

ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД CHEMICAL REVIEW



Годиште 42.

број 5

Volume 42

NUMBER 5

Editor in chief

RATKO M. JANKOV

Honorary editor

STANIMIR R. ARSENIJEVIĆ

SERBIAN CHEMICAL SOCIETY

Karnegijeva 4

Belgrade/Yugoslavia

Издаје

СРПСКО ХЕМИЈСКО ДРУШТВО

Телефон 3370-467

Карнегијева 4

излази двомесечно

ОДГОВОРНИ И ГЛАВНИ УРЕДНИК

Ратко М. Јанков

ПОЧАСНИ УРЕДНИК

Станислав Р. Арсенијевић

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

УРЕЂИВАЧКИ ОДБОР

Никола Благојевић, Драгомир Виторовић, Иван Гутман, Снежана Зарић, Јован Јовановић, Славко Кеврешан, Драган Марковић, Радо Марковић, Владимир Павловић, Слободан Рибникар, Радомир Саичић, Живорад Чековић (председник).

Годишња претплата за студенте и ученике који нису чланови СХД 200 дин, за појединце који нису чланови СХД 400 дин, за радне организације 600 дин., за иностранство 30 US \$. Претплату прима Српско хемијско друштво, Београд, Карнегијева 4/III. Жиро рачун 40803-678-0-5738.

Web site: www.shd.org.yu/hp.htm

e-mail: hempg_ed@chem.bg.ac.yu

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

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

САДРЖАЈ

ЧЛАНЦИ

Драгица Минић

Dragica Minić

САВРЕМЕНИ КОНЦЕПТ КОНВЕРЗИЈЕ И МАГАЦИОНИРАЊА ЕНЕРГИЈЕ

MODERN CONCEPT CONVERSION AND STORAGE ENERGY -----

98

Милош Милчић и Снежана Зарић

Miloš Milčić i Snežana Zarić

ОДРЕЂЕНА ЈЕ СТРУКТУРА И ОТКРИВЕН МЕХАНИЗАМ СЕЛЕКТИВНОСТИ КАЛИЈУМОВОГ КАНАЛА

RESOLVED STRUCTURE AND SELECTIVITY MECHANISM OF A POTASSIUM CHANNEL -----

101

Иван Гутман, Живко Микић

Ivan Gutman, Živko Mikić

ИЗОТОПИ У АРХЕОЛОГИЈИ

ISOTOPES IN ARCHEOLOGY -----

105

ВЕСТИ ИЗ ШКОЛА

Саша Којадинови

Saša Kojadinovi

ПРИМЕНА СОФТВЕРА У НАСТАВИ ХЕМИЈЕ

SOFTWARE IN CHEMICAL EDUCATION -----

107

БЕЛЕШКЕ

Ратко М. Јанков

Ratko M. Jankov

Приказ књиге Ивана Гутмана

"Двадесет година семинара Математичке методе у хемији" -----

111

Живорад Чековић

Živorad Čeković

Нобелова награда за хемију у 2000. години додељена је

научницима за откриће полимерних електричних

проводника -----

112

Последице рата на Балкану -----

114

Иван Гутман

Ivan Gutman

Демантовано откриће елемената 118 и 116 -----

115

Александар Декански, Јелена Бајат

Aleksandar Dekanski, Jelena Bajat

Проблеми електрохемијске терминологије

– недоследности и недоумице – -----

116

ВЕСТИ ИЗ СХД -----

117

IN MEMORIAM -----

119



УВОДНИК

У овом броју *Хемијског прегледа* започињемо акцију која ће се одвијати и током следеће године. Један број аутора почео је да поклања своје књиге (и преводе) Српском хемијском друштву. Ради се углавном о књигама које су раније изашле, и више их нема у продаји. Сваки примерак биће нумерисан и потписан од стране аутора. Аутори су књиге поклонили Српском хемијском друштву у својству помоћи *Хемијском прегледу*, а ми их нудимо вама, на продају. Набавком исте обогатићете своју кућну библиотеку и уједно, бар мало, финансијски олакшати публикавање овог часописа. Обратите пажњу на рекламу поклоњене нам књиге (у 25 примерака) која се налази на крају (претпоследњој корици) овог броја.

*

Ближи се крај још једне календарске године. До сада је у оквиру 42. годишта из штампе изашло пет бројева *Хемијског прегледа*. Какав сте утисак стекли о поменутих бројевима? Предлажемо вам да их оцените једном заједничком оценом од 1 (најнеповољнији) до 5 (најповољнији) утисак. Молимо вас да вашу оцену пропратите кратким коментаром – објашњењем шта је оно што је највише утицало на формирање ваше оцене. С нестрпљењем очекујемо ваше пошиљке које можете послати било класичном (на адресу *Српског хемијског друштва*, за редакцију *Хемијског прегледа*), било електронском поштом (адреса се налази на насловној страници часописа). Ваш коментар могао би обухватити и одговоре на следећа питања:

- О чему бисте желели да читате у наредних пар бројева? Наведите тему/проблематику по вашем избору.
- Која вам се рубрика понајвише допада? Имате ли можда предлог за увођење нове рубрике у овај часопис?
- Да ли су ваши ученици до сада упознали *Хемијски преглед* и његову садржину? (питање је упућено, пре свега, просветним радницима из гимназија и средњих стручних школа)
- Да ли бисте били заинтересовани да се у *ХП* појављује и додатка намењен баш вашим ученицима?

Само тако, сталном комуникацијом и заједничким снагама, можемо наш часопис учинити бољим и сврсисходнијим. То би нам битно олакшало прављење часописа који би се радо читао и користио у раду.

У супротном, ако се, ви као читаоци *Хемијског прегледа* и чланови Друштва, не огласите на овај начин, нама је заиста тешко претпоставити у ком правцу треба да, у наредном периоду, гурамо.

*

На страницама *Вести из СХД* наћи ћете извештаје са скупа на Златибору (О хемији и технологији макромолекула са међународним учешћем), који је одржан током јуна ове године у организацији СХД.

*

Са тугом јављамо да је Српско хемијско друштво сиромашније за два веома уважена и дугогодишња члана. Наиме, изненада, 30. августа ове године, преминула је др Миланка Николић, редовни професор и продекан Технолошко металуршког факултета Универзитета у Београду, наставник и истраживач, активни члан СХД, чије је активности увек свесрдно подржавала, доприносећи развоју Друштва.

Познати професор *Хемијског факултета* Универзитета у Београду, др Иван Мићовић, недавно је преминуо у САД у својој 60-ој години. Професор Иван Мићовић је годинама био један од темељних стубова Српског хемијског друштва. Као секретар, подпредседник, заслужни и почасни члан Друштва све своје слободно време, енергију уносио је у бројне активности и манифестације Друштва. Са великим ентузијазмом и амбицијама прихватио се многих обавеза у Друштву, а нарочито организовања разних научних скупова. Организације југословенских и европског симпозијума о органској хемији, у којима је Мићовић учествовао и дао огроман допринос, представљају врхунац организационих домета Српског хемијског друштва захваљујући, у значајној мери, ангажовању и залагању Ивана Мићовића.

Овим се СХД, са тугом, опрашта од својих чланова.



ЧЛАНЦИ

Драгица Минић, Факултет за Физичку хемију, Универзитет у Београду, Студентски трг 12-16, Београд, e-mail: dminic@ffh.bg.ac.yu

САВРЕМЕНИ КОНЦЕПТ КОНВЕРЗИЈЕ И МАГАЦИОНИРАЊА ЕНЕРГИЈЕ

УВОД

Највећа количина енергије сунца и обновљивих облика енергије (нпр. сунчева светлост, ветар итд.) која је доступна само у одређеним временским периодима, захтева магационирање ради касније примене. Најзначајније технологије за магационирање ове енергије данас користе углавном савремене батерије (литијум јонске батерије, батерије никл-хидрид метала, батерије метал-ваздух, итд.), технологије магационирања водоника и гориве ћелије. Са друге стране, због велике заступљености (обухвата 93% универзума), обновљивости и с обзиром да сагоревањем даје велику количину енергије и воду без штетних производа по околину, водоник ће у будућности, по мишљењу многих, представљати како примарно гориво тако и "носиоца енергије" будућности (као што је то електрицитет данас) које ће у потпуности задовољавати потребе за топлотном енергијом, електричном снагом и транспортом. Производња и магационирање водоника зато тренутно представља примарни интерес у области истраживања нових извора енергије.

Водоник се углавном јавља у облику својих једињења из којих се добија на разне начине. За производњу водоника који је везан са другим елементима у природи сада се користе бројни фотобиолошки, хемијски и електрохемијски поступци који захтевају одређен утрошак енергије. Једна од таквих техника обухвата фотолизу, тј. примену сунчеве енергије за цепање молекула воде на водоник и кисеоник.

МАГАЦИОНИРАЊЕ ВОДНИКА

Једном добијен водоник може да буде магациониран применом разних поступака који поседују низ предности али и бројне недостатке. Критеријум за избор поступака за магационирање који су доступни данас треба да буде у првом реду безбедна и лака примена. Ови поступци углавном обухватају физичке поступке магационирања помоћу сабијања или превођења у течно стање, хемијско магационирање и интеракцију (адсорпцију) гас-чврста супстанца.

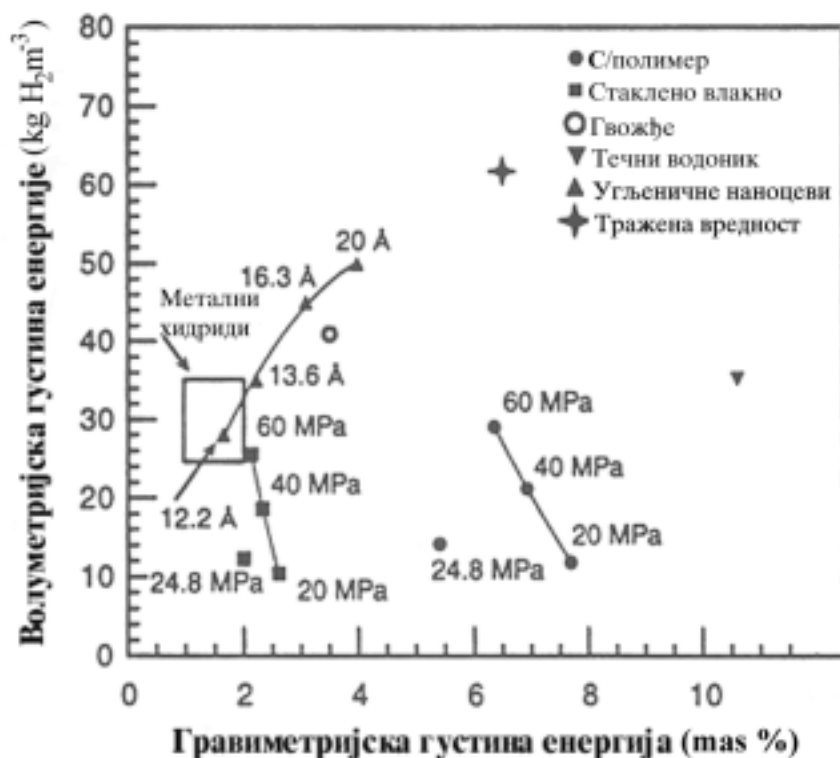
Од свих њих, данас се као најпрактичнији и најјекономичнији користе следећи поступци: сабијање гасовитог водоника, добијање и одржавање течног во-

доника и примена хемијских једињења за магационирање водоника. Међутим, најновија технологија магационирања водоника углавном је усмерена на развој нових материјала (хидрида и угљеничних кластера) погодних за апсорпцију водоника на собној температури и нормалном притиску.

Сабијање водоника Комерцијално доступан гасовит водоник може да буде сабијен на собној температури под притиском од 24,8 МПа у алуминијумске цилиндри ојачане стакластим влакнима при густини од 12 kg по кубном метру и гравиметријској густини од 2 мас. % [12]. Угљеничним влакнима ојачани полимерни цилиндри обезбеђују још више густине (15 kg/m³ и 5 мас. %) што је знатно ниже од жељене вредности од 62 kg/m³ и 6,5 мас. % за погон аутомобила са горивим ћелијама. Када су сасвим напуњени лагани композитни цилиндри обезбеђују водоник при гравиметријској густини од 12 мас. % при притиску од 33,8 МПа. На овај начин сабијен водоник, међутим, има велику запремину у односу на бензин, што за последицу има малу густину енергије. Тачније, густина енергије бензинског еквивалента приближно је 3000 пута већа од оне за овако сабијен водоник. С друге стране, само сабијање захтева утрошак одређене енергије, тако да се скоро 10% укупне вредности магациониране енергије утроши на сабијање гаса. Овакви резервоари запремине од 225 литара користе се за погон аутомобила, а нешто већи и за погон аутобуса у САД (Лос Анђелес и Чикаго) са горивим ћелијама.

Водоник може да буде сабијен и у резервоаре под притиском и до 41,22 МПа, при чему сваких додатних 28 литара гаса сабијеног у исти резервоар повећава притисак за још 0,101 МПа [12]. Због изузетно високог притиска овакви резервоари захтевају сталну контролу и повремено тестирање.

Течни водоник На екстремно ниским температурама (20 К или -253°C) које је тешко постићи и одржавати водоник може да постоји у течном стању. Овако магациониран водоник има 845 пута већу густину од гасовитог водоника при нормалним условима; има малу масу (један литар течног водоника има масу од 0,07 kg, док иста запремина бензина има масу од 0,84 kg) и 4 пута мању енергетску густину од бензина (4 литра течног водоника има исти енергет-



Слика 1. Инсталирана густина енергије за неколико технологија магационирања водоника

ски ефекат као и 1 литар бензина), али има три пута већу енергетску вредност по јединици масе. Хлађење и сабијање водоника до преласка у течно стање захтева утрошак скоро 30% магациониране енергије. С друге стране, одржавање водоника у течном стању, поред одржавања температуре, захтева примену специјалних судова добро изолованих и ојачаних за магационирање течног водоника под притиском. Чак и у овим условима сваког дана испари 1-2% магационираног водоника који мора безбедно да буде испуштен у околину, што све додатно поскупљује овако магациониран водоник чинећи га неподесним за масовнију примену. Међутим, с обзиром на своју малу масу течни водоник данас је гориво избора у свемирским летелицама где одржавање тако ниске температуре није тако велики проблем као на земљи. Истраживање у овој области усмерено је на примену резервоара направљених од композитних материјала, који су лагани и ојачани за безбедно држање течног водоника и на побољшање поступака за добијање течног водоника.

Криогени угљеник Хлађењем активан угљеник (*криогени угљеник*) такође може да се користи за магационирање водоника. Ово је техника која се брзо развија. Најбољи резултати за сада се постижу хлађењем угљеника на 77 К односно -196°C . Густина овако магационираног водоника приближава се густини течног водоника [12,13].

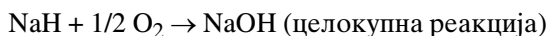
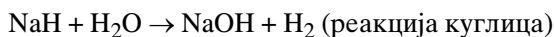
Хемијски магациониран водоник Као најзаступљенији елемент у универзуму, водоник се обично јавља у облику својих једињења из којих може да се добије, тако да се нека од ових једињења користе за

магационирање водоника. У првом ступњу се добија стабилно једињење водоника које одређеном хемијском реакцијом ослобађа водоник који се прикупља и користи у горивој ћелији за добијање енергије. Неке од ових реакција обухватају, на пример, крековање амонијака, крековање метанола, електролизу воде, итд. У овом случају нема потребе за магационирањем добијеног водоника, пошто се овај ослобађа према потреби. Тако, на пример, метанол се директно уводи у ћелију. Метанол и вода се преводе у пару и граде водоник, угљен моноксид и угљен диоксид на 280°C . После каталитичке оксидације, ради уклањања угљен моноксида (кога има у количини од 10-20 ppm), гас се директно одводи на позитиван пол гориве ћелије.

Водоник може да буде магациониран и у облику фосилних горива (нафта, природни гас итд.) која се данас широко примењују као извор водоника. У техници ово је познато као *магационирање течног носача*. За издвајање водоника, фосилно гориво се подвргава процесу риформинга. На овај начин добијен водоник може да садржи вишак угљен моноксида који потиче из фосилних горива који може да затрује извесне типове горивих ћелија. Добити водоник зато се подвргава чишћењу ради уклањања вишка угљен моноксида.

Друга савременија технологија хемијског магационирања водоника која не захтева примену енергије за ослобађање водоника је тзв. технологија *енергетске кулнице*. Ова нова технологија магационирања водоника подразумева пелетирање његових једињења која егзотермном реакцијом са водом

ослобађају водоник. За ову сврху најподеснији су хидриди алкалних метала (натријум, калијум или литијум). Хидридна пелета према потреби реагује са водом уз ослобађање водоника који се користи као гориво и грађење раствора одговарајућег хидроксида који може да буде рециклиран. Енергетске куглице сада доступне на тржишту обухватају куглице или пелете натријум хидрида превучене са водено отпорном пластичном облогом (полиетилен). Полиетиленска облога спречава реаговање натријум хидрида са водом и неконтролисано ослобађање топлоте. Овако заштићене куглице могу да буду директно магациониране у води и по потреби само после раскидања облоге, натријум хидридна куглица (пречника 2,54 cm) изреагује сасвим са водом током 10 секунди ослобађајући водоник који затим сагорева са кисеоником. Обе ове реакције су егзотермне, тако да добијање водоника не захтева утрошак енергије.



Из реакционе шеме види се да 12 грама NaH производи 1 грам водоника. У магационираном облику енергетске куглице (пелете) обухватају обично само 65% запремине посуде у којој се налазе. Остатак чине превлаке и простор између пелета испуњен водом. Тако, 1 литар енергетских куглица (густина NaH је 1,396 g/cm³) производи 76 грама водоника или 845,45 литара водоника (рачунато у односу на ниво мора и на собну температуру). Ради упоређивања треба истаћи да један литар течног водоника даје 778 литара, а један литар метанола 1001 литара гасовитог водоника (рачунато на ниво мора и на собну температуру).

Према истој реакционој шеми види се да један литар енергетских куглица производи 38,02 мола или 1520,29 грама натријум хидроксида чија је густина 2,130 g/cm³, а запремина 2,7 литара. Тако добијен натријум хидроксид може да буде магациониран у контејнер у коме су биле енергетске куглице и касније рециклиран за производњу натријум хидрида уз примену електричне или сунчеве енергије.

Стаклене микро куглице То су мале шупље стаклене куглице пречника 25-500 μm са дебљином зидова од око 1 μm, које могу да буду примењене за безбедно магационирање водоника. Празне стаклене куглице загреју се до температуре у области 200-400°C, тако да се повећа пропустљивост њихових зидова. Урањањем у гасовит водоник под високим притиском куглице се испуне водоником. Куглице се тада охладе, задржавајући у себи водоник. Поновно загревање куглица доводи до ослобађања у њима садржаног водоника. Овако направљене куглице су инертне, отпорне на контаминацију и захтевају само мали утрошак топлоте за ослобађање водоника.

Резервоари хидрида метала Познато је да многи метали и њихове легуре апсорбују водоник при релативно малим притисцима, тако да се примењују као хидридни резервоари за магационирање водоника^[1]. Тачније, метали поседују јединствену способност да апсорбују водоник (граде хидриде) и да га ослобађају касније, било на собној температури или при загревању. Укупна количина овако апсорбованог водоника обично је 1-2% рачунато на укупну масу хидрида, мада неки хидриди могу да апсорбују и 5-15% водоника рачунато на укупну масу хидрида, али на вишој температури (250°C)[3,4,5].

Угљеничне наноцеви Ово је најновији приступ магационирању водоника. Угљеничне наноцеви су (микроскопски видљиви) мали лагани цилиндри графитне структуре пречника величине неколико молекула водоника (пречника обично 2 нанометра) који магационирају водоник у микроскопским порима на цевима и унутар структуре цеви, на сличан начин као и хидриди. Према литератури угљеничне наноцеви могу да магационирају од 4,2 до 65% масених процената водоника зависно од чистоће и присуства малих количина неких металних компоненти[6-10]. Међутим, за примену у аутомобилској индустрији довољно је да на овај начин буде магационирано 6,5% водоника. Овако велика количина водоника, која може на овај начин да буде безбедно магационирана, представља главну предност и уједно разлог што се сада интензивно ради на развоју ових материјала великог капацитета за магационирање водоника, али и других угљоводоника. Најновија технологија у овој области тренутно је усмерена ка производњи центрираних снопова угљеничних наноцеви тзв. угљенична нановлакна (пречника обично од 5 до 100 nm).

Abstract

MODERN CONCEPT CONVERSION AND STORAGE ENERGY

Dragica Minic

Physical Chemistry Faculty, University of Belgrade, Studentski Trg 12-16, Belgrade, Serbia, Yugoslavia

Once hydrogen is generated, the question becomes: How do we store the hydrogen? Hydrogen can be stored in a variety of ways, each with specific advantages and disadvantages. The overall criteria for choosing a storage method should be safety and ease of use. Described in this paper and listed below are the different storage methods available today in addition to some techniques that are still in the research and development stage: compressed hydrogen, liquid carrier storage, glass microsphere, chemically stored hydrogen, metal hydride tanks and carbon nanotubes.

ЛИТЕРАТУРА

1. J. Nitsch, W. Peshka, W. Schnurnberger, M. Fischer and H. Eirchert in *Hydrogen as an Energy Carrier*, ed. C. Winter and J. Nitsch, Springer-Verlag, Berlin, 1988.
2. S. Hynek, W. Fuller and Bentley, *J. Int. Hydrogen Energy*, 22 (1997) 601.

¹ Грахам (Th. Graham, 1805-1869) је још 1866. године показао да метална платина апсорбује велике количине водоника.

3. M.V. Šušić *J. Int. Hydrogen Energy*, 22 (1997) 585.
4. C. G. Carter and L. F. Carter, u *Metal-Hydrogen Systems*, ed. N.T. Veziroglu, Pergamon, Oxford, 1981.
5. H. Buchner, P. Pelloux-Gervais, M. Muller, F. Grafwalner and P. Luger, u *Hydrogen and Other Alternative Fuels for Air and Ground Transportation*, ed. W.H. Pohl, Wiley, Chichester, UG, 1995.
6. C.A. Dillon, M.K. Jones, A.T. Bekkedahl, C.H. Kiang, D.S. Bethune and J.M. Heben, *Nature* 386 (1997) 377.
7. Y. Ye, C.C. Ahn, c. Withman, B. Fultz, J. Liu, G. A. Rinzler, D. Colbert, A.K. Smith and R.E. Smalley, *Applied Physics Letters*, 74 (1999) 2307.
8. C. Liu, Y.Y. Fan, M. Liu, T.H. Cong, M.H. Cheng and S.M. Dresselhaus, *Science* 286 (1999) 1127.
9. A. Chambers, C. Park, K.T.R. Baker and M.N. Rodriguez, *J. Phys. Chem. B* 102 (1998) 4253.
10. P. Chen, X. Wu, J. Lin and L.K. Tan, *Science* 285 (1999) 91.
11. S. Iijima, *Nature* 354 (1991) 56.
12. J. Jagiello, J.T. Bandosz, K. Putyera, A.J. Schwarz, *J.Chem.Soc., Faraday Trans.* 91(1995) 2929.
13. G.A.K.Amankwah, A.J. Schwarz, *Int.J. Hydrogen Energy*, 14 (1989) 437.
14. D.M. Minic, M.V.Šušić, u *Hidridi kao akumulatori vodonika*, Serbian Academy of Science and Arts, Monographs, vol DCXLIV, No2 ed. S.Ribnikar, 1999.



Милош Милчић и Снежана Зарић, Хемијски факултет, Београд

ОДРЕЂЕНА ЈЕ СТРУКТУРА И ОТКРИВЕН МЕХАНИЗАМ СЕЛЕКТИВНОСТИ КАЛИЈУМОВОГ КАНАЛА

Калијумови канали имају централну улогу у функционисању скоро сваке живе ћелије. У нервном систему они контролишу фреквенцију нервних импулса. Калијумов канал веома је селективан за калијумов јон у односу на натријумов јон (10000:1). У исто време, калијумов канал постиже невероватан јонски флуks; у неким случајевима чак 10^8 јона прође кроз канал у секунди.

За свега десетак година, пређен је пут од потпуног незнања о калијумовом каналу до решене структуре и механизма његове селективности.

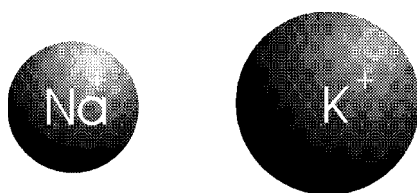
Јонски канали су протеини који омогућавају пролазак јона кроз ћелијску мембрану, која одваја унутрашњост ћелије од околине. Неполарна природа ћелијских мембрана чини их веома непропусним за већину јонских и поларних супстанци. Оне могу ући у ћелију једино уз помоћ специфичних транспортних протеина или молекула. Такви протеини су медијатори јона (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} и Cl^-) и метаболита (пируват, аминокиселине, шећери, нуклеотиди) кроз мембрану.

Део најимпресивније хемије у живих система обављају протеини мембране ћелија нервних система: јонски канали, неурорецептори и транспортери неуротрансмитера. То су молекули мишљења, памћења и опажања. Са хемијске тачке гледишта зна се јако мало о тим молекулима, поготово о структурним детаљима који утичу на њихову функцију. Разлог овог незнања је једноставан: структурне методе високе резолуције као што су рентгенска кристалографија и NMR спектроскопија веома су мало примењиве на протеинске мембране. Управо због тога што се тешко може одредити структура тих протеина научници морају на основу неких других података

да постављају разне хипотезе у вези са начином функционисања тих протеина. Тако је било и у, више од једне деценије дугој, потрази за објашњењем високе селективности и пропустљивости калијумовог канала.

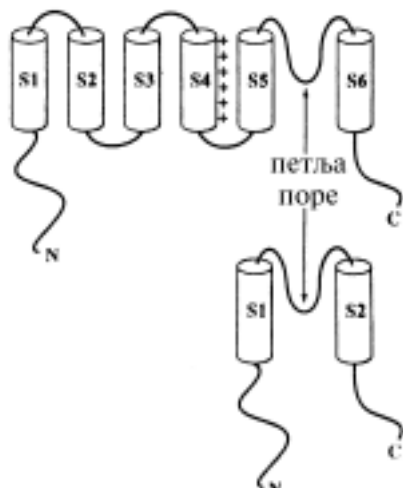
Калијумов канал има централну улогу у функционисању скоро сваке живе ћелије. У ћелијама нервних система он регулише акциони потенцијал и одређује мембрански потенцијал у мировању, и на тај начин управља фреквенцијама нервних импулса. У кардиоваскуларном систему, калијумов канал регулише дужину и фреквенцију откуцаја срца. Он, такође, контролише пролазак воде и соли кроз мембране бубрега, душника и црева.

Шта ради калијумов канал? Он, насупрот градијенту концентрације убацује калијумов јон у ћелију. Проблем је како спречити остале јоне који се налазе у ванћелијској течности да уђу у ћелију. Јони чији је полупречник већи од калијумовог су, логично, исувише велики да прођу кроз канал. Међутим, јон који се у највећој концентрацији јавља у ванћелијској течности, а кога треба спречити да уђе у ћелију је натријумов јон. Натријумов јон је мањи од калијумовог (јонски радијус K^+ је 1,33 Å, а Na^+ је 0,95 Å, слика 1). Овде се природа суочила са проблемом како мању честицу задржати изван ћелије а већу пропустити унутра и, наравно, успешно га решила јер је калијумов канал веома селективан за калијумов јон у односу на натријумов јон (10000:1). У исто време, калијумов канал одржава невероватан јонски флуks: скоро 10^8 јона прође кроз један отворен канал у секунди. Хемичари обично изједначавају високу селективност са чврстим везивањем, међутим, природа је пронашла начин да постигне прво без другог.



Слика 1. Релативне величине калијумовог и натријумовог јона

Пре 1987. године није се знало готово ништа о структури калијумовог канала. Тада, независно једна од других, три лабораторије успевају да изолују из мутанта винске мушице калијумов канал [1]. Након тога интересовање за ову ствар нагло расте. Откривено је да постоје два различита типа калијумових канала. Први тип се отвара или затвара као одговор на промене потенцијала ћелијске мембране, док други тип дозвољава проток калијумових јона само у унутрашњост ћелије, наспрот градијенту концентрације. Функционални калијумов канал састоји се од 4 протеина од којих је један приказан на слици 2. Регије поре сва четири протеина стоје тако да оцртавају улаз у јонски канал.

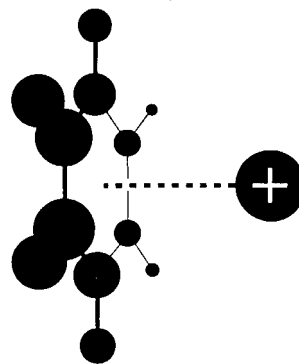


Слика 2. Предвиђене топологије две фамилије калијумовог канала засноване на анализи аминокиселинске секвенце и биохемијским проучавањима. Код обе фамилије С и N терминали су у унутрашњости ћелије. Оба ова канала имају петљу поре- конзервирану секвенцу која чини селективни филтер.

Следећа ствар коју је требало урадити било је одређивање редоследа аминокиселина у овим протеинима. Посебно интересовање било је за аминокиселине које се налазе у региону поре, који је очигледно одговоран за селективност канала. Секвенца у том делу је: ...Ala-Phe-Trp-Trp-Ala-Val-Val-Thr-Met-Thr-Thr-Val-Gly-Tyr-Gly-Asp-Met-Thr... [2] (задебљана слова означавају конзервисане аминокиселине). У овој секвенци уочљиво је да преовлађују аминокиселине са хидрофобним бочним остатком, што је помало чудно за један катјонски канал. Много логичније би било да се у каналу налазе негативно наелектрисане аминокиселине. Такође је интересан-

тан велики број конзервисаних ароматичних аминокиселина (Phe, Trp и Tyr) у региону поре.

Мак Кинон (McKinnon) и сарадници претпоставили су да су можда привлачне интеракције између катјона и електрон богатог лица ароматичног прстена (катјон- π интеракције) (Слика 3) "одговорне" за селективност калијумовог канала [3,4]. У прилогу им је ишла чињеница да је део који је најодговорнији за селективност канала управо конзервирана секвенца... Gly-Trp-Gly... (GYG). Уколико се тирозин замени неком другом аминокиселином канал изгуби своју селективност. Претоставка је била да се на улазу у канал налазе четири фенил групе из четири тирозина (од сваког протеина који чине канал по један) који катјон- π интеракцијама извлаче јон калијума из своје хидратационе љуске и "убацују" га у унутрашњост канала. Међутим, када је одређена структура калијумовог канала овај механизам је одбачен.



Слика 3. Катјон- π интеракције

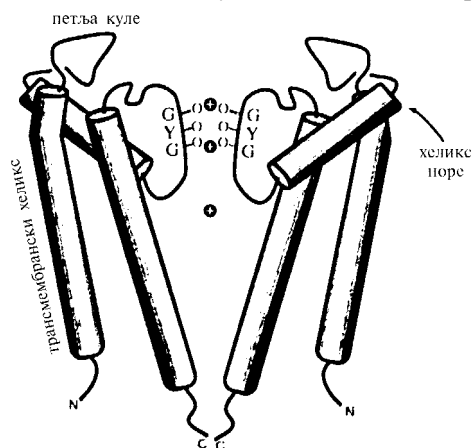
Друга претпоставка у вези са селективношћу калијумовог канала [2] је да карбоксилни кисеоникови атоми из пептидног ланца формирају филтер тачно одређених димензија за комплексирање калијумовог јона. Решавањем структуре калијумовог канала ова претпоставка је потврђена.

Први проблем који је требало решити да би се добила структура високе резолуције је прибављање већих количина протеина. Шремп (Schrempf) и сарадници [5] су 1995. године објавили да су идентификовали и окарактерисали калијумов канал из бактерије *Streptomyces lividans*. Иако бактерија није неурон, било је очигледно да је овај бактеријски канал (назван KcsA) довољно сличан еукариотском калијумовом каналу и да имају исте кључне структурне елементе. Даље, овај бактеријски канал је веома отпоран, тако да се лако уграђује у вештачку мембрану; чињеница да је то бактеријски канал омогућила је његово добијање у чистом облику у већим количинама.

Чак и са великим количинама протеина није било лако добити структуру. Кристали су осетљиви на радијацију, дифрактују X-зраке анизотропно и било је потребно направити низ мутаната да би се направило место за везивање тешких атома. Коначно 1998. године Мак Кинон и сарадници [6] су успели да сниме структуру KcsA канала при резолуцији од 3,2 Å. Треба рећи да 3,2 Å није висока резолуција по данашњим стандардима макромолекуларне кристало-

графије. Пептидни ланац је видљив али индивидуалне карбонил групе не могу се уочити. Бочни аминокиселински остаци су видљиви, али са минималним детаљима. Ипак, овако снимљена структура имала је одлучујућу улогу у откривању механизма транспорта јона кроз канал.

KcsA канал састоји се из 4 протеинске подјединице, а свака од њих од два трансмембранска домена. Структура показује да су ти домени у облику α хеликса (слика 4). Осам хеликса (по два од сваке подјединице) омотавају се око централне поре и при том се мало накривљују и извијају да би се отворили као цвет ка спољашњој (ванћелијској) површини канала (слика 4). Иначе, за већину мембранских протеина уобичајено је да је део који пролази кроз мембрану у облику α хеликса. Из структуре су још уочљива два слоја ароматичних аминокиселина на граничној области мембрана-вода. Структура је у складу са свим биохемијским студијама које су спроведене на KcsA каналу. На пример, остаци који учествују у блокади канала помоћу реагенса унетог у хелију окренути су ка унутрашњости хелије; остаци који учествују у блокади канала помоћу реагенса (агитоксин2) примењеног изван хелије налазе се у региону куле који се налази изван хелије (слика 4). N и C терминални



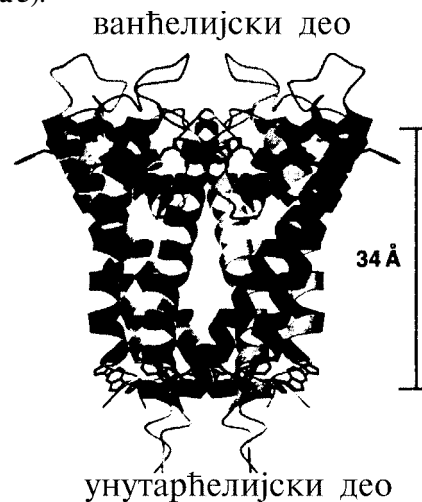
Слика 4. Шематски приказ структуре калијумовог канала. Две од четири подјединице су приказане; остале две леже изнад и испод равни папира. Где дајући од N терминала свака подјединица садржи: трансмембрански α хеликс; петљу "куле" која садржи места за која се везују токсини; хеликс поре; петљу Gly-Tyr-Gly (GYG); велики C терминални α хеликс. Такође су приказана три калијумова јона који одговарају местима где се они у структури налазе. Два леже у GYG петљама док се трећи налази у воденом "базену".

део налази се у унутрашњости хелије.

Део протеинског ланца који чини регион поре прави петљу која се састоји од малог хеликса, хеликса поре, а затим окрет на коме се налази пресудна Gly-Tyr-Gly секвенца. Одавде је могуће видети на којој страну је усмерен тирозински бочни остатак и закључити који од предложених механизма је тачан.

Видљиво је да је тирозински бочни остатак усмерен од канала ка протеину, и није у могућности

да гради катјон- π интеракцију са јонима калијума који пролазе кроз канал. Иако се индивидуални атоми пептидног ланца не могу видети, аутори су направили разумну претпоставку да су карбонилни кисеонични атоми окренути ка унутрашњости канала. Три суседне карбонилне групе из сваке подјединице образују прстен кисеоникових атома који дефинише место за везивање катјона. Очигледна је аналогија са крунским етрима који служе за транспорт јона кроз мембрану. Натапање кристала са Rb^+ јонима (чија се пропустљивост кроз мембрану може мерити) и израчунавање разлике електронских густина омогућило је идентификацију места где се јони налазе (слика 5).



Слика 5. Тродимензионална структура канала

Остало је још неколико питања. Како оваква структура чини канал толико селективним за калијум? Зашто је тирозин конзервиран и толико битан за селективност канала када његов бочни остатак не учествује у молекулском препознавању?

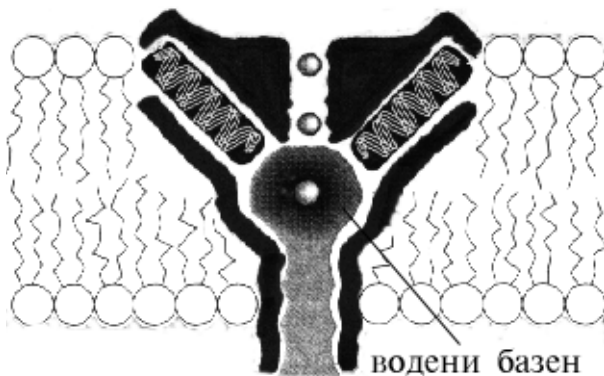
Аутори су предложили да остатак протеина има улогу да одржава Gly-Tyr-Gly карбонилне групе у оптималном положају за везивање K^+ јона, и да спречава структуру да се прилагоди за везивање Na^+ јона. То је веома тешко учинити за један тетрамерни протеин који се налази уроњен у хелијску мембрану. За то је задужен управо тирозин. Он се водонично везује за триптофан из хеликса поре и ступа у повољне ван дер-Валсове интеракције са другим триптофаном из хеликса поре суседне подјединице. Овакво уређивање пренесено на све четири подјединице даје "један велики прстен ароматичних аминокиселина" које чине "слој опруга" које држе карбонилне кисеоникове атоме на оптималном растојању за везивање калијумовог јона. Нађено је да је триптофан у хеликсу поре такође конзервиран у свим калијумовим каналима. Цео овај део калијумовог канала је назван селективни филтер.

Селективни филтер најужи је део канала и он се налази на ванћелијској страни канала. Многи су предвидели да би канал требало да има облик пешчаног сата, са најужим делом у средини. Електростатичка израчунавања показала су да када се јон креће

кроз мембрану, он мора проћи крез енергетску баријеру која је највећа у средини мембране [7]. Диелектрична константа средине је ту најмања, и то је једна веома неповољна ситуација у којој јон може да се нађе. Наравно, природа је нашла решење за тај проблем. Одмах испод селективног филтера канал се шири, правећи шупљину са хидрофобним зидовима која садржи "базен" воде (слика 6). Јон који се налази у том делу канала солватисан је молекулима воде који се налазе у шупљини. Поред тога С-терминални део сва четири хеликса поре усмерен је ка овој шупљини. На тај начин диполи тих хеликса [8] додатно стабилизују јон у шупљини.

Објаснили смо како калијумов канал постиже велику селективност, остало је још да се објасни како постиже велики флуks (10^8 јона по секунди). Као што се види са слика 4 и 6, у каналу се налази више јонова у истом тренутку. Модел за велики флуks јона је: један јон се веже за селективни филтер, затим се веже и други јон за суседно место [9]. Везивање другог јона дестабилизује први јон електростатички - истоимена наелектрисања се одбијају. То гура први јон дубље у канал ка шупљини, други јон заузима његово место у селективном филтеру, а нови јон улази. Цео процес води велика концентрација калијума у физиолошком раствору. Најновији прорачуни [10] методом молекулске динамике показали су да се процес транспорта јона кроз канал одвија у две фазе. Разлика у слободној енергији између ова два стања је 5 kcal/mol чиме је омогућен брзи проток јона кроз канал.

Очекује се да ће структура ускоро бити решена са бољом резолуцијом која ће омогућити откривање свих детаља у структури, и да ће тада све недоумице бити отклоњене. Такође, било би интересантно и поучно упоредити колико су мотиви из калијумовог канала искоришћени у другим јонским каналима попут натријумовог или калцијумовог канала.



Слика 6. Два механизма по којима калијумов канал стабилизује катјон у средини мембране. Први, водени "базен" стабилизује јон у иначе хидрофобној унутрашњости мембране. Други, хеликси поре оријентишу негативни крај свог дипола ка шупљини у којој се налази јон.

Abstract

RESOLVED STRUCTURE AND SELECTIVITY MECHANISM OF A POTASSIUM CHANNEL

Miloš Milčić i Snežana Zarić

Faculty of Chemistry, Belgrade

Potassium Channels play a central role in the function of nearly every living cell. In the nervous system they govern the frequency of nerve impulses. The Potassium Channels are highly selective—perhaps as much as 10000:1 for K^+ over Na^+ , despite the minimal structural difference between the two. At the same time, Potassium channels promote tremendous ion flux; in some cases on the order of 10^8 ions per second pass through a single open channel.

In little more than a decade, we have come from almost complete ignorance about the molecular nature of Potassium channels to a high-resolution structure and mechanism for its selectivity.

ЛИТЕРАТУРА

1. A. Baumann, I. Krah-Jentgens, R. Muller, F. Muller-Holtkamp, R. Seidel, N. Kecskemethy, J. Casal, A. Ferrus, O. Pongs, *EMBO J.* **1987**, 6, 3419; A. Kamb, L.E. Iverson, M. A. Tanouye, *Cell* **1987**, 50, 405; D. M. Papazian, T. L. Schwarz, B. L. Tempel, Y. N. Jan, L. Y. Jan, *Science* **1987**, 237, 749.
2. L. Heginbotham, Z. Lu, T. Abramson, R. MacKinnon, *Biophys J.* **1994**, 66, 1061.
3. L. Heginbotham, R. MacKinnon, *Neuron* **1992**, 8, 483.
4. R. A. Kumpf, D. A. Dougherty, *Science* **1993**, 261, 1708.
5. H. Schrempf, O. Schmidt, R. Kummerlen, S. Hinnah, D. Muller, M. Betzler, T. Steinkamp, R. Wagner, *EMBO J.* **1995**, 14, 5170.
6. D. Doyle, J. M. Carbal, R. A. Pfuetzner, A. Kuo, J. M. Gulbis, S. L. Cohen, B. T. Chait, R. MacKinnon, *Science* **1998**, 280, 69.
7. V. A. Parsegian, *Ann. N.Y. Acad. Sci.* **1975**, 264, 161.
8. D. Sali, M. Bycroft, A. R. Fersht, *Nature* **1988**, 335, 740; J. Aqvist, H. Luecke, F. A. Quirocho, A. Warshel, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **1991**, 88, 1026; D. J. Lockhart, P. S. Kim, *Science* **1992**, 257, 947.
9. H. A. Lester, D. A. Dougherty, *J. Gen. Physiol.* **1998**, 111, 181.
10. J. Aqvist, V. Luzhkov, *Nature* **2000**, 404, 881

АНЕГДОТЕ ИЗ ЖИВОТА ПОЗНАТИХ НАУЧНИКА

Истакнути мађарски биохемичар – нобеловац Алберт Сент-Берђи открио је витамин Ц готово случајно, пошто се бавио истраживањима која у почетку нису имала никакве везе са витаминима. Своје откриће описао је, у шаљивом тону, овако: »Постао сам отац не желећи то, отац витамина. Такве случајности вероватно имају места у науци«.

ИЗОТОПИ У АРХЕОЛОГИЈИ

Из садржаја изотопа ^{13}C и ^{15}N у колагену који се налази у костима, остацима праисторијских људи, може се реконструисати врста хране коју су ти људи јели. Из тог податка следе и други значајни закључци о начину живота наших предака.

УВОД

Већина хемијских елемената који се јављају у природи представља смешу неколико изотопа.

То се односи и на основне елементе који улазе у састав живих организама на нашој планети:

водоник: 99,986% ^1H и 0,014% ^2H

угљеник: 98,892% ^{12}C , 1,108% ^{13}C и незнатне (али мерљиве) количине ^{14}C

азот: 99,635% ^{14}N и 0,365% ^{15}N

кисеоник: 99,759% ^{16}O , 0,037% ^{17}O и 0,204% ^{18}O

Сви наведени изотопи (осим угљеника-14) су стабилни, дакле нису радиоактивни и спонтано се не распадају; угљеник-14 је β радиоактиван, са временом полураспада од 5730 година.

Дуго се веровало да је изотопски састав сваке супстанце која се јавља у природи исти и непроменљив. Међутим, развојем мерних техника физичке хемије (нарочито масене спектрометрије) показало се да постоје мале, али и те како мерљиве разлике у изотопском саставу разних супстанци. Те разлике зависе од физичко-хемијских процеса у којима је одговарајући узорак учествовао и од физичко-хемијских услова којима је био изложен. На основу тих разлика може се много тога сазнати о пореклу и начину настанка дотичног узорака.

У археолошким разматрањима (о којима је у овом чланку реч) од интереса су одступања садржаја азота-15 и угљеника-13 у односу на стандардне вредности. Ова одступања се изражавају у такозваним делта-вредностима (δ) које су дефинисане на следећи начин:

$$\delta^{15}\text{N} = \left[\left(\frac{^{15}\text{N}}{^{14}\text{N}} \right)_{\text{узорак}} \right] / \left[\left(\frac{^{15}\text{N}}{^{14}\text{N}} \right)_{\text{стандард}} \right] - 1$$

$$\delta^{13}\text{C} = \left[\left(\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} \right)_{\text{узорак}} \right] / \left[\left(\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} \right)_{\text{стандард}} \right] - 1$$

Овако одређене делта-вредности по правилу се множе са 1000 и наводе се у промилима (‰).

Као стандард за изотопе азота узима се N_2 из ваздуха. Према томе, $(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})_{\text{стандард}}$ представља однос количина изотопа азота-15 и азота-14 у ваздуху; то је такозвани "ваздушни стандард".

Као стандард за изотопе угљеника узима се угљен-диоксид који се добија дејством киселине на једну одређену врсту кречњака. Тај кречњак је настао од алге *Belemnitella americana* а налазишта су му у области реке Пи Ди у Јужној Каролини, САД. При томе потребно је да се на кречњак делује 100%-ном фосфорном киселином (H_3PO_4) и да се ради на 25 $^\circ$ С. Према томе, $(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{стандард}}$ представља однос количине изотопа угљеника-13 и угљеника-12 у уг-

љен-диоксиду добивеном на горе описани начин; то је такозвани "ПДБ-стандард". Атмосферски угљен-диоксид има $\delta^{13}\text{C} = -7$ ‰, али то није потпуно константна вредност.

Мерење $\delta^{15}\text{N}$ и $\delta^{13}\text{C}$ врши се, специјално за ту намену дизајнираним, масеним спектрометрима. Такви уређаји се данас могу лако набавити, мада су веома скупи. Прецизност комерцијалних уређаја је 0,1-0,2‰, док су (као што ћемо видети) типичне делта-вредности ± 10 -20‰. То значи да су експериментално измерене делта-вредности сасвим поуздане и око два реда величине веће од експерименталне грешке.

Одакле потичу разлике у садржају различитих изотопа?

Појава да се хемијска једињења различитих изотопа нешто мало разликују по свом физичко-хемијском понашању назива се *изотопски ефекти*. Ако се ради о разлици у равнотежним стањима, говоримо о *термодинамичком изотопском ефекту*, а ако се ради о разлици у брзини хемијских реакција о *кинетичком изотопском ефекту*. Обе врсте изотопских ефеката потичу првенствено од разлике у маси појединих изотопа. (То су такозвани *примарни изотопски ефекти*; постоје и *секундарни изотопски ефекти* који потичу од разлика у особинама атомских језгара појединих изотопа. Нас овде занимају само примарни изотопски ефекти.) Свака хемијска реакција има неки, већи или мањи, изотопски ефекат. То се односи и на биохемијске реакције.

ИЗОТОПСКИ ЕФЕКТИ НЕКИХ ЖИВОТНИХ ПРОЦЕСА

Укратко наводимо утицај који основни животни процеси имају на садржај угљеника-13 и азота-15 (дакле на $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$) у ткивима.

Органска једињења која настају фотосинтезом у биљкама умерених климатских подручја имају $\delta^{13}\text{C}$ око -23‰. Биљке у тропским и пустињским подручјима производе једињења са $\delta^{13}\text{C} = -12$ ‰ (што показује да је у њима механизам фотосинтезе другачији). Када ове биљке бивају поједене онда се код сисара (укључујући и људе) $\delta^{13}\text{C}$ повећава за око 5‰, тако да у колагену костију налазимо делта вредности око -21‰ или -7‰, зависно од тога којом се врстом биљака хранила дотична индивидуа.

Садржај ^{13}C у морима условљен је изотопским ефектом у равнотежи између бикарбонатног јона (HCO_3^-) у води и атмосферског CO_2 . Због тога је у храни која потиче из мора садржај ^{13}C нешто већи него у храни са копна. То доводи

до тога да популације које једу морске плодове имају $\delta^{13}\text{C}$ вредности између -16% и -12% .

Што се тиче садржаја азота-15 у ткивима, ту је ситуација нешто сложенија. Најкраће речено, у колагену костију сисара који се хране биљном храном $\delta^{15}\text{N}$ је мањи од 5% док код сисара који се азотом снабдевају из меса или млека $\delta^{15}\text{N}$ има вредности веће од 9% . То се односи и на људе.

Све у свему, анализом садржаја угљеника-13 и азота-15 у колагену костију праисторијских људи, а узимајући у обзир и друге околности (на пример, да ли су живели на обали мора, у пустињи и сл), археолози могу да разликују сточаре од земљорадника. У случају сточара могу се разликовати узгајивачи камила од узгајивача говеда а ови од узгајивача оваца и/или коза. У случају земљорадника може се одредити да ли су им главни производ биле житарице или неке друге биљке. Може се установити и до које старости су мајке дојиле своју децу.

КОСТИ, КОЛАГЕН И ЊИХОВА ИЗОТОПСКА АНАЛИЗА

Колаген је протеин садржан у костима. Непречишћени колаген, под именом туткало, користи се као лепак. Пречишћени колаген, под именом желатин, користи се у исхрани.

У људским костима колаген остаје неразграђен и после десет и више хиљада година. Да би се приступило изотопској анализи колагена у костима (за потребе археологије) од нађених костију узима се узорак од свега $0,5\text{ mg}$, тако да кост остаје практично неоштећена. Прво је потребно да се одвоје други састојци костију. То се постиже третирањем узорка 1M хлороводоничном киселином (која раствара калцијумове соли), а затим $0,125\text{M}$ натријум-хидроксидом (који раствара хуминске материје). Колаген се затим раствара у веома разблаженој HCl (на 90°C), раствор се филтрује и упарава. Постоје и друге методе за изоловање колагена из костију. У добро очуваним костима садржај колагена је $15\text{-}30\%$. Када је то могуће и потребно одређује се и аминокиселински састав колагена, чиме се потврђује да он током времена није оштећен и хемијски промењен, те да су археолошки и антрополошки закључци који се изводе из његове изотопске анализе валидни.

Пречишћени колаген се затим меша са бакар(II)оксидом (CuO) и на фолији од сребра жари на 870°C . Том приликом настају гасовити CO_2 и N_2 који се одводе и хладе. На ниској температури CO_2 се кондензује и тако одваја од N_2 . На крају, сваки од гасова се (одвојено) уводи у масени спектрометар, где се мери однос броја молекула $^{13}\text{CO}_2$ и $^{12}\text{CO}_2$, као и однос броја молекула $^{15}\text{N}^{14}\text{N}$ и $^{14}\text{N}^{14}\text{N}$ (док је количина присутних молекула $^{15}\text{N}^{15}\text{N}$ занемарљиво мала).

ПРИМЕНЕ У АРХЕОЛОГИЈИ

*Први пример: Мезолијски људи из пећине
Офнет*

Године 1908. у пећини Офнет у Баварској пронађене су две гробнице са 27 односно 6 лобања. Припадале су како одраслим индивидуама тако и деци, оба пола. Све лобање су сахрањене тако да гледају према западу. На основу трагова озледа и других детаља закључено је да су сви они умрли насилном смрћу у једном истом догађају. Догодило се то око 5500. године пре нове ере, у време мезолита - средњег каменог доба.

Садржај угљеника-13 у овим костима био је веома уједначен: $\delta^{13}\text{C}$ око $-19,6\%$ са стандардном девијацијом од само $0,2$. То је у доброј сагласности са биљном храном коју су ти људи могли да једу. То нису биле житарице, тј. ти људи нису били земљорадници. Мала стандардна девијација указује да су сви они потицали из исте популације, тј. припадали истом племену.

Садржај азота-15 кретао се око $\delta^{15}\text{N}$ 11% . Тако велика делта вредност указује да су се ови људи хранили претежно месом, дакле да су били или пастири или ловци.

Нарочито велике $\delta^{15}\text{N}$ вредности нађене су у костима деце старости до 3 године. То указује да су та деца храњена мајчиним млеком, то јест да су у том племену деца дојена до отприлике треће године. Из тог податка се може закључити о томе у којим интервалима су жене из Офнетске пећине могле да остају у другом стању и колики је могао бити наталитет у њиховом племену.

Други пример: Људи из Лејенског Вира

Археологија и антропологија у Србији управо стичу прва искуства о изотопима на анализама свог материјала. Конкретно, култура Лепенског Вира је широко позната у свету у археолошком смислу. На пољу антропологије има више нерешених него решених проблема, иако је од завршетка ископавања прошло око 30 година. Пошто су се у оквиру насеља културе Лепенског Вира (локалитети на српској обали Дунава: Влашац, Лепенски Вир, Падина, Хајдучка Воденица, Кула) сахрањивале само одређене личности, а некрополе у класичном смислу нису нађене (или, нису ни постојале), изузетно је тешко доћи до потпуне антрополошке структуре становништва поменутих насеља. Пошто не располажемо подацима о тзв. нормалној биолошкој популацији, него избором одређених личности, до данас је остало више отворених антрополошких питања. Цео проблем је још сложенији ако се у њега угради и процес неолитизације, који би морао да остави своје трагове и на исхрани оновремених људи (у време VIII миленијума старе ере и касније). Јер, процес неолитизације (почетак млађег каменог доба и технике глачања при изради камених алатки) има јако изражене ефекте и на антрополошком плану. Живот најстаријих неוליћана одвијао се у сталним насељима уз припитомљавање одређених врста сисара и култива-

цију одређених сорти житарица, уз проналазак грнчарије. То је довело до промена у исхрани оновремених људи. Напушта се исхрана познопалеолитских ловаца која је била искључиво печена и богата протеинима из меса четвороножаца и риба. Почетком неолита прелази се на претежно кувану исхрану (због проналазак грнчарије, док је ватра позната човеку већ око милион година). Ова храна је богата витаминима и минералима из млека и млечних производа с једне и, из разних житарица, с друге стране. Ти ефекти промене исхране свакако су оставили у метаболизму, одн. костима, и своје изотопске трагове. Када се то буде потврдило, добиће се егзактан одговор на питање да ли о регији Ђердапа може да се говори као о једном издвојеном центру неолитизације, како је то сматрао истраживач Влашца и Лепенског Вира - Драгослав Срејовић.

Етаблирану методу за примену изотопа у антропологији, а самим тим и у археологији, развио је Антрополошки институт Универзитета у Минхену. Катедра за физичку антропологију Одељења за археологију Филозофског факултета у Београду има вишегодишњу сарадњу са поменутом институцијом, а недавно је почела сарадњу на истраживању древне исхране људи у Ђердапу на прелазу из мезолита у неолит.

Са Влашца и Лепенског вира узето је по 50 узорак (по критеријуму: 20 деце у различитим периодима живота, 15 одраслих мушкараца и 15 одраслих жена). Укупно 100 узорака, од око 400 индивидуалних скелета колико их је нађено на налазиштима на нашој обали Дунава, представља свакако добру основу за интерпретацију о врсти исхране. Први резултати се очекују већ крајем ове године. Када резултати изотопске анализе ових узорака буду позна-

ти аутори чланка ће се још једном огласити у *Хемијском прегледу*.

Abstract

ISOTOPES IN ARCHEOLOGY

Ivan Gutman and Živko Mikić

Faculty of Science, P.O.B. 60, 34000 Kragujevac, Yugoslavia, and

Faculty of Philosophy, Department of Archeology, Čika Ljubina 18-20, 11000 Belgrade, Yugoslavia

The amount of carbon-13 and nitrogen-15 isotopes in the collagen contained in bones depends on the type of nourishment of the respective individual. Isotope analysis of bones of prehistoric people reveals many details of their life and is thus of profound value for archeology. The article outlines the physico-chemical basis of this archeological technique and describes some conclusions that archeologists could recently make, based on isotope analysis.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Вукановић, Атомистика, Научна књига, Београд, 1977.
2. G. Grupe, Analytisch-chemische Methoden in der prähistorischen Anthropologie: Spurelemente und stabile Isotope, у књизи: R. Knussmann (Ed.), Anthropologie, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1992, Vol. 1, pp. 66-73.
3. H. Bocherens, G. Grupe, A. Mariotti, S. Turban-Just, *Anthrop. Anz.* **55** (1997) 121.
4. G. Grupe, S. Turgan-Just, *Anthrop. Anz.* **56** (1998) 213.
5. K. Dittmann, G. Grupe, *Anthrop. Anz.* **58** (2000) 345.
6. Д. Срејовић, Лепенски Вир - Нова праисторијска култура у Подунављу, Београд, 1969.
7. Ж. Микић, Археологија Источне Србије, Београд, 1997.
8. Ж. Микић, Гласник А Д Ј **35** (2000) 21.



ВЕСТИ из ШКОЛА
ВЕСТИ за ШКОЛЕ

Саша Којадиновић, апсолвент на смеру професор хемије, Хемијски факултет, Београд (sasha.k@sezampro.yu)

ПРИМЕНА СОФТВЕРА У НАСТАВИ ХЕМИЈЕ

Настава хемије врло је специфична у погледу потребе за различитим наставним средствима, неопходним за ефикасно одвијање процеса учења. Традиционална настава углавном се ослања само на статичне слике из уџбеника, док се понекад демонстрирају механички модели атома и молекула и огледи. Последице таквог приступа су мала мотивисаност ученика за учењем теме која им изгледа неprivлачно и неразумеваче градива.

Са појавом рачунара отворена је широка могућност за његову примену у настави. Предности рачунара у односу на друга наставна средства су многобројне. Може се слободно рећи да не постоји наставна тема или област у хемији где се не може применити рачунар. До пре десетак година рачунар је углавном коришћен за послове који су захтевали дуга и сложена израчунавања и уређивање великих база података. Са појавом моћних и релативно јефтних

персоналних компјутера, који лако манипулишу сликама, видео снимцима и звуком (мултимедија), створена је могућност за шире коришћење рачунарских система и програма (софтвер) када је потребно визуелно представити неки динамички процес и указати на одређене односе међу појмовима.

Софтвер који се користи у настави може се према функцији поделити у неколико група:

1. програми за симулацију хемијских огледа и хемијских процеса,
2. програми за усвајање новог градива-интерактивни уџбеници,
3. програми за тестирање и проверу знања,
4. програми за хемијска израчунавања,
5. програми за евиденцију и праћење успеха ученика и друге базе података.

Програми из прве и четврте групе специфични су за наставу хемије, док су остали углавном слични одговарајућим програмима који се користе у настави других предмета.

У свету се врло велики значај придаје развоју софтвера за потребе наставе хемије. Официјелни интернет сајт часописа Journal of Chemical Education доста простора посвећује управо овом сегменту наставе. Такви софтвери се у нашим школама готово и не користе, углавном због недостатка одговарајуће рачунарске опреме, али и због лоше обавештености наставника и њихове необучености за рад на рачунару. Наставници често претпостављају да је руковање рачунаром компликован процес, што се до пре десетак година могло сматрати тачним. Међутим, појава оперативног система Windows чини руковање рачунаром и рачунарским програмима изузетно једноставним, а резултати увелико премашују уложени труд у обучавање за рад на рачунару.

1. ПРОГРАМИ ЗА СИМУЛАЦИЈУ ХЕМИЈСКИХ ОГЛЕДА И ПРОЦЕСА

Програми из ове групе последњих година у настави високоразвијених школских система постају врло важан сегмент наставе, посебно у случајевима када те симулације замењују извођење неког опасног или компликованог хемијског експеримента, или приказују хемијске процесе које је тешко представити на неки други начин. Програми из ове групе нису компјутерски програми према најстрожој дефиницији, већ углавном припадају групи видео фајлова (са екстензијама: .avi или .mov). Могу се правити на два начина:

Снимањем хемијског огледа видео или филмском камером, а затим пребацивањем добијеног снимка у један од горе поменутих дигиталних видео формата. На тај начин добија се видео запис реалног лабораторијског огледа који је сада могуће пратити на рачунару без икакве опасности од експлозивних ситуација и могућности да оглед не успе.

Коришћењем неког од програма за компјутерску анимацију и моделовање као што су 3D STUDIO и 3D STUDIO MAX, могуће је представити велики број хемијских процеса на молекулском нивоу.

Руковање компјутерским видео фајловима је крајње једноставно и своди се на коришћење тастера Play и Stop на одговарајућем виртуелном видео плејеру (Windows Media Player, Quick Time).

2. ПРОГРАМИ ЗА УСВАЈАЊЕ НОВОГ ГРАДИВА

Интерактивни уџбеници представљају покушај да се класични уџбеник осавремени и пренесе на други медијум, у овом случају компјутер. Свакако да бисмо лако један од ранијих покушаја да се ово постигне могли да препознамо у програмираном учењу, чији почеци датирају од пре више деценија, али са развојем рачунарске технике постало је могуће вратити се основној идеји овог облика учења и значајно је побољшати.

Први уџбеници прилагођени за учење уз помоћ рачунара били су универзитетски уџбеници чија су класична издања пратиле и дискете са сажетим садржајем наставних тема. То су били текстуални фајлови (.txt), праћени одговарајућим сликама (.bmp, .jpg, .gif). Предност у односу на класичан уџбеник није била велика, изузев, можда, у бржем проналажењу одређеног места или појма. Први помак запажа се када се, уместо дискете као медијума за чување података, почиње да користи compact disc (CD). Сада је на једном диску било могуће сместити приближно 400 пута више података (текста и слика) него на дискети, тако да се читав садржај обимног универзитетског уџбеника могао сместити на једном диску. Последњих година садржај уџбеника се не чува у облику текстуалног фајла (.txt) већ као HTML (.htm, .html) фајл који дозвољава много већу флексибилност и динамику, презентацију на интернету и мултимедијално представљање у оквиру самог документа (звук и анимација).

Највећи напредак код програма из ове групе представљао би покушај да се на основама разгранатог програмираног учења направи извршни програмски фајл (.exe) који би уз добру графичку и мултимедијалну подршку омогућио кориснику да се кроз градиво креће према сопственој брзини учења и према потребама за додатним информацијама или објашњењима. Коришћење таквог програма било би једноставно за корисника, али би за његово прављење било потребно познавање програмирања у неком од савремених програмских или скрипт језика као што су C++, Visual Basic, Delphi или Java.

3. ПРОГРАМИ ЗА ТЕСТИРАЊЕ И ПРОВЕРУ ЗНАЊА

У ову групу софтвера убрајамо извршне програме (.exe) који служе за тестирање, аутоматско сабирање броја освојених поена и давање оцене. То би биле неке најосновније функције које би један такав програм требало да обави, а могуће је и статистичко праћење успеха ученика у одређеним областима теста, графичка презентација успеха на тесту и слично. За прављење таквог програма потребно је скромно познавање програмирања, тако да би у бу-

дућности и професори у школама могли да буду оспособљени да, за потребе своје наставе, направе такав тест. У једноставнијој варијанти, може се за тестирање користити програм који ради са базама података, па би се посао професора сводио на уписивање питања и тачних одговора у одговарајућу базу. На тај начин би један програм могао да се користи за више тестирања.

4. ПРОГРАМИ ЗА ХЕМИЈСКА ИЗРАЧУНАВАЊА

Коришћење програмираних машина за разна компликована израчунавања представља најстарију примену рачунара уопште. Ова примена нема толику важност за наставни процес колико за сам научно-истраживачки рад, али се свакако неки од ових програма могу демонстрирати или применити на експерименталним вежбама из хемије. У свету већ пар година постоји тенденција да се за израчунавање и сређивање резултата са лабораторијских вежби користи рачунар, припремајући на тај начин ученике или студенте за будући научни рад у којем ће им знање ове врсте свакако бити неопходно. Функција ових програма може бити различита. Од једноставног израчунавања на основу унапред задате формуле до табеларног и графичког приказа тока и резултата експеримента. Поред специјализованих програма за примену у хемији за представљање резултата може се, нарочито на школским вежбама, користити Excel из програмског пакета MS Office 97/2000, као софтвер који је данас доступан скоро сваком кориснику персоналног компјутера.

5. ПРОГРАМИ ЗА ЕВИДЕНЦИЈУ И ПРАЋЕЊЕ УСПЕХА УЧЕНИКА

Овде долазимо до групе програма намењених наставницима, за лакше праћење успеха ученика. Ови програми треба да буду динамички повезани са програмима за тестирање и проверу знања, тако да се резултати са тестова аутоматски уписују у програм за евиденцију. За овакав рад потребно је да постоји систем умрежених рачунара, где би ученици имали приступ програмима за тестирање, а наставник целокупној мрежи, тако што би се у његовом рачунару сакупљали резултати. У недостатку школске мреже могућ је и алтернативни начин рада, у којем би сваки ученик имао своју дискету на којој би се након тестирања чували његови резултати и са дискете накнадно уносили у програм за евиденцију. Подаци добијени на овај начин са информатичког аспекта спадају у базе података, па би се, сходно томе, за рад са њима могао користити неки од програма за рад са базама података. Најпознатији од њих је свакако Microsoft Access из већ споменутог програмског пакета MS Office 97/2000. Најосновнији рад са базама података у Accessу лако је савладати, а погодности таквог приступа евиденцији су велике. Ово се нарочито односи на прегледност и брзину којом се долази до било ког потребног податка без обзира на величину базе.

Други и свакако бољи начин за рачунарску евиденцију успеха ученика или студената је постојање програма написаног на основу специфичних захтева наставника и броја и структуре ученика или студената, али у том случају поново долазимо до проблема неопходног познавања програмирања и закључка да би томе убудуће, током школовања нових наставних кадрова, требало посветити много више пажње.

ПРОГРАМ АСОЦИЈАЦИЈА 1.0

Програм Асоцијација 1.0 замишљен је као софтверска верзија игре асоцијација са појмовима из хемије. За разлику од уобичајене верзије игре асоцијација овај програм није само игра која на забаван начин служи за утврђивање знања, већ пре свега служи да кориснику укаже на везе и односе између неких основних хемијских појмова. Поред тога корисник у току игре добија кратке описе и дефиниције које му помажу да реши асоцијацију у игри, али и да боље разуме основна значења тих појмова у хемији.

Игра почиње отварањем уводног дијалог прозора са називом и верзијом игре слично већини програма писаних за оперативни систем Windows 95/98. Након тога, отвара се нови дијалог прозор чија је функција уписивање имена такмичара, јер је игра у овој верзији предвиђена за два играча. Прозор за регистрацију се затвара једноставно притиском на тастер ОК, чиме је завршена уводна процедура пре саме игре. Игра почиње већ у следећем кораку отварањем главног дијалога са карактеристичним интерфејсом за игру асоцијација. Интерфејс се састоји од следећих елемената:

- тастера за отварање поља обележених знаковима од А1 до D3
- тастера за проверу уписаног решења обележених знаком питања
- поља у којима се појављују имена откритивних појмова



- поља у која се уписују одговори
- стандардног Windows toolbar-а са командама за управљање програмом као што су: тастери за прелазак на следећу асоцијацију, промена активног такмичара, приказивање тренутног резултата, завршетак игре и брисање поља.

Коришћење команди се лако савладава у току игре, а за сваки тастер toolbar-а постоји објашњење



Слика 1. Изглед уводних прозора које се приказује довођењем курсора на одређени тастер.



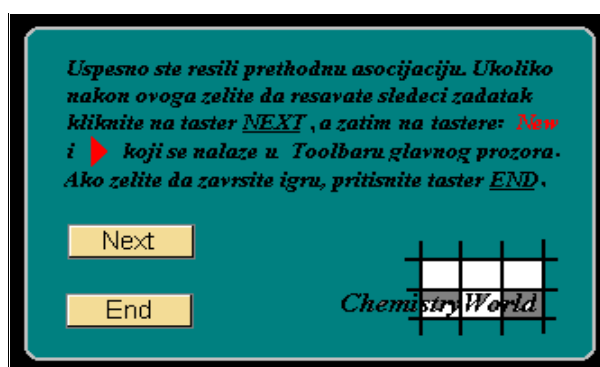
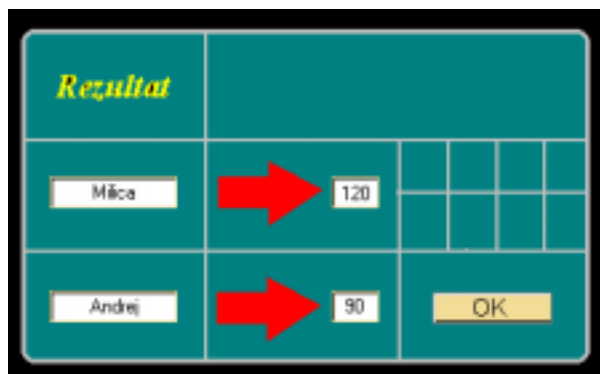
Слика 2. Изглед главног прозора

Игру почиње први такмичар отварањем унапред договореног броја поља, при чему за свако отворено поље добија дефиницију појма који се крије иза отвореног поља. На основу тог знања такмичар би требало да погоди решење колоне, да упише одговор и, кликом на тастер за проверу који се налази непосредно испод поља, провери исправност свог одговора. Уколико решење није тачно, на потезу је други такмичар.

Када један од играча пронађе коначно решење асоцијације програм аутоматски приказује табелу са тренутним резултатом и нуди опцију за завршетак игре (притиском на тастер End) и опцију за наставак игре (притиском на тастер Next), односно прелазак на следећу асоцијацију. Број асоцијација у овом програму практично је неограничен и постоји могућност уписивања нових асоцијација и измене старих. Ученици могу једни другима да постављају асоцијације унапред смишљене и уписане у програм.

Време трајања игре није одређено програмски јер је основни циљ пажљиво ишчитавање дефиниција и повезивање појмова, при чему корисник не би требало да буде оптерећен дефинисањем дозвољеног времена за проналажење решења. За разлику од других асоцијација ова верзија доноси више поена кориснику који је отворио више поља да би дошао до коначног решења, јер више отворених поља подразумева да је корисник упознат са више чињеница

о појмовима које повезује, што је такође један од циљева ове игре.



Слика 3. Прозори за резултат и прелазак на следећи сет

ПРОГРАМ АСОЦИЈАЦИЈА 1.0 СА АСПЕКТА ПРОГРАМИРАЊА

Програм Асоцијација 1.0 направљен је у програмском језику C++ коришћењем компајлера Microsoft Visual C++ 6.0 и ради под оперативним системом Windows 95/98/Me. У свом раду користи базу података која је састављена у програму MS Access 2000 и повезана са главним програмом помоћу ODBC интерфејса.

Апликација има мултимедијални карактер јер је у њој коришћен звук који прати одређене промене и дешавања у игри. Звучни фајлови налазе се у .wav формату као посебни фајлови у основном директоријуму програма и могу се по потреби мењати или избрисати. Сви појмови и објашњења из игре, односно сетови асоцијација, налазе се у бази података која има име DataBase03.mdb и налази се у истом директоријуму са извршним програмом, упутствима за инсталацију програма и .wav фајловима. Приступ бази је могућ из програма MS Access 2000 при чему је могуће произвољно мењати њен садржај, што директно мења садржај асоцијација у главном програму.

За све додатне информације у вези са програмом можете писати на адресу: sasha.k@sezampro.yu

Abstract

SOFTWARE IN CHEMICAL EDUCATION

Saša Kojadinović

Faculty of Chemistry, Belgrade

The development of the software in chemical education is very important today. Traditional teaching aids have some deficiency for explanation of certain chemical processes. This problem could be simply resolved by using computer and computer programs as modern teaching aid. That kind of software could be classified by purpose:

1. Software for the simulation of the chemical processes

2. Interactive books

3. Interactive tests

4. Software for chemical calculations

5. Software for class evidence

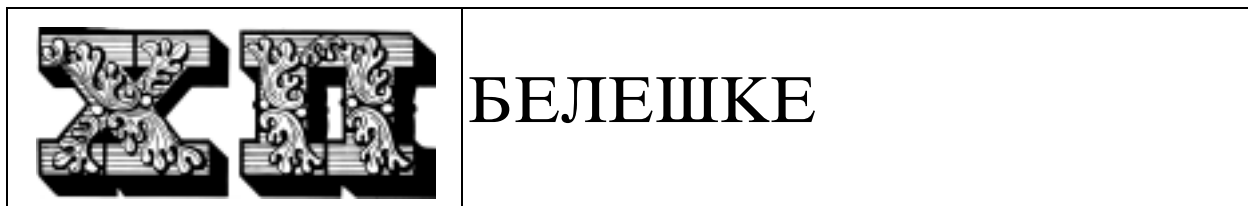
Beside of special programs in chemistry we could also use some commercial software such as: MS Access and MS Excel.

Asocijacija 1.0 is software version of the game, which is already known, but this version has some special featu-

res. The most important innovation is appearing of dialog windows with explanations of terms uncovered during the game. Program is written by C++ program language and it has character of multimedia. Terms and explanations of the game are stored in database, which could be opened and edited with MS Access.

ЛИТЕРАТУРА:

1. A. Fraiman and G. T. Jenkinson, A Multimedia Approach to Lab Reporting via Computer Presentation Software, J.Chem.Ed. 1999,76,283
2. M. J. Sanger, A. J. Phelps and J. Fienhold, Using a Computer Animation to Improve Students' Conceptual Understanding of a Can-Crushing Demonstration, J.Chem.Ed. 2000,77, 1517
3. K. L. Reid and R. J. Wheatley, Using Computer Assisted Learning to Teach Molecular Reaction Dynamics, J.Chem.Ed. 2000,77, 407
4. W.R.Robinson, A View of the Science Education Research Literature: Scientific Discovery Learning with Computer Simulations, J.Chem.Ed. 2000,77,17



ПРИКАЗ КЊИГЕ ИВАНА ГУТМАНА

"ДВАДЕСЕТ ГОДИНА СЕМИНАРА МАТЕМАТИЧКЕ МЕТОДЕ У ХЕМИЈИ"

Неки песник можда би свој текст започео са фразом: "Доспео ми је у руке текст ...". Ја, као човек који целог живота ради у егзактним наукама, морам да кажем "Дата ми је, пре пар недеља, у руке (као поклон) књига необичног наслова *Двадесет година семинара Мајемајичке методе у хемији*", пошто је то објективна истина. Аутор ове књижице од 84 странице је мој пријатељ Иван Гутман. Он ми ју је и дао а ја бар (за разлику од бројних других који пишући приказ нечије туђе књиге прикривају пријатељство) признајем да ми је Иван пријатељ, и да сам поносан на то.

Оно што сам нашао између корица ове књижице, коју вероватно никад нећете имати прилике да видите, натерало ме је да напишем ове редове који ће много више бити осврт на нашу стварност а много мање анализа онога што у књижици пише.

Књига се састоји од не више него шест страница уводног текста, у коме Иван објашњава како је књига настала и, кроз одговоре на питања које сам поставља, даје и одговоре шта је сврха ове књиге. Уместо да препричавам, овде сам одабрао систем извода и цитата који "сами говоре":

Ово је Иван Гутман написао, уместо посвете, на првој страници књиге:

*"Документ о једном добу,
прилоз историји крађујевачког Универзитета,
прилоз историји Природно-мајемајичког факултета
у Крађујевцу,
прилоз историји науке у Крађујевцу,
записано за нека друга, боља, времена,
да се не заборави"*

Из даљег текста ове књиге извукао сам неколико питања и неколико одговора.

Из Увода:

"Пре двадесет година, тачније 16. марта 1981. године са почетком у 15 сати одржано је у Институту за хемијске науке ПМФ у Крађујевцу предавање под насловом *"Упознавање са графовима"*, које је најављено као прво у серији предавања под заједничким насловом *"Математичке методе у хемији"*. Затим је 30. марта одржано друго предавање, 6. априла треће – и то траје све до данашњих дана."

Из Почеци:

"Када сам (И.Г.) 1977. године стигао на ПМФ, био сам пети наставник (доцент) у Институту за хемијске науке. Било је то време полета и ентузијазма Не задуго, посетио сам управника Института за хемијске науке и изложио му своју идеју да у Институту организујемо "Семинар из хемије", који би покривао све области хемије и на којем Управник је то одбио. У Институту за хемијске науке ни до данас ништа слично није заживело....."

И тако смо, 16. марта 1981. године кренули....."

Из Чему овакав семинар?:

"Сматрао сам да је вредно труда да се покуша да се неколицина, за тако нешто надарених и заинтересованих сарадника и студената оспособи да може да се са успехом

На тај начин Семинар је постигао један циљ: на ПМФ, на пољу научно-истраживачког рада (макар само у једној ограниченој и опскурној области) стално се нешто дешавало, и то јавно."

Из Како и зашто је семинар ојсијао?:

Дат је и (тужни) списак оних младих колега који су, уместо да остану у Крагујевцу како би преносили своје знање на наредне генерације, отишли у бели свет. Списак оних који су се калнили кроз овај семинар.

Прескачем одељке Први и нај, затим Успеси и резултати, па Неуспеси (пошто треба оставити неке ствари и као мотив вама да дођете до примерка ове књижице), па цитирам, у целости, два одељка:

Награде, признања и финансијска подршка

"Није било награда и признања. Семинар није поменут ни на једној од бројних свечаности и прослава на Природно-математичком факултету или Универзитету.

Семинар није имао финансијску подршку са било чије стране. У њега Природно-математички факултет и Универзитет нису уложили ни динар."

Докле?

"Док се буде могло."

После овог одговора, који објашњава и како се и могло десити да овако нешто постоји, дат је списак тема свих 662 семинара. Двадесет година на 84 стране!

И, на крају, мало и мог текста:

Да није било Ивана, не би било ни семинара (или би их било до, највише, десетак, а онда би се сви уморили, и организатори и учесници и све не би трајало дуже од пар месеци). Тако то бива код нас. Вероватна истина је да без таквих као што је Иван Гутман био током претходних двадесет година на том месту (и неки други, њему слични, на неким другим местима), не бисмо остали и опстали ни на овом (тренутно јако ниском) нивоу. Другим речима, нигде нас не би било. Мислим да је приказ ове књиге у исто време и приказ онога што нам се дешавало и онога што нам се дешава. Иван ће ми опростити што сам овај текст написао потпуно без његовог знања. А ја се, иначе, у математичке методе у хемији уопште не разумем.

Напомена: ова књижица изашла је као самостално издање Ивана Гутмана. А Семинар наставља са радом и животом.

Ратко М. Јанков

НОБЕЛОВА НАГРАДА ЗА ХЕМИЈУ У 2000. ГОДИНИ ДОДЕЉЕНА ЈЕ НАУЧНИЦИМА ЗА ОТКРИЋЕ ПОЛИМЕРНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРОВОДНИКА

Шведска краљевска академија наука доделила је **Нобелову награду за хемију у 2000. години Алену Хигеру** (Alan J. Heeger) са Калифорнијског универзитета из Санта Барбаре, САД, **Алену МакДиармиду** (Alan J. MacDiarmid) са Пенсилванијског универзитета, САД и **Хидеки Ширакави** (Hideki Shirakawa), са Цукуба (Tsukuba) универзитета из Јапана, за њихово оригинално откриће **полимерних електричних проводника**.

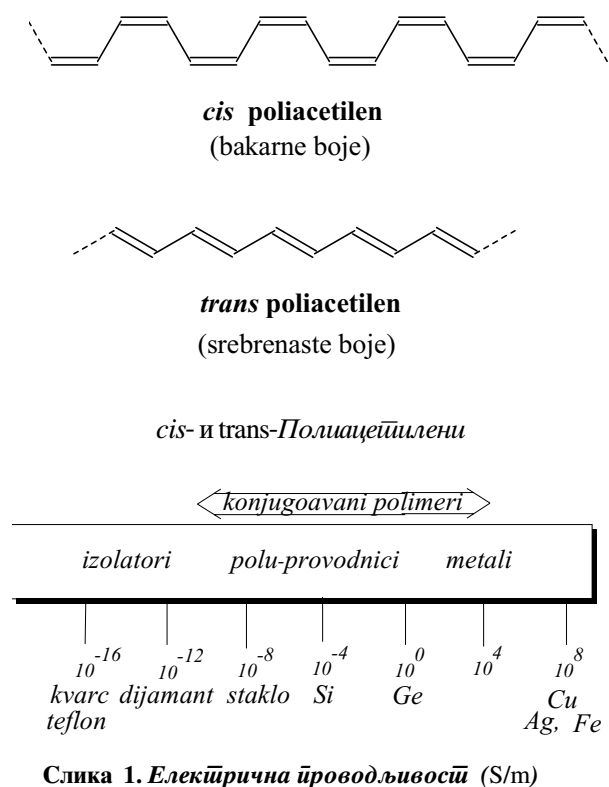
Органски полимери садрже екстремно велике молекуле и, као и друге молекулске супстанце, обично не проводе електричну струју. Напротив, поливинил-хлорид и други полимерни материјали имају велику примену као електрични изолатори, тиме нас заштићују од електричне струје јер нису проводници. Међутим, погодним избором молекулских структура и њиховом специјалном обрадом произведено је неколико органских полимера чија се

електрична проводљивост приближава проводљивости метала.

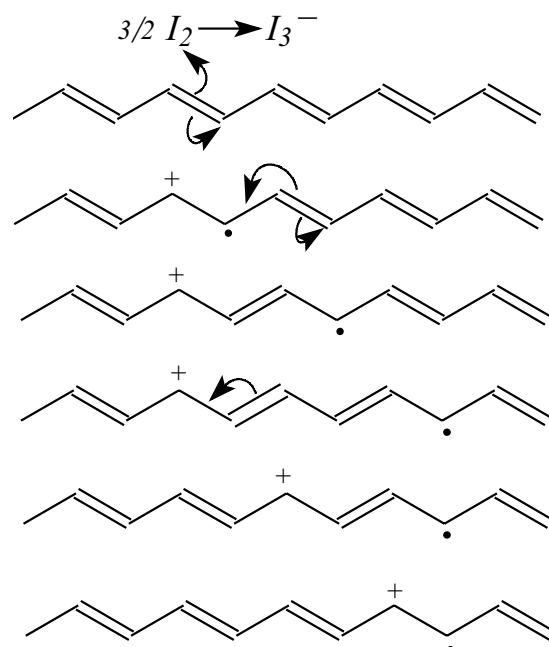
Прича о овом открићу пуна је изненађења. Јапански научник Ширакава изводио је експерименте са полиацетиленом који садржи наизменично просте и олефинске дрвогубе везе угљеник-угљеник дуж полимерног угљениковог ланца. Покушавао је да, применом Зиеглер-Натта катализатора, пронађе начин за добивање добро дефинисаних полимерних филмова. Иначе Зиеглер и Натта су пронашли катализатор ($R_3Al + TiCl_4$) за полимеризацију ацетилена и за ово откриће добили су Нобелову награду за хемију у 1966. години. Шираклавин студент је, проучавајући полимеризације помоћу овог катализатора, направио грешку и употребио је 1000 пута већу концентрацију катализатора и при томе је добио полимерни филм који је изгледао као метал, сличан алуминијумској фолији. Шираклава је затим пронашао да се варирањем реакционих услова и растварача

као и употребом високе концентрације катализатора добивају се узорци полиацетилена у којима су све олефинске везе биле *cis*- и узорци у којима се све олефинске везе биле *trans*-оријентисане. Тако су добивени полимерни филмови бакарне боје који имају *cis*-стереохемију и сребренасте боје који имају *trans*-стереохемију на површини полимерizacionог суда.

Мада полиацетиленски филмови изгледају као метални, они не проводе електричну струју ни близу као што проводе метали. Друго питање са којим се Ширакава сусрео било је како пронаћи начин да се полимерни филмови учине проводницима. Професор МакДиармид је посетио Ширакавине лабораторије и видео филмове који личе на металне, па је позвао Ширакаву да посети Пенсилванијски универзитет у САД. Они су третирали полиацетиленске филмове са јодом. Сребренести филм (*и*ранс-) променио је боју до црног сребра а исто тако се промениле и његове друге особине. Затим су позвали Хигера, професора физике са Пенсилванијског универзитета да измери електричну проводљивост филмова и он је пронашао да се проводљивост повећала за **10⁷ пута**. Тако да полиацетиленски филм који је третиран јодом има проводљивост **3000** сименса по метру. После тога синтетизовани су други облици а који су такође имали високу проводљивост реда 10⁵ S m⁻¹ (слика 1.). Ова вредност најбоље се може схватити када се упорди са непроводним полимерима као што је тефлон (10⁻¹⁶ S m⁻¹), са металима као што је сребро и бакар (10⁸ S m⁻¹). Ови резултати три наведена научника објављени су још 1977 године као кратко саопштење.



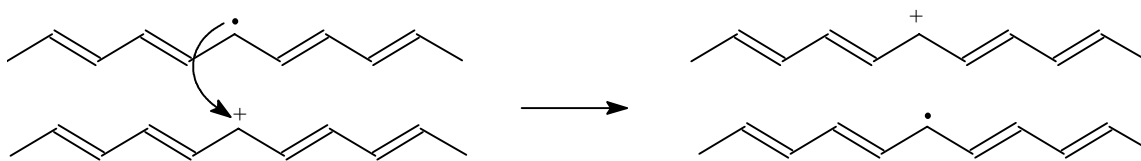
Електрична проводљивост повећавала се када се полиацетилен третира са јодом због тога што јод оксидује полимерни молекул. Оксидација се састоји у одвајању једног електрона и настајању радикал-катјона у полимерном ланцу и I₃⁻ (ањона). Када се електрон одвоји од наизменичних двогубих и простих веза дуж полимерног ланца, наелектрисање се може преносити премештањем електрона (слика 2). Таква миграција наелектрисања одговара електричној проводљивости у молекулу. Пошто је позитиван крај молекула привучен ка негативном тријоодидном ањону, који се не може лако кретати, па је лакше да протиче електрична струја, ако постоји много тријодидних ањона расутих између полимерних молекула. У смислу да се позитивно наелектрисање помера од једног негативног наелектрисања до следећег. Зато је потребно да се, допирањем (третирањем) полиацетилена са релативно великим односом јода, добије висока проводљивост.



Слика 2. Пренос наелектрисања дуж полиацетиленског молекула

Пошто је молекул полиацетилена много краћи од димензија полиацетиленског филма није довољан пренос наелектрисања само дуж простог полимерног ланца. Електрична проводљивост захтева да се наелектрисање такође преноси са једног полиацетиленског молекула на други. Ово се може десити ако неспарени електрон са једног ланца прескочи на позитивно наелектрисани крај другог ланца. Тако се овај спаја са другим полимерним ланцем а позитивно наелектрисање може мигрирати дуж другог ланца преносећи га на трећи и евентуално преносити на дууже растојање. Слика 3 показује како се врши такав интермолекуларски пренос наелектрисања.

Шведска Краљевска академија наука саопштила је да је доделила ову награду због »важног« научног открића које је постигнуто у овој области, његовог



Слика 3.

положаја и последице које има у смислу практичних примена и интердисциплинарног карактера (између хемије и физике) и његовог утицаја на развој других научних области. Откриће да се од полиацетилена може направити проводник електричне струје, подстакло је синтезе других полимерних проводника, полимерних полупроводника, полимерних система који емитују светлост, органских field-effect транзистора и органских фотоволтажних уређаја. Особине полиацетилена нису довољно добре да би имали важне примене, али бројни слични проводни полимери почињу да имају комерцијалну примену. Следећи примери то илуструју:

- *Полианилин* се употребљава као електрични проводник и за електромагнетну заштиту електронских кола.

- *Поли(етилендиоксиетиофен)* се употребљава као анти-статични премазни материјал на фотографским емулзијама да се спречи искричење.

Поли(фенилен-винилден) деривати су кандидати за примене у електролуминесцентним показивачима (дисплаз) за мобилне телефоне.

Поли(диалкилфлуорен)ови деривати који се употребљавају у видео матрицама показивача у боји.

Компјутерска технологија интегрисаних кола и други производи физике чврстог стања засновани су на "наталоженом" силицијуму и модификацијама чистог силицијума допираног (третираног) другим елементима. Кристали који се употребљавају су далеко већи од молекулске скале и морају бити повезани са великим електродама да се добију диоде, транзистори и друге компоненте. Органски поли-

мерни проводници нуде могућности знатно веће и много финије тонирану варијабилност у особинама таквих уређаја и у принципу ти уређаји могу бити тако мали као што су то и сами молекули.

Открићем полимерних проводника отпочела је серија развоја нових материјала који могу достићи стотруку редукацију (смањење) у димензијама електронских кола. То значи да би се могла повећати брзина и капацитет меморије компјутера за милион и више пута. За разлику од неорганских полупроводника заснованих на силицијуму, органски полимерни проводници су флексибилнији и лакши. Покретни (ролинг уп) компјутерски показивач направљен од проводљивих полимерних материјала и њихово "лепљење" у пакет није фантастична идеја као што изгледа већ је блиска реалности и применама.

Од самог њеног почетка ова област проводљивих полимера укључивала је хемичаре, физичаре и друге научнике и инжењерске раднике у један тим да реше и објасне проблеме. Нобелов изборни комитет је више него праведно проценио интердисциплинарну сарадњу у овим истраживањима. Могућности за револуционарне промене у начину прављења електронских уређаја и њихове примене такође су сасвим очите. Извесно је да се у будућности могу очекивати нова открића и вести о интердисциплинарним хемијским открићима и новим производима.

Живорад Чековић
Хемијски факултет, Београд

ПОСЛЕДИЦЕ РАТА НА БАЛКАНУ

Одлука британске владе од јануара 2001. да понуди здравствену контролу ветеранима са Косова, усмерила је пажњу на еколошке последице рата на Балкану 1999. Одлука представља закаснело признање бриге у целој Европи о потенцијалном здравственом ризику од 31.000 пројектила за пробијање оклопа, које су НАТО авиони испалили у току сукоба. Бомбе су садржале до 10 t осиромашеног урана (^{238}U), а сагоревање на високој температури при експлозији могло је вероватно да доведе до стварања честица оксида урана, који према извештају Комитета за човекову средину Савета Европе са 41 државом-чланицом, може да представља ризик појаве озбиљних опекотина, тумора и мутагених оштећења особа удаљених до 300 m од места експлозије. Тако-

ђе се поставља питање, да ли су чланице НАТО прекршиле своје интернационалне обавезе избегавања штета по околину у току војног сукоба изазивајући озбиљну контаминацију у области Балкана. Комитет Савета Европе тражи усвајање новог интернационалног споразума ради проширења садашње одредбе женевске Конвенције из 1977. која је захтевала од зараћених страна да што је више могуће ограниче овакве штете.

Цитирајући званичне податке и информације, добијене од невладиних организација, Комитет сматра да НАТО бомбардовање еколошки опасних постројења, углавном у Србији, представља флагрантно кршење Конвенције из 1977. Бомбардовање је "драматично погоршало већ врло рђаво" стање чо-

векове средине у овој области изазивајући “нечувену контаминацију са преко 100 токсичних супстанци”. Неки загађивачи су се потом раширили у Албанију, Бугарску, Грчку, Мађарску, Румунију, Македонију и Украјину.

Извештај, који је саставио украјински члан Парламента Сергеј Курикин, Комитет је прихватио децембра 2000. Парламент Савета Европе ће сада водити дебату о извештају и саставити препоруке министрима који представљају државе-чланице Савета.

Курикин, који је посланик странке “зелених” у свом Парламенту, доказује да се штета могла предвидети те се “може претпоставити да је била намерно изазвана”. Према извештају од марта до јуна 1999. до 79.000 t пројектила избачено је на разне циљеве, укључујући 78 индустријских локација и 42 енергетска постројења, изазивајући “озбиљне – у неким случајевима иреверзибилне – штете за околину за које државни органи немају средстава да их уклоне”.

Ваздушни напади којима је разорено 20 хемијских и петрохемијских постројења укључујући “више пута поновљене, интензивне и разарајуће” нападе на комплекс у Панчеву, густо насељеном предграђу Београда. Суочени са ризиком експлозије, оператори су испустили токсичне растворе у Дунав, укључујући 1.400 t етилен-дихлорида, 800 t 33%-ног раствора соне киселине, 3.000 t лужине, 1000 t натријум-хи-

дроксида и неодређену количину живе, коју фабрика нормално складишти у количини од око 100 t.

Бомбардовање других постројења довело је до испуштања у Дунав око 200 t амонијака, а разарање фабрике аутомобила “Застава” до испуштања више тона пиралена, потенцијалног карциногена, у притоку Дунава, извора воде за пиће за 10 милиона људи у тој области.

Даље, нападима на енергетска постројења излило се трансформаторско уље које садржи токсичне полихлороване дифениле (PVC); само разарање трафо-станице у Београду изазвало је изливање у реку 150 t.

Поред намерне штете изазване бомбардовањем и нападима у ниском лету, у извештају се наводи да су “масивна” ваздушна активност НАТО, 34.000 летова над релативно малом облашћу, довеле до високог нивоа контаминације околног ваздуха и киша. Извори контаминације обухватају адитиве за горива, као што су амонијум-перхлорат, олово-стеарат, полибутадие и полиетилен. У извештају се указује да поред гасова из млазних авиона са NO_x , који оштећују озонски слој, гориво које користе борбени млазни авиони амерички Ф 16 и француски Мираж садржи врло токсичне хидроксиде.

(објављено у часопису Краљевског хемијског друштва “Chemistry in Britain” фебруара 2001.).

ДЕМАНТОВАНО ОТКРИЋЕ ЕЛЕМЕНАТА 118 И 116

У пролеће 1999. године група научника из Лоренсове Националне лабораторије у Берклију (Калифорнија, САД) саопштила је да је синтезирала елемент атомског броја 118 (унуноктијум) чијим алфа-распадом настаје и елемент 116 (унунхексијум). Навели су да су детектовали алфа-честице које потичу од три атома унуноктијума. О томе је објављен чланак и у нашем часопису:

С. Јокић, И. Гутман, Синтеза супертежких елемената 116 и 118, *Хем. преглед* 40 (1999) 44-46, где заинтересовани читаоци могу наћи имена аутора и експерименталне детаље.

После тога појавили су се проблеми. У две друге лабораторије (у Немачкој и Јапану) нису могли да понове објављене експерименте, а није успело ни

њихово понављање у самој Лоренсовој лабораторији. Следило је преиспитивање мерних резултата из пролећа 1999. године и заључак да је за њихову обраду примењен неадекватан компјутерски програм. У јулу 2001. године аутори који су 1999. објавили да су добили елементе атомског броја 118 и 116, и у истом часопису (*Physical Review Letters*), повукли су своју тврдњу и признали да су погрешили.

Дакле, сада је ситуација са најтежим хемијским елементима следећа: Добивени су сви елементи до атомског броја 112 као и елемент 114. Елементи атомског броја 113 као и они са атомским бројем већим од 114 нису познати.

И. Г.

Анегдоте из бележнице Радивоја Николајевића

АНЕГДОТЕ ИЗ ЖИВОТА ПОЗНАТИХ НАУЧНИКА

Прича се да велики француски научник Андре-Мари Ампер, који је изабран у академију као математичар, понекад није могао да пришапне својој деци резултат из таблице множења. Једном је Ампер дуго грешно покушавајући да израчуна колико дугује сељаку код којег је одсео за стан и храну. „Па, господине“ – приметио је сељак – „ви нешто мало знате рачун, али бисте морали да се обратите нашем жупнику како би вас упутио у аритметику. Колико је већ година прошло од како ме је учио бројеве, а ја, као што видите, још и сада нешто памтим.“

ПРОБЛЕМИ ЕЛЕКТРОХЕМИЈСКЕ ТЕРМИНОЛОГИЈЕ – НЕДОСЛЕДНОСТИ И НЕДОУМИЦЕ –

У четвртак, 8. новембра 2001. године у организацији Електрохемијске секције Српског хемијског друштва, на Технолошко-металуршком факултету у Београду је одржана јавна расправа са темом Проблеми електрохемијске терминологије - недоследности и недоумице. Расправу је водио проф. др Александар Деспић. Расправи је присуствовало више од 20 учесника, углавном електрохемичара, из Београда, Бора и Крушевца.

Намера организатора је била да се кроз неформални разговор и дискусију покушају одклонити неки од проблема терминологије у електрохемији, са циљем да се свима који се електрохемијом баве помогне када су у питању недоумице у коришћењу појединих термина, односно да се покушају одклонити неке недоследности. Наравно, како је у питању неформални скуп, његови закључци нису обавезујући ни за кога. Напротив, у току саме дискусије било је различитих гледања и ставова, па се може очекивати да ће се и даље користити различити термини за исте појмове. Али оно у чему су се сви учесници сагласили је да ће, када год је то могуће или потребно, навести и постојање других израза за коришћене термин.

Овде ће бити наведени сви термини о којима се водила расправа, као и закључци до којих се дошло.

1. ОТПОР – ОТПОРНОСТ – ОТПОРЉИВОСТ - ПРОВОДНОСТ - ПРОВОДЉИВОСТ

Често се користе термини електрични отпор за физичку величину, а електрична отпорност за њену специфичну вредност по јединици запремине. Након дискусије је закључено да је правилније користити термин електрични **отпор** као појам који описује појаву при протицању струје кроз проводник. Израз електрична **отпорност**, $R (W)$, означава величину карактеристичну за неки систем, а електрична **отпорљивост**, $\rho (Wm)$, је отпорност проводника облика коцке чије је ивица 1 m (оно што се некада звало специфична отпорност, и што се и даље користи у електротехници). **Проводност** $G=1/R$ и **проводљивост** $\kappa=1/\rho$ би аналогно томе требало користити за реципрочне вредности отпорности и отпорљивости.

2. ЕЛЕКТРОДНИ ПОТЕНЦИЈАЛ – ПРЕНАПЕТОСТ – НАДПОТЕНЦИЈАЛ

За термине **напон**, **потенцијал** (**електродни потенцијал**) и **наднапон** сви учесници су се сагласили да их треба користити као што су се и до сада углавном користили. Понекад се користи термин **електродни напон**, али исправније је **електродни потенцијал**. Најопширнија и најзанимљивија расправа је вођена око термина **пренапетост**. Не улазећи у детаље те дискусије, већи део присутних се сложио да је са језичке стране, као и на основу аналогије са терминима **напон** и **наднапон**, можда боље користити термине **потенцијал** и, уместо **пренапетост** - **надпотенцијал**. Део учесника у дискусији је сматрао да би коришћење овог термина могло довести до забуна, имајући у виду термин **подпотенцијал** (из енгле-

ског УПД – **underpotential deposition**, таложење на подпотенцијалима), што је већ улазило у суштине феномена које термини описују. Резимирајући, може се рећи да ће, бар што се присутних тиче, оба термина, и пренапетост и надпотенцијал, и даље бити коришћени.

3. ЕЛЕКТРОЛИТИЧКИ МОСТ – ЕЛЕКТРОЛИТИЧКИ КЉУЧ

Без много дискусије, закључено је да је израз **електролитички мост** много прикладнији, и са језичке стране, али и ако се узме у обзир најчешћи физички изглед предмета који термин описује.

4. СТАНДАРДАНА ВОДНИЧНА (ВОДО-НИКОВА) ЕЛЕКТРОДА - СВЕ – ЗКЕ

Дилема воднична или водоникова електрода разрешена је закључком да је исправније **стандардна воднична електрода**, мада је у питању више лингвистичка него термилошка недоумица. У склопу исте расправе закључено је да скраћенице за стандардну водничну электроду, реверзибилну водничну электроду и засићену **каломелску** (не **каломелову**) электроду треба посати као **SVE**, **RVE**, односно **ZKE**, респективно, а не као скраћенице одговарајућих енглеских назива (**SHE**, **RHE**, односно **SCE**), што је највећи део присутних и до сада чинио.

5. СПЕКТРОСКОПИЈА ЕЛЕКТРО-ХЕМИЈСКЕ ИМПЕДАНЦИЈЕ – СКЕНОВАЊЕ – ПИК ...

На крају још неколико закључака проистеклих из расправе, који су више прилог уклањању недоумица него суштински термилошки проблеми. Тако је закључено да треба користити **спектроскопија електрохемијске импеданције** (**SEI**) уместо електрохемијска импедансна спектроскопија. При коришћењу енглеских израза део присутних је сматрао да је **скеновање** односно **скенујућа** (електронска микроскопија) више у духу нашег језика од термина **скенирање**, односно **скенирајућа** (електронска микроскопија). Предложено је и да се уместо енглеских израза, где год је то могуће користе наши, па би тако било боље користити **врх** уместо **пик**, **талог** уместо **депозит** и **учестаност** уместо **фреквенција**. Примећено је такође да се термин **pH** често користи неправилно, односно да се на пример каже **pH** раствора је..., а исправније би било **pH** **вредност** раствора је....

Електрохемијска секција ће се трудити да настави организовање оваквих расправа, а у исто време позива и друге секције Друштва, као и друге организације, да се придруже напорима да се уведе више реда у хемијској терминологији уопште.

Александар ДЕКАНСКИ,
ИХТМ – Центар за електрохемију, Београд и
Јелена БАЈАТ,
Технолошко-металуршки факултет, Београд



ВЕСТИ ИЗ СХД

ИЗВЕШТАЈ О 13. ЈУГОСЛОВЕНСКОМ СИМПОЗИЈУМУ О ХЕМИЈИ И ТЕХНОЛОГИЈИ МАКРОМОЛЕКУЛА СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ (ЗЛАТИБОР, 27-29. ЈУНИ 2001.)

ОРГАНИЗАЦИЈА И РЕАЛИЗАЦИЈА СИМПОЗИЈУМА

Организациони одбор 13. југословенског симпозијума о хемији и технологији макромолекула са међународним учешћем ЈУ МАКРО 2001 радио је у саставу

Иванка Поповић, председник
Јарослава Будински-Симендић
Драган Бабић
Катарина Јеремић
Јелена Јовановић
Слободан Јовановић
Lynne Katsikas
Жељко Стојановић
Симонида Томић и
Сава Величковић

Током припрема за Симпозијум, чланови Организационог и Научног одбора су одржали неколико заједничких састанака и донели одлуке о месту и времену одржавања скупа, висини котизације, одабиру пленарних предавача и начину рада симпозијума. Чланови оба одбора су се ангажовали да обезбеде финансијска средства за покривање трошкова одржавања Симпозијума. Упркос тешкој материјалној ситуацији, наишло се на разумевање министарстава и привреде. Организатори скупа упућују захвалност свим организацијама које су финансијски помогле одржавање Симпозијума, а посебно генералном покровитељу предузећу ДУГА ХОЛДИНГ из Београда. Покровитељи скупа били су Министарство за науку, технологије и развој Републике Србије, ПИГМЕНТУМ – ексклузивни заступник СІВА Chemicals, Београд и Савезни секретаријат за развој и науку. Спонзори симпозијума су били ГАЛЕНИКА – КЛИРИТ - Земун, СИНТЕЛОН - Бачка Паланка, ФЕНОЛИТ - Боровница, Словенија, а помагачи ХИП-ПЕТРОХЕМИЈА - Панчево, ТИГАР - Пирот и ФАМ АМБАЛАЖА - Крушевац. Симпозијум су финансијски подржали и БУКУЉА - Београд, А+G Technik - Ваљево, СЗР ПЛАСТИК - Нови Сад, ПРВА ПЕТОЛЕТКА, ППТ-ЗАПТИВКЕ - Трстеник и СПЕКТАР - Чачак, док је техничку по-

дршку скупу пружио ПКС-ЛАТЕК - Чачак. Поддршком свих ових организација, Симпозијум је постигао значајне материјалне ефекте који ће, уз покривање сопствених трошкова, помоћи даљем успешном раду Друштва.

Симпозијум је одржан у хотелу ПАЛИСАД на Златибору од 27. до 29. јуна 2001. године.

РАДНИ ДЕО СИМПОЗИЈУМА – ПРЕДАВАЊА И САОПШТЕЊА

Научни одбор Симпозијума чинили су:
Слободан Јовановић, председник
Владимир Дивјаковић
Бранко Дуњић
Јасна Ђонлагић
Милутин Говедарица
Јованка Филиповић
Душан Костоски
Предраг Лукић
Душанка Петровић-Ђаков
Миленко Плавшић
Иванка Поповић
Љиљана Рашковић
Драгослав Стоиљковић

Рад Симпозијума је био тако организован да су сви учесници могли да чују сва пленарна и секцијска предавања. Одржано је осам пленарних предавања. На позив Научног одбора Симпозијума одазвали су се следећи пленарни предавачи:

- проф. др. Gerrit ten Brinke, Лабораторија за хемију полимера, Универзитет у Хронингену, Холандија,
- проф. др. Gert Strobl, Факултет за физику, Алберт-Лудвигс-Универзитет, Фрајбург, Немачка,
- проф. др. Ivan Schorov, Институт за полимере, Бугарска академија наука, Софија, Бугарска,
- проф. др. Michal Pavsky, Факултет за математику и физику, Карлов Универзитет, Праг, Чешка,
- доц.др. Мајда Жигон, Национални институт за хемију, Љубљана, Словенија,
- проф. др. Manfred D. Lechner, Факултет за хе-

ПРОФ. ДР МИЛАНКА НИКОЛИЋ

Изненада, 30. августа ове године, преминула је др Миланка Николић, редовни професор и продекан Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду. Својим ентузијазмом према Технологији текстила, посебно дисциплинама као што су Ткање и структура тканина, које је предавала на Одсеку за текстилно инжењерство ТМФ-а, сматрајући технологију уопште као очаравајућу струку, проф. Миланка Николић је у сваком свом подухвату остављала позитивне трагове, значајне резултате и клицу нових, још успешнијих активности. Као професор својим надахнутим предавањима ширила је љубав према специфичној грани технологије инсистирајући поред инжењерске и на његовој естетској компоненти.

Као истраживач посветила се еластичности и анизотропији тканих и нетканих текстилних површина, публикујући запажене радове у земљи и иностранству. Као хонорарни професор Факултета примењених уметности приближавала је студентима дизајна текстила, на један посебно прилагођен начин, техничку страну материјала, за чије су се уметничко обликовање они спремали.

Као продекан Технолошко-металуршког факултета борила се за враћање његовог угледа и места у друштву, пошто се страдање привреде посебно одразило на положај овог факултета, борила се и за сваког студента, са пуно бриге и разумевања, за његове проблеме. На крају, али не на последњем месту њених многобројних и непоменутих активности, налази се и СХД, чије је активности увек свесрдно подржавала, доприносећи развоју Друштва.

Нит живота проф. Миланке Николић прекинула се грубо, изненадно и неправедно, као нит неке тканине коју је она са много труда стварала и коју није успела да доврши. У сећањима о њој остаје поштовање, велика пријатељства, многе захвалности и туга због растанка. И међу њима, овај постхуман дар њеног сарадника на последњем научном пројекту којим је руководила - дар од човека који је крај њеног одра песнички сазео емоције које носе сви који су је познавали, проф. ТМФ-а и песника др Срећка Николића.

Срећко Николић

ПРОФ. ДР ИВАН В. МИЋОВИЋ



Познати професор Хемијског факултета Универзитета у Београду и председник Српске либералне странке др Иван Мићовић недавно је преминуо у САД у својој 60-ој години. Преминуо је после храбре и до задњег тренутка неравноправне 18-то месечне борбе с опаком болешћу, па је Хемијски факултет остао без свог

уваженог и ангажованог професора и научника, Српско хемијско друштво без свога почасног члана, а Српска либерална странка без свога председника.

Професор Иван Мићовић рођен је 5. новембра 1941. г у Београду. Школовао се у Београду и, по угледу на свога оца Вукића, определио се за природне науке. Студије хемије завршава о року и са успехом који га препоручује за универзитетску каријеру. Као средњошколца и студента хемије, поред експерименталне у лабораторији, занимала га је ледена дворана и клизање за паком. Избор тешких, али занимљивих студија хемије и хокеја као изазовног и само храбри-

ма примереног спорта, најбоље говори о његовом менталитету и амбицијама. Њгова природа и његов спортски менталитет снажно су се осећали и у научном и стручном раду којим се бавио.

Одмах по завршетку студија хемије и избору за асистента на Хемијском институту, Природно-математичког факултета Иван Мићовић, преко постдипломских студија, завршава докторску тезу у области синтеза стероидних алкалоида. Његов основни научни интерес био је у области органске хемије и органске синтезе. Искуства из спорта уграђује у своју научну каријеру па своју научну вредност проверава на међународној научној сцени. После одбране докторске тезе научну каријеру наставља као постдокторант на Џорџија универзитету у САД и у области алкалоида постиже завидне резултате. По повратку из САД на Хемијски институт ПМФ-а оснива своју истраживачку групу и бави се хемијом фармаколошки активних једињења. Хемијске реакције које је др. Иван Мићовић открио, и систематски проучио са својим сарадницима, имају запажено место у међународној научној литератури. Он је настојао да свим својим истраживањима и открићима нађе примену, па се зато претежно бавио синтезама фармаколошки активних једињења која имају практичне примене.

Енергичан и стално ангажован, поред редовних професорских и научних обавеза, Иван Мићовић је своју приврженост и оданост природним наукама испољавао и кроз функције продекана Одсека за хемијске и физичкохемијске науке и касније продекана ПМФ-а. Залагао се за реорганизацију ПМФ-а и конституисање Хемијског факултета. Залагао се за слободан и отворени универзитет. Није се плашио нити либио да јавно изнесе своје мишљење на различитим универзитетским форумима и телима, чак и по цену да буде удаљен с Универзитета. Позната су његова залагања за чисту науку, за одвајање струке од науке, мада се и сам успешно бавио и примењеним истраживањима.

Професор Иван Мићовић је годинама био један од темељних стубова Српског хемијског друштва, оно је било његов друштвени клуб. Као секретар, подпредседник, заслужни и почасни члан Друштва све своје слободно време, енергију и спортски дух уносио је у бројне активности и манифестације Друштва. Са великим ентузијазмом и амбицијама прихватио се многих обавеза у Друштву, а нарочито

организовања разних научних скупова. Организације југословенских и европског симпозијума о органској хемији, у којима је Мићовић учествовао и дао огроман допринос, представљају врхунац организационих домета Српског хемијског друштва захваљујући, у значајној мери, ангажовању и залагању Ивана Мићовића.

Слободоумље и правдољубивост, које је наследио од његових Васојевића предака, увели су Ивана Мићовића и у политику. Један је од оснивача Српске либералне странке и био је њен председник. У политици се ангажовао не зарад великих политичких амбиција, већ због бољег положаја универзитета и побољшања положаја науке и наставе на њему.

Прерано је преминуо проф. Иван Мићовић, али за утеху његовој породици, пријатељима, сарадницима и колегама остаје уверење да је у свима који су га познавали оставио део своје храбрости, племенитости и ангажованости, део свог особеног стила живота и делања.

Живорад Чековић