидразон, те тиол и халокетон). Они су одабрали као циљ ензим ацетилхолин-естразу (АснЕ), чији инхибитори се користе већ скоро 50 година у терапеутске сврхе и за истраживање, па је стога активни центар добро познат. У смесу су постављени фрагменти са азидним и фрагменти са ацетиленским делом, који комбинацијом могу дати 98 једињења, и ензим АснЕ. У

активно место ензима се “смештају” они блокови који најбоље одговарају том простору, и због близине група које реагују (азида и алкина) долази до реакције. На овај начин је добијен само један молекул, који се најбоље “уклапа” у активно место и то је, до сада, најјачи инхибитор АснЕ - тако је ензим сам синтетисао инхибитор који му највише “одговара”. После пречипћавања смесе издвојен је инхибитор. Рендгенска кристалографска анализа езима са везаним инхибитором је показала како се инхибитор везује у ензим. Треба нагласити да атоми азота триазолски прстена стварају водоничне везе у каналу између анјонског и периферног активног места ензима, што значи да *in situ* затворени триазол не служи само као спојница између два фрагмента, већ доприноси укупној јачини везивања новонасталог лиганда за протеин.

Овакав приступ омогућава проналажење малих молекула модулатора протеина и онда кад се не зна довољно о структури или улози циљаног протеина. Нови приступ проналажењу активних супстанци *in situ*, где и биомолекул учествује у синтези је нова, али ипак, само допунска метода већ постојећим методама.

Међутим *in situ* реакције за добијање инхибитора карбо-анхидраза су биле мање успешне, односно селективне, јер је добијено више инхибитора, а и лажно негативних комбинација.



Слика 14. *In situ* синтеза најјачег познатог инхибитора ацетилхолин-естеразе АснЕ^{29ц}

Следећи корак у *in situ* синтези је била конструкција микрофлуидног реактора^{28,30} да се смањи укупна запремина реагујућих раствора на око 200-250 nL. У реактору који може да стане на длан руке су паралелно рађена 32 експеримента, такође са кабо-анхидразом, али је свака комбинација засебно инкубирана са свега 4 μ L раствора ензима 24 сата на 37° C, после чега су реакције контролисане комбинацијом течне хроматографије и масене спектрометрије. Резултати су добијени уз употребу 5 пута мање протеина, тако да су овакви реактори погодни када се располаже са малом количином циљаног протеина. Ови реактори су усавршени за 1024 клик реакција истовремено, и са утрошком времена од 15 секунди по реакцији.^{29,6)}

Неки мањи недостатци азид-алкин циклоадиције су споредна реакција димеризације алкина (Glaiserov-о купловање). Али та реакција је доста спорија од саме реакције кондензације. Понекад, ако постоје стерне сметње, клик реакције могу бити споре (трају и до 24 сата). То је проблем који се јавља у различитим областима и захтева употребу интензивних техника као што су загревање, коришћење микроталасног реактора, ултразвука или јонских течности. Поред тога треба нагласити да азид, осим са алканима, реагује и са реактивном двоструком везом, као што је малеимид, норборнен и слично.

Перспективе су наравно велике у даљој примени као и проналажењу нових клик реакција, од којих су неке већ споменуте, а нарочито нових биортогоналних клик реакција^{15a}. Од новијих реакција могу се поменути реакција азида са норборненом који поседује CF₃ групу, као и тетразина са циклооктеном^{15a}.

Abstract

CLIK CHEMISTRY

Lidija BONDARENKO, Greater New York City Area, USA

In this brief review the click chemistry concept is explained along with its core reaction, the azide-alkyne cycloaddition. Selected examples illustrate application of the click chemistry in diverse research fields, with special emphasis on most important achievements in biomedical and nano sciences.

ЛИТЕРАТУРА

- H. C. Kolb, M. G. Finn, K. B. Sharpless, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2001**, *113*, 2056-2075.
- A. Michael, *J. Prakt. Chem.* **1893**, *48*, 94-95.
- a) R. Huisgen, *Angew. Chem.* **1963**, *75*, 604 - 637; *Angew. Chem. Int. Ed.* **1963**, *2*, 565 - 598; b) R. Huisgen, *Angew. Chem.* **1963**, *75*, 742 - 754; *Angew. Chem. Int. Ed.* **1963**, *2*, 633 - 645.
- C. W. Tornøe, C. Christensen, M. Meldal, *J. Org. Chem.* **2002**, *67*, 3057-3064.
- a) V. V. Rostovtsev, L. G. Green, V. V. Fokin, K. B. Sharpless, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2002**, *41*, 2596 - 2599; b) K. B. Sharpless, V. Fokin, V. A. Rostovtsev, L. Green, F. Himo, Copper catalyzed ligation of azides and acetylenes, The Scripps Research Institute, U.S. Patent No. US 7,375,234 B2, **2008**
- a) *Modern Acetylene Chemistry*, P. J. Stang, F. Diederich, Eds.; Wiley-VCH, **1995**; b) *Synthesis of Acetylenes, Allenes and Cumulenes, Methods and Techniques*, Lambert Brandma, Elsevier Ltd., **2004**; c) *Acetylene Chemistry: Chemistry, Biology, and Material Science*, F. Diederich, P. J. Stang, R. R. Tykwinski Eds. Wiley-VCH, **2005**
- Click Chemistry for Biotechnology and Materials Science*, Joerg Lahann Eds.; Wiley, **2009**
- a) *Organic Azides*, Stefan Bräse, Klaus Banert Eds.; VCH, Weinheim, **2010**; b) S. Bräse, C. Gil, K. Knepper, V. Zimmermann, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2005**, *44*, 5188-5240
- a) W. H. Binder, R. Sachsenhofer, *Macromol. Rapid Commun.*, **2007**, *28*, 15-54; b) H. Nandivada, X. Jiang, J. Lahann, *Adv. Mater.* **2007**, *19*, 2197-2208; c) B. S. Sumerlin, A. P. Vogt, *Macromolecules*, **2010**, *43*, 1-13; d) P. L. Golas, K. Matyjaszewski, *Chem. Soc. Rev.* **2010**, *39*, 1338-1354; e) D. Fournier, R. Hoogenboom, U. S. Schubert, *Chem. Soc. Rev.*, **2007**, *36*, 1369-1380
- H. Nandivada, H.-Y. Chen, L. Bondarenko, J. Lahann, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2006**, *45*, 3360-3363
- Jesse B. Wolinsky, Mark W. Grinstaff, *Advanced Drug Delivery Reviews*, **2008**, *60* 1037-1055
- Richard A. Decre'au, James P. Collman, Ali Hosseini, *Chem. Soc. Rev.*, **2010**, *39*, 1291-1301
- H. Li, F. Cheng, A. M. Duft, A. Adronov, *J. Am. Chem. Soc.*, **2005**, *127*, 14518-14524
- J. Iehl, R. Pereira de Freitas, B. Delavaux-Nicot, J-F Nierengarten, *Chem. Commun.*, **2008**, 2450
- a) J. C. Jewetta, Carolyn R. Bertozzi, *Chem. Soc. Rev.*, **2010**, *39*, 1272-1279; b) J. M. Baskin, C. R. Bertozzi, *Aldrichchimica Acta*, **2010**, *43*, 15-23
- Wittig, G.; Krebs, A. *Chem. Ber.* (presently part of *Eur. J. Inorg. Chem.*) **1961**, *94*, 3260.
- a) Baskin, J. M.; Prescher, J. A.; Laughlin, S. T.; Agard, N. J.; Chang, P. V.; Miller, I. A.; Lo, A.; Codelli, J. A.; Bertozzi, C. R. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **2007**, *104*, 16793-16797; b) Laughlin, S. T.; Baskin, J. M.; Amacher, S. L.; Bertozzi, C. R. *Science*, **2008**, *320*, 664-667.
- X. Ning, J. Guo, M. Wolfert, G.-J. Boons, *Angew. Chem., Int. Ed.*, **2008**, *47*, 2253-2255.
- Debets, M. F.; van Berkel, S. S.; Schoffelen, S.; Rutjes, F. P. J. T.; van Hest, J. C. M.; van Delft, F. L. *Chem. Commun.* **2010**, *46*, 97-99.
- John C. Jewett, Ellen M. Sletten, and Carolyn R. Bertozzi, *J. Am. Chem. Soc.* **2010**, *132*, 3688-3690
- <http://clickchemistrytools.com>
- C. Bertozzi, N. J. Agard, J. A. Prescher, J. M. Baskin, E. M. Sletten, Compositions and methods for modifications of biomolecules, US patent **2009**/0068738 A1
- A. A. Poloukhine, N. Eric Mbua, M. A. Wolfert, G-J Boons, V. V. Popik, *J. Am. Chem. Soc.*, **2009**, *131* (43), pp 15769-15776
- P. V. Changa, J. A. Preschera, E. M. Sletten, J. M. Baskina, I. A. Millera, N. J. Agarda, A. Loa, C. R. Bertozzia, *PNAS*, **2010**, *107*, 1821-1826
- J. M. Holub, K. Kirshenbaum, *Chem. Soc. Rev.*, **2010**, *39*, 1325-1337
- Shane Mangold (Kiessling group), **2008**, <http://www.chem.wisc.edu/areas/organic/studsemin/mangold/mangold-sem.ppt>
- K. New, M. W. Brechbiel, *Cancer Biotherapy and Radiopharmaceuticals*, 2009, *24*, 3, 289-302
- H. Kolb, Simens http://www.aacc.org/events/meeting_proceeding/2009/Documents/KolbOakRidge.pdf
- a) H. C. Kolb, K. B. Sharpless, *Drug Discovery Today* **2003**, *8*, 1128-1137; b) Sreeman K. Mamidyal, M. G. Finn, *Chem. Soc. Rev.*, **2010**, *39*, 1252-1261; c) M. D. Best, *Biochemistry* **2009**, *48*, 6571-6584; d) S. Borman, *C&EN News*, **2002**, *80*, 29-34
- J. Wang, G. Sui, V. P. Mocharla, R. J. Lin, M. E. Phelps, H. C. Kolb, H.-R. Tseng, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2006**, *45*, 1-7
- O. Kappe, E. Van der Eycken, *Chem. Soc. Rev.*, **2010**, *39*, 1280-1290



Живорад ЧЕКОВИЋ, професор у пензији

СУВА ВОДА

Недавно, августа 2010. године, на научном скупу америчких хемичара објављено је да је пронађена необична супстанца позната као „сува вода“, која изгледа као шећер у праху. Научници верују да се помоћу овакве супстанце може обезбеди нови начин за апсорпцију и складиштење угљен-диоксида, главног гаса који изазива глобално загревање планете Земље. „Водени прах“ има таква својства која указују на могућности бројних других примена. Тако, на пример, може бити енергетски ефикасан иницијатор многих хемијских реакција које се примењују за производњу на стотине производа за широку потрошњу. Сува вода такође може омогућити безбедан поступак за складиштење и транспорт потенцијално опасних и здравствено штетних индустријских материјала. Научници кажу да „не постоји ништа друго слично овоме и надамо се да ће сува вода у будућности правити таласе“.

Ова сувишница постоји је позната као сува вода због тога што садржи 95% воде а још увек се понаша као суви прах. Свака честица овога праха садржи калцијум хидроксида који је окружен слојем модификованог и фино ситног силицијум-диоксида, материјала направљеног од обичног песка са илаже. Силицијум-диоксид се налази, чврсто везан водоничним везама, на површини калцијума и сличне калцијума да се поново споје и враће у течност. Тако добивени стабилни фини прах може „усисати“, односно апсорбовати гасове који се хемијски везују са молекулима воде и граде хидрате, како то хемичари кажу.

Стварање структурне честице суве воде заснива се на изразито јаким водоничним везама, односно електростатичке је природе, које омогућавају савршену уређеност између молекула воде који граде овалне кластерске честице. Те честице могу да садрже и неколико стотина молекула воде. Густина молекула у непосредној близини површине је већа него у унутрашњости, па већи број водоникових атома на површини може градити веома јаке водоничне везе са кисеониковим атомима из силицијум-диоксида ($\text{Si}=\text{O}---\text{H}-\text{O}$ је јачине 4-6 kcal/mol) тако се око ситне капљице воде ствара чврст и стабилан слој силицијум-диоксида.

Проливањем „воде у праху“ преко неке површине не долази до њеног квашења, јер овалне честице суве воде не клизе по површини већ се котрљају, па површина остаје сува.

Сува вода је откривена још 1968. године и тада је привукла пажњу само као супстанца за потенцијалне примене у козметици (хидратисанекреме), а тек 2006. године отпочела су детаљна проучавања њене структуре и проширење опсега њених примена.

Једна од најважнијих могућих примена суве воде је сте као материјал за складиштење гасова, укључујући и угљен-диоксид. У лабораторијским испитивањима нађено је да сува вода апсорбује угљен-диоксид у коли-

чини четири пута већој од тежине гаса која апсорбује. Ова особина апсорпције велике количине гасовитог угљен-диоксида могла би бити корисна у мерама за смањење глобалног загревања планете.

У ранијим студијама демонстрирано је да сува вода такође може бити погодан материјал за складиштење метана као компоненте природног гаса и тако се може проширити њена примена. Нарочито је значајно да је процена научника да ће инжењери ускоро моћи да користе „водени прах“ за сакупљање и транспорт испрекиданих жица депонованог природног гаса. Ово је засновано на доказима да у океанским дубинама постоје сличне природне материје, у облику гасних хидрата, који чине замрзнути метан познат као „лед који гори“. Метан ускладиштен у водени прах могао би се користити у возилима као безбедно и погодно погонско.

Друга потенцијална могућност примене воденог праха, коју су научници такође доказали, јесте да се користи за убрзавање и катализу разних хемијских реакција. Већ је проучена реакција хидрогенизације. Реакција између гасовитог водника и малеинске киселине, при добивању филибарну киселину, сировину која се користи за производњу лекова, у прехранбеној индустрији и добивање других производа широке потрошње. Реакције хидрогенизације, односно производња филибарне киселине обично се заснива на мешању ових супстанци тако долази до њихове међусобне реакције. Када се произведу честице суве воде, које већ садрже малеинску киселину може се убрзати реакција са водоником, без било каквог мешања, што поступак чини енергетски ефикаснијим.

Описане су још неке примене у којима се користи сува вода за складиштење течности, нарочито емулзија. Емулзије су смеше две или више течности које се међусобно не мешају, као, на пример, смеша уља и воде у мајонезу. Нађено је да се проста емулзија може трансформисати у прах сличан сувој води. Овако настали прах може се учинити подесан и безбедан за производњу, складиштење и транспорт потенцијално опасних и за здравље штетних течности.

Интензивна истраживања својстава и могућности „воденог праха“ обећавају развијање и примене нових комерцијалних технологија, заснованих на кориштењу суве воде.

Abstract

DRY WATER

Živorad ČEKOVIĆ, SANU

Dry water is a solidified form of water, where droplets of water are surrounded by a modified form of silica thus forming a white powder that look similar to powdered sugar. Dry water is 95% water coated with 5% of silica particles which stops water droplets to recombine back into a liquid. It is expected that powdered water may be commer-

cially used for the storage and transportation of gases, such as methane and carbon dioxide; as well as to be used as a green catalyst, and many others.

ЛИТЕРАТУРА

1. B. O. Carter and A. I. Cooper, 240th National Meeting of the American Chemical Society, Abstracts of papers, Boston, August, 2010
2. W. Wang, C. L. Bray, D. J. Adams and A. I. Cooper, *J. Am. Chem. Soc.*, **2008**, *130*, 11608.
3. B. O. Carter, W. Wang D. J. Adams, A. I. Cooper, *Lan-gmuir*, **2010**, *26*, 3186.
4. B. O. Carter, D. J. Adams and A. I. Cooper, *Green Chem.*, **2010**, *12*, 783.
5. Ivan Gržetić, *Priča o vodi* u katalogu za izložbu *Molekuli u tajnama života i svetu oko nas*, urednik Ž. Čeko-vić, Zavod za udžbenike, Beograd, str. 35. 2009.



ВЕСТИ из ШКОЛЕ ВЕСТИ за ШКОЛЕ



Драгица ТРИВИЋ, Универзитет у Београду Хемијски факултет dsisovic@chem.bg.ac.rs

TIMSS 2007: РЕЗУЛТАТИ НАСТАВЕ И УЧЕЊА ХЕМИЈЕ У СРБИЈИ

Међународно испитивање нивоа постигнућа ученика четвртог разреда (узраст 10 година) и осмог разреда (узраст четрнаест година) у домену математике и природних наука, под називом **Trends in International Mathematics and Science Study** (TIMSS), изводи се сваке четврте године. До сада су изведена испитивања 1995, 1999, 2003. и 2007. године. Србија се укључила у испитивање 2003. године, а учествовала је и у испитивању 2007. године. Оба пута испитивање је изведено само са ученицима осмог разреда. Узорак 2007. године је чинило укупно 4045 ученика из 147 основних школа.

Главни циљ TIMSS истраживања јесте сагледавање ученичких постигнућа у односу на услове, школске и породичне, у којима се јављају. Поред тога, истраживање омогућава упоређивање услова за учење природних наука и математике у другим образовним системима и у тим контекстима сагледавање постигнућа ученика. Такво разматрање може бити добра основа за планирање могућих интервенција у сопственом образовном систему ради унапређивања резултата наставе и учења.

Просечно постигнуће наших ученика из природних наука у испитивању 2007. године било је статистички значајно ниже од просека на TIMSS скали (500 поена), и износило је 470 поена (Martin *et al.*, 2008). Оно се није статистички значајно променило у односу на 2003. годину, када је износило 468 поена.

TIMSS скала изражава сумарне резултате ученика који говоре о њиховом **знању, примени знања и резоновању** у вези с одређеним садржајима/темама из природних наука. Да би се резултати могли интерпретирати TIMSS 2007 користи четири референтне вредности и описује одговарајућа постигнућа ученика у ре-

лацији с оним што је требало да демонстрирају решавањем одређених задатака:

- напредна међународна референтна вредност је 625 поена (ученици могу да примене знање и разумевање процеса и релација у научном истраживању);
- висока међународна референтна вредност је 550 поена (ученици могу да примене знање и разумевање у објашњавању појава и промена у свакодневном животу);
- средња међународна референтна вредност је 475 поена (ученици могу да примене базично знање и разумевање у практичним ситуацијама учења садржаја природних наука) и
- ниска међународна референтна вредност је 400 поена (ученици имају елементарно знање из области природних наука).

Постигнућа само 2% ученика из Србије у области природних наука била су на нивоу или изнад напредне референтне вредности (625 поена), 16% ученика достигло је или је премашило високу међународну референтну вредност (550 поена), 51% ученика достигло је или је премашило средњу референтну вредност (475 поена), док је 81% ученика достигло или премашило ниску међународну референтну вредност (400 поена). Произилази да 19% ученика из Србије није достигло минимум знања из природних наука према студији TIMSS 2007.

Просечно постигнуће ученика у области природних наука по нивоима било је: на нивоу знања 485 поена, на нивоу примене знања 469 поена и на нивоу резоновања 455 поена. При томе, највеће је било просечно постигнуће у области биологије - 474 поена. Просечно постигнуће из хемије и физике било је исто - 467 поена,

док је за географију износило 466 поена. Све наведене вредности и по нивоима знања и по областима су статистички значајно ниже од просека на TIMSS скали. Просечно постигнуће девојчица из хемије износило је 471 поен и статистички је значајно више од просечног постигнућа дечака из хемије, које је износило 463 поена.

ШТА СЕ ОД УЧЕНИКА ОЧЕКИВАЛО У ОБЛАСТИ ХЕМИЈЕ У ОКВИРУ TIMSS 2007?

Садржаји из хемије према TIMSS 2007 односили су се на три теме (Mullis, et al., 2005): *Класификација и састав сујстијанце*, *Својства сујстијанце* и *Хемијске промене*.

У оквиру теме *Класификација и састав сујстијанце* од ученика се очекивало да:

1. класификују или упореде супстанце на основу карактеристичних физичких својстава која се могу опазити или мерити (на пример, густина, топлотна или електрична проводљивост, растворљивост, температура топљења и кључања, магнетна својства);
2. препознају да се супстанце могу груписати према сличним хемијским и физичким својствима; опишу својства метала по којима се разликују од неметала;
3. разликују чисте супстанце (елеменате и једињења) и смеше (хомогене и хетерогене) на основу њиховог настајања и састава, и наводе или идентификују примере чврстих супстанци, течности и гасова;
4. описују честичну структуру супстанце, описују молекуле као комбинације атома (на пример, H_2O , O_2 , CO_2), а атоме као честице састављене од субатомских честица (електрона око језгра које садржи протоне и неутроне).

У оквиру теме *Својства сујстијанце* очекивало се да ученици:

1. бирају или описују физичке методе за раздвајање састојака смеша (на пример, филтрација, дестилација, седиментација, магнетна сепарација, флотација);
2. дефинишу растворе у терминима супстанца(е) (чврста, течна или гасовита) растворена(е) у растварачу; примењују знање о вези између концентровања или разблаживања раствора и количине растворене супстанце или растварача, и примењују знање о утицају фактора као што су температура, покретљивост и величина честица на брзину растварања супстанце;
3. повезују употребу воде са њеним физичким својствима (на пример, температура топљења и кључања, способност да раствара многе супстанце, топлотни капацитет, ширење приликом мржњења);
4. упоређују својстава познатих киселина и база (киселине имају кисели укус и реагују са металима; јаке киселине и базе су корозивне; киселине и базе се растварају у води и реагују са индикаторима због

чега се мења боја индикатора; киселине и базе се међусобно неутралишу).

Трећа тема, *Хемијске промене*, подразумевала је да ученици:

1. разликују хемијску од физичке промене као трансформацију (реакцију) једне или више чистих супстанци (реактанта) у различите чисте супстанце (производе); наводе доказе о хемијској промени (на пример, промена температуре, стварање гасова, промена боје, емисија светлости);
2. препознају да се укупна маса супстанци не мења током хемијске реакције;
3. препознају потребу за кисеоником при оксидацији (сагоревање, корозија); упоређују релативну тежњу познатих супстанци да подлежу овим реакцијама (на пример, сагоревање бензина у односу на воду, корозија челика у односу на алуминијум);
4. препознају да се при неким хемијским реакцијама ослобађа топлота, а при неким троши; класификују познате хемијске реакције на оне при којима се топлота ослобађа и оне при којима се апсорбује (на пример, горење, неутрализација, кување).

Наведена очекивања у вези са садржајем проверавана су на три нивоа: на нивоу знања, на нивоу примене и на нивоу резоновања.

Ниво **знање** обухвата научне чињенице потребне за успешно испуњавање сложенијих захтева, обухвата процедуре и појмове. Задацима на овом нивоу тражи се присећање и препознавање научно тачне тврдње, знање термина, чињеница, информација, симбола, јединица и процедура, као и избор илустративних примера чињеница или појмова. Овај ниво подразумева и одговарајући избор апаратура, опреме, инструмената и експерименталних операција у оквиру истраживања.

Други ниво, **примена**, усмерен је на способност ученика да примени знање и разумевање појмова у проблемским ситуацијама. TIMSS задаци овог нивоа захтевају упоређивање, разликовање, класификовање, објашњавање у светлу научних појмова или принципа. Задаци обухватају директну примену релација, једначина и формула у сличном контексту у коме су појмови учени. Обухваћени су квантитативни проблеми, који захтевају нумеричка решења, и квалитативни проблеми. Очекује се способност ученика да у објашњавању могу да користе и дијаграме или моделе да би илустровали структуру и односе.

Трећи ниво, **резоновање**, обухвата решавање нових проблемских ситуација у сложеном контексту и које се изводи у више корака.

Кроз наведене садржаје и нивое „провучени“ су захтеви који се односе на способности планирања истраживања, објашњавања експерименталних резултата и извођење закључака.

Осмаци који су били обухваћени TIMSS 2007 испитивањем школске 2006/07. године хемију су учили према наставном програму из 2001. године (Службени гласник, 2001). Када се упореде оперативни задаци из тог наставног програма са приказаним очекивањима у вези с три теме у оквиру TIMSS 2007 испитивања, уоч-

Табела 1. Процент тачних одговора на задацима на нивоу знања.

Број задатка	Тема	Опис захтева Од ученика се очекује да:	Процент ученика који су добили 1 поен или више	Процент ученика који су добили 2 поена или више
So42071	Класификација и састав супстанце	препознају модел који показује конфигурацију субатомских честица у атому	54,3	-
So42076		на основу дате формуле сумпорне киселине попуне табелу с подацима о броју атома сваког елемента у молекулу киселине	45,3	-
So42306		препознају дефиницију једињења	35,4	-
So42073		препознају хемијску формулу угљеник(IV)-оксида	93,6	-
So42065		препознају материјал који је најбољи проводник топлоте и електрицитета	75,8	-
So42068		препознају да је ваздух смеша	57,6	-
So22181	Својства супстанце	препознају да када се шећер раствори у води, молекули шећера и даље постоје, али у раствору	60,5	-
So32672		идентификују сирће као раствор киселине	68,2	-
So42095		препознају на основу описа промене боје индикатора да је дошло до неутрализације	60,0	-
So22183	Хемијска промена	са листе гасова препознају кисеоник као гас који изазива рђање	37,4	-
So22276		разликују у датом експерименталном извештају опажања од предвиђања, закључака, теорија или хипотеза	63,5	-
So42109		препознају да је кисеоник неопходан за сагоревање	68,5	-
So22208		препознају пример физичке промене	43,4	-
So42100		објашњавају која два запажања указују да је дошло до хемијске реакције	26,0	4,5
So42112		препознају хемијску промену током које се енергија апсорбује	39,7	-

ава се сагласност у очекивањима у оквиру заједничких области. Другим речима, TIMSS 2007 не обухвата теме/ садржаје чија обрада није била предвиђена наставним програмом хемије према коме су образовани испитивани ученици.

РЕЗУЛТАТИ УЧЕНИКА ИЗ СРБИЈЕ НА TIMSS 2007 ИСПИТИВАЊУ У ОБЛАСТИ ХЕМИЈЕ

TIMSS 2007 обухвата 41 задатак из области хемије, што представља 20% у односу на укупан број задатака у области природних наука (Olson *et al.*, 2008). Од тог броја задатака, 15 задатака је на нивоу знања (37% у односу на укупан број задатака из хемије), 16 задатака је на нивоу примене (39%) и 10 задатака је на нивоу резонанца (24%). Задаци су затвореног типа (вишеструки избор) и отвореног типа (навођење објашњења).

У табелама 1 – 3 описани су захтеви у задацима из хемије у оквиру три теме и наведени су проценти тачних одговора наших ученика. У табели 1 приказани су проценти тачних одговора на задацима из све три теме на нивоу знања, у табели 2 на нивоу примене и у табели 3 на нивоу резонанца. На задацима вишеструког избора ученици су добијали по један поен за тачан одговор, док су на задацима у којима се тражило објашњење, у неколико случајева, могли да добију по два поена за потпуно тачан одговор и један поен за делимично тачан одговор. Први проценат за сваки задатак у табелама 1 - 3 представља суму потпуно тачних и делимично тачних одговора на задацима за које је такво бодова-

ње предвиђено у кључу, док други проценат тачних одговора представља проценат ученика који су на тим задацима добили максималан број поена.

Од 41 задатка из хемије на TIMSS 2007 тестирању, 14 задатака је примењено и у претходном циклусу, тј. у оквиру испитивања TIMSS 2003. На слици 1 приказани су проценти тачних одговора на истим задацима у испитивањима 2003. године и 2007. године.

На нивоу знања највећи број ученика тачно је решио захтев из теме *Класификација и састав сујстијанце* (94% тачних одговора), а који се односио на препознавање формуле угљеник(IV)-оксида. У оквиру ове теме следећи захтев по успешности у решавању односи се на препознавање проводника топлоте и електрицитета међу понуђеним примерима (76% тачних одговора). Нешто више од половине ученика знало је да је ваздух смеша и препознало је модел који тачно приказује структуру атома. Одређивање броја атома сваког елемента у молекулу на основу задате формуле сумпорне киселине показало је да нешто више од половине ученика није савладао значење индекса у хемијским формулама. Најслабије решаван захтев на нивоу знања у оквиру теме *Класификација и састав сујстијанце* односио се на препознавање дефиниције једињења (35% тачних одговора) и поред двогодишњег учења својстава различитих једињења (према традицијом наставном програму у седмом разреду су обрађивана неорганска једињења – оксиди, киселине, хидроксици и соли, неметали и њихова једи-

њења, а у осмом се учило о металима и њиховим једињењима и о органским једињењима).

Од три задатка на нивоу знања из теме *Својства суйсџианце*, ученици су најуспешнији били у препознавању сирђета као раствора киселине (68%), док су приближно подједнако били успешни у решавању захтева који су се односили на процесе растварања и неутрализације (60%).

На нивоу знања најмањи број тачних одговора дат је у оквиру теме *Хемијске промене* (26%) за захтев да се издвоје запажања која указују да се десила хемијска реакција. Мали број ученика изабрало је кисеоник међу понуђеним гасовима, као гас који изазива рђање (37% тачних одговора). Исти задатак тачно је решаван од стране малог броја ученика и у претходном циклусу TIMSS тестирања (слика 1), проценат тачних одговора био је 32% (Шишовић, 2005). Показало се и да мање од половине ученика (43%) разликује примере физичке и хемијске промене. Нешто мање од 40% ученика препознаје хемијску реакцију током које се енергија апсорбује.

За све TIMSS задатке на нивоу знања се може рећи да се односе на базична знања из хемије (или базичну хемијску писменост) и да би их, према томе, требало да решава најмање 80% ученика, међутим, добијена је значајно другачија слика.

На нивоу примене ученици су најуспешније решавали задатак из теме *Класификација и састав суйсџианце*, а којим се захтевала примена знања да су метали добри проводници електричне струје (око 90% тачних одговора). Око поливине ученика успешно је класификовало примере супстанци у елементе, једињења и смеше. Нешто мање од половине ученика изабрало је мапу појмова која најбоље представља однос између молекула, атома, протона, неутрона и електрона. Такође, нешто мање од половине ученика изабрало је одговарајуће представљање структуре молекула воде. Као и у претходном циклусу TIMSS тестирања и у овом се показало да наши ученици, без обзира што уче различите класификације, нису у стању да препознају критеријум према коме је класификација направљена. Процент ученика који су тачно решили тај захтев 2007. године био је 36%, а 2003. године 35% (слика 1).

Проценти тачних одговора на задацима на нивоу примене показали су да иако су ученици о својствима метала учили у осмом разреду, веома мали број њих (17%) може да наведе својство на основу кога се може идентификовати да ли је нека супстанца метал. Овај задатак је био и у претходном циклусу TIMSS тестирања и такође је мали број ученика тачно одговорио (13%). Као и у претходном циклусу, и у овом циклусу се показало да мали број ученика примењује знање о густини у објашњавању. Задатак, за који би се такође

Табела 2. Процент тачних одговора на задацима на нивоу примене.

Број задатка	Тема	Опис захтева Од ученика се очекује да:	Процент ученика који су добили 1 поен или више	Процент ученика који су добили 2 поена или више
So32683	Класификација и састав супстанце	препознају да је електрична проводљивост критеријум за класификовање материјала у две групе	36,3	-
So42228C		издвојену информацију користе за израчунавање масе злата у накиту	24,8	-
So32502		препознају која слика најбоље приказује структуру молекула воде	43,2	-
So42063		препознају материјал који се може користити да се затвори струјно коло	89,7	-
So42305		класификују супстанце у елементе, једињења и смеше	53,0	22,9
So32579		препознају мапу појмова која најбоље приказује честичну структуру супстанце, почев од молекула, атома до субатомских честица (протона, неутрона и електрона)	46,7	-
So32570		идентификују својства метала и опишу како се та својства могу користити за одређивање да ли је непозната супстанца метал или нематал	17,4	-
So42064		препознају мапу појмова која најбоље приказује честичну структуру супстанце, почев од молекула, атома до субатомских честица (протона, неутрона и електрона)	46,7	-
So42400	објасне зашто лед остаје дужи на дрвеној посуди него на металној	5,1	-	
So42088	Својства супстанце	у контексту истраживања идентификују који је од два раствора разблаженији и докажу избор	54,7	-
So42094		примењују знање о ширењу воде током замрзавања за објашњавање зашто боца напуњена водом пуца када се остави у фризу	26,1	-
So42106	Хемијска промена	примењују знање о одржању масе током хемијске реакције у објашњењу шта се дешава при настајању нове супстанце	20,2	-
So42101		објашњавају да хемијска промена у млеку изазива промену боје плаве лакмус хартије у црвено	21,7	-
So32679		наведу једно запажање које показује да се током хемијске реакције енергија ослобађа	13,1	-
So42110		у контексту истраживања идентификују услове под којима ће ексер најбрже рђати	82,6	-
So32056		објасне зашто се балон надува када се помеша сода бикарбона и сирђе	19,7	-

могло рећи да је део базичне хемијске писмености, а који се односи на објашњење зашто уље плива на води, тачно је решило свега 15% ученика.

Резултати показују да око или нешто више од једне петине ученика може да објасни зашто боца напуњена водом пуца када се остави у замрзивачу, каква се промена дешава са млеком када се остави да стоји, или да примени знање да укупна маса супстанци пре и после хемијске реакције остаје непромењена (Закон о одржању масе). Лабораторијско добијање угљеник(IV)-оксида предвиђено је програмом и у уџбенику је описан оглед добијања угљеник(IV)-оксида у реакцији између соде бикарбоне (натријум-хидрогенкарбоната) и сирћета (етанске киселине). Међутим, нешто мање од петине ученика је навело објашњење у задатку који се односи на ову реакцију. У претходном циклусу овај задатак је решило 15% ђака. На нивоу примене најслабије је решавањем задатак у коме је требало применити знање које супстанце добро проводе топлоту, а које не (5% тачних одговора).

На нивоу резоновања проценат тачних одговора креће се у интервалу од 73% до 7%. Најуспешније решавањем захтев односи се на идентификовање супстанци (гвожђе, вода и кисеоник), на основу табеларно датих

својстава. Најслабије решавањем захтев односи се на описивање поступака за раздвајање састојака задате смеше. Већина захтева на нивоу резоновања дефинисана је у контексту истраживања, тј. обухвата опис поставке експеримента и добијене резултате, а очекују се објашњења и закључци. Следећи задатак илуструје такве захтеве (TIMSS 2007 User Guide for the International Database, 2009). На једном делу овог задатка (So42232B) постигнут је и најмањи број тачних одговора на нивоу резоновања.

Слични резултати наших ученика у два циклуса TIMSS тестирања указују да се није много променио контекст у коме се одвијала настава и учење хемије у периоду од 2003. до 2007. године.

TIMSS 2007 УПИТНИК – АКТИВНОСТИ НАСТАВЕ И УЧЕЊА ХЕМИЈЕ У СРБИЈИ

TIMSS испитивање обухвата и прикупљање података путем упитника да би се сагледали услови у којима се постижу резултати учења добијени на тесту. Упитнике попуњавају ученици, њихови наставници и директор школе. У Србији је упитнике попуњавало 227 наставника хемије. У табели 4 приказана је учесталост

Табела 3. Процент тачних одговора на задацима на нивоу резоновања.

Број задатка	Тема	Опис захтева Од ученика се очекује да:	Процент ученика који су добили 1 поен или више	Процент ученика који су добили 2 поена или више
So32565	Класификација и састав супстанце	на основу делимично попуњене табеле у којој су наведени подаци о чистој води и раствору соли, објашњавају како се додаток соли одражава на густину раствора	14,0	-
So42232A		у контексту истраживања густине интерпретирају табеларно приказане примењене методе мерења масе од стране четири групе и објасне зашто се резултати разликују	40,9	-
So42232B		у контексту истраживања густине, објасне зашто два приступа мерењу запремине празне конзерве дају различите резултате	7,1	-
So42232C		као део истраживања густине метала конзерве, интерпретирају податке из табеле о маси, запремини и густини у циљу идентификовања методе којом је одређена густина метала од кога је направљена конзерва.	37,1	-
So32680		на основу табеларно наведених физичких својстава идентификују гвожђе, воду и кисеоник	73,2	53,5
So42228A		у контексту истраживања садржаја злата у накиту описују мерење у коме користе мензур и воду да би одредили запремину накита	10,6	-
So42228B		у описаном контексту истраживања састава злата за накит, издвоје информације из табеле у којој су наведена својства легура злата и допуне табелу с подацима о густинама легура злата одређеног броја карата и процентуалне заступљености злата	36,5	-
So42083	Својст. супст.	опису кораке раздвајања соли из смеше соли, земљишта и лишћа и објасне сваки корак	6,7	1,6
So32156		препознају график који показује утицај температуре на растворљивост шећера у води	28,5	-
So42104	Хемијска промена	примењују знање о одржању масе на реакцију неутрализације (када се помешају HCl и NaOH) у циљу објашњења шта се дешава са масом приликом грађења нове супстанце	16,1	-

појединих активности на часовима хемије према изјавама наставника.

Фреквенције одговора наставника хемије показују да већина наставника тек на неким часовима демонстрира огледе. Такође, преко 70% наставника тек на неким часовима организује наставне ситуације у којима ученици планирају и изводе експерименте, самостално или у групи. Ретко практиковање таквих активности може утицати да постигнућа наших ученика буду ниска на свим TIMSS задацима у којима је описан експеримент и резултати, а очекује се анализирање података, уочавање правилности, формулисање објашњења и извођење закључака (као, на пример, у задатку S042232).

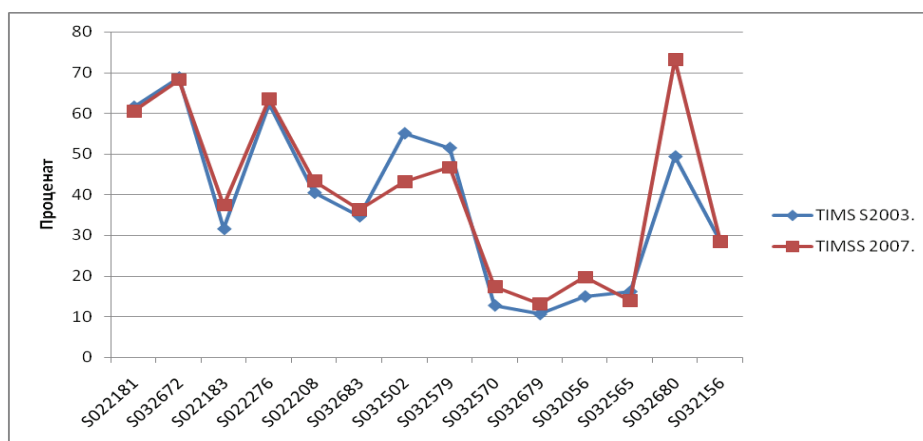
Одговори наставника показују да су ретке и ситуације када ученици на часу користе уџбеник и друге изворе. Недостатак таквих активности утиче на развијање способности коришћења различитих извора, као припрема за учење током целог живота.

С друге стране, одговори наставника показују да су много чешће ситуације у којима ученици меморишу чињенице и решавају рутинске задатке. Охрабрујући је податак да око 80% наставника на половини часова и више очекује од ученика да објашњавају и повезују градиво хемије са свакодневним животом. Нажалост, резултати на тесту не подржавају тај податак.

Од бројних података са упитника издвојићемо још одговоре око 64% наставника да незаинтересованост ученика утиче донекле или много на квалитет наставе. Слично виђење наставника је и о утицају дисциплине на квалитет наставе, што значи да већина има проблем да мотивише ученике да уче хемију, као и у регулисању дисциплине на часу.

ЗАКЉУЧАК

TIMSS 2007 испитивање у оквиру природних наука обухватило је 41 задатак из хемије. Постигнућа ученика



Слика 1. Проценти тачних одговора на истим TIMSS задацима 2003. и 2007. године

Табела 4. Очекиване активности ученика на часовима хемије.

Колико су честе следеће активности на часовима хемије?	Скоро на сваком часу		Отприлике на половини часова		На неким часовима		Никада	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Посматрају природне појаве и бележе оно што виде.	19	8,4	27	11,9	158	69,6	19	8,4
Посматрају ме како демонстрирам експеримент.	20	8,8	65	28,6	132	58,1	7	3,1
Припремају или планирају експеримент или истраживање.	3	1,3	12	5,3	163	71,8	46	20,3
Изводе експеримент или истраживање.	2	0,9	7	3,1	173	76,2	42	18,5
Раде заједно у малим групама на експерименту или истраживању.	2	0,9	13	5,7	168	74	40	17,6
Читају из својих уџбеника или другог извора.	23	10,1	20	8,8	156	68,7	25	11,0
Меморишу чињенице и принципе.	73	32,2	56	24,7	74	32,6	18	7,9
Користе научне формуле и законе при решавању рутинских проблема.	81	35,7	70	30,8	69	30,4	4	1,8
Објашњавају оно што уче.	118	52,0	66	29,1	40	17,6	0	0,0
Научено градиво из предмета природних наука доводе у везу са свакодневним животом.	130	57,3	49	21,6	44	19,4	2	0,9

S042232A

На часу хемије ученици су добили задатак да одреде густину метала од којег је направљена конзерва у којој се налази газирано пиће. Формиране су четири групе. Свака група је добила конзерву са газираним пићем и задатак да одреди густину.

Пошто су све групе завршиле рад, презентовале су резултате као што је приказано у табели ниже.

	Група А	Група Б	Група В	Група Г
густина (g/cm^3)	1,04	0,04	2,77	1,05

Разред је био изненађен што се резултати о густини метала од којег је направљена конзерва толико разликују. Размотрили су методе како је свака група одређивала масу и запремину.

Табела 1 показује како је свака група одређивала масу.

Табела 1. Маса.

Група	Метод	Маса (g)
А	Користили смо вагу да би измерили масу конзерве са газираним пићем.	389,30
Б	Отворили смо конзерву и испразнили је. Користили смо вагу да би измерили масу конзерве.	13,85
В	Отворили смо конзерву и испразнили је. Користили смо вагу да би измерили масу конзерве.	13,85
Г	Користили смо вагу да би измерили масу конзерве са газираним пићем.	389,30

А. Објасните зашто су групе А и Г и групе Б и В измериле различите масе.

S042232B

Б. Табела 2 показује како је свака група одредила запремину конзерве са газираним пићем.

Табела 2. Запремина

Група	Метод	Запремина (cm^3)
А	Сипали смо воду у чашу до запремине од 1400 cm^3 . Неотворену конзерву смо спустили у чашу. Потонула је. Ниво воде је био 1776 cm^3 .	376,00
Б	Сипали смо воду у чашу до запремине од 1400 cm^3 . Спустили смо испразњену конзерву с отвором на доле у чашу. Одржавали смо конзерву испод воде гурајући је помоћу оловке. Ниво воде је био 1776 cm^3 .	376,00
В	Сипали смо воду у чашу до запремине од 1600 cm^3 . Спустили смо испразњену конзерву у чашу с отвором на горе. Гурнули смо конзерву и видели мехуриће како излазе из конзерве. Када више није било мехурића и конзерва је потонула на дно, ниво воде је показивао запремину од 1605 cm^3 .	5,00
Г	Отворили смо конзерву и помоћу мензуре измерили запремину газiranог пића.	371,00

Групе Б и В су мериле запремину испразњене конзерве. Објасните зашто се њихови резултати разликују.

S042232C

В. У табели ниже приказани су резултати мерења масе и запремине и одређивања густине у свакој групи.

Група	А	Б	В	Г
Маса (g)	389,30	13,85	13,85	389,30
Запремина (cm^3)	376,00	376,00	5,00	371,00
Густина (g/cm^3)	1,04	0,04	2,77	1,05

На основу примењеног метода, која група је одредила густину метала од кога је направљена конзерва?

- А) Група А
- Б) Група Б
- В) Група В
- Г) Група Г

испитана су у домену знања, примене и резоновања у оквиру тема *Класификација и састав суспензије, Својства суспензије и Хемијске промене*. У просеку, наши ученици су успешније решавали задатке на нивоу знања, затим задатке на нивоу примене и на крају задатке на нивоу резоновања. Иако наставни програм хемије у Србији по обиму превазилази TIMSS очекивања из хемије, испитивање је показало да наши ученици нису савладали основна својства супстанци, да их не повезују с практичном применом супстанци, као и да на основу својстава не могу класификовати супстанце. Боља постигнућа могла би се очекивати на основу изјаве око 80% наставника да на око половини часова и више од ученика очекују активности као што су објашњавање и повезивање градива хемије са свакодневним животом.

Посебно је низак проценат тачних одговора на задацима у којима је требало објаснити резултате добијене у описаном експерименту и извести закључак. Одговори наставника хемије на упитнику показују да већина тек на неким часовима демонстрира огледе, као и да преко 70% на неким часовима организује наставне ситуације у којима ученици планирају и изводе експерименте, самостално или у групи. Без таквих активности на часу не може се очекивати успешност у препознавању доказа да је дошло до хемијске реакције или успешност у анализирању података, уочавању правилности, формулисању објашњења и извођењу закључака.

С обзиром да је Србија 2007. године по други пут учествовала у TIMSS испитивању, упоређивање постигнућа наших ученика на истима задацима (14 зада-

така је поновљено) у два циклуса показало је да су она слична. С обзиром да су тестирани осмаци 2007. године завршавали основну школу према истом наставном програму хемије и сличним осталим условима као и тестирани ученици у претходном циклусу, добијени резултати указују да такви услови за учење не могу обезбедити значајније боље резултате.

ЛИТЕРАТУРА

1. Martin, M. O., Mullis, I. V.S., Foy, P. in collaboration with Olson, J. F., Erberber, E., Preuschoff, C., Galia, J. (2008). *TIMSS 2007 International Science Report: Findings from IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the Fourth and Eighth Grades*, International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA), Publisher: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College
2. Mullis, I.V.S., Martin, M.O., Ruddock, G.J., O'Sullivan, C. Y., Arora, A. & E. Erberber (2005). *TIMSS 2007 Assessment Frameworks*, Publisher: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College
3. Olson, J.F., Martin, M.O., & Mullis, I.V.S. (Eds.). (2008). *TIMSS 2007 technical report*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.

4. Шишовић, Д. (2005). *Посејићуће ученика из хемије, TIMSS 2003 у Србији*, Институт за педагошка истраживања, Београд, стр. 215-245
5. TIMSS 2007 User Guide for the International Database, (2009). Edited by Pierre Foy, John F. Olson, International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA), Publisher: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College

Abstract

TIMSS 2007 - RESULTS OF TEACHING AND LEARNING CHEMISTRY IN SERBIA

Dragica TRIVIĆ

Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) is international comparisons of student achievement in mathematics and science on a regular four-year cycle. TIMSS assesses achievement in mathematics and science at the fourth and eighth grades and collects a rich array of background information to address concerns about school resources and the quality of curriculum and instruction. Serbia participated in the previous two cycles of TIMSS survey, 2003 and 2007. In both cycles the average achievement of students from Serbia were significantly lower than the TIMSS scale average. This paper presents detailed consideration of achievements in chemistry domain.



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

КОРИСНИ И ЗАНИМЉИВИ САЈТОВИ

Након неколико бројева без рубрике **Хемија на интернету** због презаузетости аутора, настављамо са објављивањем чланака приказом неколико корисних и неколико интересантних и необичних сајтова.

Почињемо са описом сајта *Chempedia* (<http://chempedia.com>), бесплатним и отвореним сервисом за идентификацију и именовање хемијских супстанци. Садржај сајта, велику базу података супстанци, креирају сви који то желе, након претходне регистрације. Сви садржаји су доступни свакоме ко посети сајт, може их користити, преузимати, али и ревидирати или кориговати. Сервис су основали и одржавају га волонтери из целог света, али сви садржаји на сајту су подвргнути строгим и компетентним рецензијама, те се могу сматрати валидним и поузданим.

Са основне странице сајта може се претраживати база по додељеном ID броју или по имену, или се цела база од 895 једињења колико их је било почетком септембра 2010. године, може прегледати хронолошки - од најновије пријављене ка најстаријој. За сваку супстан-

цу је познато ко ју је унео у базу, а уколико желите можете преко сервиса ступити у контакт са аутором сваког уноса.

На основној страници се налазе и линкови ка страницама

- New Substance - за унос нове супстанце (након пријаве, односно претходне регистрације),
- Structure Search – страница за претраживање базе на основу унете структуре супстанце (уз помоћ апликације за цртање структура) и
- Users – страница са подацима о свим корисницима сајта. Свака активност на сајту се бодује и доприноси репутацији корисника, која се изражава бројчано (тај број је приказан уз име сваког регистрованог корисника сајта). Када смо посетили сајт било је 162 регистрована корисника а највећу репутацију је имао извесни Muhamad A. Martoprawiro (2705 поена), што је заслужио са 168 пријављених супстанци, 296 именовања или коментара на

именовања супстанци и све то током 188 регистрованих посета сајту.

На страници <http://chempedia.com/about/peer-review> могу се пронаћи све информације о начину предлагања садржаја и о коришћењу сајта.

Са основне странице може се приступити и другом сајту који желимо да представимо: **Chempedia Lab** (<http://lab.chempedia.com>). Преносимо само поднаслов: *Месито за питања и одговоре о експерименталној хемији*, из којег је сасвим јасно о каквом се сајту ради. Све основне информације о сајту и начину како функционише налазе се на страници са одговорима на најчешћа питања: <http://lab.chempedia.com/faq>.

Оба представљена сајта су производи компаније **Metamolecular** (<http://metamolecular.com>), која покушава да унапреди презентацију хемије путем интернета. Можда ће профил компаније најбоље описати следећих пар реченица са њихове странице <http://metamolecular.com/websites>: *It's a tough problem - Web developers don't know chemistry. Desktop software vendors don't know Web development. You need a company that knows both chemistry and the Web...* Намерно нисмо преводили текст јер би сваки превод утицао на суштину изреченог.

Поред два описана сајта, компанија је развила и три софтвера намењена управо лакшем приказу хемијских садржаја и лакшој комуникацији хемичара на Интернету:

CHEMWRITER - Web-Based Structure Editor

У питању је едитор хемијских структура за интернет сајтове. Једноставан и прилично лак за употребу омогућава ауторима хемијских сајтова приказ хемијских структура на интернет страницама.

PLEX - Rapid Chemistry Web Development

Plex је платформа за израду и функционисање база података на Интернету. Омогућава претрагу хемијских структура, графичких приказа структура и регистрацију супстанци у HTTP-у^{a} . *Plex* је у основи горе описане *Chempedia-e*.

MX - High-Performance Cheminformatics

Моћан алат написан и *Java* програмском језику који омогућава читљивост, едитовање и претрагу хемијских структура. Чини основу **ChemWriter**-а и **Plex**-а. У питању је отворени софтвер који омогућава како унос тако и експорт различитих фајлова.

Више детаља о сва три производа на страници: <http://metamolecular.com/software>.

Иста компанија је покренула и два блога. Први је посвећен њиховим производима и сервисима и носи назив **Metamolecular Products Blog** (<http://products.metamolecular.com>). Као што се може и претпоставити, у питању су коментари, питања и одговори у вези коришћења производа компаније, као и размена искустава корисника.

Други блог, *Zusammen* (<http://zusammen.metamolecular.com>) је општег типа и посвећен је, како у његовом поднаслову стоји, хемији, вебу и комуникацијама. Дobar део садржаја, постова и коментара на блогу везан је за саму компанију *Metamolecular* и њене активности. У тренутку када смо ми посетили блог, актуелан је био завршетак такмичења **Chempedia Lab Contest**, у оквиру кога су награђени најактивнији регистровани корисници сервиса *Chempedia Lab*.

По нама, највреднији (уједно и највећи) део овог блога чини серија постова под насловом **64 бесплатне хемијске базе података** (*Sixty-Four Free Chemistry Databases*). Сваки од наставака (у тренутку када смо ми посетили сајт објављена су 32, но последњи још у октобру 2009. године), детаљно представља једну хемијску отворену интернет базу података, са описом садржаја, начинима претраге и приступа подацима. У питању су најразноврсније базе података из свих области хемије, од спектроскопије, преко биохемије, хемијске синтезе до нпр. базе *Pherobase* (<http://pherobase.com>), која саржи податке о интеракцијама одређених молекула, биљака и инсеката.

У другом делу овог чланка представимо три комерцијална сајта који у основи нису хемијски, али два од њих су инспирисана хемијом, а један директно асоцира на хемију (бар је нас асоцирао).

Први, под именом

Made with molecules

(<http://www.madewithmolecules.com>) је On

Line продавница накита, модних детаља, одеће и поклончића инспирисаних науком, углавном хемијом. На сајту се могу купити, на пример, огрлица и минђуше у облику модела молекула естрогена, кафеина

или капсацина, или огрлица састављена од модела молекула различитих аминокиселина, сложених тако да симболи киселина (слова) чине различите појмове. Ево како изгледа огрлица на којој „пише“ НАУЧНИК:

Од осталих ситница поменућемо игле за кравате, шампањске чаше са угравираним приказом молекула етанола, боди мајице за бебе или дечје мајице са приказом молекула глукозе (шећеру мој), честитке са различитим мотивима. Да би видели комплетну понуду посетите сајт.

Испорука је могућа у целом свету, а цене за сваки артикал су приказане на сајту.

Сајт <http://www.thednastore.com> је сличан првоописаном сајту, али је све што се на њему може купити и/или видети инспирисано дезокси-рибонуклеинском киселином (DNA - Deoxyribonucleic acid). У понуди су накит, украси, одевни предмети, играчке, честитке, фигурице, постери и још много тога, све са мотивима хе-



^{a)} **HTTP** (енгл. *HyperText Transfer Protocol*) је мрежни протокол за комуникацију између сервера и клијента, који функционише по принципу *захтев/одговор*. Представља главни и најчешћи метод преноса информација на интернету.

ликаса или хромозома, или са ликовима особа или представама појмова везаних за DNA.

На сајту се може купити и ова шоља у облику пехара, хемијске чаше:



Испорука је могућа у целом свету, па и у Србији.

Трећи сајт, такође On Line продавница, продаје само један артикал: **Buckyballs**, комплет од 216 магнетних куглица које је могуће спајати и комбиновати на безброј начина. На сајту <http://www.getbuckyballs.com> постоји видео презентација производа са приказом како играчка функцио-



нише и шта се све од ње може направити. Већ први поглед на Buckyballs сугерише да су куглице идеално средство за конструисање 3D модела хемијских структура и молекула. Цена играчке је 29,95 америчких долара, а ако се наруче два комплета, испорука је бесплатна (нисмо сигурни да то важи и за прекоморске испоруке). Поред основне верзије у понуди су и златна, сребрна и црна верзија, које су 5 долара скупље. Уз играчку се испоручује и кутијица за ношење.



ВЕСТИ ИЗ СХД

ИЗВЕШТАЈ СА СВЕЧАНЕ СКУПШТИНЕ СРПСКОГ ХЕМИЈСКОГ ДРУШТВА

Свечана и Изборна скупштина Српског хемијског друштва одржана је 3.децембра 2010.године у Свечаној сали Српске академије наука и уметности у Београду.

Потпредседник Друштва Ж.Тешић отворио је Скупштину, поздравио присутне чланове, овогодишње лауреате и госте Друштва и дао реч председници Друштва И.Поповић.

Председница Поповић је, такође, поздравила присутне и у даљем обраћању подсетила на најзначајније активности Друштва у овој години и најавила бројне активности у следећој години, посебно у светлу обележавања 2011. године као Међународне године хемије. У наставку, председница је обавестила да је Друштво, у складу са важећим Законом о удружењима, регистровало свој Статут код Агенције за привредне регистре. У складу са Статутом, на данашњој Скупштини биће изабрани потпредседници, секретари, чланови Председништва, Управног одбора, Надзорног осбора, Жирија за медаље и Комисије за јавна признања Друштва. Прихваћен је предлог председнице Поповић да чланови Кандидационе комисије за избор потпредседника, секретара, чланова Председништва, Управног одбора, Надзорног осбора, Жирија за медаље и

Комисије за јавна признања Друштва, буду: Б.Николић, М.Гашић и Б.Шолаја. Чланови Комисије су се затим повукли да би саставили предлоге.

У наставку рада Скупштине, по традицији, прошлогодишњи добитници Медаље за трајан и изванредан допринос науци и Медаље за прегалаштво и успех у науци одржали су предавања, која ће бити објављена и у неком од наредних бројева «Хемијског прегледа».

Добитник Медаље за трајан и изванредан допринос науци за 2009. годину, Слободан Милоњић одржао је предавање о теми: "Хемија њовршина колоидних дисперзија неорганских оксида".

Добитник Медаље за прегалаштво и успех у науци за 2009.годину, Драган Манасијевић одржао је предавање о теми: "Прорачун фазних дијаграма вишекомпонентних металних материјала CALPHAD методом".

Након одржаних предавања, председница Поповић је подсетила на одредбу Статута која каже да Скупштина правоснажно доноси одлуке ако је присутна половина укупног броја чланова, али, након 30 минута од заказаног времена почетка рада, Скупштина правоснажно доноси одлуке са присутним бројем чланова. Како је и овај услов

испуњен, председница је дала реч Р.Баошић, која је у име Комисије за јавна признања, известила о овогодишњим наградама и признањима Друштва.

Студентска признања – специјално признање и годишња награда – намењена су најбољим дипломираним студентима хемије и хемијске технологије на Универзитетима у Србији, који су, према Правилнику о наградама СХД, дипломирали у времену од 1. јула претходне године до 30. јуна текуће године са просечном оценом изнад 9. Награђени студенти добијају двогодишње бесплатно чланство у Друштву и двогодишњу претплату на *Journal of the Serbian Chemical Society*.

За ову годину **носиоци специјалног признања** су:

- **Тина Камчева**, Факултет за физичку хемију, Београд – 9,77
 - **Зоран Ристановић**, Факултет за физичку хемију, Београд – 9,90
 - **Владимир Марковић**, Факултет за физичку хемију, Београд – 9,97
 - **Бојана Исаиловић**, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,08
 - **Марија Винчић**, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,16
 - **Горица Иваниш**, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,19
 - **Драгана Бркић**, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,28
 - **Марко Ђокић**, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,28
 - **Аница Ланцушки**, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,32
 - **Марија Стојиљковић**, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,36
 - **Ана Алил**, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,55
 - **Виолета Пауновић**, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,59
 - **Ана Обрадовић**, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,78
 - **Даница Ђуровић**, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,47
 - **Анига Леовац**, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,58
 - **Даница Радмановац**, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,74
 - **Мирјана Лаловић**, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,75
 - **Бојана Кравић**, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,83
 - **Анига Видаковић**, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,17
 - **Јасмина Вигас**, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,18
 - **Наташа Недељковић**, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,23
 - **Далиборка Јамбрец**, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,53
 - **Урош Милић**, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,74
 - **Дајана Хрњез**, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,79
 - **Олга Борога**, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,80
 - **Драгана Трајковић**, Природно-математички факултет, Ниш – 9,16
 - **Ана Милтојевић**, Природно-математички факултет, Ниш – 9,76
 - **Игор Матијашевић**, Хемијски факултет, Београд – 9,33
 - **Никола Лончар**, Хемијски факултет, Београд – 9,50
 - **Милица Миленковић**, Хемијски факултет, Београд – 9,53
- Добитници годишње награде СХД**, признања које носи и новчану награду, су петоро најбољих студената и то по један са сваког факултета:
- **Марија Стојадиновић**, Хемијски факултет, Београд – 9,79
 - **Данијела Ђукић**, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,84
 - **Марија Денић**, Природно-математички факултет, Ниш – 9,96
 - **Дамјан Вучуровић**, Технолошки факултет, Нови Сад – 10,00
 - **Љиљана Стојановић**, Факултет за физичку хемију, Београд – 10,00
- Финансијски део награде и за ову годину обезбедили су Природно-математички факултет и Технолошки факултет Универзитета у Новом Саду, на чему СХД захваљује деканима ових Факултета.
- Друга група признања је проглашавање **заслужних и почасних чланова СХД**, које се стиче преданом активношћу у Друштву и у доприносима у области хемије.
- Ове године за **почасног члана** изабрана је **Снежана Бојовић**, а за **заслужне чланове** изабране су: **Гордана Вучковић**, **Весна Мишковић-Станковић** и **Олгица Недић**.
- У 2010. години СХД је доделило **Захвалнице** домаћинима Републичког такмичења из хемије и то:
- **Основној школи «Коста Трифковић» у Новом Саду** као знак признања за подршку организацији Републичког такмичења из хемије за ученике основних школа и
 - **Хемијско-технолошкој школи у Крушевцу** као знак признања за подршку организацији Републичког такмичења из хемије за ученике средњих школа.
- Додељена су и овогодишња научна признања Друштва за допринос развоју хемијске мисли у нас:
- **Ружици Ковачевић – Медаља за изванредне резултате у настави**, као израз признања за изузетно успешну активност у ширењу хемијских знања и популаризацији хемије међу ученицима наших средњих школа
 - **Љубинки Рајаковић – Медаља за изузетан допринос примени науке у индустрији**, као израз признања за резултате у примени поступка за идентификацију и одстрањивање загађивача у води и ваздуху
 - **Наташи Божић – Медаља за прегалаштво и успех у науци**, као израз признања за резултате постигнуте у изоловању, карактеризацији и примени ензима
 - **Ивану Јурањићу – Медаља за трајан и изванредан допринос науци**, као израз признања за научна достигнућа у области физичке органске хемије
- У оквиру подсећања на историју хемије, Д.Тривић је прочитала пригодан текст који је припремила С.Бојовић.
- Председница Поповић је честитала свим добитницима награда и признања Друштва и подсетила да ћемо

наредне године на Свечаној скупштини чути предавања данашњих добитника Медаље за трајан и изванредан допринос науци и Медаље за прегалаштво и успех у науци, Ивана Јурањића и Наташе Божић.

У наставку, председница је дала реч Б.Шолаји да у име Кандидационе комисије изнесе предлоге за избор потпредседника, секретара, чланова Председништва, Управног одбора, Надзорног осбора, Жирија за медаље и Комисије за јавна признања Друштва.

Б.Шолаја је прочитао предлоге Кандидационе комисије и чланови Скупштине прихватили су да за мандатни период од две године за **потпредседнике** буду изабрани: Вера Дондур и Живослав Тешић; за **секретаре** Рада Баошић и Славица Ражић.

У складу са Статутом, изабрано је 19 чланова **Председништва**: Иван Гутман, Богдан Шолаја, Биљана Абрамовић, Иван Јурањић, Љуба Мандић, Весна Мишковић-Станковић, Слободан Петровић, Душан Сладић, Влатка Вајс, Софија Совиљ, Радо Марковић, Драгица Тривић, Мирослав Врвић, Велизар Станковић, Бранимир Јованчићевић, Ђорђе Јанаћковић, Славко Кеврешан, Бојан Радак и Игор Опсеница.

У складу са Статутом, по функцији, Председништво чине: Иванка Поповић, председник, Вера Дондур, потпредседник, Живослав Тешић, потпредседник, Горан Бошковић, председник СХД-ХДВ, Рада Баошић, секретар, Славица Ражић, секретар, Бранислав Николић, уредник JSCS и Ратко Јанков, уредник ХП.

Такође, Председништво чине и делегирани представници СХД Хемијског друштва Војводине: Љиљана Јовановић, Светолик Илић, Иван Вранић, Драгослав Стојиљковић и Вера Ђирин-Новта.

У складу са Статутом Друштва, на седнице Председништва позивају се и почасни председници Друштва и чланови претходних Председништава који искажу вољу за активним учествовањем у раду Председништва. На тај начин формира се проширено Председништво кога чине: Теодор Аст, Живорад Чековић, Мирослав Гашић, Илија Илић, Јован Јовановић, Убавка Миоч, Боривоје Мишковић, Владимир Павићевић, Душанка Петровић-Ђаков, Драган Синадиновић, Јован Величковић, Драгомир Виторовић, Милан Дабовић, Братислав Јовановић, Драган Марковић, Снежана Бојовић, Душан Унковић и Слободан Милоњић.

За чланове **Управног одбора**, такође, за мандатни период од две године, изабрани су: Олга Цветковић, Милица Мојашевић, Александра Перић-Грујић, Горан Роглић, Ђорђе Јанаћковић, Мирјана Кијевчанин, Зорица Кнежевић-Југовић, Љуба Мандић, Драган Марковић, Радо Марковић, Драгана Миличић, Слободан Милоњић, Александар Декански, Олгица Неђић, Владимир Панић, Владимир Павићевић, Вјера Пејановић, Иван Гутман, Бојан Радак, Слободан Шербановић, Драгица Тривић, Софија Совиљ, Слободанка Станковић, Душан Унковић, Влатка Вајс, Весна Васић, Снежана Зарић, Игор Опсеница, Љубинка Рајковић, Небојша Николић, Томислав Гости, Бојана Обрадовић, Енис Џунузовић, Славко Менгус, Наталија Половић, Тања Ђирковић-Величковић, Мирослава Вујичић, Мелина Калагасидис-Крушић, Бранко Дуњић, Алексан-

дра Милутиновић-Николић, Александар Поповић, Ксенија Стојановић, Александра Зарубица, Милош Ђуран, Јасмина Николић, Милош Милчић, Милан Николић, Дејан Опсеница, Иванка Холцлајтнер-Антуновић, Љиљана Дамњановић, Мирослав Врвић, Весна Мишковић-Станковић, Слободан Петровић, Бранимир Јованчићевић и Игор Опсеница.

По Функцији, састав Управног одбора чине: Иванка Поповић, председник, Вера Дондур, потпредседник, Живослав Тешић, потпредседник, Горан Бошковић, председник СХД-ХДВ, Рада Баошић, секретар, Славица Ражић, секретар, Бранислав Николић, уредник JSCS и Ратко Јанков, уредник ХП.

У складу са Статутом Друштва, састав Управног одбора чине почасни председници и почасни чланови Друштва, делегирани представници СХД-ХДВ, председници или представници подружница, председници секција Друштва.

Почасни председници и почасни чланови Друштва: Драгомир Виторовић, Јован Величковић, Драган Веселиновић, Рајко Врачар, Бојана Грујић-Ињац, Милосав Драгојевић, Радмила Јовановић, Слободан Јовановић, Срђан Каменковић, Милица Мишић-Вуковић, Живорад Чековић, Мирослав Гашић, Бошко Павловић, Теодор Аст, Радослав Аџић, Боривоје Мишковић, Јован Јовановић, Душанка Петровић-Ђаков, Ружа Халаша, Мирјана Војновић-Милорадов, Иван Драганић, Ратко М. Јанков, Ференц Гал, Светолик Илијћ, Иван Вранић, Ерне Шван, Велизар Станковић, Богдан Шолаја, Милан Дабовић, Братислав Јовановић, Славко Кеврешан и Снежана Бојовић.

Делегирани представници СХД-Хемијског друштва Војводине: Милан Поповић, Вукадин Леовац, Биљана Абрамовић, Љиљана Јовановић и Ерне Киш.

Председници или представници подружница Друштва: Бор, Врање, Краљево, Крушевац, Лесковац, Горњи Милановац, Ниш, Ужице, Шабац, Параћин, Ваљево и Трстеник.

Председници секција Друштва: Секција за керамику, Секција за органску хемију, Секција за теоријску хемију, Наставна секција, Секција за хемијско инжењерство, Секција за хемију и технологију влакана и текстила, Секција за аналитичку хемију, Металуршка секција, Секција за хемију и технологију макромолекула, Спектрохемијска секција, Електрохемијска секција, Секција за хемију и заштиту животне средине, Секција за хемију и технологију коже, Секција за медицинску хемију, Секција за молекуларну науку о храни.

За чланове Надзорног одбора изабрани су: Олга Цветковић, Бранимир Јованчићевић, Драгана Миличић, Ђорђе Јанаћковић и Драган Веселиновић.

За чланове Комисије за јавна признања изабрани су: Рада Баошић, секретар Друштва је председник Комисије, Душан Сладић, Вера Дондур, Славко Кеврешан и Живорад Чековић.

За чланове Жирија за медаље изабрани су: Иванка Поповић, председник Друштва је председник Жирија, Иван Гутман, Јован Јовановић, Мирослав Гашић и Бранислав Николић.

Рада Баошић

ОСАМДЕСЕТ ГОДИНА ЖИВОТА И ПЕДЕСЕТ ГОДИНА УСПЕШНОГ РАДА ПРОФЕСОРА ДРАГАНА ВЕСЕЛИНОВИЋА

Осамдесет година живота и педесет година успешног рада у академском образовању, науци и бројним друштвеним активностима јесте јубилеј вредан пажње и поштовања. То је истовремено и прилика да се бројни ученици, студенти, сарадници, колеге и пријатељи професора Драгана Веселиновића подсети на нека достигнућа и детаље из његовог живота и рада који и јесу разлог зашто, уз уважавање, помињемо овај јубилеј.

Четрдесет година активне универзитетске каријере (1956 – 1996) професора Веселиновића су повезане са Катедром - Институтом – Факултетом за физичку хемију Београдског универзитета, где је деловао у свим академским и управним звањима, од асистента до редовног професора и од Шефа катедре до Управника одсека.

На садашњем Факултету за физичку хемију, где ја започео и завршио свој активни академски стаж, учествовао је у извођењу и креирању наставе из више предмета и курсева. У области наставног и научног рада на матичном факултету његов кључни допринос је увођење заштите животне средине у наставне и истраживачке садржаје Факултета. Допринос професора Веселиновића у овој области и данас је јасно видљив на Факултету за физичку хемију, од написаних уџбеника и програма који су и даље основа за наставу, до наставних кадрова који су, скоро без изузетка, студенти, дипломци и докторанти професора Веселиновића.

Завршетком активне универзитетске каријере професор Драган Веселиновић није престао да учествује у академским активностима. Заједно са својим сарадницима објављује радове, учествује на научним скуповима пише уџбенике и друге књиге, учествује у комисијама за одбрану магистарски и докторских теза. Зато не треба да чуди што овакво дуга и интензивна активност, преточена у бројке, изгледа импресивно. Радови објављених у међународним часописима 57, домаћим 102, учешће на међународним скуповима 81 на домаћим 289. Заједно са сарадницима написао је 15 уџбеника за средњошколску и универзитетску наставу и још 4 друге књиге из опште стручне литературе. Руководио је са 12 и учествовао у реализацији знатно већег броја пројеката за потребе војних, привредних, научних и других државних организација и установа.

Поред наставе на матичном факултету Драган Веселиновић је учествовао и у настави на другим факултетима Београдског универзитета: Технолошко-металуршком, Факултету одбране и заштите, Центру за мултидисциплинарне студије. Био је и међу првим наставницима новооформљених универзитета у Приштини и Крагујевцу, где је више година изводио наставу

за коју је истовремено формирао и кадрове који ће касније ту наставу преузети. Овако обимна и разноврсна наставна активност дала је и запажене резултате и признања. То произилази из података да је под његовим руководством одбрањено 82 дипломска рада, 10 специјализација, 16 магистарских и 14 докторских теза. Добитник је плакета Природно-математичких факултета у Београду (1979. и 1982), Крагујевцу (1992) и Нишу (2002), као и повеће Центра за мултидисциплинарне студије у Београду (1982) за изузетан допринос у раду и развоју ових установа. Поред набројаних признања добитник је и Октобарске награде града Београда 1966. (заједно са Проф. Миленком Шушићем) и Ордена рада са златним венцем 1987. године.

Драган Веселиновић је члан Српског хемијског друштва од 1956. године, а први рад у часопису Друштва, тадашњем „Гласнику хемијског друштва“, са његовим именом међу ауторима, објављен је 1964. године, да би потом уследило још 93 рада у истом часопису. На Симпозијумима (домаћим и међународним) у организацији СХД објавио је 55 радова штампаним у пуном обиму и још 121 рад штампан у изводу. Био је веома активан у више комисија и органа друштва. Са колегама из Друштва оснивач је Секције за заштиту животне средине, која је од првих дана до данас једна од најактивнијих у СХД-у, а Драган Веселиновић је био њен дугогодишњи председник. У организацији ове секције одржана су, почев од 1985. године, више националних и два регионална симпозијума „Хемија и заштита животне средине“ на којима је проф. Веселиновић редовно био председник организационог (1 пут) или научног одбора (5 пута).

За свој рад у Српском хемијском друштву Проф. Веселиновић је добио вишеструка признања. Заслужни члан Друштва постао је 1993, почасни члан 1995, повељу за допринос раду и развоју СХД-а добио је 1997, а медаљу за трајан и изваредан допринос науци 2003. године.

Оно што трајно остаје код већине оних који су упознали и сарађивали са професором Драганом Веселиновићем су његове људске особине. Правичност, искрен интерес за потребе других, спремност да се помогне, увек више давања него очекивања да се на пружено узврати, стрпљивост, умереност и доследност у испољавању свих ових особина које на жалост све ређе срећемо у овом ужурбаном и егоцентричном свету.

Д. Марковић



ГОДИШЊИ САДРЖАЈ ЧАСОПИСА „ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД“

ПРИЧА СА НАСЛОВНЕ СТРАНЕ

Анкица ЈОВАНОВИЋ 150 ГОДИНА СПЕКТРОСКОПИЈЕ	2
---	---

ЧЛАНЦИ

Ратко М. ЈАНКОВ и Бранко Ј. ДРАКУЛИЋ <i>Ratko M. JANKOV and Branko J. DRAKULIĆ</i> ПЕДЕСЕТМИЛИОНИТИ МАЛИ МОЛЕКУЛ РЕГИСТРОВАН У CHEMICAL ABSTRACT-У, ИЛИ КАКО СЕ ПРЕТРАЖИВАЛА ХЕМИЈСКА ЛИТЕРАТУРА НЕКАДА И САДА <i>FIFTYMILLIONTH UNIQUE CHEMICAL SUBSTANCE RECORDED IN CAS, OR HOW CHEMICAL LITERATURE HAVE BEEN SEARCHED THEN AND HOW THIS LOOKS LIKE NOW</i>	3
---	---

Сања МРАЗОВАЦ, Мирјана ВОЈИНОВИЋ-МИЛОРАДОВ <i>Sanja MRAZOVAC, Mirjana VOJINOVIC-MILORADOV</i> МЕТАН У ВОДИ И ЊЕГОВ УТИЦАЈ НА ГЛОБАЛНО ЗАГРЕВАЊЕ <i>METHANE IN CAGE OF WATER CLUSTERS</i>	7
---	---

Душан ВЕЉКОВИЋ, Гордана Н. ВУЧКОВИЋ <i>Dušan VELJKOVIĆ, Gordana N. VUČKOVIĆ</i> МИНЕРАЛИ У ИСХРАНИ <i>MINERALS IN NUTRITION</i>	14
--	----

Јиржи БАРЕК, Ференц Т. ПАСТОР/ <i>Jirži VAREK, Ferenc T. PASTOR</i> ПОЛАРОГРАФИЈА И ВОЛТАМЕТРИЈА НА ЖИВИНИМ ЕЛЕКТРОДАМА – НЕКАДА, САДА И У БУДУЋНОСТИ <i>POLAROGRAPHY AND VOLTAMMETRY AT MERCURY ELECTRODES – PAST, PRESENT AND FUTURE</i>	30
--	----

Стеван Н. БЛАГОЈЕВИЋ, Небојша И. ПОТКОЊАК, Десанка Ж. СУЖЊЕВИЋ, Бранислав Р. СИМОНОВИЋ <i>Stevan N. BLAGOJEVIĆ, Nebojša I. POTKONJAK, Desanka Z. SUZNJEVIC, Branislav R. SIMONOVIC</i> ДЕТЕРГЕНТИ: ИСТОРИЈАТ И РАЗВОЈ <i>DETERGENTS: HISTORY AND DEVELOPMENT</i>	39
---	----

Горан АНГЕЛОВСКИ/ <i>Goran ANGELOVSKI</i> МАГНЕТНА РЕЗОНАНЦА: ОСНОВИ, КОНТРАСТНА СРЕДСТВА И НОВИ ТРЕНДОВИ <i>MANGNETIC RESONANCE IMAGING: FUNDAMENTALS, CONTRAST AGENTS AND NOVEL TRENDS</i>	47
--	----

Бранислав НИКОЛИЋ/ <i>Branislav NIKOLIĆ</i> ТИТАН, ОКСИДИ, ЕЛЕКТРОКАТАЛИЗА И СУПЕРКАПАЦИТИВНОСТ <i>TITANIUM, OXIDES, ELECTROCATALYSIS, SUPERCAPACITANCE</i>	58
---	----

Владимир ПРОКОПОВИЋ, Горан ТОМИЋ/ <i>Vladimir PROKOPOVIC, Goran TOMIC</i> НОБЕЛОВА НАГРАДА ЗА ХЕМИЈУ 2009: Структура и функција рибозома <i>THE NOBEL PRIZE IN CHEMISTRY 2009. STRUCTURE AND FUNCTION OF THE RIBOSOME- The key to life at the atomic level</i>	67
--	----

Милена СПАСИЋ/ <i>Milena SPASIC</i> ЗЕЛЕНИ ФЛУОРЕСЦЕНТНИ ПРОТЕИН – БЛИСТАВА ЗВЕЗДА МОДЕРНЕ БИОХЕМИЈЕ <i>GREEN FLUORESCENT PROTEIN – A SHINING STAR OF MODERN BIOCHEMISTRY</i>	71
---	----

Иван ГУТМАН/ <i>Ivan GUTMAN</i> ХЕМИЈСКИ ЕЛЕМЕНТ АТОМСКОГ БРОЈА 117 <i>CHEMICAL ELEMENT WITH ATOMIC NUMBER 117</i>	78
--	----

Ерне Е. КИШ и Горан Ц. БОШКОВИЋ/ <i>Erno E. KISS and Goran C. BOŠKOVIĆ</i> РАЂАЊЕ КАТАЛИЗЕ <i>THE BIRTH OF CATALYSIS</i>	79
--	----

Јелена ПЛАЧКИЋ/ <i>Jelena PLAČKIĆ</i> МЕХАНИЗАМ НРВ-ИНДУКОВАНЕ КАНЦЕРОГЕНЕЗЕ ГРЛИЋА МАТЕРИЦЕ <i>MECHANISM OF HUMAN PAPILLOMAVIRUS-INDUCED CERVICAL CARCINOGENESIS</i>	84
---	----

Зорица Д. ПЕТРОВИЋ, Душица СИМИЈОНОВИЋ, Владимир П. ПЕТРОВИЋ, Иван ГУТМАН <i>Zorica D. PETROVIC, Dušica SIMIJONIVIC, Vladimir P. PETROVIC, Ivan GUTMAN</i> НЕКЕ ПРИМЕНЕ ПАЛАДИЈУМА И ЊЕГОВИХ ЈЕДИЊЕЊА <i>SOME APPLICATIONS OF PALLADIUM AND ITS COMPOUNDS</i>	90
--	----

Тања СОЛДАТОВИЋ, Живадин Д. БУГАРЧИЋ <i>Tanja SOLDATOVIĆ, Živadin D. BUGARČIĆ</i> АЗОТ(II)-ОКСИД: БИОЛОШКА АКТИВНОСТ И КОМПЛЕКСИ СА ЈОНИМА ПРЕЛАЗНИХ МЕТАЛА <i>NITRIC OXIDE: BIOLOGICAL ACTIVITIES AND COMPLEXES WITH IONS OF TRANSITION METALS</i>	94
Љуба МАНДИЋ и Душан СЛАДИЋ/ <i>Ljuba MANDIĆ and Dušan SLADIĆ</i> ТАКМИЧЕЊА ИЗ ХЕМИЈЕ У ПЕРИОДУ ОД 1984. ДО 2004. ГОДИНЕ (II ДЕО) <i>CHEMISTRY COMPETITIONS FOR THE ELEMENTARY AND THE SECONDARY SCHOLARS IN SERBIA FOR THE PERIOD 1984-2004 (PART II)</i>	106

Кристина ГОПЧЕВИЋ/ <i>Kristina GORČEVIĆ</i> МЕТАЛОПРОТЕИНАЗЕ ЂЕЛИЈСКОГ МАТРИКСА - СТРУКТУРА И ФУНКЦИЈА <i>MATRIX METALLOPROTEINASES – STRUCTURE AND FUNCTION</i>	111
--	-----

Данијела ЛУПОВИЋ, Јелена КОНСТАНТИНОВИЋ <i>Danijela LUPOVIĆ, Jelena KONSTANTINOVIC</i> БОТОКС – УПОТРЕБА И ЗЛОУПОТРЕБА <i>BOTOX AS THE MEDICATION. USAGE AND ABUSE</i>	118
Жељко ЂУПИЋ, Жељко МИХАЉЕВ/ <i>Željko ĆUPIĆ, Željko MIHALJEV</i> УЛОГА И ЗНАЧАЈ ЦИНКА У ИСХРАНИ ЉУДИ И ЖИВОТИЊА <i>THE ROLE OF ZINC AND ITS IMPORTANCE IN NUTRITION OF HUMANS AND ANIMALS</i>	121

Лидија БОНДАРЕНКО/ <i>Lidija BONDARENKO</i> КЛИК ХЕМИЈА <i>CLIK CHEMISTRY</i>	134
---	-----

Живорад ЧЕКОВИЋ/ <i>Živorad ČEKOVIĆ</i> СУВА ВОДА <i>DRY WATER</i>	147
--	-----

ИСТОРИЈА ХЕМИЈЕ У СРБИЈИ

Снежана БОЈОВИЋ/ <i>Snežana BOJOVIĆ</i> ПРВИ УЏБЕНИК ХЕМИЈЕ И ПРВЕ ХЕМИЈСКЕ ФОРМУЛЕ У СРБИЈИ <i>THE FIRST CHEMISTRY TEXTBOOK AND FIRST CHEMICAL FORMULAS IN SERBIA</i>	21
--	----

ХЕМИЈА У ШКОЛИ

Весна МАЧВАНСКИ/ <i>Vesna MAČVANSKI</i> СЦЕНАРИО ЗА РЕАЛИЗАЦИЈУ ЧАСА „ХИДРОЛИЗА СОЛИ“ <i>THE ELABORATION OF THE SALT HYDROLYSIS</i>	19
---	----

Катарина РАНКОВИЋ/ <i>Katarina RANKOVIĆ</i> СЦЕНАРИО ЗА ЧАС: МОЛАРНА МАСА <i>THE ELABORATION OF THE MOLAR MASS</i>	54
46. РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ХЕМИЈЕ ЗА УЧЕНИКЕ ОСНОВНИХ ШКОЛА	74
XLVI РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ХЕМИЈЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА	75

Слађана СТОЈАНОВИЋ/ <i>Slađana STOJANOVIĆ</i> ВЕСЕЛА ХЕМИЈА: НАСТАВА ХЕМИЈЕ КРОЗ ДРУЖЕЊЕ, ИГРАЊЕ И МАШТАЊЕ <i>HILARIOUS CHEMISTRY: TEACHING CHEMISTRY THROUGH COMRADESHIP, PLAYING, AND FANSY</i>	99
---	----

Тања СТОЈАНОВИЋ, Миомир РАНЂЕЛОВИЋ, Драгица ТРИВИЋ <i>Tanja STOJANOVIĆ, Miomir RANĐELOVIĆ, Dragica TRIVIC</i> ФОРМАТИВНО ПРОВЕРАВАЊЕ – ПОДРШКА УЧЕЊУ ХЕМИЈСКИХ ПОЈМОВА - ФОРМАТИВНО НАСПРАМ СУМАТИВНОГ ПРОВЕРАВАЊА <i>FORMATIVE ASSESSMENT – SUPPORT FOR CHEMISTRY LEARNING</i>	125
--	-----

Драгица ТРИВИЋ <i>Dragica TRIVIC</i> TIMSS 2007: РЕЗУЛТАТИ НАСТАВЕ И УЧЕЊА ХЕМИЈЕ У СРБИЈИ <i>TIMSS 2007 - RESULTS OF TEACHING AND LEARNING CHEMISTRY IN SERBIA</i>	148
--	-----

ХЕМИЈА НА ИНТЕРНЕТУ

Александар ДЕКАНСКИ, Владимир ПАНИЋ, Драгана ДЕКАНСКИ КЛУБ МЛАДИХ ХЕМИЧАРА СРБИЈЕ - КМХС	24
ПИРЕЛИЈЕВА МЕЂУНАРОДНА НАГРАДА	130
КОРИСНИ И ЗАНИМЉИВИ САЈТОВИ	155

ВЕСТИ ИЗ СХД

ИЗВЕШТАЈ СА СВЕЧАНЕ СКУПШТИНЕ СРПСКОГ ХЕМИЈСКОГ ДРУШТВА	26
КЛУБ МЛАДИХ ХЕМИЧАРА СРБИЈЕ	28
НОВЕ ВЕСТИ ИЗ КЛУБА МЛАДИХ ХЕМИЧАРА СРБИЈЕ	76
ИЗВЕШТАЈ О РАДУ СРПСКОГ ХЕМИЈСКОГ ДРУШТВА У 2009. ГОДИНИ	77
ИЗВЕШТАЈ О РАДУ 48. САВЕТОВАЊА СРПСКОГ ХЕМИЈСКОГ ДРУШТВА	101
ТРЕЋИ ЕВРОПСКИ ХЕМИЈСКИ КОНГРЕС	103
ИЗВЕШТАЈ СА СВЕЧАНЕ СКУПШТИНЕ СРПСКОГ ХЕМИЈСКОГ ДРУШТВА	157
ОСАМДЕСЕТ ГОДИНА ЖИВОТА И ПЕДЕСЕТ ГОДИНА УСПЕШНОГ РАДА ПРОФЕСОРА ДРАГАНА ВЕСЕЛИНОВИЋА	160

ПРИКАЗ НОВЕ КЊИГЕ

Ерне Киш <i>Milutin P. Rajković: НАФТА И ПРИРОДНИ НАФТНИ ГАС</i>	55
---	----