

ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД CHEMICAL REVIEW



Годиште 46.

број 2
април

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

Volume 46
NUMBER 1
(April)

Publisher
SERBIAN CHEMICAL SOCIETY
Belgrade/Yugoslavia, Karnegiјеva 4

Издаје
СРПСКО ХЕМИЈСКО ДРУШТВО

Телефон 3370-467

Карнегијева 4

излази двомесечно

ОДГОВОРНИ И ГЛАВНИ УРЕДНИК
Ратко М. Јанков

**ПОМОЋНИК ОДГОВОРНОГ И ГЛАВНОГ
УРЕДНИКА**
Драгица Шишовић

ЧЛАНОВИ РЕДАКЦИЈЕ
Владимир Вукотић, Милена Спасић, Дејан Петровић

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

УРЕЂИВАЧКИ ОДБОР

Никола Благојевић, 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 500 дин, за појединце који нису чланови СХД 1000 дин, за радне организације 1500 дин., за иностранство 30 US \$. Претплату прима Српско хемијско друштво, Београд, Карнегијева 4/III. Текући рачун: Комерцијална Банка АД, Београд, 205-13815-62.

Web site: www.shd.org.yu/hp.htm
e-mail редакције: hempred@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

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

САДРЖАЈ

ЧЛАНЦИ

- МИЛЕНА СПАСИЋ, ДЕЈАН ПЕТРОВИЋ**
MILENA SPASIĆ, DEJAN PETROVIĆ
АНТИТЕЛА – САВРЕМЕНИ АНАЛИТИЧКИ РЕАГЕНСИ
ANTIBODIES - MODERN ANALITICAL TOOLS _____ 26
- МИОДРАГ ЗДУЈИЋ**
MIODRAG ZDUJIC
ИДЕАЛНА ТОПЛОТНА МАШИНА САДИ КАРНОА
IDEAL HEAT MACHINE OF SADI CARNOT _____ 31
- ЈАСНА ВУКОВИЋ**
JASNA VUKOVIĆ
ЗНАЧАЈ ХЕМИЈСКИХ АНАЛИЗА У ИСТРАЖИВАЊУ
КЕРАМИКЕ СА АРХЕОЛОШКИХ ЛОКАЛИТЕТА
THE SIGNIFICANCE OF CHEMICAL ANALYSES
IN INVESTIGATIONS OF ARCHAEOLOGICAL POTTERY 38
- ВЕСТИ ИЗ ШКОЛА**
- ВАСИЛИЈЕ ПЛАНИЋ**
VASILJE PLANIC
СЦЕНАРИО ЧАСА СТРУКТУРА АТОМА И ПСЕ
“ТАБЛОНЕТ“ (ТАБЛИЋ)
SCENARIO FOR THE THEME: STRUCTURE
OF ATOM AND PERIODIC TABLE OF ELEMENTS _____ 42
РЕШЕЊЕ ЗАГОНЕТКЕ ИЗ ПРОШЛОГ БРОЈА _____ 44
- ИНТЕРНЕТ**
- АЛЕКСАНДАР ДЕКАНСКИ, ВЛАДИМИР ПАНИЋ,**
ДРАГАНА ДЕКАНСКИ
ХЕМИЈСКА ДРУШТВА
Америчко хемијско друштво _____ 45
- ВЕСТИ ИЗ СХД**
- ПРЕДЛОГ ТЕМА ЗА ПРЕДАВАЊА КОЈА БИ СЕ
ОДРЖАВАЛА У ОКВИРУ СРПСКОГ ХЕМИЈСКОГ
ДРУШТВА ТОКОМ 2005. ГОДИНЕ _____ 47
- ШЕСНАЕСТИ СЕМИНАР ЗА ПРОФЕСОРЕ
ХЕМИЈЕ _____ 48



УВОДНИК

Током 2005. године Српско хемијско друштво планирало је многе активности. Прва која следи су, сада већ традиционални, Априлски дани, започети још 1988. године у организацији СХД и Хемијског факултета. Како традиција и налаже, **Априлски дани** биће одржани на традиционалном месту, тј. **на Хемијском факултету** Универзитета у Београду, и у већ познато време, у недељи пролећног школског распуста **уторак 3. маја и у среду, 4. маја 2005.** године. Позивамо све наставнике и професоре хемије да, као и толико година раније, присуствују Априлским данима. Сви су добродошли, без обзира да ли јесу или нису чланови Српског хемијског друштва. Уосталом, можда ће се колегинице и колеге који нису чланови СХД предомислити и постати чланови на овом Семинару. Да вас подсетимо, прошле године дат је и попуст при учлањењу у току Семинара.

Срдечно вас позивамо на Априлске дане професора хемије, пошто ће и ове године бити низ веома интересантних и квалитетних предавања. Листу планираних предавања и предавача, тј. **ПРОГРАМ АПРИЛСКИХ ДАНА ЗА ПРОФЕСОРЕ ХЕМИЈЕ**, наћи ћете већ у овом броју *Хемијског ирежледа* у рубрици Вести из СХД. Напомињемо да се може десити да дефинитивни распоред предавача на Семинару буде унеколико измењен у односу на овај који вам је доносимо у овом броју *Хемијског ирежледа*. Потрудићемо се да ове године унапред припремимо ЦД-ове са презентацијама предавања, за све оне који желе да себи обезбеде материјал који ће их трајније подсетити на предавања која су на Семинару чули.

* * *

У припреми је још једна листа предавача са другом врстом предавања. Наиме, подсећамо вас да је на Председништву СХД одлучено (а на годишњој конференцији СХД потврђено) да се успостави листа предавача вољних да широм Србије држе предавања из својих специјалистичких области. Прва прелиминарна листа уважених колега који су већ дали своју сагласност и тему предавања налази се на страницама овог броја *Хемијског ирежледа* у рубрици Вести из СХД. Све Подружнице СХД сада имају при-

лику да позивом неког од предавача преко Концеларије СХД у Београду (тел. 011/ 337-04-67) договоре његов долазак и на тај начин «појачају» рад Подружница.

* * *

Друга манифестација која је у току, а која је веома важна за неговање хемијског подмладка, јесте Такмичење из хемије ученика основних и средњих школа, које се одржава у организацији Српског хемијског друштва и Министарства просвете Србије. Ова манифестација се одвија по фазама током целе школске године. У овом тренутку такмичење је стигло у фазу припреме међуокружних такмичења. По ономе што сазнајемо са терена, цела организација одвија се у најбољем реду, а по пропозицијама које су публиковане у *Хемијском ирежледу* **42(4)** (2001) 92. Колико ће који регион имати представника на републичком нивоу зависи од успеха у претходној (2004) години. Бројчани подаци о овоме дати су у *Хемијском ирежледу* **45(4)** (2004) 96. Предвиђено је да се републички ниво овог такмичења одржи током маја 2005. године. Тим који организује такмичења не мења се већ дужи низ година и он је гарант њиховог квалитета и успеха. Кључни део посла, ипак, је наставницима и њиховим ђацима.

* * *

Иако је главна вредност *Хемијског ирежледа* у томе што на овим страницама можете прочитати пуно интересантних текстова, бићемо слободни да вам скренемо пажњу на један рад у овом броју часописа. На њега вам скрећемо пажњу јер нису чести интердисциплинарни радови односно заједнички рад, на пример, археолога и хемичара а да се сарадња дешава овде код нас. О томе како хемија помаже археологији у изучавању неолитског локалитета у Винчи поред Београда пише Јасна Вуковић са Филозофског факултета Универзитета у Београду.

На крају, после ових најави, обећање да ћете уживати у избору чланака у овом броју. Погледајте садржај и уверите се!

Ратко М. Јанков



ЧЛАНЦИ

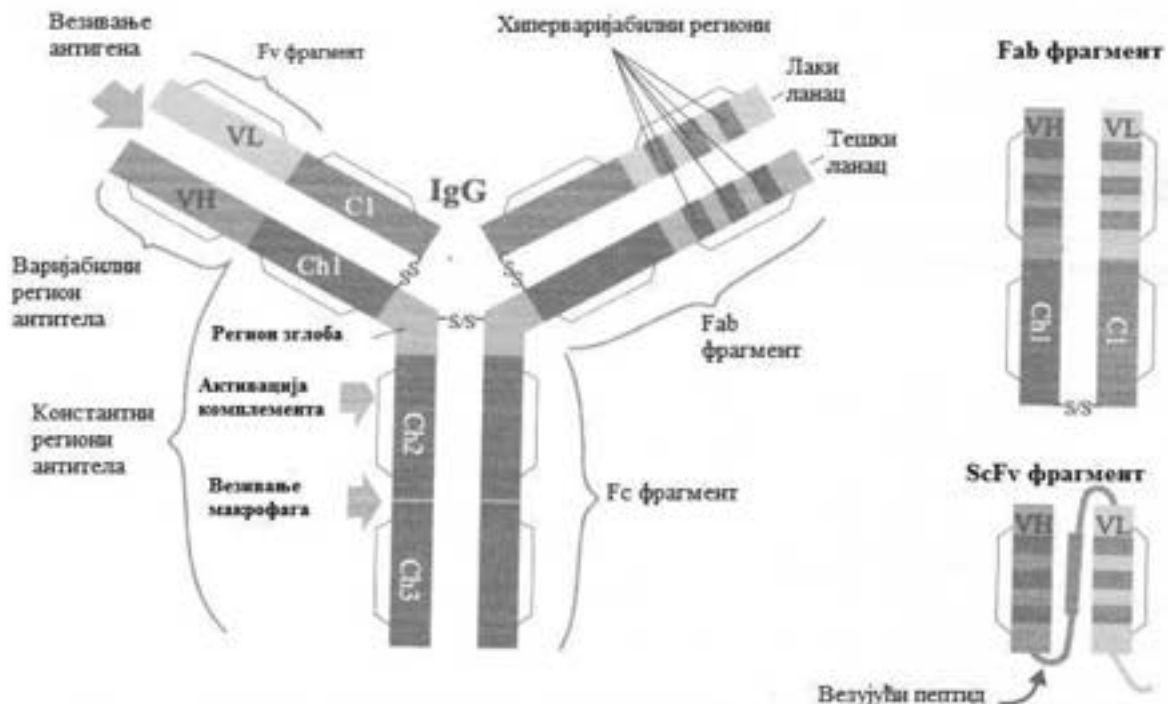
МИЛЕНА СПАСИЋ (milenasp@ptt.yu), ДЕЈАН ПЕТРОВИЋ (jack@yubc.net), студенти Биохемије, Хемијски факултет, Београд

АНТИТЕЛА – САВРЕМЕНИ АНАЛИТИЧКИ РЕАГЕНСИ

Без обзира на сав труд који улажемо да живимо у непрекорно чистој средини, свуда око нас има клица. Ова микроскопска жива бића као што су бактерије, вируси, гљиве и паразити, постоје на нашој кожи, у храни коју једемо, пићу које пијемо, чак и у ваздуху који дишемо. Ако довољно клица уђе у наш организам и почне да се размножава, могу да нам нанесу штету. Наравно, не да би нам намерно створиле проблеме, већ да би нашле себи повољне услове за живот. Овако долази до инфекције. Али и наше тело уме да се брани – кожом, слузокожом дисајних и дигестивних путева, сузама, пљувачком, крвним коагулатима након повреда који затворе рану, ћелијама и молекулима крви и лимфе, жлездама и органима нашег одбрамбеног система.

Имуни систем је специјализована "мрежа" молекула, ћелија и органа чије комплексне интеракције

стварају ефикасан систем одбране против страних нападача, као и против сопствених, измењених ћелија. Ова комбинација компонената је продукт милионима година дуге еволуције, која је фаворизовала опстанак оних организама који су били најспособнији у борби против микроорганизама и тумора. Ствар која се обично губи из вида у вези са имуним системом је да он најбоље "ради" када уопште не мора да "ради". Спречавање инфекције пре него што имуни одговор постане неопходан је један од битних задатака имуног система, иако се имуни систем најчешће повезује са борбом против нечега што је успело да поремети унутрашњу равнотежу организма. Значај овога није тешко схватити ако се погледа степен учесталости инфекција код особа којима је на неки начин имуни систем ослабљен.



Слика 1 Шематски приказ молекула имуноглобулина (IgG) са хиперваријабилним регионима, антиген везујућим фрагментима, константним регионима, варијабилним регионом лаког и тешког ланца, везујућим пептидом.

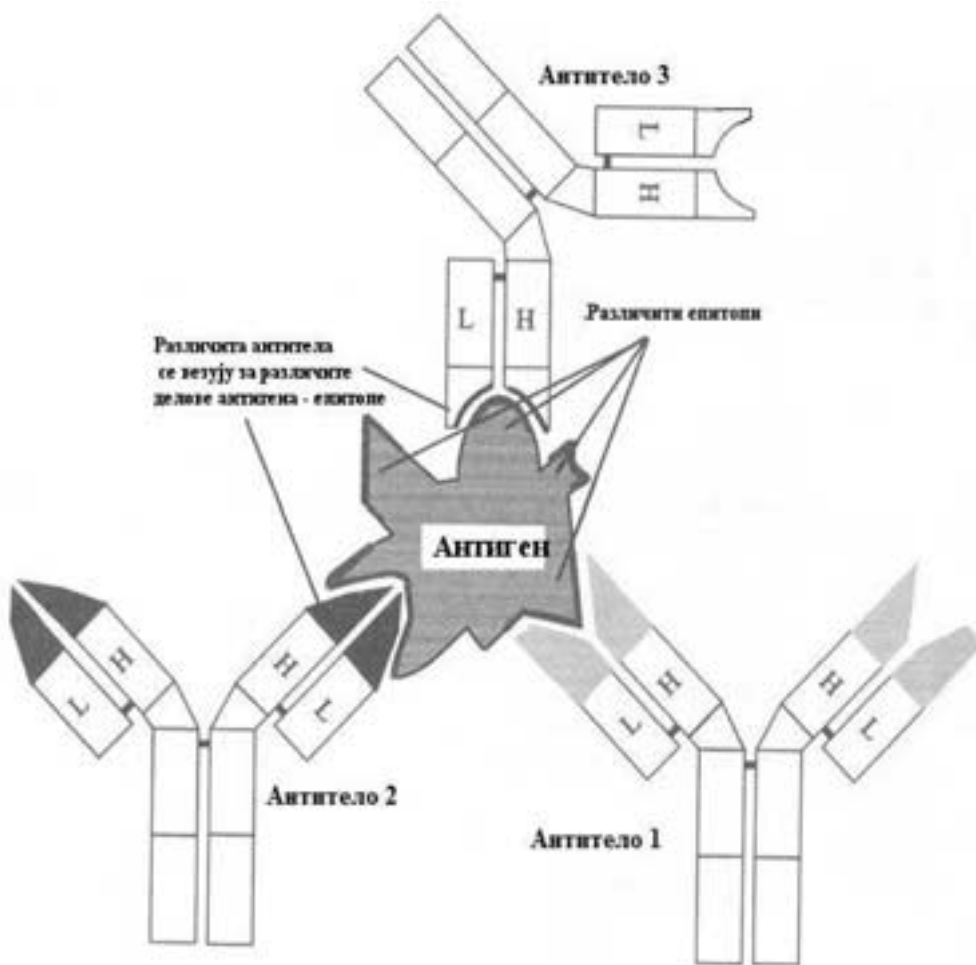
ПОЛИКЛОНСКА АНТИТЕЛА

Када се неко имунизује против нечега, циљ је активирање имуног система, односно продукција специфичних антитела на антиген којим је имунизација извршена. Имунизација само подиже имуни потенцијал организма ка једном антигену. Антиген који се нађе у људском организму је суочен са репертоаром од око 10^9 различитих антитела. Свако антитело је продукт једног Б-лимфоцита у чијем једру се дешава насумична генетичка комбинација. Свако специфично антитело из репертоара је изложено на површини "његовог" Б-лимфоцита који кружи кроз тело. Уствари само неколицина Б-лимфоцита из репертоара носи на себи антитела која су специфична за одређени антиген. Везивање антитела које се налази на површини Б-лимфоцита за антиген присутан у организму је сигнал Б-лимфоциту да уђе у деобу. На овај начин се значајно повећава број Б-лимфоцита у организму који производе антитела специфична за антигене који се налазе тренутно у телу. Пре почетка ере продукције моноклонских антитела, једини прави извор антитела је био поликлонски антисерум имунизоване животиње. Након имунизације, као и након периода опоравка од нормалне инфек-

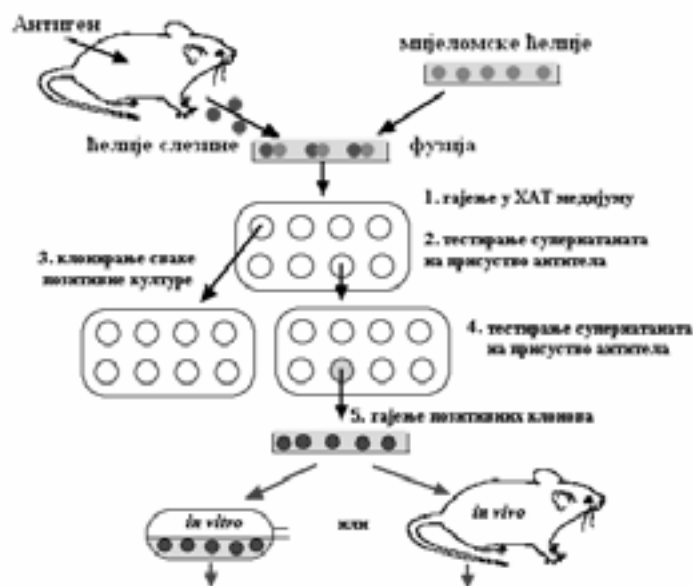
ције, у циркулацији имунизованог организма присутна су многобројна антитела различитих специфичности, настала као одговор на различите епитопе унетог антигена, а присутна су и антитела која су ту била и пре имунизације, која су део природног имунитета. Поликлонски антисерум је дакле смеша антитела различитих специфичности, обogaћен антителима специфичним за антиген којим је имунизација извршена. Назив поликлонски потиче од тога што су сва та антитела произвели клонови различитих Б-ћелија које су одговориле диференцијацијом у плазма ћелије на унети антиген.

МОНОКЛОНСКА АНТИТЕЛА

Осим као реагенси за детекцију абнормалних супстанци у организму и дијагностику болести, моноклонска антитела су се показала и као ефикасна терапеутска средства. Конвенционални лекови не нападају само стране агенсе, већ и сопствене ћелије организма, са честим нежељеним пропратним ефектима као што су мучнина и алергијске реакције. Моноклонска антитела нападају само и искључиво молекуле за који су специфична, тако да су нежељени ефекти избегнути или знатно умањени. У последње



Слика 2 Везивање различитих антитела за један антиген



Слика 3 Изоловање моноклонских антитела

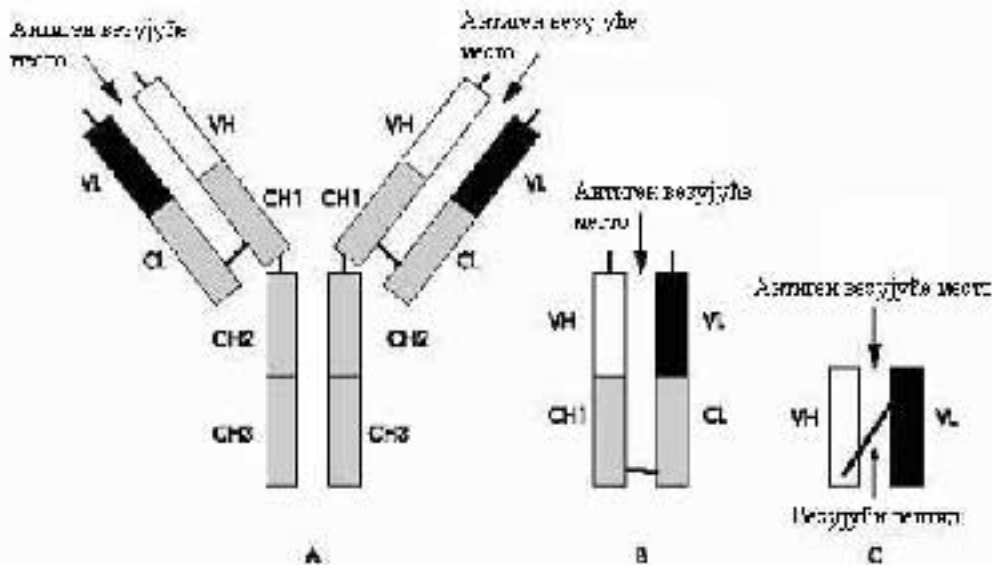
време, интензивирани су напори осмишљавања ефикасне антитуморске имунотерапије. Моноклонска антитела делују на канцерске ћелије на исти начин на који раде нормална антитела. Она идентификују и везују се за антигене детерминанте на туморским ћелијама и тиме упозоравају имуни систем на присуство туморске, измењене ћелије. Ова антитела се добијају ињектовањем хуманих канцерских ћелија или неких протеина карактеристичних за њих у мишеве. Након имунизације, приступа се продукцији и селекцији оних хибридома које луче жељена антитела. Иако потенцијално веома добра, антитуморска имунотерапија наилази на доста препрека. Антиген за који су антитела специфична треба да буде присутан искључиво на површини канцерских ћелија, дистрибуција антигена на канцерским ћелијама је изузетно хетерогена само антитело може бити имуногено, његов полуживот у циркулацији није увек довољно дуг, туморски крвоток не опслужује све ћелије подеднако добро, а ту је увек и економски фактор – ова терапија није доступна свима.

Антитела се користе и у фармацеутској индустрији за пречишћавање лекова, али се претходно морају добро окарактерисати у погледу чистоће, афинитета, стабилности. Антитела се углавном имобилизују на чврсти носач и дизајнира имуноафинитетна колона. Пре упуштања у сам индустријски процес мора се испитати стабилност антитела током употребе, перформанса колоне, микробиолошка контаминација, цурење антитела... Комбинација свих ових фактора мора бити оптимална тако да задовољи економске факторе који у индустријској производњи предњаче над другим факторима, наравно уз непрестану пажњу да фактор биолошке безбедности не буде доведен у питање.

РЕКОМБИНАНТНА АНТИТЕЛА

Често је у истраживањима потребна најмања могућа антиген-везујућа јединица. Пре развијања рекомбинантне технологије једино су Fab фрагменти, створени протеазном хидролизом нормалних антитела у пределу зглоба антитела, били у практичној употреби. Fab фрагмент се састоји од варијабилног региона оба ланца (тешког и лаког). Нов начин продукције антитела у бактеријским или ћелијским културама *in vitro* је тек недавно откривен. Пажња је сада усмерена само на антиген-везујуће место (Fab) антитела јер су они одговорни за специфична везивања за антигене, а остатак антитела је занемарен у циљу добијања већих приноса. Најмањи молекул који и даље у себи садржи антиген-везујуће место се састоји само од варијабилних региона лаког и тешког ланца. По аналогији са Fc и Fab фрагментима, овај фрагмент је назван Fv (фрагмент варијабилног региона). Овакви Fv фрагменти морају бити стабилизирани што се постиже њиховим пептидним везивањем у један ланац. Овако стабилизован Fv фрагмент се означава као ScFv фрагмент (*single-chain variable fragment*).

За разлику од свих осталих метода, рекомбинантна антитела се добијају из бактерија, потпуно независно од кичмењака. Одабиром специфичних антитела из бактерија избегава се могућа контаминација, ризик који увек постоји када се ради са хуманим или животињским материјалом. Рекомбинантна антитела су такође моноклонска јер воде порекло из једне (бактеријске) ћелије. Као и хибридома ћелије, бактеријске ћелије имају особине да су бесмртне (могу да се гаје у култури) и сви потомци једне бактерије продукују иста антитела У прилог иде и чињеница да је цела технологија генетичке анализе *E. coli* позната и веома приступачна за употребу. На овај



Слика 4

начин фрагменти рекомбинантних антитела могу бити "хуманизовани".

Рекомбинантна антитела могу бити прављена без потребе за претходном имунизацијом, па се тако смањује коришћење животиња у експерименталне сврхе. У последње време технологија производње моноклонских антитела, односно добијање хибридома коришћењем мишева наилази на оштре критике и забране од стране друштава за заштиту животиња која су у свету прилично утицајна. Доста се говори на тему "Квалитет мишијег живота" и изналажење алтернатива за овај, по мишеве болан, непријатан и понекад кобни процес. Велика предност рекомбинантних антитела је могућност продукције хуманих антитела у ин витро условима, што је до сада био веома тежак посао, без обзира на све технике које су до тада постојале у имунохемији.

БАКТЕРИЈЕ МОГУ ПРОДУКОВАТИ РЕКОМБИНАНТНЕ Fab ФРАГМЕНТЕ АНТИТЕЛА

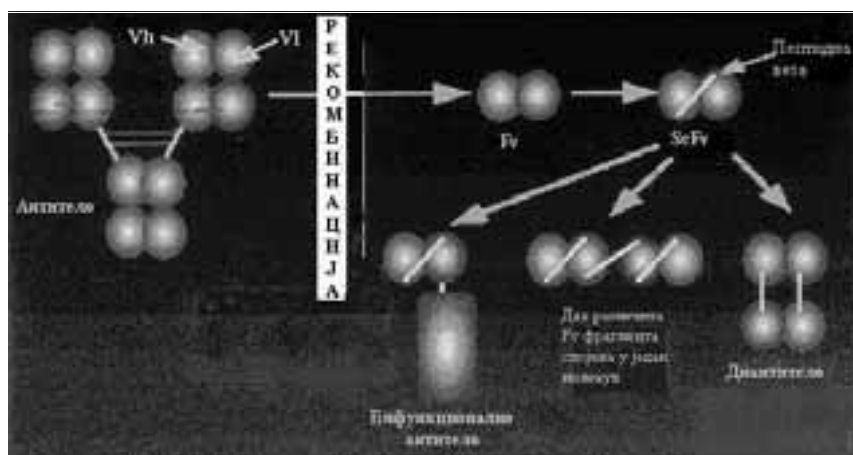
Било је потребно доста времена пре него што је први Fab фрагмент антитела био произведен уз помоћ *E. coli*. За формирање антитела је потребна оксидована средина. У еукариотским ћелијама ланци се увијају у нативну структуру уз помоћ хелпер протеина који су специфични за антитела, или шаперона. Да би бактерија могла да произведе функционална антитела, гени за антитело су убачени на тачно одређено место у геном бактерије чиме је изазвана секреција Fab фрагмената антитела у периплазматски простор. У периплазматском простору у коме је доминантна оксидована средина може доћи до стварања дисулфидних мостова и правилног увијања антитела. Такође и шаперони који се налазе у овом простору су сличнији шаперонима код еукариотских ћелија него шаперони који се налазе у цитоплазми *E. coli*, па је и на тај начин већа вероватноћа да ће се у

овом делу бактеријске ћелије антитела правилно увити.

НИЈЕ СВЕ БАШ ТАКО ЈЕДНОСТАВНО

Иако се из до сада написаног може помислити да је продукција рекомбинантних антитела један једноставан и рутински посао, није баш све тако једноставно. Када год покушавамо да упослимо бактерије да "одрађују" посао који би требао људски организам да уради, морамо имати на уму то да су се бактерије у еволуцији одвојиле од човекове линије пре неколико стотина милиона година. Колико год да наука напредује, ову чињеницу нећемо никада моћи да променимо, можемо је једино ублажити. Начин и квалитет експресије хуманих гена који кодирају антитела никада нећемо моћи у потпуности да проценимо када радимо са бактеријама и то из више разлога:

- 1) Неке хумане ДНК секвенце не репликује *E. coli* или оне успоравају њен раст и деобу.
- 2) Већину аминокиселина кодира по неколико триплета јер је генетички код донекле дегенерисан. Триплети значајни за *E. coli* (што се одражава у њеном сету одговарајућих тРНК) су унеколико различити од оних који су значајни за хумане ћелије. Ово значи да ће неки хумани гени за антитела бити лоше "прочитани" у *E. coli* и тако синтетисана антитела врло вероватно неће бити активна.
- 3) Ћелијска машинерија за синтезу, премештање и увијање протеина се значајно разликује у *E. coli* у поређењу са сисарима, и ово изазива структурну некомпатибилност. Ово значи да ће се различита антитела различитом ефикасношћу синтетисати у *E. coli*.
- 4) Фрагменти рекомбинантних антитела који су синтетисани не смеју регovati са домаћином који их је синтетисао. Према томе са *E. coli* нећемо моћи да синтетисемо фрагменте антитела који се везују за епитопе који постоје у самој *E. coli* или на њеној површини.



Могућности антитела и њихов а потенцијална примена

Слика 5

Као последица свега горе поменутог, јасно је да број засебних клонова никада не представља и број доступних ФаБ фрагмената рекомбинантних антитела. Чак и када успешно уградимо ген за антитело у бактеријску ДНК то и даље не значи да ће она моћи да синтетише то антитело.

ПРИМЕНА МОНОКЛОНСКИХ И РЕКОМБИНАНТНИХ АНТИТЕЛА

Данас се често каже да је поликлонски антисерум "low-tech cousin" моноклонских антитела. Производња поликлонског антисерума захтева више људске радне снаге, квалитет није репродуктиван, нити је могуће подешавањем услова имунизације утицати на титар и квалитет антисерума у потпуности. Са друге стране, његова продукција је јефтинија, могу га направити многе животиње (зец, коза, овца, магарцац, кокошка...) и карактерише га висок авидитет и широк спектар антигена на које могу деловати. Моноклонска антитела су веома популарна као реагенси због високе специфичности ка једном епитопу неког антигена, али је технологија неопходна за њихову продукцију компликованија, и добијају се само из мишева. Ипак, добијена моноклонска антитела су знатно чистија него поликлонска добијена класичним техникама и могуће их је припремити на апсолутно сваку антигену детерминанту, познате структуре или не, било да је она доступна у пречишћеној форми или не. Остварила су сан имунолога и клиничких истраживача који и даље трагају за новим маркерима болести.

Велика предност рекомбинантних антитела је могућност манипулације њима. Можемо их направити да буду мања него природна антитела, повећати им афинитет, можемо их стабилизovati додатним дисулфидним везама и тако им створити нове особине које не постоје у природи, везати их за разне молекуле као што су ензими, или правити биспецифична антитела. Овако измењена антитела имају светлу будућност у примени у медицини где се могу користити за дијагнозе или терапије разних болести. Вештачки направљеним антителима можемо неутралисати вирусе (потенцијална могућност стварања

лека против AIDS-а) и отровне супстанце, такође можемо и детектовати разне туморе. Данас смо у стању да направимо каталитичка антитела која имају функције ензима.

Антитела се данас користе у многим истраживачким и рутинским анализама услед своје високе специфичности и афинитета. Да ли ћемо у потпуности успети да искористимо сав њихов потенцијал, које ћемо све предности антитела увидети и да ли ћемо успети да превазиђемо бројне препреке које се јављају када је њихова употреба у питању, остаје под знаком питања.

Abstract

ANTIBODIES - MODERN ANALITICAL TOOLS

Milena Spasić (milenasp@ptt.yu), **Dejan Petrović** (jack@yubc.net), Biochemistry students, Faculty of Chemistry, Belgrade

Antibodies are proteins of the immune system which serve the function of recognizing foreign molecules. Polyclonal antiserum consists of antibodies specific for different structures on foreign molecules. Monoclonal antibodies are specific for only one structure on a foreign molecule, and are a very powerful analytical tool in many immunological techniques because of their high specificity. Recombinant antibodies are produced using recombinant DNA technology and are becoming more and more popular because it is relatively easy to produce them in large quantities and construct them in a way that would best serve the purpose we need them to accomplish.

ЛИТЕРАТУРА

1. K.A.Smith, P.N.Nelson, P.Warren, S.J.Astley, P.G.Murray, J.Greenman - Demystified... recombinant antibodies. J Clin Pathol 2004;57:912-917
2. P.J.Hudson, C.Souriau - Engineered antibodies. Nature Medicine jan2004, vol 9, num 1:129-134
3. C.Monfardini, T.Kieber-Emmons, J.M.VonFeldt, B. O'Malley, D.Voet - Recombinant antibodies in bioactive peptide design. J. Biol. Chem. mar1995, vol 270, num12:6628-6638
4. Breiting, F. and Dubel, S., Recombinant antibodies, Wiley, New York, 1999.
5. <http://www.biologicalprocedures.com>
6. <http://www.affiniti-res.com>
7. <http://ntri.tamuk.edu/immunology>

ИДЕАЛНА ТОПЛОТНА МАШИНА САДИ КАРНОА

„Дух се буди у додиру са нередом и са неправдом: оно ишло јесте „на свом месту“, оно ишло је природно, оставља га равнодушним, чини га широмим, док му фрустрирација и лишавање одговарају и оживљавају га.“ – Емил Сиоран

ИЗВОД

Излазак из штампе књиге „Размишљања о покретачкој снази ватре и о машинама за развијање ове снаге“ („Reflexions sur la Puissance Motrice de Feu et sur les Machines Propres a Développer cette Puissance“), Сади Карноа, 1824. године, може се узети за датум рођења термодинамике као науке. У свом бесмртном делу Сади Карно је дао науци два плодотворна концепта: реверзibilност и циклус. Помоћу ова два нова концепта он је, у једном од најблиставијих имагинација у историји науке, показао да је од свих машина које раде између два резервоара топлоте на различитим температурама, реверзibilна машина најефикаснија. То је чувени Карноов принцип - основа Другог закона термодинамике.

НОМО NOVUS

Прелаз из осамнаестог у деветнаести век беше време бурних друштвених промена у Европи. „Та прекретница обележена је у светској историји великим догађајем -Француском револуцијом. Како је Париз тада постао расадник великих друштвених идеала тако је он то био и на пољу наука.“ [1]. „Револуција (је) више него сваки претходни период у историји, створила – по истом обрасцу као авантура – личности које су се у искушењима пробудиле и чије су судбине за пример: терен повољан за *Ното новуса*.“ [2]. У тим бурним временима у Паризу су живели математичар Лагранж (Joseph-Louis Lagrange; 1736–1813), Лаплас (Pierre Simon-Laplace; 1749–1827), Коши (Augustin Louis Couchu; 1789–1857), Монж (Gaspard Monge; 1746–1818), физичари Фурије (Joseph Fourier; 1749–1830), Навије (Louis M. H. Navier; 1785–1836), Поасон (Siméon Denis Poisson; 1781–1840), Кулон (Charles Augustin de Coulomb; 1736–1806), хемичари Лавоазије (Antoine Laurent Lavoisier; 1743–1794), Бертоле (Claude Louis Berthelot; 1748–1822), зоолог Кивије (Georges Cuvier; 1769–1832),¹ да поменемо само неке највеће. Била су то немирна и несигурна времена. Као жртва терора који су завели јакобинци, оптужен да је као закупац пореза оштетио државу и по кратком поступку осуђен на смрт, на гиљотини је 8. маја 1794. г., скончао живот Антоан Лавоазије отац модерне хемије. Тих дана смртне казне гиљотином су била свакодневна. Народ исцрпљен од немаштине и глади и навикнут на свакодневне егзекуције није се



Слика 1. Лазар Карно, познат као "Организатор победе" и "Велики Карно", отац Сади Карноа.



Слика 2. Савремени изглед Палате Мали Луксембург (Palais du Petit-Luxembourg) у којој је рођен Сади Карно.

¹ Оснивач упоредне анатомије и палеонтолог; присталица, данас поново актуелне тзв. доктрине катастрофа, по којој су, наспрот Дарвиновој теорији еволуције, животињске врсте непроменљиве.

окупио у већем броју да присуствује смакњу једног од најблиставијих умова које је Француска дала. Неколико његових највернијих пријатеља, Лагранж и Борда (Jean Charles Borda; 1749–1822), математичари, Кулон, физичар, Еји (René-Just Haüy; 1743–1822), минералог и Деламбр (Jean Baptiste Joseph Delambre; 1749–1822), астроном из прикрајка је посматрало егзекуцију. Кад је пала његова глава, Лагранж је погледао на свој сат и рекао: „Њима је потребан само секунд да одрубe његову главу, а можда ће проћи и сто година док се не роди поново слична њој.“ [3].

Лагранжова слутња се није обистинила. Проћи ће две године од погубљења Лавоазјеа, а прворазредном математичару и једном од значајних људи Француске револуције, Лазару Карноу родиће се син Сади. У своме кратком животу, живео је 36 година, Сади Карно је објавио само једно дело – довољно да га сматрају једним од највећих физичара деветнаестог века – са открићем које ће по значају поредити са Ајнштајновом теоријом релативитета. [4]. Међутим, „слава тог открића никад није прешла преко граница релативно уског круга научника и инжењера. То може изгледати и чудно, али није толико чудно колико сама историјска чињеница што је требало пуних двадесет шест година док је то откриће могло прокрчити себи пут, чак и у узак круг првих научника Европе.“ [5].

Године 2004., навршило се 180 година од појављивања књиге Сади Карноа и нека то буде повод да једним кратким приказом његовог дела¹ изразимо поштовање овоме великану светске науке – зачетнику термодинамике – због историјске важности коју је Карноов рад одиграо у развоју термодинамике као и чињенице да Карноов циклус може да служи као образац за разумевање основних термодинамичких појмова.

ДУХ СЕ БУДИ У ДОДИРУ СА НЕРЕДОМ

Сади Карно се родио и живео у променљивим политичким временима. Његов живот је везан за политичку судбину оца Лазара (слика 1), убеђеног републиканца, пуну узлета и падова. И поред тога овај изузетан човек је написао бројна дела из геометрије (једна теорема носи његово име), механике, војних наука, политике и поезије [7]. Сади Карно је наследио од свог оца могућност генерализације фундаменталних процеса и проширио очеве идеје о механици на топлотне процесе.

Сади Карно (Nicolas Léonard Sadi Carnot) је рођен 1. јуна 1796. г., у Паризу у Палати Мали Луксембург (Palais du Petit-Luxembourg) (слика 2), данас у склопу великог комплекса које носи назив Сенат, у којој су његов отац Лазар и мајка Софија живели док је Лазар био члан Директоријума (највишег тела извршне власти), који је трајао од 1795 до 1799. г). Име је добио по чувеном персијском песнику и филозофу

Садију од Ширази (Saadi Abdullah Muslihuddin; 1184–1291). Лазар Карно се 1807. повлачи из јавног живота² и посвећује својим научним истраживањима и образовању своја два сина које подучава математици, природним наукама као и језицима и музици. У лицеју Шарлемањ (Charlemagne) Сади се спрема за пријемни испит за Политехнику (Ecole Polytechnique) и 1812., са шеснаест година, бива примљен. Ова знаменита школа је основана 1794., на иницијативу Лазара Карноа и Гаспара Монжа, који је био и један од њених директора. Октобра 1814., дипломира на Политехници као шести у Артиљеријској класи (слика 3). Од тада ради као војни инжењер селећи се



Слика 3. Портрет седамнаестогодишњег Сади Карноа у униформи Политехничке академије (1813. г.).

из места у место. Године 1821., одлази у Магденбург да обиђе оца у изгнанству и млађег брата Хиполита. Схватајући значај парне машине, која је у Магденбург стигла две године раније, отац – проводећи доста времена у разговорима о њој – утиче на свога сина да се посвети проучавању рада парне машине. У то време у Енглеској је већ на стотине парних машина коришћено за различите намене као што су вађење воде из рудника, ковање гвожђа и упредање предива. Незадовољан својом војном каријером демобилише се 1828., и од тада се посвећује науци. Предузима далекосежна истраживања физичких особина га-

¹ О животу Сади Карноа већ је било писано у Хемијском прегледу, [6].

² Године 1815., за време Наполеонових чувених "сто дана", Лазар Карно поново ступа на политичку сцену постављењем за министра унутрашњих послова. После пораза код Ватерлоа, Наполеон је протеран на острво Света Јелена, а Лазар Карно одлази прво у Варшаву, а затим у Магденбург. Из Немачке се више никада није вратио у Француску. Пепео његових посмртних остатака је пренесен у Пантеон 1889, у време кад је његов унук Сади Карно био Председник републике.

сова и пара, посебно њихових "еластичних истезања" (топлотних особина). Премореност је утицала на његово здравље. Јуна 1832., разболева се од запаљења плућа праћено шарлахом. Још недовољно опорављен бива заражен колером која је харала Паризом и умире 24. августа 1832., у 36-тој години живота (слика 4). Опширнији биографски подаци о



Слика 4. Портрет Сади Карноа из 1832. године.

Сади Карноу дати су у литератури [6], (*Хемијски преглед*, 2003, 44, 30-32.)

Презиме Карно носи угледна француска породица пореклом из Бургундије чији родослов сеже све до тринаестог века [7]. Поред његовог оца Лазара Карноа (Lazare Nicolas Marguerite Carnot; 1753–1823), научника, генерала, државника, члана Комитета јавног спаса и организатора војске Француске револуције, познатог као "организатор победе" или "велики Карно"¹, значајни су и Садијев млађи брат, Хиполит (Lazare Hippolyte Carnot; 1801–1888), министар просвете и његов син Франсоа Сади Карно (François Marie Sadi Carnot; 1837–1894), председник Француске Републике од 1887 до 1894. г.²

Књига наслова *Размишљања о покретачкој снази ватре и о машинама за развијање ове снаге* (*Reflexions sur la Puissance Motrice de Feu et sur les*

Machines Propres a Développer cette Puissance) је изашла из штампе 12. јуна 1824.³ Ова књижица од 118 страна је штампана у тиражу од 600 примерака о Садијевом сопственом трошку. Писана популарним стилем, без употребе математике била је намењена широком кругу читалаца. Карно је наставио своја истраживања и после објављивања ове књиге. Белешке ових истраживања су сачуване и штампане постхумно у другом издању које је приредио Хиполит Карно 1878.⁴

У време појављивања ова расправа није побудила веће занимање код савременика, мада је већ 26. јула исте године Пјер Жерар (Pierre Simon Girard; 1765-1836) дао опширан приказ књиге у Академији наука у Паризу. Приказ је био повољан и штампан је у Енциклопедијској ревији (*Revue encyclopédique*). Недостатак приказа је можда у томе што, мада су у њему у целости наведене теореме и закључци, он није истакао веома оригинално Карноово резонување за извођење резултата [9]. Могуће је да је и Карноова природа имала извесну улогу у занемаривању његовог рада; брат и пријатељи су га описивали као повученог и ћутљивог мада изразито знатичељног за науку и технику. Поред тога, неки сматрају [10] да разлог може бити и тај што он није припадао тадашњем водећем кругу научника.

Књига је брзо распродата и било ју је готово немогуће наћи. Када је двадесет једногодишњи Келвин 1845., боравио у Паризу где је радио са Рењоом (Henri Victor Regnault, 1810-1878) покушао је да је набави, на његово изненађење, ње није било чак ни у библиотеци Политехнике, док ниједан књижевник није чуо за име аутора. Данас је ова знаменита књига преведена на више језика. Енглески превод се у целости може преузети са Интернета [11]. Шта год да је био разлог њеног занемаривања, тек ће десет година касније, 1834., Клапејрон (Benoit Pierre Emill Clapeyron; 1799–1864) схватити значај и правилно растумачити *Рефлексије*, тада већ две године покојног Карноа. Клапејрон је Карноове идеје преточио у аналитичке зависности и њих приказао графички, каквим се и данас приказује Карноов кружни циклус. Клапејрон је применио тзв. индикаторски дијаграм (зависност притиска од запремине) који је први био користио Џејмс Ват (James Watt; 1736-1816) за анализу рада своје парне машине. Овај Клапејронов рад (*Memoire sur la puissance de la chaleur*, *Journal de l'école polytechnique*, 1834, 14, 170.) ће касније имати важног утицаја на Келвина и Клаузијуса (Rudolf Julius Emmanuel Clausius; 1822–1888) који су се, уосталом, преко њега и упознали са Карноовим делом. Келвин и Клаузијус ће дати коначни облик другом закону термодинамике.

1 Као посланик Конвента, народне скупштине, он је 1793., гласао за погубљење Луја XIV.

2 То је онај Карно кога Михајло Петровић Алас помиње у својим писмима из Француске док је био на студијама на чувеној Високој нормалној школи (École Normale Supérieure); као један од најбољих студената своје генерације Мика Алас је два пута, 1893 и 1894. г., присуствовао пријему код председника Француске Републике, тада Франсоа Сади Карно-а [8].

3 У култури Срба, година 1824., је обележена изласком првог броја часописа *Сербски лејпхоис*, кога је у Пешти покренуо Георгије Магарашевић. Од 1873. године носи данашње име *Лейпхоис Мајице српске*.

4 Међу вредним књигама које је Михајло Пупин поклонио Београдском Универзитету била је и *Reflexions*; она је и данас у фонду „Универзитетске библиотеке Светозар Марковић“.

Датум појављивања ове књига се може узети као почетак рађања науке за коју ће двадесет и пет година касније Вилијам Томсон (лорд Келвин) (William Thomson (Lord Kelvin); 1824–1907) сковати термин термодинамика с намером да означи везу између топлоте и механичког рада. Током времена значење овог термина се проширило на све трансформације између свих форми енергије у којима се она може манифестовати - топлотне, механичке, електричне и радијационе.

СВАГДА ГДЕ ПОСТОЈИ РАЗЛИКА У ТЕМПЕРАТУРИ МОЖЕ СЕ ПРОИЗВЕСТИ ПОКРЕТАЧКА СИЛА

Намера Сади Карноа је била да у својој расправи одговори на два суштинска питања, прво: колики је максимални рад (Карно га назива покретачка снага ватре) који се може добити топлотном машином и друго: да ли постоји неки бољи медијум од водене паре за развијање покретачке снаге:¹:

„Често је претресано питање да ли је покретачка снага топлоте ограничена или је без граница; да ли могућа усавршавања ватрених машина имају границу која се може одредити, границу коју нам природа ствари не допушта да пређемо било на који начин или се напротив ова усавршавања могу бескрајно проширивати. Такође је дуго тражено, и тражи се још данас, да ли не постоји погоднији агенс него водена пара за развијање покретачке снаге ватре; на пример, да ли би атмосферски ваздух, у том погледу, имао велике предности. Ставили смо себи у задатак да ова питања подвргнемо смишљеном испитивању.“

Карно даље наставља:

„Појава производње кретања помоћу ватре није посматрана са довољно општег гледишта ... Да би се принцип произвођења кретања помоћу топлоте посматрао у свој његовој општости, треба га замишљати независно од ма каквих механизма, од ма каквог посебног агенса; треба утврдити резоновања која се могу применити не само на парне машине него на сваку ватрену машину која се да замислити, каква год била употребљена супстанција и на који год се начин деловало на њу.“

У следећем параграфу Карно позива на успостављање теорије, какве већ постоје за машине код којих је покретач људска или животињска снага, вода или струја ваздуха:

„Сви случајеви су предвиђени, сва кретања која се могу замислити подложна су општим принципима темељно утврђеним и употребљеним у свакој прилици. То је особина потпуне теорије. Слична теорија, очигледно, недостаје ватреним машинама. Нећемо је имати док физички закони не буду довољно проширени, довољно уопштени, да се унапред могу зна-

ти сва дејства топлоте која на одређени начин делује на било које тело.“

Цела Карново књига посвећена је овоме циљу – успостављању закона термодинамике.

Трагајући за општим принципима производње рада парне (топлотне) машине Карно је схватио да је први и неопходан услов – топлотни ток, а да би он могао да се оствари неопходна су два извора (резервоара) топлоте сталних температура:

„Произвођење покретачке снаге у парним машинама није...изазвано стварном потрошњом топлоте него њеним *преносом са топлог на хладно тело*.“

У време када је Карно стварао своју теорију топлотних машина сматрало се да је топлота флуид назван калорик којим су у мањој или већој количини "натопљена" сва тела. Грејање и хлађење су упијање, односно отпуштање ове "непондерабилне субстанце". Присталице ове теорије топлоте која је била актуелна од 1780 до 1860 били су Лавоазије, Лаплас, Фурије, Поасон и други. Радовима Томсона (грофа Румфорта) (Benjamin Thomson (Count Rumford); 1753–1814), Дејвија (Hemphry Davy; 1778–1829) и Џула (James Prescott Joule; 1818–1829), ова теорија биће одбачена и замењена динамичком теоријом топлоте по коме је топлота један вид енергије. Без обзира на то што је Карно користио погрешну теорију његови закључци су били исправни. Из његових постхумно објављених забележака види се да је током својих даљих истраживања полако напуштао "калоричну" теорију топлоте.

Затим следи општи закључак:

„...*свагда где постоји разлика у температури може се произвести покретачка сила*. Обрнуто, где год се ова снага може трошити, могуће је створити разлику у температури, могуће је изазвати поремећаје топлотне равнотеже.“

За добијање максималне снаге тј. највећег искоришћења топлоте Карно је даље описао идеалну топлотну машину која ради између два стална извора топлоте и низ операција које она треба да обави. Решавајући овај проблем он је дао науци два веома плодотворна концепта. Први је реверзибилност – појава која подразумева да бесконачно мале промене спољашњих услова којима је тело (уопштено систем) изложено проузрокују обрнути смер процеса. Карно није користио реч "реверзибилност", коју је први у термодинамичком смислу употребио шкотски физичар Тејт (Peter Guthrie Tait) 1876. [13]. При термодинамичким разматрањима неопходно је дефинисати систем, околину и границу између њих. У савременој термодинамици реверзибилни процес се дефинише као гранични случај квази-статичког процеса у коме повећање ентропије постаје занемарљиво мало. За овакав процес крајња ентропија је једнака почетној и процес може тећи у оба правца [14].² Циклус се дефинише као процес у коме се систем враћа у своје почетно стање после низа уза-

1 Сви наводи из Карновог дела преузети су из књиге *На изворима физике*, [12], у којој се налази српски превод самог почетка ове књиге; курзивом су истакнути важни искази, како је то учињено и у оригиналу.

стопних промена.¹ Реверзибилна машина може вршити механички рад преносом топлоте са топлог на хладнији резервоар; она може радити тачно обрнуто – преношењем исте количине топлоте са хладног на топао резервоар користећи исту количину рада. Током својих операција машина пролази кроз циклус стања тако да се после произведеног рада топлотним током она враћа у своје почетно стање спремна да иде кроз циклус поново. На тај начин, после обављеног циклуса спољашњи рад који заостаје је стварни обављени рад или уопштеније промене које су се десиле у околини.

Потребан услов да би се добио максималан рад, Карно закључује, је:

„...да у шелима ујошребљеним за сиварање покретачке моћи шолоше не насипаје никаква промена шемпературе која није изазвана променом зашремине.“

Овај услов ће се постићи ако је разлика у температури веома мала тј. температурни градијент минималан и ако се сабијање (компресија) и ширење (експанзија) гаса (паре) обављају веома лагано тако да је унутрашња температура свуда једнака тј. температура гаса (паре) униформна.

„Карно затим показује помоћу најједноставније врсте логике која је икада употребљена у научном размишљању, да се под идеалним условима највећи износ механичког рада може добити прелазом одређене количине топлоте са датог вишег температурног нивоа на нижи ниво, при чему максимум зависи од почетне и завршне температуре и ни од чега другог.“ [5]. То је чувени Карноов принцип који онако како га је Карно исказао гласи:

„Покретачка снага шолоше независна је од агенаса који су сивављени у покрет да је изведу; његова количина одређена је једино шемпературама шела између којих се врши, у крајњем резултату, пренос шолоше.“

Карноов принцип се може другим речима исказати као [15]: „Од свих машина које раде између истог извора топлоте и расхлађивача, реверзибилна машина је најефикаснија. (...) Ефикасност реверзибилне машине не зависи од материјала с којим се ради.“

Карноов циклус је најефикаснији могући термодинамички циклус. Он се састоји од четири основна реверзибилна процеса па је стога и циклус у целини реверзибилан. Четири реверзибилна процеса су: (1) адијабатска компресија са неке ниже температуре, T_h до неке више температуре, T_c ; (2) изотермске експанзије на вишој температури, T_c ; (3) адијабатске експанзије од T_c до T_h и (4) изотермске компресије на температури T_h . Иреверзибилна топлотна машина која ради између два топлотна резервоара на константним температурама не може имати ефикасност већу него реверзибилна машина која ради између те две температуре. Карноов принцип пред-

ставља, у суштини, други закон термодинамике и стога се са правом Сади Карно сматра творцем овог закона [10].

РЕВЕРЗИБИЛНА МАШИНА ЈЕ НАЈЕФИКАСНИЈА

„Помоћу (...) нових концепата он је приступио, у једном од најблиставијих имагинација у историји науке, показивању да са топлотним резервоаром дате температуре из кога се топлота може узимати радном супстанцом, и са другим резервоаром на нижој температури коме се топлота може предати, највећа могућа количина рада се може добити када се сви процеси са радном супстанцом одигравају реверзибилно.“ [16]. Карноова аргументација иде, укратко, овако. Претпоставимо да имамо машину која може да произведе већу количину рада него реверзибилна циклична машина. Тада би било могуће добијати рад бесконачно на следећи начин. У првом кораку одведимо топлоту из топлијег резервоара у хладнији резервоар користећи ефикаснију машину. После тога, одведимо исту количину топлоте натраг из хладнијег резервоара у топлији резервоар користећи реверзибилну машину. Због тога што прва ефикаснија машина производи (даје) више рада него реверзибилна машина то се добија изванредан вишак рада. Понављањем ових поступака може се добити неограничена количина рада једноставним пребацивањем извесне количине топлоте напред и назад између топлијег и хладнијег резервоара. Карно закључује да би то било немогуће:

„То би било не само непрекидно кретање него бесконачно стварање покретачке снаге без трошења топлоте и било каквог другог агенса. Слично стварање је сасвим противно досад примењеним идејама, законима механике и праве физике, оно је недопустиво.“

Мора се, дакле, закључити да је реверзибилна машина уједно и најефикаснија машина.

Савремени приступ Карноовом циклусу је обично преко ефикасности система. Ефикасност се најлакше изражава преко апсолутних температура, концепта који је тек касније увео Келвин, уосталом, баш разматрајући Карноов циклус. Поред тога, Карно је веровао у калоричну теорију топлоте и због тога он није разматрао могућност да се рад врши на рачун претварања једног дела топлоте у рад. Уместо тога он је размотрио максималну "добит", која представља количину рада која се може добити од дате количине горива (нпр. угља).

О запањујућој јединствености Карноовог доказа чини се да је на најбољи начин рекао професор Доц [17], у свом сада већ класичном, уџбенику *Хемијске инжењерске штермодинамике* из 1944. г.: „По свом карактеру доказ је тако свеопшти и апстрактан да он не задовољава многе навикле да размишљају са

² Математички, реверзибилан процес је онај за који је интеграл промене ентропије нула, $\oint dS = 0$

¹ Математички, циклични процес је онај за који је интеграл промене унутрашње енергије нула, $\oint dU = 0$

многу конкретнијим појмовима. За друге он (Карнов принцип) може изгледати тако очигледан закључак да доказ и није потребан. У ствари, доказ принципа на било какав формалан начин није више потребан; огромна грађа експерименталних чињеница и искустава је изграђена на њему – ниједна чињеница није се показала да је у супротности са њим. Доказ је, без обзира, од највећег интереса самом чињеницом да принцип који доказује на тако једноставан начин има тако универзалну вредност (...) Иако је принцип невероватно једноставан у исказу, његова потпуна импликација се одмах не схвата и потребно је дуго-трајно искуство његове примене на различите проблеме пре него што се призна његова зачуђујућа свестраност.“

ЈЕДАН БРОЈЧАНИ ПРИМЕР КАРНОВОГ ЦИКЛУСА

Покушајмо да представимо Карнов циклус са појмовима из нашег свакодневног живота. Нека нам бициклическа пумпа буде цилиндар који ће вршити рад. Пумпу ћемо преправити тако што ћемо је обмотати неким изолационим материјалом (на пример стиропором), црево уклонити, тако да ће се размена топлоте вршити преко дна пумпе. Нека су димензије овог нашег цилиндра: висина, $h = 25$ cm и пречник, $d = 2$ cm. Када је клип у максималном положају запремина цилиндра, означимо је са V_3 ће бити: $V_3 = \pi r^2 h_3 = 7,83 \times 10^{-5} \text{ m}^3$, где r означава полупречник цилиндра ($r = 0,01$ m), тако да је површина попречног пресека, тј., површина клипа, $S = \pi r^2 = 3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^2$. Нека је притисак у цилиндру једнак атмосферском притиску, $p_3 = 1 \times 10^5$ Pa. Узмимо две довољно велике посуде (*термосића*) тако да доведена и одузета топлота не мења њихову температуру приметно; у првој нека кључа вода а у другој нека имамо смешу воде и леда. На тај начин смо добили два *теплојне резервоара*, први на температури $T_t = 373$ K а други на $T_h = 273$ K. Количина ваздуха (број молекула, n) у максималном положају на температури T_h је: $n = (p_3 V_3) / (RT_h) = 3,46 \times 10^{-3} \text{ mol}$, где је $R = 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, универзална гасна константа. Сабијмо ваздух у нашем цилиндру до $1/5$ почетне висине, тако да је сада висина 5 cm. Поставимо сада дно цилиндра на резервоар топлоте, $T_t = 373$ K и сачекајмо да се успостави *теплојна равнотежа*. Израчунајмо сада почетне услове са којим отпочињемо наш циклус, $V_1 = \pi r^2 h_1 = 1,57 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ и $p_1 = (nRT_t) / V_1 = 6,83 \times 10^5$ Pa. Остале "тачке" у Карновом циклусу можемо да израчунамо на следећи начин. Притисак p_2 израчунавамо из једначине за *адијабатску компресију* од температуре T_h до T_t [18]:

$$p_2 = \left(\frac{p_3^{1-\kappa} T_h^\kappa}{T_t^\kappa} \right)^{\frac{1}{1-\kappa}}$$

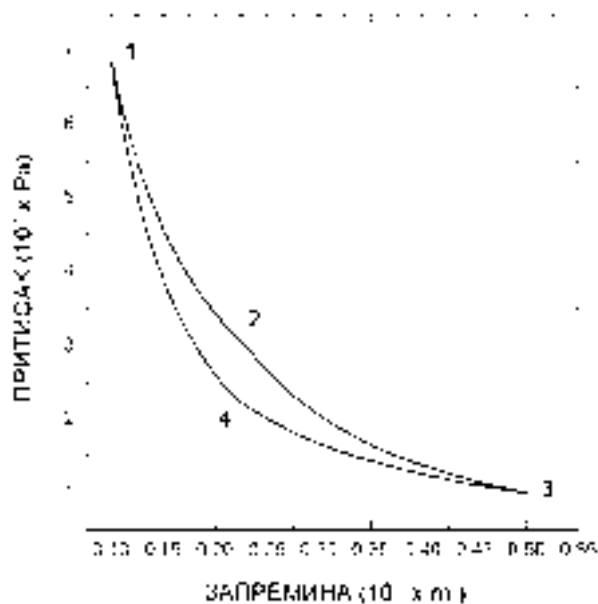
где је $p_3 = 1 \times 10^5$ Pa и $\kappa = 1,40$ однос топлотних капацитета при сталном притиску и сталној запремини $\kappa = c_p / c_v$. Сада можемо да израчунамо и запремину $V_2 = (nRT_t) / p_2 = 3,60 \times 10^{-5} \text{ m}^3$. На исти начин израчуна-

вамо притисак и запремину, p_4 и V_4 , из *адијабатске експанзије* од p_1, V_1, T_t до p_4, V_4, T_h :

$$p_4 = \left(\frac{p_1^{1-\kappa} T_t^\kappa}{T_h^\kappa} \right)^{\frac{1}{1-\kappa}} \text{ и } V_4 = \left(\frac{p_1^{1-\kappa} T_t^\kappa}{T_h^\kappa} \right)^{\frac{1}{1-\kappa}}$$

Тако се добија да је $p_4 = 2,29 \times 10^5$ Pa и $V_4 = 3,43 \times 10^{-5} \text{ m}^3$.

Сада можемо да отпочнемо процес полазећи од стања p_1, V_1 и T_t . Пустимо да се клип лагано помера навише тако да је температура по целој запремини равномерна (изводимо тзв. *квасистатички процес*). Да би гас могао да се шири а да при томе његова температура остаје непромењена он мора да "узима" топлоту од топлотног резервоара (у нашем случају довољно велике посуде са водом на температури кључања). У току ове *изотермске експанзије* (Карно изотерму описује као: „топлота употребљена... у приликама где не настаје промена температуре (...) топлота изазвана променом запремине.“), притисак ће опадати и запремина ће се повећавати све до тачке p_2, V_2 (*слика б*). Током ове изотермске



Слика 5. Карнов циклус приказан у p - V дијаграму.

експанзије клип ће извршити механички рад [18]:

$$W_{is1,2} = Q_{is1,2} = nRT_t \ln(V_2/V_1)$$

који износи $W_{is1,2} = 8,90$ J. По конвенцији, рад се усваја да је позитиван ако он повећава енергију система. Ако се запремина смањује, рад се врши на систем, повећавајући енергију система и усваја се да је негативан. Јасно је (из искуства знамо) да ће услед трења и провођења (губитака топлоте кроз зидове цилиндра) $Q_{is1,2} > W_{is1,2}$, а да ће само у *идеалном* (замисљеном) случају важити једнакост. Сада одвојимо цилиндар од извора топлоте и пустимо да се клип лагано помера услед разлике притисака у цилиндру

и околине, без размене топлоте са околином (тзв. *адијабатска експанзија*) све док се притисак у унутрашњости не изједначи са спољашњим (атмосферским), занемарујући тежину клипа. Тако смо стигли до тачке 3 (**слика 6**). Рад током ове адијабатске експанзије је [18]:

$$W_{ad2,3} = \frac{nR}{\kappa - 1} (T_t - T_h)$$

и износи $W_{ad2,3} = 7,19 \text{ J}$.

Да би вратили клип у почетно стање потребно је да уложимо изванредан рад. То можемо да изведемо тако што ћемо цилиндар оптеретити тегом масе, $m = 18,68 \text{ kg}$. Ову потребну масу ћемо израчунати из почетних услова: $F_1 = p_1 S$, где је F_1 сила која одговара почетном притиску, p_1 а S површина клипа, па је $m = (p_1 - p_3)S/g$ ($g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$). Овако оптерећен клип ће мо полако померати надолу вршећи *изојермску компресију*; да би гас "одржавао" константну температуру он ће топлоту "предавати" хладнијем резервоару, тј., нашој довољно великој посуди у којој се налази смеша воде и леда. Израчунајмо ову количину топлоте коју гас предаје током ове изотермске компресије о тачке 3 до тачке 4:

$$Q_{is3,4} = nRT_h \ln \left(\frac{V_4}{V_3} \right)$$

одакле се добија да је предата количина топлоте, $Q_{is3,4} = -6,51 \text{ J}$. Само у случају да је процес *реверзибилан* наш тег ће извршити исти толики рад! Наравно, искуство нам говори да ћемо у стварним условима морати да уложимо већи рад, $W_{is3,4} \geq Q_{is3,4}$, због тога што не можемо да остваримо потпуну изолацију зида цилиндра и због трења између клипа и зида цилиндра. Каже се да долази *дисипације* (расипања) механичке енергије (у топлотну).

Када смо гас сабили до притиска p_4 и запремине V_4 , одвојимо цилиндар од резервоара топлоте и пустимо да наш тег настави да лагано сабија гас без икакве размене топлоте са околином тј., да врши *адијабатску компресију* до почетног стања p_1, V_1, T_t . Клип ће се померати надолу зато што је спољашњи притисак са којим делујемо (тежина клипа са тегом) већи од унутрашњег у цилиндру. Наравно, и у овом процесу мораћемо да уложимо већи рад од идеалног:

$$W_{ad4,1} = \frac{nR}{\kappa - 1} (T_h - T_t)$$

који износи, $W_{ad4,1} = -7,19 \text{ J}$.

На овај начин извршили смо један *циклус* и наша топлотна машина је спремна за следећи.

Укупан рад који је наша топлотна машина извршила је $W_{is3,4} + W_{ad2,3}$ док је рад који смо морали да "утрошимо" (обавимо) да би смо *систем* вратили у почетно стање је $W_{is3,4} + W_{ad4,1}$. Нето рад (вишак рада) ће бити једнак разлици (апсолутних вредности): $\Delta W = W_{is1,2} + W_{ad2,3} - W_{is3,4} - W_{ad4,1}$. Како су $W_{ad2,3}$ и $W_{ad4,1}$ једнаки а супротног знака остаје да је нето рад

једнак: $W_{is1,2} - W_{is3,4}$, а како је $W_{is1,2} = Q_{is1,2}$ и $W_{is3,4} = Q_{is3,4}$, следи: $\Delta W = Q_{is1,2} - Q_{is3,4} = 8,90 - 6,51 \text{ J} = 2,39 \text{ J}$. У сваком циклусу, овај рад могао би да се употреби за дизање масе, $m = 0,24 \text{ kg}$ (приближно једне чаше воде) на висину од једног метра, $\Delta W = mgh$.

Израчунајмо *стјеиен корисног дејства* (*ефикасност*) наше идеалне (реверзибилне) топлотне машине, који се дефинише као однос између рада који машина може да изврши и топлоте предате машини [18]:

$$\eta = \frac{\Delta W}{Q_{is1,2}} = \frac{Q_{is1,2} - Q_{is3,4}}{Q_{is1,2}}$$

Увршћавањем датих вредности за $Q_{is1,2}$ и $Q_{is3,4}$ у горњу једначину добија се да је степен корисног дејства, $\eta = 0,27$. Ова вредност представља максимално искоришћење ("добит") од топлотне машине која ради између два топлотна резервоара на температурама $T_t = 373 \text{ K}$ и $T_h = 273 \text{ K}$. У стварним (реалним) условима ефикасност ће бити мања услед топлотних губитака. Како се степен корисног дејства (ефикасност) може одредити и из израза [18]:

$$\eta = \frac{T_t - T_h}{T_t}$$

то значи да ће за свако *нејовратни циклус* бити:

$$\frac{Q_{is1,2} - Q_{is3,4}}{Q_{is1,2}} < \frac{T_t - T_h}{T_t}$$

Abstract

IDEAL HEAT MACHINE OF SADI CARNOT

Miodrag Zdujić

Institute of Technical Sciences of the Serbian Academy of Sciences and Arts, Knez Mihailova 35, Belgrade

The appearance of Sadi Carnot's book "Reflections on the Motive Power of Heat" in 1824 may be taken as a date of birth of the science of thermodynamics. Carnot provided science with two fertile concepts, one is reversibility and the other one is cycle. He realized, by means of one of the simplest reasoning ever used in scientific thought, that among all possible heat engines working between two heat reservoirs at different temperatures, reversible heat engine is the most efficient. This conclusion known as Carnot's principle is the basis of the Second Law of Thermodynamics.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Миланковић, *Сѝиси из исѝорије наука*, Изабрана дела, књига 5, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 1997, с. 266.
2. Жан-Луј Дерсел, *Уводна реч*, у књизи: Жозеф де Местр, *Сѝиси о револуцији*, Градац, Чачак – Београд, с. 14.
3. Ференц Сабадвари, *Анѝоан Лоран Лавоазје*, Музеј науке и технике и Завод за уџбенике и наставна средства, Београд 1997, с. 132.

4. E.T. Jayens, *The Evolution of Carnot's Principle in Maximum-Entropy and Bayesian Methods in Science and Engineering*, vol. 1, 1988, Eds. G.J. Ericson and C.R. Smith, Kluwer, Dordrech, p. 267. (<http://ba-yes.wustl.edu/etj/articles/ccarnot.pdf>)
5. М. Пупин, Нова реформација, у књизи *Монографије*, Изабрана дела, други том, Завод за издавање уџбеника и наставна средства, Београд, 1997. Превод књиге *The New Reformation*, Charles Scribner's Sons, New York, 1927. (превео Војин Поповић).
6. Д. Живковић, Д. Манасијевић. И. Маихајловић, Сади Карно – О животу знаменитог термодинамичара XIX века, Хемијски преглед, **44** (2003) 30-32.
7. <http://www.carnot.org>
8. Д. Трифуновић, *Бард српске математике Михаило Пејровић Алас*, Завод за уџбенике и наставна средства, прво издање, Београд, 1991, с. 165.
9. http://www-groups.dsc.st-andrews.ac.uk/~chistory/Mathematics/Carnot_Sadi.html
10. Н. Erlichson, Sadi Carnot, 'Founder of the Second Law of Thermodynamics', *Eur. J. Phys.* **1999**, *20*, 183-192. (<http://www.iop.org/EJ/article/0143-0807/20/3/308/ej908.pdf>)
11. S. Carnot, *Reflections on the Motive Power of Heat*, translated by R.H. Thruston. The American Society of Mechanical Engineers, New York, 1943. (<http://www.history.rochester.edu/steam/carnot/1943>)
12. S. Marić, "Na izvorima fizike - Izbor iz dela velikih fizičara", Kulturni centar, Novi Sad, 1971, s. 99-109.
13. K.L. Laidler, *The World of Physical Chemistry*, Oxford University Press, Oxford, 1993, p.89.
14. H.V. Callen, *Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics*, John Wiley & Sons, New York, 2nd Ed., 1985, p. 98.
15. М. Пупин, Термодинамика реверзibilних циклуса у гасовима и засићеним парама, у књизи *Предавања*, Изабрана дела, пети том, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 1997. Превод књиге *Thermodynamics of Reversible Cycles in Gases and Saturated Vapors*, John Wiley and Sons, New York, 1894. (превео Војин Поповић)
16. део из књиге Lynde Phelps Wheeler, *Josiah Willard Gibbs: The History of a Great Mind*, Ox Bow Press, 1998. (<http://www.thermohistory.com/historyoverview.pdf>)
17. B.F. Dodge, *Chemical Engineering Thermodynamics*, McGraw-Hill, 1st Ed., New York, 1944, p. 51-54.
18. D. Malić, *Termodinamika i termotehnika*, Građevinska knjiga, peto izdanje, Beograd, 1972, str. 31-65.



ЈАСНА ВУКОВИЋ, Филозофски факултет, Београд (jvukovicj@f.bg.ac.yu)

ЗНАЧАЈ ХЕМИЈСКИХ АНАЛИЗА У ИСТРАЖИВАЊУ КЕРАМИКЕ СА АРХЕОЛОШКИХ ЛОКАЛИТЕТА

Керамика представља најбројнију групу налаза на археолошким локалитетима, посебно оним из различитих периода праисторије. Зато је керамика најчешће онај материјал на основу кога се тумаче настанак и развој праисторијских култура и врше периодизације и хронолошке поделе. Археолошке анализе керамике се махом базирају на стилско-типолошким анализама, које за циљ углавном имају сврставање археолошког материјала у одређени релативно-хронолошки оквир, најчешће на основу еволуције облика и начина украшавања. Керамичке посуде се, међутим, не смеју посматрати као изоловани предмети, издвојени од свог контекста. Оне су везане за различите аспекте свакодневног живота и читав низ активности људи у прошлости, од стратегије набавке основне сировине, као и оних сировина које се додају у глину као примесе, преко израде (обликовање, сушење, печење, финална обрада и украшавање), начина употребе до начина одбацивања или евентуалне секундарне употребе.

У савременој археологији интердисциплинарна истраживања постала су неопходна. У нашој археологији она су, на жалост, веома ретка. Разлог за то није само недостатак финансијских средстава. Много важније је, чини се, недостатак комуникације између археолога и стручњака из области природних наука. Археолози, са једне стране, још увек нису у

потпуности упознати са могућностима физичко-хемијских анализа, као и чињеницом да се већина њих може спровести и у домаћим институцијама. Природњаци, с друге стране, вероватно нису свесни заједничког интереса које би имале археологија, као друштвена наука и природне науке. Зато је циљ овог рада да укаже на значај хемијских анализа у археологији и то пре свега за проучавање најбројније врсте археолошког материјала - керамике.

Хемијске анализе керамике се, према предмету истраживања, могу поделити у две основне групе:

1. анализе које се баве пореклом и саставом сировине, тј. основне масе, примесе додатих у глину, као и пореклом и хемијским саставом пигмената коришћених за украшавање керамике и

2. анализе органских остатака садржаја посуда, тј. остатака хране, било да се ради о видљивим остацима или органским материјама апсорбованим у порозним зидовима керамичких посуда.

Хемијске анализе прве групе немају за циљ само утврђивање састава сировине, већ и њено порекло и то упоређивањем састава потенцијалне сировине и печене керамике. У ову сврху се користе различите технике, најчешће атомска апсорпциона спектроскопија, неутронска активација, оптичка спектроскопија, раманска спектроскопија и друге [1,2]. Резултати елементарних анализа су за археологе од не-

процењиве важности, јер могу расветлити многа питања везана за набавку сировина, технику израде, размену и трговину, а самим тим и нека питања социјалне организације.

Друга група хемијских анализа припада посебној дисциплини у оквиру интердисциплинарних истраживања - биомолекуларној археологији. Она се бави истраживањем органских компоненти живих бића, као што су ДНК, протеини, липиди и др [3]. Анализе керамике у оквиру биомолекуларне археологије фокусиране су на анализе липида, који су апсорбовани у порозне зидове посуда или на видљиве остатке органских материја који су очувани на зидовима посуда. Липиди су посебно погодни за анализе из неколико разлога: појављују се у различитим комбинацијама и количинама у свакој животињској и биљној врсти, опстају на уобичајеним температурама кувања и могу да опстану дуго времена у постдепозиционом окружењу [4].

Анализе су усмерене на видљиве и апсорбоване остатке органских материја на зидовима керамичких посуда и врше се следећим техникама: гасна хроматографија, гасна хроматографија /масена спектрометрија (GC и GC/MS) и анализе стабилних изотопа [5,6]. Ове хемијске анализе значајне су за археологе из два разлога:

1. помажу у утврђивању функције керамичких посуда.

Керамичке посуде се најчешће везују за припрему и конзумирање хране, па је зато од изузетно значаја покушати утврдити да ли се одређене врсте посуда могу везати за различите активности везане за припрему (кување, печење) и складиштење хране, као и да ли су одређени облици посуда служили за припрему одређених врста хране. На овом месту хемијске анализе могу да послуже за проверу ваљаности археолошких метода, пре свега типолошке анализе. Типолошке анализе се, наиме, углавном заснивају на субјективној процени функције посуда, најчешће на основу аналогије са данашњим посуђем. Тако се лонцем називају посуде за кување, а зделама посуде за конзумирање хране. Сасвим је разумно очекивати да ће хемијске анализе указати на недостатке овог метода, као што је то случај са неолитским локалитетом Макријалос у Грчкој, где је утврђено да су и зделе коришћене као посуде за припремање хране [7,8].

2. помажу у утврђивању режима исхране у прошлости.

Ове анализе проширују знање археолога о исхрани у прошлости, јер могу да идентификују оне намирнице чије остатке археоботаничка истраживања не могу да идентификују, као што је, на пример, лиснато поврће (нпр. купус). Посебан значај ове анализе ће имати на археолошком материјалу са старих ископавања, за које не постоје узети макроботанички узорци. Даље, археоботаничке анализе дају податке о врстама коришћених биљака, али не могу дати податке о томе на који начин су оне припремане. Керамичке посуде представљају интегрални део активности које су везане за припрему и конзумира-

ње хране и пића. Заједно са сазнањима везаним за режим исхране оне представљају основу за истраживање веома сложене области социјалних односа [7].



Слика 1 Керамика украшена црвеним пигментом са локалитета Винча

Од 1976, када су анализе липида уведене у археологију [4] анализама остатака маслиновог уља на античким амфорама, до данас су вршена изузетно опсежна испитивања липида. Ова истраживања су ишла у неколико праваца. Једна група била је усмерена на повезивање липида са одређеним биљним и животињским врстама [9,10,11]. До 1999. је сакупљено преко 130 врста биљне и животињске хране и састав њихових масних киселина је утврђен гасном хроматографијом [12]. За археологију је важно истаћи да хемијске анализе могу да утврде не само липиде биљног и животињског порекла, већ и оне који потичу од млека и млечних производа [13]. Ту су изузетно важне анализе великог броја посуда (око 900 узорака) са више локалитета из три периода праисторије (неолита, бронзаног и гвозденог доба) јужне Енглеске [14-16]. Посебно је значајно то што је 25% узорака из периода неолита показало присуство липида који потичу од млека. То сведочи о томе да је производња млека и млечних производа била значајно заступљена већ у петом миленијуму пре нове ере. Друга група испитивања и експерименталних истраживања бавила се начином разлагања липида на температурама за кување, као и у постдепозиционом окружењу [4,11]. Трећа група истраживача бавила се експерименталним истраживањима да би утврдила начин дистрибуције липида на зидовима посуда [17]. Циљ експеримента био је да се утврди да ли дистрибуција липида у зидовима посуде може да буде индикатор начина употребе, тј. да се утврди однос између облика посуде, њеног садржаја и начина употребе.

Анализе липида не морају увек бити ограничене на оне органске остатке који су у вези са исхраном, тј. припремом, конзумирањем или складиштењем хране. Анализама керамике из периода гвозденог доба у Француској (Sarthe) посведочено је премазивање унутрашњих зидова брезиним смолом [18]. На

овом локалитету потврђено је и мешање брезине смоле са пчелињим воском. Тако је утврђено постојање посуда чија је функција искључиво израда лепка. Постојање брезине смоле потврђено је по први пут и на посудама са неолитског локалитета Макријалос у Грчкој [8]. Смола је имала две функције: 1. да запечати пукотине и 2. код примерака посуда чији су унутрашњи зидови били премазани смолом, да смањи порозност, па се на основу тога закључује да су дотичне посуде служиле за чување течности.

Иако су хемијске анализе у нашој археологији ретке, последњих година им се, међутим, поклања све више пажње. То су, пре свега, интердисциплинарна истраживања спроведена на археолошком материјалу са локалитета Винча - Бело брдо код Београда, епонимном локалитету најзначајније млађе неолитске културе југоисточне Европе. Поред хемијских, спроведене су и различите физичке, технолошке, петрографске и друге анализе. Атомска апсорпциона спектрофотомерија два узорка винчанске керамике показала је да, према садржају оксида, сировина припада групи цигларских глина, са релативно ниским садржајем оксида Al_2O_3 и повећаним садржајем оксида гвожђа, као и алкалних и земноалкалних оксида. Хемијске анализе потенцијалних сировина показале су да сличне особине показује глина са локације Циглана у Винчи, па би то био могући извор основне сировине. На винчанској керамици су такође вршене и рентгенска дифракциона анализа, као и хемијска елементарна анализа, које су показале да су сви испитивани узорци у погледу фазног састава слични [19]. Посебно значајна је анализа пигмената којима је изведен сликани украс на винчанској керамици. Испитивање пигмената вршено је помоћу неколико метода: рентгенском дифракционом



Слика 2 Керамика украшена црвеним пигментом са локалитета Винча

анализом, инфрацрвеном спектроскопијом и раманском спектроскопијом. Показало се да је у већини случајева као пигмент коришћен хематит, али је потврђено и постојање цинабарита [20]. Резултати ових анализа покрећу многа значајна питања. Наиме, познато је да на Шупљој стени на Авали постоји рудник живе и вероватно је да је он коришћен и у време неолита. Трагови цинабарита потврђени су на унутрашњем зиду керамичке зделе. Не може се, међутим, са сигурношћу рећи да ли се ради о сликаном украсу, или је у питању траг садржаја посуде. С друге стране, у насељу на Винчи утврђено је постојање изузетно живе трговине са удаљеним областима. О томе најбоље сведоче, између осталог, налази накита израђени од шкољке спондилус, која живи само у топлим морима. Питање које се поставља је шта је насеље у Винчи могло да понуди у замену за овако луксузне предмете. Захваљујући хемијским анализама које су посведочиле коришћење цинабарита, може се, за сада, само претпоставити да је пигмент, у "амбалажи" од керамичких посуда био један од могућих луксузних извозних артикала. Посуде богато украшене црвено сликаним украсом изведеним хематитом би такође могле бити једна врста луксузних предмета намењених траговини. Питања која се такође постављају тичу се начина припреме пигмента, техника њиховог ношења итд.

Из свега наведеног, јасно је да су интердисциплинарна истраживања, посебно хемијска испитивања, неопходни када се ради о анализама и интерпретацији керамике са археолошких локалитета. Иако је последњих година сарадња између археолога и научника из сфере природних наука учесталија, хемијске анализе су још увек изузетно ретке. Оне анализе које су спроведене извршене су на веома малом броју узорака, који је недовољан чак и за формирање комплетне слике о керамици са једног археолошког налазишта. Интензивирањем сарадње археолога и хемичара било би могуће спровести анализе већег броја узорака са више археолошких локалитета. Разумевању појединих културних процеса посебно би допринела поређења резултата хемијских анализа керамике са више локалитета исте или различите културне или временске припадности.

Abstract

THE SIGNIFICANCE OF CHEMICAL ANALYSES IN INVESTIGATIONS OF ARCHAEOLOGICAL POTTERY

Jasna Vuković

Faculty of Philosophy, Belgrade

The author emphasizes significance of chemical analyses in investigations of archaeological pottery. There are two groups of chemical analyses widely accepted by modern archaeology. Analytical techniques such as atomic absorption spectrophotometry, raman spectroscopy, neutron activation analysis, optical spectroscopy and others are used in compositional analyses of raw materials for manufacturing pottery. These materials include - clays, nonplastics and pigments. The results of elemental analyses are important in archaeological interpretation of issues related to procurement of raw materials, manufacturing techniques, exchange

and trade. The second group of analyses belongs to the special discipline in archaeological science - biomolecular archaeology. This discipline is focused on analyzing residues of ancient lipids absorbed in porous walls of ceramic vessels, as well as visible, charred organic residues on the interiors of pottery. Implemented techniques are gas chromatography, gas chromatography/mass spectrometry and stable isotopic analysis. Results of these analyses provide relevant evidence on food habits, preparation and consumption of food, as well as information which helps archaeologists to understand and determine the actual use of ceramic vessels. Author emphasizes the fact that both groups of analysis enrich the science of archaeology with new sets of arguments for the study of lifestyle and social organization of ancient populations.

ЛИТЕРАТУРА

- Orton, C., Tyers, P., Vince, A. *Pottery in Archaeology*. Cambridge, 1993.
- Rice, P. *Pottery analysis: A sourcebook*. Chicago, 1987.
- Evershed, R. P., Biomolecular archaeology and lipids. *World Archaeology* **25**(1) (1993) 74-93.
- Skibo, J. M.. *Pottery Function: A Use Alteration Perspective*. New York, 1992
- Morton, J. D., Schwarz, H. P. Palaeodietary implications from stable isotopic analysis of residues on prehistoric Ontario ceramics. *Journal of Archaeological Science* **31** (2004) 503-517.
- Reber, E. A., Evershed, R. P. How did Mississippians prepared maize? The application of compound-specific carbon isotope analysis to absorbed pottery residues from several Mississippi Valley sites. *Archaeometry* **46**(1) (2004) 19-33.
- Urem-Kotsou, D., Kotsakis, K., Stern, B. Defining function in Neolithic ceramics: The example of Makriyalos, Greece. *Documenta Praehistorica* **XXIX** (2002) 109-118.
- Urem-Kotsou, D., Stern, B., Heron, C., Kotsakis, K. Birch-bark tar at Neolithic Makriyalos, Greece. *Antiquity* **76** (2002) 962-967.
- Renfrew, C., Bahn, P. *Archaeology: Theories, methods and practice*, London, 1991.
- Evershed, R. P., Mottram, H. R., Dudd, S. N., Charters, S., Scott, A. W., Gibson, A. M., Conner, A., Blinkhorn, P. W., Reeves, V. New criteria for the identification of animal fats preserved in archaeological pottery. *Naturwissenschaften* **84** (1997) 402-406.
- Malainey, M.E., Przybylski, R., Sherriff, B.L. Identifying the former contents of Late Precontact period pottery vessels from Western Canada using Gas chromatography. *Journal of Archaeological Science* **26** (1999) 425-438.
- Malainey, M.E., Przybylski, R., Sherriff, B.L.. The effects of thermal and oxidative degradation on the fatty acid composition of food plants and animals of Western Canada: Implications for the analysis of archaeological vessel residues. *Journal of Archaeological Science* **26** (1) (1999) 95-103.
- Craig, O. E., Taylor, G., Mulville, J., Collins, M. J. Parker Pearson, M. The identification of prehistoric dairying activities in the Western Isles of Scotland: An integrated biomolecular approach. *Journal of Archaeological Science* **32**(1) (2004) 91-103.
- Copley, M. S., Berstan, R., Dudd, S. N., Straker, V., Payne, S., Evershed, R. P. Dairying in antiquity. I. Evidence from absorbed lipid residues dating to the British Iron Age. *Journal of Archaeological Science*, **32**(4) (2005) 485-503
- Copley, M. S., Berstan, R., Straker, V., Payne, S., Evershed, R. P. Dairying in antiquity. II. Evidence from absorbed lipid residues dating to the British Bronze Age. *Journal of Archaeological Science*, **32**(4) (2005) 505-521
- Copley, M. S., Berstan, R., Mukherjee, A. J., Dudd, S. N., Straker, V., Payne, S., Evershed, R. P. Dairying in antiquity. III. Evidence from absorbed lipid residues dating to the British Neolithic. *Journal of Archaeological Science*, **32**(4) (2005) 523-546
- Charters, S., Evershed, R. P., Quye, A., Blinkhorn, P. W., Reeves, V. Simulation experiments for determining the use of ancient pottery vessels: The behaviour of epicuticular leaf wax during boiling of a leafy vegetable. *Journal of Archaeological Science* **24** (1997) 1-7.
- Regert, M., Vacher, S., Moulherat, C., Decavallas, O. Adhesive production and pottery function during the Iron Age at the site of Grand Aunay (Sarthe, France). *Archaeometry* **45**(1) (2003) 101-120.
- Свобода, В., Вуковић, Ј., Извонар, Д., Кићевић, Д. Експериментална археологија - традиционалне производње керамике: Приказ реализације I фазе пројекта, у *шишамју* (2005)
- Mioč, U. B., Colomban, Ph., Sagon, G., Stojanović, M., Rosić, A. Ochre decor and cinnabar residues in Neolithic pottery from Vinča, Serbia, *Journal of Raman spectroscopy* **35**(10) (2004) 843-846.



ВЕСТИ из ШКОЛЕ ВЕСТИ за ШКОЛЕ

ВАСИЛИЈЕ ПЛАНИЋ, наставник хемије у ОШ „Миодраг Чајетинац Чајка“, Трстеник

СЦЕНАРИО ЧАСА СТРУКТУРА АТОМА И ПСЕ “ТАБЛОНЕТ” (ТАБЛИЋ)

УВОД

Дугогодишњи рад у школи са ученицима седмог и осмог разреда, устаљеним методама и облицима рада, навео ме је на размишљање о промени „стила“ рада, макар то у почетку и не давало велике ефекте. Охрабрење је дошло са похађањем семинара АУН од пре неколико година. Нећу бити нескроман ако кажем да смо ми хемичари били први и најспремнији заговорници активног учења и наставе, наравно захваљујући ангажованости људи са Хемијског факултета и СХД.

Међутим, напомињем да се овакав начин рада примењивао и раније, или је било појединачних покушаја на територији општине Трстеник. Наравно, и тада, као и сада, све је било препуштено ентузијазму наставника, и његовој жељи да нешто мења у свом раду.

Претпостављам да у школи најмање има активног учења/наставе зато што припремања таквих часова захтева много више залагања од стране наставника, као и због временског ограничења које диктира разредно-часовни систем. Наравно, било би претерано да се овакви часови стално организују, већ треба одабрати наставне јединице које су прикладне и комбиновати различите методе и облике наставе/учења.

Моја искуства су позитивна, јер су ученицима овакви часови врло динамични, лакше разумеју и усвајају градиво, раде практично и овакви часови су, према њиховим речима, право освежење у односу на оне где наставник, на жалост, још увек седи и диктира из КЊИГЕ. Чини ми се да је хемија посебно погодна за АУН начин рада.

У овом чланку приказан је час **обнављања** градива, на коме се ученици активно укључују како у припрему материјала тако и на самом часу.

СЦЕНАРИО ЧАСА

Предмет: хемија

Разред: седми

Тема: Структура супстанце

Наставна јединица: Структура атома и ПСЕ - „ТАБЛОНЕТ“.

Тип часа: обнављање

Методе и облици рада: решавање проблема кроз игру, рад у пару, групни рад, индивидуални рад.

Циљеви:

1. утврђивање знања о честицама које чине језгро и електронски омотач у атому (протон, неутрон и електрон),

2. примена знања о броју честица у атому за одређивање: масеног и атомског броја елемента, распореда електрона по нивоима у атому, места елемента у ПСЕ (група и периода), својстава елемента (метал – неметал) и типа хемијске везе које елементи међусобно граде у зависности од броја валентних електрона,

3. оспособљавање за рад на рачунару.

Наставна средства:

- шпилови карата које су ученици сами израдили према инструкцијама наставника,
- упутство за рад,
- табеле за уписивање резултата,
- карте за формирање група,
- компјутер и табела са бодовима,

Упутство за рад:

На столу се налазе кутија са шпилом карата (52 карте), кутија са четири карте на којима је означен херц, треф, пик и каро, плус цокер, табеле у које ће те уносити резултате (табела 1, табела 2 и табела са делом ПСЕ) и папир са постављеним питањима.

Извучите по једну карту из кутије где се налазе четири карте и формирајте групе према извученој карти (херц-херц, пик-пик, треф-треф, каро-каро и цокер). Када формирате групе по четири ученика узмите шпил, измешајте карте и, као у табљићу, пресеците, с тим што карте дели онај ученик који извуче мању карту. Карте садрже **симбол елемента, масени број, атомски број (знак у горњем десном углу је као у обичним картама)**. Игрите тако што се одређујете према **атомском броју**. После завршене партије попуните табеле траженим подацима, одговорите на постављена питања и укупан број бодова унесите у компјутер. Након тога цокери у групи сабирају бодове и проглашавају се победници појединачно, у пару и у групи.

ПРИПРЕМНИ ДЕО

Корак 1. Ученици који умеју да раде на рачунару праве карте (четири шпила са 52 карте и четири са четири карте плус цокер).

РАД НА ЧАСУ

Корак 2. Ученици по избору седају.

Корак 3. Читају упутство.

Корак 4. Извлаче карте и формирају групе према обележеним картама (четворо у групи плус још један).

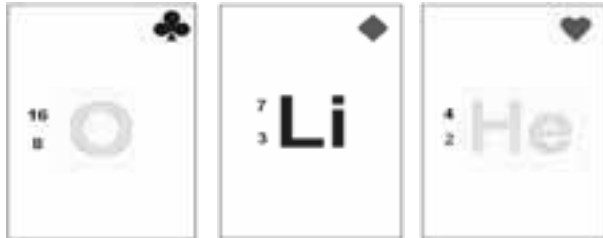
Корак 5. Игра почиње после сечења и поделе карата.

Корак 6. После одигране “једне руке” цокер бељежи резултате.

Корак 7. Сумирају се резултати и дискутује се у групи.

Корак 8. Уносе се подаци у компјутер.

Корак 9. Проглашава се победник за појединца, пар, групу, одељење...



КАРТЕ ЗА ИГРУ

Табела 1

Симболи елемената које си освојио	A елемента	Z елемента	Број p ⁺ у атому елемената	Број e ⁻ у атому елемената	Број n ⁰ у атому елемената	Укупан број p ⁺	Укупан број e ⁻	Укупан број n ⁰
H	1	1	1	1	0	29	29	28
C	12	6	6	6	6			
Mg	24	12	12	12	12			
Ne	20	10	10	10	10			
Укупно бодова: УЧЕНИКА 30 ПАРА _____ ГРУПЕ _____								

Табела 2

Назив елемента који си освојио	Распоред електрона по нивоима	Група	Периода	Метал (да / не)	Неметал (да / не)	Металоид (да / не)	Племени гас (да / не)
водоник	K=1e	I	1	не	да	/	/
угљеник	L=4e K=2e	IV	2	не	да	/	/
магнезијум	M=2e L=8e K=2e	II	3	да	не	/	/
неон	L=8 K=2e	VIII (0)	2	/	/	/	да
4	20	8	8	4	4	4	4
Укупно бодова: ученика 56 пара _____ групе _____							

N	ПЕРИОДНИ СИСТЕМ ЕЛЕМЕНАТА																	
														C				Ne
	Mg														15	16	17	18
19														
...																		

Одговори на следећа питања:

1. Попуни део Периодног система елемената на основу "освојених" симбола. Образложи одговор.
2. Попуни до краја део ПСЕ узимајући у обзир атомске бројеве елемената (3. периоду).
3. С којим атомским бројем би започео следећу периоду (четврту)?
4. Да ли је тај елемент метал, неметал, металоид или племенити гас? Образложи одговор.
5. Који тип хемијске везе ће да граде парови елемената: $Z=3, Z=8$; $Z=1, Z=1$; $Z=12, Z=9$; $Z=13, Z=17$, $Z=1, Z=17$?

ВРЕДНОВАЊЕ

ТАБЕЛА 1. За сваки тачно написан и освојен симбол -1 бод

За тачно одређен А и Z елемента – по 1 бод

За одређен број честица – по 1 бод

За одређен укупан број честица - по 2 бода

ТАБЕЛА 2. Назив елемента - по 1 бод

Распоред електрона по нивоима - 5 бодова

Тачно одређена група и периода – по 2 бода

Тачно одређена врста елемента - по 1 бод

ПЕРИОДНИ СИСТЕМ.

2-Исправно попуњен уз објашњење - 14 бодова

3-Попуњен до краја - 4 бода

4.-Одговор 19 - 2 бода

5-Тачно одређена врста елемента - 5 бодова

6- Тип хемијске везе – $5 \times 2 = 10$ бодова

РЕШЕЊЕ ЗАГОНЕТКЕ ИЗ ПРОШЛОГ БРОЈА

У прошлом броју *Хемијског прегледа* поставили смо следећи проблем:

У четири поља квадрата

треба уписати по једно слово које је симбол хемијског елемента, тако да слова у оба реда (читана с лева на десно), у оба ступца (читана од горе на доле) и

ТИП ХЕМИСКЕ ВЕЗЕ

1. $Z=3$ и $Z=8$ _____ јонска

2. $Z=1$ и $Z=1$ _____ ковалентна неполярна

3. $Z=12$ и $Z=6$ _____ јонска

4. $Z=13$ и $Z=17$ _____ јонска

5. $Z=1$ и $Z=17$ _____ ковалентна полярна

Укупан број бодова: за ученика 2 за пар _____ за групу _____

КОНАЧНИ РЕЗУЛТАТИ:

За ученика _____ за пар _____ за групу _____

АНАЛИЗА

Ученици су ангажовани у припреми часа, а још више на самом часу. Могуће је час извести за 45 минута ако се одигра "једна рука" карата. Час је јако динамичан, у појединим деловима чак и весео, па су ученици опуштени. Укључена је и примена компјутера у настави. Час је погодан и за **обраду** наставне јединице, с тим што је потребно прилагодити упутство за рад.

Abstract

SCENARIO FOR THE THEME: STRUCTURE OF ATOM AND PERIODIC TABLE OF ELEMENTS

Vasilije Planić, Trstenik

This paper presents an approach to the systematization of the teaching unit Structure of atom and Periodic table of elements by methods of active learning.

на обе дијагонале (читано наниже), представљају симболе хемијских елемената.

Решење задатка је следеће и оно је јединствено:

S	N
B	I

И.Г., Д.Ш.



ХЕМИЈА НА ИНТЕРНЕТУ

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

ХЕМИЈСКА ДРУШТВА

АМЕРИЧКО ХЕМИЈСКО ДРУШТВО

HTTP://WWW.CHEMISTRY.ORG



Као што се то и очекује од великог друштва какво је Америчко хемијско друштво (ACS), у питању је обиман и разноврстан сајт. Детаљно представљање сајта би захтевало неколико пута већи простор од онога којим располажемо, па ћемо се задржати само на приказу основне структуре сајта и кратком опису садржаја које он нуди.

Свака страница сајта састоји се од три целине:

- **на врху** се испод логоа друштва налазе пречице ка основним садржајима сајта: *home, professions, ACS members, educators & students, policy makers, enthusiasts* и *my.chemistry.org*, а изнад њега пречице: *contact us, about acs, faqs* (одговори на најчешћа питања), *site map* и *login*,

- **на левој страни** су опције за претраживање сајта - *search* и падајући мени за брзо проналажење одређених садржаја (страница) сајта – *quick find*, као и пречице ка информацијама о скуповима у организацији ACS и начину учлањивања у друштво, док је

- **средина** резервисана за садржај који та страница нуди.

Пре него што прикажемо шта сваки од горе наведених основних садржаја нуди, напоменимо да регистривани корисници сајта могу креирати лични изглед странице *my.chemistry.org*, тако да приказује само садржаје које корисник сам изабере из понуђеног списка. Поред тога регистровани корисници могу се пријавити за добијање недељних новости из ACS путем електронске поште (*e-mail newsletter*). Регистрација је могућа на *home* и *my.chemistry.org* страницама (опција *New User*).

Home страница садржи линкове ка актуелним информацијама из различитих области рада друштва као и ка најновијим вестима из света хемије. На страници се сваке недеље укратко представља један занимљив молекул (*molecule of the week*), на предлог посетилаца сајта. Линкови на страници су подељени

у четири групе: *member central* (обавештења и информације за чланове друштва), *action & reaction* (актуелне активности друштва), *news & resources* (линкови ка публикацијама и сервисима које сајт нуди) и *mark your calendar* (обавештења о будућим скуповима у организацији друштва).

Professionals је, могло би се рећи, централна страница сајта. На њој се налазе линкови ка свим најбитнијим садржајима. Подељени су у више група, а ми ћемо их све набројати и из сваке групе истаћи оне по нама најзанимљивије и најкорисније.

- *Feature* и *Recent articles* воде ка више стручно-популарним него научним чланцима из хемије и сродних наука, који су преузети из литературе, или су њихови аутори чланови тима који уређују сајт.

- *Careers* садржи линкове који могу помоћи хемичарима у проналажењу посла, било путем успостављања веза између послодавца и оних који траже запослење, или тиме што ће корисницима помоћи у стварању стратегије проналажења посла. Ту се налази и линк који нуди радна места у самом друштву.

- *Publications* је група линкова ка свим публикацијама друштва:

- *ACS Publications* - преко 30 магазина и часописа и много књига у издању ACS. Преко сервиса *КОБСОН*, Народне библиотеке Србије могућ је бесплатан приступ комплетним садржајима већине часописа.

- *Chemical & Engineering News* - online магазин са вестима из света хемије и инжењерства. Приступ чланцима се плаћа.

- *Chemistry* - таблоид за чланове друштва

- *The Capitol Connection* – новости о регулаторним и законским активностима (у САД) везаним за хемијску науку.

○ *Heart Cut* - идеје из најновије научне, техничке и пословне литературе.

○ *Patent Watch* - концизни прикази најновијих патената из области хемије.

• *Meetings* линкови воде ка страницама са обавештењима о националним и регионалним скуповима *ACS*, страници са календаром скупова у свету, као и ка страници са упутствима и формуларима за online слање радова за скупове у организацији друштва.

• *Continuing education* нуди линкове ка страницама са обавештењима о кратким семинарима за усавршавања из различитих области, ка интернет курсевима сличне намене, као и ка информацијама о 14 видео курсева у продукцији *ACS*, који се могу купити online.

• *Databases & directories* су линкови ка различитим базама података и сервисима, од којих су неки представљени у ранијим бројевима ХП (*STN, SciFinder, CAS*), а ми издвајамо линк ка *Directory of Graduate Research* који садржи програме студија хемије у САД и Канади.

• *ACS membership* је посвећен члановима друштва, и на страницама до којих воде ови линкови могу се пронаћи информације како постати члан друштва и које све бенефиције чланови уживају. Ту су и линкови ка основним документима друштва.

• Од линкова у групи *Other resources* издвајамо онај који води ка страницама са садржајима посебно изабраним за потребе дипломираних студената и магистара хемијских и сродних наука (*BS i MS degree*) као и линк ка мултимедијалном приказу периодног система (*Periodic Table*). Он садржи мноштво различитих података о свим елементима, али је за његово покретање неопходно имати инсталиран програмски пакет *Shockwave* (ако га немате, инсталација се покреће чим приступите страници).

ACS members страница је у потпуности посвећена друштву и члановима друштва, секцијама и регионалним организацијама, активностима и сл. те се овим делом сајта нећемо детаљније бавити.

Educators & students, како и само име каже, део је сајта намењен наставницима, професорима, ученицима и студентима. Линкови су такође подељени на више група, према нивоу образовања којима су намењени: за основно образовање (*K-8*), средње школе (*High School*), факултете (*College & graduate*) и за стручно усавршавање (*Continuing education*). Поред тога постоји и група линкова под називима *ACS educational sites* и *Other resources*, који углавном воде ка страницама организација, удружења, секција, часописа и других публикација посвећених образовању, како оних у саставу *ACS*, тако и других регионалних, националних или међународних.

Садржаји које нуде странице у оквиру горе наведених група према нивоу образовања су веома бројни и простор нам не дозвољава да их детаљније прикажемо, па читаоцима препоручујемо да сами на овој страни пронађу оно што је у складу са њиховим интересовањем. Ево само неколико, по нама најинтересантнијих: **K-8: Kids & Chemistry** - мали експе-

рименти и приче које уводе децу у хемијску науку, *Chemistry Through Inquiry* - Online курс за наставнике и професоре основних и средњих школа; **High School: The Virtual Chemistry Club** -увод у хемију и молекуларне науке, *Green Chemistry* - материјали за подршку наставе хемије у заштити животне средине; **College & graduate: Preparing Future Faculty Program** – помоћ дипломираним студентима хемијских струка који желе да се баве науком.

Policy makers је део сајта посвећен утицају политике на хемијске науке и обрнуто, наравно највећим делом у САД. На страници се могу наћи линкови ка сајтовима владиних или невладиних институција, формалних и неформалних група које утичу на политику развоја науке, образовања и привреде, па и хемије у свим тим областима. Ту су и линкови ка страницама на којима се могу пронаћи информације о међународној сарадњи, стратегији и генералној политици коју води *ACS*.

Enthusiasts страница посвећена је онима којима хемија није професија, а који се за њу занимају. Као и остале странице она садржи више група линкова. Прве две су *Feature* и *Recent articles* које воде ка занимљивим чланцима из разних области хемије, написаним на популаран начин. Група линкова под називом *Chemistry in the news* садржи линкове:

– *News from ACS* – специјалан сервис за новинаре,

– *Hot Articles* - најновији и најзанимљивији чланци из магазина и часописа у издању *ACS*.

– *ACS Public Policy Priorities* – о значајним новостима везаним за хемијску индустрију.

Chemistry around you садржи линкове чији садржаји доприносе општем знању хемије. Тако линк *The Periodic Table of the Elephants* приказује акцију студената Patapsco High School и Center for the Arts у Dundalk-у који су израдили скулптуру слона, осликану слонићима од којих сваки представља један елемент периодног система, а која је постављена испред управне зграде *ACS*. Од осталих линкова издвајамо: *Heroes of Chemistry* - научници и компаније који су својим проналасцима и производима допринели развоју човечанства, *Salutes to Excellence* – приказ позитивног утицаја хемије и хемијских производа на свакодневни живот и *ACS Office of Community Activities* – програми *ACS*-а који помажу проширивању општег знања хемије.

Последња група линкова под именом *Learning and chemistry* посвећена је помоћи у образовању, првенствено млађих нараштаја и лаика. Називи линкова су: *Green Chemistry, ACS Library, This Week in Chemical History* (нешто као на данашњи дан), *Kids & Chemistry, ChemMatters* (магазин за демистификацију хемије), *WonderNet* (за основце и родитеље), *Periodic Table, Joke-a-Rama* (хемија кроз хумор).

На крају се налази линк ка страници *my.chemistry.org*, о којој је било речи на почетку овог чланка, а на којој је могуће направити лични избор садржаја, линкова и сервиса који ће бити приказани након пријављивања (логовања) на сајт.



ВЕСТИ ИЗ СХД

ПРЕДЛОГ ТЕМА ЗА ПРЕДАВАЊА КОЈА БИ СЕ ОДРЖАВАЛА У ОКВИРУ СРПСКОГ ХЕМИЈСКОГ ДРУШТВА ТОКОМ 2005. ГОДИНЕ

Презиме Име	Установа	Назив предавања
Аст Теодор	Технолошко-металуршки факултет, Београд	1. Комбинација гасни хроматограф-масени спектрометар: Како и зашто?
Бојовић Снежана	Хемијски факултет, Београд	1. 150 година средњошколске наставе хемије у Србији 2. 100 година Београдског универзитета
Брчески Илија	Хемијски факултет, Београд	1. Урбана средина и токсични отпад -примери из праксе
Веселиновић Драган	Факултет за физичку хемију, Београд	1. Основни узроци загађивања животне средине 2. Осиромашени уран
Гутман Иван	Природно-математички факултет, Крагујевац	1. Хемија љубави 2. О хемијским елементима 3. Хемијско порекло живота 4. Хемија пушења
Декански Александар	ИХТМ-ЦЕХ, Београд	1. Електронске микроскопије и спектроскопије: AES, XPS, LEED, STM SEM – Принципи рада и могућности примене
Дондур Вера	Факултет за физичку хемију, Београд	1. Катализа у нама и око нас
Јанков Ратко	Хемијски факултет, Београд	1. Како се стварају и како функционишу антитела 2. Алкалоиди – супстанце које се користе као дроге
Јовановић Слободан	Технолошко-металуршки факултет, Београд	1. Електропроводни полимери – синтеза и примена 2. Новости у развоју и примени полимерних материјала
Јуранић Иван	Хемијски факултет, Београд	1. Теорије атома у молекулу
Мандић Љуба	Хемијски факултет, Београд	1. Молекулска основа функционисања живих система 2. Молекулске основе болести
Марковић Драган	Факултет за физичку хемију, Београд	1. Тропосферски озон и аеросоли – фотохемијска веза
Миловић Слободан	Институт "Винча", Београд	1. Монодисперзни неоргански колоиди 2. Добијање, особине и примена неорганских колоида
Николић Бранислав	Технолошко-металуршки факултет, Београд	1. Редукција кисеоника, једна од основних електрохемијских реакција 2. Оксидни материјали у електрокатализи
Поповић Иванка	Технолошко-металуршки факултет, Београд	1. Рециклажа полимерних материјала 1. Термогравиметријско испитивање полимера
Стојановић Димитрије	Центар за пестициде, Београд	1. Неки актуелни проблеми загађења животне средине са посебним освртом на утицај термоелектрана 1. Ниво тешких метала у муљу Дунава и Саве као индикатор загађења речних токова.
Шолаја Богдан	Хемијски факултет, Београд	1. Стероиди – важни хормони



ХЕМИЈСКИ ФАКУЛТЕТ
Универзитет у Београду

Студентски трг 16
11000 Београд



СРПСКО
ХЕМИЈСКО
ДРУШТВО

108. година

АПРИЛСКИ ДАНИ
ПРОСВЕТНИХ РАДНИКА СРБИЈЕ

ШЕСНАЕСТИ СЕМИНАР ЗА ПРОФЕСОРЕ ХЕМИЈЕ

Хемијски факултет, Велики хемијски амфитеатар

Уторак, 3. мај 2005.

9.00 - 9.30	Професор др Ратко М. Јанков , Хемијски факултет, Београд: <i>Ошварање семинара</i>
9.30- 10.10	Др Слободан Миловић , Институт за нуклеарне науке Винча, Београд: <i>"Добијање, особина и примена неорганских колоида"</i>
10.10 - 10.50	Професор др Снежана Бојовић Хемијски факултет, Београд: <i>"100 година Универзитет у Београду"</i>
Пауза	
11.20 - 12.00	Професор др Иван Гутман , ПМФ Крагујевац: <i>"Шејња по периодном систему елемената"</i>
12.00 - 12.40	Др Ана Пешикан и проф. др Иван Ивић , Институт за психологију, Београд: <i>"Како одабрајти добар уџбеник"</i>
13.00 -	Колегијални разговори и дружење (Сала за седнице, први спрат)

Среда, 4. мај 2005.

9.00 - 9.40	Доцент др Веле Тешевић Хемијски факултет, Београд: <i>"Активни састојци вина"</i>
9.40 - 10.20	Доцент др Александар Поповић , Хемијски факултет, Београд: <i>"Хемодинамика арсена у животној средини"</i>
Пауза	
10.50 - 11.30	Професор др Слободан Мацура , Факултет за физичку хемију, Београд и Клиника Мејо, САД: <i>"О науци и псеудо-науци"</i>
11.30 - 12.10	Мр Војислав Андрић , Ваљевска гимназија: <i>"Реформа гимназија: покушаји мењања на боље"</i>
12.10 -	Трибина са темом: • <i>Разговори о реформи</i>