



УВОДНИК

На прагу смо нове школске године, за коју се надамо да ће проћи са много мање проблема него што је то било са неколико претходних. Редакција *Хемијског прегледа* спремна је да одради свој део посла.

* * *

СИ систем одавно је прихваћен и одавно живи. Једна од основних јединица овог система, МОЛ, одувек је представљао ђацима проблем за разумевање. Објављујемо чланак који, надамо се довољно илустративно, приказује шта је то мол. Није ништа ново, али је добро систематизовано кроз низ примера и јако интересантно.

* * *

Велике напоре улажемо да сваки број који "штампамо" у папирној варијанти "одштампамо" и у електронској варијанти. Они млађи рекли би да то и није велики проблем. Можда бисмо и ми рекли исто, само кад био постојао неки стандард који је опште прихваћен у примени рачунара у штампарству, како би фонтови и преломи који се користе за штампани текст могли у исто време да послуже и за електронске потребе, и/или обрнуто. Међутим, случај је да је, овде у Југославији, свако од нас изграђивао свој сопствени систем (сетите се CHI-WRITER-а или YU-SCII-а) који је најчешће неуклопив са системом који је прихватио неко други. Ћирилица, којом се традиционално штампа *Хемијски преглед*, ствара нам још веће проблеме., Додуше, постоји наколико ручно прављених програма којима се користимо да бисмо текст који од вас добијемо пребацили из латинице у ћирилицу. Али, проблем настане када се и оригинални називи (они који треба да остану латинични) претворе у ћирилицу. Зато поново молимо све ауторе текстова да се строго придржавају упутства за писање текста које смо дали у броју 1 из овог (41.) годишта: једним фонтом куца се текст који ће бити ћирилица, а другим фонтом текст који треба да остане латиница!

* * *

У плану нам је, за ову и пар наредних година, да се што више старих бројева и старих текстова у

електронском облику стави на мрежу. Пошто финансијска ситуација у друштву (о њој нисмо писали већ цео један број) и даље није сјајна овај посао јако полако одмиче. Тако да је, за сада, преко Интернета могуће наћи само комплетне бројеве из 40. и 41. годишта. Пошто би веома много коштало да се сви стари бројеви прекуцају и ставе на мрежу, тренутно се ради на томе да се из заборавља извуку бар неки наслови сјајних текстова из ранијих годишта *Хемијског прегледа*, али да се то организује по темама, областима и кључним речима. Започели смо тај велики посао. Како будемо одмицали у овом послу, обавештаваћемо вас о томе. Не одустајемо ни од идеје да за период од следећих десетак година све старе бројеве *Хемијског прегледа* ставимо на Интернет.

* * *

Поново је спласло интересовање за е-mail комуникацију са редакцијом *Хемијског прегледа*. Не знамо да ли је то резултат задовољства нашим радом или опште апатије и притиснутости сваког од нас мање-више мучном свакодневницом. Без обзира шта је у питању, да ли прво или друго – пишите нам. Наша е-mail адреса је и даље иста:

hempr_ed@chem.bg.ac.yu

* * *

У Вестима из СХД наћи ћете извештај из Грчке. Тамо се у јуну месецу одржавао 2. симпозијум из хемије земаља југоисточне Европе. Како је тамо било и ко је заступао СХД прочитаћете у овој рубрици.

* * *

И остали чланци у овом броју су нови и интересантни. У овом броју наћи ћете како се зачињу и расту кристали, како су открили лантаноиди и многе друге интересантне ствари из света хемије.

Редакција ХП



ЧЛАНЦИ

ДЕЈАН ПОЛЕТИ и ЈЕЛЕНА РОГАН, Технолошко-металуршки факултет, Београд

ДА ЛИ СТЕ ИКАДА РАЗМИШЉАЛИ О МОЛУ И ЊЕГОВОМ МЕСТУ У МЕЂУНАРОДНОМ СИСТЕМУ ЈЕДИНИЦА?

Још од праисторијских времена свакодневни живот приморавао је људе да једну величину упоређују са другом величином исте врсте. Вероватно да преломни моменат у овој области представља почетак размене добара, када је из међусобног односа људи проистекла потреба за мерењем и увођењем мерних јединица.

У стара времена постојале су различите јединице, тако да је свако мерио по неком свом систему. Леп пример једне такве јединице јесте карат – јединица за мерење масе дијаманата. Она је добила назив према семену једне афричке биљке за које је карактеристично да сви примерци имају веома сличну масу, као и да, што је такође значајно, стајањем не долази до знатних промена. Према томе, карат је могао да се користи као тег при одређивању масе дијаманата са великом вероватноћом да ће трговци на било којој тачки земљине кугле добити веома блиску вредност масе једног истог примерка. Преведено на познате мере, маса типичног карата била је нешто већа од 0,2g, али је данас она стандардизована на тачно 0,200 g. Иако дијаманте меримо на ваги и могли бисмо да изражавамо њихову масу у грамима, карат се одржао до данашњих дана. Мала је вероватноћа да ће у догледно време бити напуштен, али је његова употреба ограничена на јувелирство.

Развој науке и друштва крајем XVII и у XVIII веку захтевао је увођење јединственог система мера са што мањим бројем основних јединица. Прапочеци децималног система мера сежу на сам крај XVIII века, када је први пут дефинисан метар, и то као десетомилонити део једне четвртине земљиног меридијана који пролази кроз Париз. У складу са тим направљен је стандард („праметар“) од легуре платине са 10% иридијума, који се још увек чува у Бироу за тегове и мере у Паризу. Остале јединице прављене су тако да буду десет пута мање или веће од претходне јединице, уз употребу познатих латинских префикса: деци, центи, мили, дека, хекто, кило итд. Отуда дециметар, центиметар, милиметар, или на пример километар.

Читавих осамдесетак година овакав систем коришћен је једино у Француској. Тек 1875. године

представници 18 европских држава потписали су конвенцију о метру. До средине XX века децимални метарски систем усвојило је 40 земаља из целог света, тако да је он стекао међународно признање. XI генерална конференција за тегове и мере (Conférence Générale des Poids et Mesures) резолуцијом из 1960. године успоставила је међународне прописе за мерне јединице према којима је усвојен назив Међународни систем мерних јединица и одговарајућа скраћеница SI (Système International d'Unités). У том тренутку систем је садржао шест основних величина: дужину, масу, време, јачину електричне струје, термодинамичку температуру и јачину светлости, са одговарајућим основним јединицама: метар, килограм, секунда, ампер, келвин и кандела. Нешто касније, 1967. године, SI је употпуњен седмом основном величином – количином *сујстијанце* (супстанције), чија је ознака *n*, а јединица *мол*. Уместо пуног назива – количина супстанце, Интернационална унија за чисту и примењену хемију (International Union for Pure and Applied Chemistry) дозвољава да се користи скраћени назив *количина*, нарочито када се наводи и посматрана јединка, нпр. количина H₂O, количина молекула азота и сл. [1] Употреба Међународног система јединица у нашој земљи регулисана је законом још 1976. год. [2] са обавезном применом од 1. јануара 1980.

Могло би се рећи да је количина супстанце најмлађа од SI величина, мада је она коришћена и пре 1967. године, као што је био случај и са многим другим величинама, односно њиховим јединицама. Тако су центиметар, грам и секунда, као јединице за дужину, масу и време, биле основне у такозваном CGS систему јединица, док су су килопонд (стара јединица за силу), метар и секунда чинили основу данас помало заборављеног Техничког система мера. Пре Међународног система у континенталним деловима Европе највише су коришћени MKS и касније MKSA систем јединица (према јединицама Метар, Килограм и Секунда, односно Ампер). Велика Британија, британске колоније и Америка увек су имале своје специфичне системе. Данас је Међународни систем обавезан у великом броју држава и практично

једини који се користи у научним круговима широм света.

Количина супстанце и њена јединица су изузетно важни за хемију, физичку хемију и сродне дисциплине. Потреба за коришћењем количине супстанце проистиче из чињенице да се појединачне хемијске реакције и многи други физичкохемијски процеси одигравају на микроскопском нивоу, то јест на нивоу индивидуланих молекула, атома, јона и слично – честица које су далеко мање од наше могућности посматрања, а често и поимања. Због сићушности елементарних честица у поређењу са нашим макроскопским светом приморани смо да као основу за посматрање изаберемо мерљиви, практично огроман број честица. То је јединична количина, односно један mol или неки, али обично не сувише мали део мола.

У пракси ми никада не бројимо честице, већ меримо масу (евентуално запремину) неке супстанце. Рецимо да у хемијској лабораторији располажемо техничком вагом на којој се може измерити најмања маса од 0,01 g. Пошто је типична вредност моларне масе једињења, M , реда величине 100 g mol^{-1} , следи да можемо одмерити најмање $n = m/M = 0,01 \text{ g} / 100 \text{ g mol}^{-1} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ неке супстанце. Ако смо опремљени аналитичком вагом са могућношћу мерења 0,0001 g, у стању смо да одмеримо $1 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$ супстанце. Видеће се нешто касније да обе количине, мада изгледају прилично мале, још увек садрже огроман број честица.

Многе физичкохемијске величине управо се дефинишу као однос посматране величине и количине супстанце и тада се називају *моларне величине*. Такав је, на пример, случај са запремином, која када се подели са количином супстанце постаје *моларна запремина* ($V_m = V/n$). Слично је и са већ поменутом моларном масом ($M = m/n$).

Мол (ознака: mol) садржи онолико дефинисаних честица (атома, молекула, јона, електрона, формулских јединица и др.) или згрупа њих јединки, колико атома садржи 0,012 kg угљениковог изотопа ^{12}C .

Број јединки (N) у посматраној количини супстанце (n) директно је сразмеран тој количини:

$$N = N_A \cdot n$$

где константа пропорционалности – Авогадрова константа (N_A), која се често назива и Авогадров број, има вредност $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.¹ Ова константа добила је назив према чувеном италијанском научнику Авогадру (Amadeo Avogadro, 1776-1856), творцу молекулске теорије гасова.

Пошто се у раније поменутих 0,012 kg изотопа угљеника ^{12}C налази управо $6,02 \cdot 10^{23}$ атома угље-

ника, физички смисао Авогадрове константе јесте да она представља број елементарних честица у једном молу ма које врсте јединки. Стога се мол с пуним правом може дефинисати и *као она количина супстанце која садржи Авогадров број честица*. Видимо да је јединица Авогадрове константе mol^{-1} (реципрочна вредност количине), али сходно већ реченом то треба читати као број честица по молу.

Из већ поменутих израза следи читав низ односа:

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{V}{V_m} = \frac{m}{M}$$

Помоћу ове релације може да се израчуна било која од наведених величина и она представља основу већине стехиометријских прорачуна.

Иако су количина супстанце и мол уврштени у основне физичке величине и јединице тек пре тридесетак година, покушаји да се одреди Авогадрова константа потичу из XIX века. На ову константу гледало се као на број честица у узорку супстанце чија маса одговара релативној молекулској маси за коју се тада користио назив „молекулска тежина”. Први подаци о Авогадровој константи везани су за гасовите супстанце и број молекула гаса у његовој моларној запремини ($22,4 \text{ dm}^3$ на 0°C и $101,3 \text{ kPa}$).

Претеча Авогадрове константе, Лошмитов број (Loschmidt), одређен је први пут још 1869. год. на основу кинетичке теорије гасова. Лошмитов број представља број молекула гаса у једном кубном центиметру на 0°C и $101,3 \text{ kPa}$ (тзв. „нормални услови”) и његова вредност је $2,69 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$. Из Лошмитовог броја множењем са моларном запремином израженом у cm^3 лако се израчунава Авогадров број.

Многи познати научници, на пример, поменути Лошмит, лорд Рејли (Reyleigh), Миликен (Millikan) и Перен (Perrin), затим Келвин (Kelvin), Максвел (Maxwell), Радерфорд (Rutherford) и Гајгер (Geiger) бавили су се крајем XIX и на почетку XX века одређивањем Авогадрове константе. При томе су коришћене врло различите методе у које се нећемо удубљивати, али је интересантно да су све оне биле прилично прецизне, тако да резултати у распону од $3,0 \cdot 10^{23}$ до $6,6 \cdot 10^{23}$ не одступају много од данас усвојене вредности. [3] Најтачније вредности Авогадрове константе добијају се методама рендгенске кристалографије.

Сматра се да је Перен, француски научник познат по својим огледима са катодним зрацима, прва особа која је икада употребила термин „Авогадров број”. Назив је уведен у употребу у првој деценији XX века, педесетак година после Авогадрове смрти.

У претходном тексту Авогадрову константу смо приказивали у експоненцијалном облику. Такав начин представљања врло великих и врло малих броје-

¹ Вредност Авогадрове константе позната је са много већим бројем значајних цифара:

$N_A = 6,0221367 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$. За потребе већине прорачуна довољно је да се користи наведена вредност, или чак само $6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

ва уобичајен је у научним и техничким текстовима. Иако је писање бројева у експоненцијалном облику веома практично, оно лако може да завара мање искусне читаоце. Тако се бројеви $1 \cdot 10^{16}$ и $1 \cdot 10^{15}$ разликују само за некакву јединицу (мада је она у експоненту). Постоји опасност да се на први поглед превиди како је однос наведених бројева 10, то јест да се они разликују за ред величине. Стога Авогадрову константу свакако треба написати и на класичан начин:

$$N_A = 602000000000000000000000000000000000000 \text{ mol}^{-1}$$

Ради се о броју који треба прочитати као „602 пентилиона”. У свакодневном животу никада се не срећемо са тако великим бројевима, па и не размишљамо о њима. Није лако замислити да се у 12,0 g угљеника или 55,8 g гвожђа (и једна и друга маса лако стају на длан једне руке) налази 602 пентилиона одговарајућих атома. Још је теже схватити о колико огромном, можда је боље рећи немерљивом броју се ради. Поред врло кратке историје система мерних јединица и Авогадрове константе, која је дата у првом делу текста, циљ овог чланка управо јесте да се уз помоћ већег броја примера читаоцима помогне да схвате сву величину мола.

Пример 1. Које време би нам било потребно да пребројимо атоме у једном молу угљеника? Претпоставимо да смо у стању да одбројавамо 1 атом у секунди и да ћемо радити дању и ноћу без застоја и одмора.

За пребројавање честица у једном молу темпом од једне честице у секунди потребно је наравно $6,02 \cdot 10^{23}$ секунди. Изражено у већим јединицама то износи $1,00 \cdot 10^{22}$ минута или $1,67 \cdot 10^{20}$ сати или $6,97 \cdot 10^{18}$ дана или $1,92 \cdot 10^{16}$ године. (Да бисмо узели у обзир и преступне године рачунато је са такозваном тропском годином која траје 365,24 дана.)

Старост Земље процењује се на око 4,5 милијарди година, а старост Васаоне на око 18 милијарди ($18 \cdot 10^9$) година. Поређењем ових вредности са добијеним резултатом јасно је да ни целокупна историја Васаоне не би била довољна да један човек преброји атоме угљеника у „само” једном молу. Чак и када би се сви људи на Земљи, којих данас има око 6 милијарди, удружили у овом послу, за пребројавање би било потребно читавих 3,2 милиона година.

Већ из овог примера видимо да је вредност Авогадрове константе толика да се ради о броју који је и буквално непребројив.

Пример 2. Пречник атома угљеника износи 154 pm ($154 \cdot 10^{-12}$ m). Ако би успели да атоме угљеника из једног мола овог елемента повежемо један за други у такозвани једноатомски низ, колика би била дужина добијеног ланца?

Тражена дужина лако се израчунава множењем Авогадрове константе пречником атома угљеника:

$$l_m = N_A \cdot d = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \cdot 154 \cdot 10^{-12} \text{ m} =$$

$$9,27 \cdot 10^{13} \text{ m mol}^{-1} = 9,27 \cdot 10^{10} \text{ km mol}^{-1}$$

Већ на први поглед види се да се ради о прилично дугачком ланцу. Да бисте стекли осећај о његовим размерама, такав ланац треба упоредити са свемирским величинама и брзином светлости. Према Теорији релативитета брзина светлости је највећа могућа брзина кретања неког тела и познато је да она износи $c = 300000 \text{ km s}^{-1}$. Време потребно да светлост стигне са једног на други крај нашег угљеничног ланца износи:

$$t_m = l_m / c = 9,27 \cdot 10^{10} \text{ km mol}^{-1} / 300000 \text{ km s}^{-1} = 309000 \text{ s mol}^{-1} = 5150 \text{ min mol}^{-1} = 85,8 \text{ h mol}^{-1} = 3,58 \text{ dana mol}^{-1}$$

Светлост би с једног на други крај ланца путовала више од 3,5 дана, док растојање од Сунца до Земље ($150 \cdot 10^6 \text{ km}$) светлост пређе за „само” 500 s, тј. 8,3 минута. Лако се може израчунати да је дужина ланца који садржи 1 mol атома угљеника довољна да се растојање од Земље до Сунца премости 618 пута. То је читава паукова мрежа коју бисмо могли исплести до Сунца.

Пример 3. Да ли сте икада осетили потребу да израчунате количину и број молекула воде које попијете са једном чашом ове незаменљиве течности? Која количина воде се налази у људском телу, а која на целој Земљиној кугли? У овом примеру упоредићемо ове величине сматрајући да је запремина чаше $0,200 \text{ dm}^3$, а маса „просечног човека” 70,0 kg и да две трећине људског тела чини вода. Потребан нам је још податак да се на Земљи налази $1,3 \cdot 10^9 \text{ km}^3$ воде (од тога је 97% у океанима, 2% у облику снега и леда, 1% чине реке и језера, а само око 0,001% налази се као водена пара у атмосфери).

У чаши воде запремине 200 cm^3 налази се:

$$n_{1,\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{1,\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{\rho_{\text{H}_2\text{O}} \cdot V_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{1,00 \text{ g cm}^3 \cdot 200 \text{ cm}^3}{18,0 \text{ g mol}^{-1}} = 11,1 \text{ mol}$$

односно

$$N_{1,\text{H}_2\text{O}} = n_{1,\text{H}_2\text{O}} \cdot N_A = 11,1 \text{ mol} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 6,69 \cdot 10^{24} \text{ молекула}$$

Маса, количина и број молекула воде у људском телу израчунавају се на сличан начин:

$$m_{2,\text{H}_2\text{O}} = \frac{2}{3} \cdot m_{\text{telo}} = \frac{2}{3} \cdot 70,0 \text{ kg} = 46,7 \text{ kg}$$

$$n_{2,\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{2,\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{46,7 \cdot 10^3 \text{ g}}{18,0 \text{ g mol}^{-1}} = 2,59 \cdot 10^3 \text{ mol}$$

$$N_{2,\text{H}_2\text{O}} = n_{2,\text{H}_2\text{O}} \cdot N_A = 2,59 \cdot 10^3 \text{ mol} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 1,56 \cdot 10^{27} \text{ molekula}$$

Ко би рекао да је човека најбоље описати као покретно буре напуњено са скоро 50 kg (50 литара), односно $2,59 \cdot 10^3 \text{ mol}$ или чак $1,56 \cdot 10^{27}$ молекула во-

де?! Да ли вам се намеће поређење са камилом? Људско буре се мора непрестано допуњавати, јер су човекове дневне потребе за водом око 3 dm^3 . Са сваком чашом уносимо око 6,7% дневних потреба, што је мање од 0,5% укупног садржаја воде у нашем телу.

Целокупна количина, као и целокупан број молекула воде на нашој планети заиста су огромни:

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{\rho_{\text{H}_2\text{O}} \cdot V_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{1,00 \text{ g cm}^{-3} \cdot 1,3 \cdot 10^9 \cdot 10^9 \cdot 10^6 \text{ cm}^3}{18,0 \text{ g mol}^{-1}} = 7,2 \cdot 10^{22} \text{ mol}$$

$$N_{\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{H}_2\text{O}} \cdot N_A = 7,2 \cdot 10^{22} \text{ mol} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 4,3 \cdot 10^{46} \text{ молекула}$$

Завршни део овог примера може бити непријатан „особама са осетљивим стомаком”. Таквим читаоцима предлажемо да одмах пређу на пример број 4.

Замислимо за тренутак да смо у стању да обележимо молекуле воде који су се налазили у телу неке славне али покојне личности. Имајући у виду непрекидно кружење воде у природи можемо такође претпоставити да су се обележени молекули воде после смрти „власника” потпуно равномерно распоредили по читавој Земљиној кугли. У том случају молски удео обележених молекула воде (H_2O^*) представља однос количине воде у људском телу и укупне количине воде на Земљи:

$$x_{\text{H}_2\text{O}^*} = \frac{2,59 \cdot 10^3 \text{ mol}}{7,2 \cdot 10^{22} \text{ mol}} = 3,6 \cdot 10^{-20}$$

Исти толики удео имаћемо у свакој чаши воде. Изражено као количина то износи:

$$n_{\text{H}_2\text{O}^*} = x_{\text{H}_2\text{O}^*} \cdot n_{\text{H}_2\text{O}} = 3,6 \cdot 10^{-20} \cdot 11,1 \text{ mol} = 4,0 \cdot 10^{-19} \text{ mol}$$

На први поглед рекли бисмо „занемарљиво мала количина”. Тачно, али само ако заборавимо вредност Авогадрове константе, јер прерачунато на број молекула ипак добијамо велику бројку:

$$N_{\text{H}_2\text{O}^*} = n_{\text{H}_2\text{O}^*} \cdot N_A = 4,0 \cdot 10^{-19} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 240 \text{ 000}$$

Ако су претходно изнете претпоставке колико-толико реалне, онда са сваком чашом воде уносимо 240000 молекула воде који су, на пример, већ припадали Алберту Ајнштајну, Нилсу Бору или Лајнусу Полингу. Можда ће неким читаоцима таква помисао бити чак и пријатна. Зар не осећате тих 240000 искрица које могу да запале ватру генијалности у вама? А где су друге славне личности: писци, сликари, истраживачи, космонаути? Намерно нисмо помињали особе које су оставиле негативан печат на људску историју, јер међу хемичарима таквих има веома мало.

Пример 4. Слично претходном примеру, можемо израчунати количину ваздуха, односно број молекула гаса које унесемо у плућа једним удисајем и упоредити добијени резултат са укупном количином ваздуха у земљиној атмосфери. Мада је капацитет плућа по правилу већи, при нормалном дисању користимо само део својих могућности, па ћемо сматрати да просечно удахнемо $2,50 \text{ dm}^3$. Потребни су нам још подаци да је густина ваздуха $1,29 \text{ g dm}^{-3}$ и да маса атмосфере износи $5,136 \cdot 10^{15} \text{ t}$.

Пошто се ради о ваздуху, треба се подсетити да је он сложена смеша 78,0 vol.% азота, 21,0 vol.% кисеоника и 1,0 vol.% осталих гасова међу којима доминира аргон. При решавању овог проблема било би нам лакше да је ваздух чиста супстанца а не смеша. На стандардном притиску и температурама око 0°C N_2 и O_2 се понашају као идеални гасови, па се и ваздух понаша на исти начин. Стога можемо да искористимо израз $M_{\text{ваздух}} = \sum x_i M_i$, где су x_i - молски удели појединих компоненти смеше (који су једнаки њиховим запреминским уделитема), а M_i - моларне масе појединих компоненти. Применом овог израза добија се просечна моларна маса ваздуха, што значи да се он понаша као идеалан гас чија је моларна маса $M_{\text{ваздух}} = 28,6 \text{ g mol}^{-1}$. При томе би хипотетички „молекули ваздуха” имали око четири петине својстава азота и приближно једну петину својстава кисеоника. Следи да се количина и број молекула ваздуха у плућима могу израчунати на следећи начин:

$$n_{1,\text{ваздух}} = \frac{\rho \cdot V}{M} = \frac{1,29 \text{ g dm}^{-3} \cdot 2,50 \text{ dm}^3}{28,6 \text{ g mol}^{-1}} = 0,113 \text{ mol}$$

$$N_{1,\text{ваздух}} = n \cdot N_A = 0,113 \text{ mol} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 6,69 \cdot 10^{22} \text{ молекула}$$

Аналогно се израчунавају количина и број молекула ваздуха у атмосфери:

$$n_{2,\text{ваздух}} = \frac{m_{\text{атмосфера}}}{M} = \frac{5,136 \cdot 10^{15} \text{ t} \cdot 10^6 \text{ g t}^{-1}}{28,6 \text{ g mol}^{-1}} = 1,80 \cdot 10^{20} \text{ mol}$$

$$N_{2,\text{ваздух}} = n_{2,\text{ваздух}} \cdot N_A = 1,80 \cdot 10^{20} \text{ mol} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 1,08 \cdot 10^{44} \text{ molekula}$$

Слично претходном примеру, молски удео ваздуха у плућима у односу на целокупну атмосферу износи:

$$x = \frac{n_{1,\text{ваздух}}}{n_{2,\text{ваздух}}} = \frac{0,113 \text{ mol}}{1,80 \cdot 10^{20} \text{ mol}} = 6,27 \cdot 10^{-22}$$

Интересантно је упоредити бројеве из претходног и овог примера. Иако нам осећај говори да је запремина атмосфере много већа од запремине воде на Земљи, маса, количина и број молекула воде су за

два до три реда величине већи од одговарајућих величина за атмосферу. Ова разлика је проузрокована чињеницом да је густина воде скоро хиљаду пута већа од густине ваздуха. С друге стране, пошто су за гасове молски удели бројно једнаки запреминским уделитема, један удисај представља много мањи део атмосфере него што је удео чаше воде у свеукупној води.

Аналогно претходном примеру можемо даље израчунати да ћемо са сваким новим удисајем унети:

$$n_{3, \text{vazduh}} = x \cdot n_{1, \text{vazduh}} = 6,27 \cdot 10^{-22} \cdot 0,113 \text{ mol} \\ = 7,09 \cdot 10^{-23} \text{ mol}$$

или

$$N_{3, \text{vazduh}} = n_{3, \text{vazduh}} \cdot N_A = 7,09 \cdot 10^{-23} \text{ mol} \cdot \\ 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 43$$

молекула ваздуха који су *бар једном* били у нашим плућима или у плућима неке друге особе, можда на сасвим другом крају света. Број је неупоредиво мањи од 240000 молекула воде, колико смо добили раније. Ипак, овај пример је из више разлога много ближи реалности од претходног. Пре свега, мало је познато да се молекули ваздуха крећу брзином од око 2200 km h^{-1} . Иако то кретање није праволинијско него брауновског (цикцак) типа, поједини молекули ваздуха потпомогнути ветровима могу, чак и из најудаљенијих крајева света, стићи до нас у року од само неколико дана. С друге стране, дневно попијемо око 3 dm^3 воде, али један удисај траје само око 4 секунде, из чега следи, а предлажемо читаоцима да сами провере прорачун, да сваки дан унесемо 3610000 „туђих“ молекула воде и око 928000 „туђих“ молекула ваздуха. (Запазите да говоримо о само једном телу и само једном удисају!) На крају, кружење воде је прилично споро и потребне су хиљаде година да би дошло до стварног изједначавања њеног састава.

Пример 5. У овом примеру позабавићемо се саставом људског тела и количинама различитих атома које носимо са собом.

Табела 1. Садржај макроелемената у људском телу изражен на различите начине.

| Елемент | Масени удео, w (%) | Маса у телу масе 70,0 kg, m (kg) | Количина, n (mol) | Број атома, N | Масени удео у сувом остатку, w (%) |
|---------|----------------------|------------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------------|
| O | 62,81 | 44,0 | 2750 | $1,66 \cdot 10^{27}$ | 24,13 |
| C | 19,37 | 13,6 | 1130 | $6,80 \cdot 10^{26}$ | 49,31 |
| H | 9,31 | 6,52 | 6470 | $3,89 \cdot 10^{27}$ | 6,72 |
| N | 5,14 | 3,60 | 257 | $1,55 \cdot 10^{26}$ | 13,08 |
| Ca | 1,38 | 0,966 | 24,1 | $1,45 \cdot 10^{25}$ | 3,51 |
| S | 0,64 | 0,45 | 14 | $8,4 \cdot 10^{24}$ | 1,63 |
| P | 0,63 | 0,44 | 14 | $8,4 \cdot 10^{24}$ | 1,61 |
| Укупно | 99,28 | 69,58 | 10700 | $6,4 \cdot 10^{27}$ | 99,99 |

Према садржају у организму хемијски елементи се деле на макро-, микро- и ултрамикро елементе са масеним уделитема (истим редом): више од 0,1, између 0,1 и $1 \cdot 10^{-4}$ и мање од $1 \cdot 10^{-4} \text{ mas. \%}$. [4] Улога ултрамикро елемената у организму углавном још увек није расветљена, док су улога и значај микроелемената описани у већ цитираном чланку који је објављен пре неколико година у Хемијском прегледу [4]. У овом примеру ограничићемо се на посматрање дела макроелемената чији је масени удео дат у табели 1. [5] Због малог садржаја у табелу нису укључени још неки макроелементи (Na, K, Mg) са садржајем мањим од или једнаким $0,25 \text{ mas. \%}$.

Имајући у виду ове податке и просечну масу људског тела лако се могу израчунати маса, количина и број атома сваког појединачног елемента. То ће бити показано само на примеру атома кисеоника:

$$m(\text{O}) = \frac{w(\text{O})}{100} \cdot m_{\text{tela}} = \frac{62,81}{100} \cdot 70,0 \text{ kg} = 44,0 \text{ kg}$$

$$n(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{44,0 \cdot 10^3 \text{ g}}{16 \text{ g mol}^{-1}} = 2750 \text{ mol}$$

$$N(\text{O}) = n(\text{O}) \cdot N_A = 2750 \text{ mol} \cdot$$

$$\cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 1,66 \cdot 10^{27} \text{ атома}$$

Тако добијени подаци сумирани су у табели 1. Ако вам се неки дан учини тешким и „осећате како се једва вучете“, то је зато што са собом носите заиста огромне количине различитих елемената.

У примеру 2 већ смо видели да $2/3$ људског тела чини вода и израчунали одговарајуће вредности за ту супстанцу. Према томе, занимљивије је да се позабавимо питањем „шта се добија ако одуземо воду?“. Састав таквог остатка, који се назива *суви остатак*, знатно је другачији у односу на укупни састав људског тела. Ако се поново узме само део хемијских елемената, и то они чији је удео у сувом остатку већи од $1,5 \text{ mas. \%}$ [5], па се њихов садржај прерачуна тако да збир буде 100%, добијају се вредности приказане у последњој колони таблице 1. На овај начин добили смо потврду да се заиста састојимо од органске супстанце, јер видимо да у сувом остатку доминира угљеник.

Можемо даље замислити да сви наведени елементи граде једно једино једињење. Како би изгледала његова формула? По познатом поступку за одређивање емпиријске формуле на основу познатог састава једињења, који се може наћи у практично свакој збирци задатака, и уз неопходна заокруживања добија се приближна хемијска формула људског тела: $\text{C}_{242}\text{H}_{393}\text{Ca}_5\text{N}_{55}\text{O}_{89}\text{S}_3\text{P}_3$ ($M = 5886,53 \text{ g mol}^{-1}$). Ако мало изменимо редослед атома, тако да калцијум као катјон дође на прво место $\text{Ca}_5\text{C}_{242}\text{H}_{393}\text{N}_{55}\text{O}_{89}\text{S}_3\text{P}_3$, једињење можемо назвати калцијум-цеханотиофосфат (CeHaNOtiofosfat).

Значи да се наше тело састоји од $46,7 \text{ kg}$ (2590 mol) воде и $23,3 \text{ kg}$ ($3,96 \text{ mol}$) калцијум-цеханотио-

фосфата. Можемо ли онда сматрати да се ради о воденом раствору калцијум-цеханотиофосфата? Зашто да не, ми смо у ствари 33,3% водени раствор! Поређењем са другим растворима сличног састава проценили смо да би такав раствор имао густину око $1,30 \text{ g cm}^{-3}$. То нам омогућава да израчунамо и концентрацију раствора:

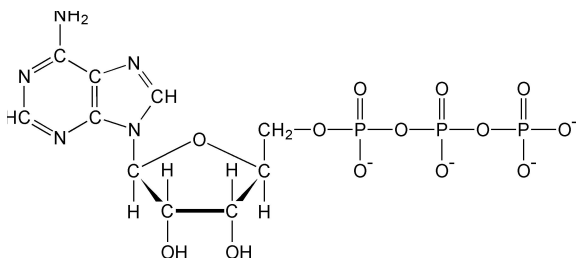
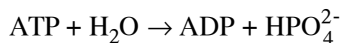
$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{70,0 \text{ kg}}{1,30 \text{ kg dm}^{-3}} = 53,8 \text{ dm}^3$$

$$c = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV} = \frac{23,3 \cdot 10^3 \text{ g}}{5886,53 \text{ g mol}^{-1} \cdot 53,8 \text{ dm}^{-3}} = 0,0736 \text{ mol dm}^{-3}$$

Још један парадокс људског тела – оно је у исто време и концентровани (33,3%) и разблажени ($0,0736 \text{ mol dm}^{-3}$) водени раствор. Тако необичан резултат добија се због велике моларне масе $\text{Ca}_5\text{C}_{242}\text{H}_{393}\text{N}_{55}\text{O}_{89}\text{S}_3\text{P}_3$.

Гледајући на наше тело као на водени раствор нисмо далеко од истине, али би било тачније рећи да се ради о колоидном раствору. Међутим наше тело можемо посматрати и као кристалохидрат. Формула „људског кристалохидрата” била би $\text{Ca}_5\text{C}_{242}\text{H}_{393}\text{N}_{55}\text{O}_{89}\text{S}_3\text{P}_3 \cdot 662\text{H}_2\text{O}$

Пример 6. Пошто смо видели какав је хемијски састав људског тела, прави је тренутак да објаснимо одакле наш организам црпи енергију. Енергетске потребе првенствено се задовољавају на рачун одигравања реакције:



Шема 1

Током одигравања наведене хемијске реакције ослобађа се око 40 kJ енергије по молу АТФ-а. Биохемичари су израчунали да човек, само за задовољавање основних потреба, произведе (и потроши) око 40 kg АТФ-а дневно. Реалне потребе су далеко веће. Сматра се да су дневне потребе човека који се не бави тежим физичким радом око 8400 kJ (2000 kcal). То значи да сваки дан треба произвести 210 mol ($1,3 \cdot 10^{26}$ молекула) АТФ-а. Преведено у масу то пред-

ставља скоро 106 kg, дакле око 1,5 пута више од просечне масе тела. Следи да је наш организам права мала и врло ефикасна фабрика у којој се, потпуно невољно и упркос нашем незнању, одиграва $2,6 \cdot 10^{26}$ реакција само за задовољавање енергетских потреба.¹ Треба имати на уму да се наше тело састоји од пар десетина хиљада хемијских једињења. Многа од њих непрестано настају и нестају током бројних биохемијских циклуса који се одигравају потпомогнути присуством биохемијских катализатора – ензима. Остављамо читаоцима да сами изведу закључак о бројности хемијских реакција у организму.

У наставку текста даћемо још неколико „нехемијских” примера, који такође могу помоћи да се илуструје величина мола. Из дефиниције количине супстанце и мола следи да њима обухватамо одређени број елементарних јединки. Подразумева се, дакле, да се ови појмови односе само на јединке (атоме, молекуле, јоне ...) које су интересантне за хемију и њој блиске науке. Међутим, нико нас не може спречити да значење појма „количина супстанце” са елементарних хемијских и физичких јединки проширимо на крупније честице, односно на читава тела. То значи да мол можемо искористити као јединицу за сва тела која се могу пребројати. Тако би добили једну физичку величину за бројност, што у ствари количина супстанце и јесте, мада ће у следећим примерима бити примењивана на неубичајен начин.

Пример 7. Израчунати запремину једног мола кокосових ораха и упоредити је са запремином Земље. Средњи полупречник Земље износи $r = 6370 \text{ km}$, док средњи полупречник кокосовог ораха износи $r = 7,0 \text{ cm}$.

Запремина једног кокосовог ораха, за који ћемо претпоставити да је сферног облика, израчунава се из уобичајеног израза за одређивање запремине сфере: $V = 4\pi r^3/3 = 1400 \text{ cm}^3$. Да би се добила запремина „једног мола кокосових ораха” ову запремину треба помножити Авогадровом константом:

$$V_m = V \cdot N_A = 1400 \text{ cm}^3 \cdot 10^{-15} \text{ km}^3/\text{cm}^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 8,4 \cdot 10^{11} \text{ km}^3 \text{ mol}^{-1}$$

Запремина Земље израчунава се на исти начин и она износи: $V_Z = 1,08 \cdot 10^{12} \text{ km}^3$. Видимо да би један мол кокосових ораха имао запремину која је само двадесетак процената мања од запремине Земље.

Поређења ради, наведемо да полупречник атома флуора износи $r = 70,9 \text{ pm} = 7,09 \cdot 10^{-9} \text{ cm}$, што значи да атом флуора треба увећати „само” око 10^9 , тј. милијарду пута да би достигао величину кокосовог ораха.

Пример 8. Кокосов орах има прилично крупан плод. Замислимо да атоме нећемо повећавати до величине кокосовог ораха него само до величине кликера ($\approx 1 \text{ cm}$ пречника). Могло би се релативно лако

1 При томе смо узели у обзир да АТФ наравно мора и настати неком хемијском реакцијом. Енергија за обрнуту реакцију, превећење АТФ-а у АДФ, обезбеђује се оксидацијом угљених хидрата, најчешће глукозе.

показати, мада се нећемо упуштати у детаље израчунавања, да би један мол кликера равномерно распо- ређен по површини Земљине кугле чинио слој деб- љине око 80 km. Подсетимо се да највиши планински врх, Монт Еверест, има висину нешто преко 8,8 km.

У вези са овим примером може се рећи да атоме нисмо морали да увећавамо чак ни до величине кли- кера, већ је било довољно да то урадимо до величине зрна песка ($d \approx 1 \text{ nm}$). Када се помене песак неки чи- таоци ће се вероватно сетити Сахаре или других пешчаних пустиња Африке и Азије, док ће другима можда пасти на памет предивне плаже и делови мор- ског дна прекривени песком. И једнима и другима треба рећи како су географи проценили како је укупни број постојећих зрна песка на нашој планети далеко мањи од Авогадрове константе, односно да- леко мањи од једног мола. Додајмо овоме и следећу констатацију: у најмањем делићу материје који је још увек видљив голим оком има више елементар- них честица него што има звезда у нашој галаксији.

Пример 9. Израчунати „количину људи” на Зем- љи, користећи број од $6,0 \cdot 10^9$ (6 милијарди) као тре- нутно стање људске популације.

Тражена величина лако се израчунава из односа:

$$n_{\text{људи}} = \frac{N_{\text{људи}}}{N_{\text{A}}} = \frac{6,0 \cdot 10^9}{6,02 \cdot 10^{23}} = 1,0 \cdot 10^{-14} \text{ mol}$$

Ради се о веома малој количини. Ако би морали да радимо са $1,0 \cdot 10^{-14} \text{ mol}$ натријум-хлорида ($M=58,4 \text{ g mol}^{-1}$), који познајемо као кухињску со, требало би да одмеримо око $5,8 \cdot 10^{-13} \text{ g}$ супстанце. Најосетљивије ваге којима данас располажемо не могу мерити масу мању од $1 \cdot 10^{-8} \text{ g}$.

Влада уверење како је Земља већ пренасељена или ће постати пренасељена ако се људска попула- ција повећа за само пар милијарди. Међутим, мерено у молонима „количина људи” на Земљи ће и тада би- ти веома мала. Гледано из тог угла остаје нејасно ка- ко тако мала количина људи може да изазове толику штету на нашој планети. Могуће објашњење добија се из следећег разматрања.

Поменутих $5,8 \cdot 10^{-13} \text{ g NaCl}$ садржи $1 \cdot 10^{-14} \text{ mol}$ јона Na^+ и исту толику количину јона Cl^- распоређе- них у савршеном поретку кристалне решетке, где је сваки јон Na^+ окружен са 6 јона Cl^- и обрнуто. То обезбеђује равнотежу сила и осигурава „мирољубиву коегзистенцију” наведених јона, што изгледа никако није изводљиво са људским родом.

Наведимо пред крај још једну занимљивост. У Сједињеним Америчким Државама постоји празник под називом „Дан мола”. Наравно, не ради се о др-

жавном празнику, већ о дану који се слави у научним и стручним круговима у част Авогадра и других на- учника заслужних за стварање концепције мола. Дан мола празнује се 23. октобра између 6 сати и 2 мину- та (6:02 h) ујутру и 6 сати и 2 минута (6:02 h) поподне, чиме се и симболично подсећа на вредност Авога- дрове константе.

Надамо се да су читаоци после читања овог чланка заиста стекли бољу представу о значају и ве- личини мола. На самом крају ипак не можемо про- пустити прилику да допунимо питање из наслова: „Ако сте некада и размишљали о молу, да ли сте то чинили на прави начин?”

Abstract

HAVE YOU EVER THOUGHT ABOUT MOLE AND ITS PLACE IN THE INTERNATIONAL SYSTEM OF UNITS?

Dejan Poleti and Jelena Rogan

Faculty of Technology and Metallurgy

A short historical review of measuring and units has been given in the first part of this paper. The most attention has been paid to the decimal metric system and to the deve- lopment of International system of units (SI). No doubt, 'amount of substance' (chemical amount) and its unit 'mole' are very important for chemistry and chemists. The mole is the amount of substance of a system which contains as many elementary entities as there are atoms in 0,012 kilo- gram of carbon-12. Actually, the definition means that in one mole of any substance there is Avogadro's number (N_{A}) of entities. Mole becomes the base SI unit in 1967, but it has been in usage long time before that. Although first at- tempts to determine value of Avogadro's constant are from the second half of XIX century, it is not easy to realize how huge quantity of elementary entities represents N_{A} . For in- stance, it could be shown that whole history of Universe is not long enough for recounting all atoms in only one mole of carbon. In order to make reader more familiar with the mole concept in the second part of paper many chemical and nonchemical examples demonstrating magnitude of N_{A} are given.

ЛИТЕРАТУРА

1. I. Mills, T. Cvita{, K. Homann, N. Kallay, K. Kuchitsu, „Quantities, Units and Symbols in Physical Chemi- stry”, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1998.
2. „Закон о мерним јединицама и мерилима”. Служ- бени лист СФРЈ, бр. 13 од 2. априла 1976.
3. М. Цуа, История химии, Мир, Москва, 1996, стр. 181-189, 398-400.
4. Ј. Вучетић, К. Гопчевић, Хем. Преглед, **38**, (1997) 24.
5. С. Р. Арсенијевић, Хемија општа и неорганска, Научна књига, Београд, 1994., стр. 107.

ЗАЧЕЋЕ И РАСТ КРИСТАЛА У РАСТОПУ КРИСТАЛНИ ГРОЗДОВИ • КЛОПКЕ У РАСТОПУ •

Проучавањем структуре течног стања (растопа) утврђено је да постоје групе атома (молекула) уређене слично кристалној структури, назване "кластер" ("грозд"). Кластери се формирају и распадају врло брзо, прелажењем атома од једног ка другом кроз "мешајући слободан простор". Релативни број кластера дате величине одређен је помоћу следеће формуле

$$n_v = n \cdot e^{-\frac{\Delta G_v}{kT}}$$

где је n_v број кластера који садржи v атома, n је укупан број атома, ΔG_v је промена слободне енергије v атома при формирању кластера. Вредност ΔG_v се израчунава помоћу формуле

$$\Delta G_v = V \cdot \Delta G_v' + P \Delta G_p \quad (1)$$

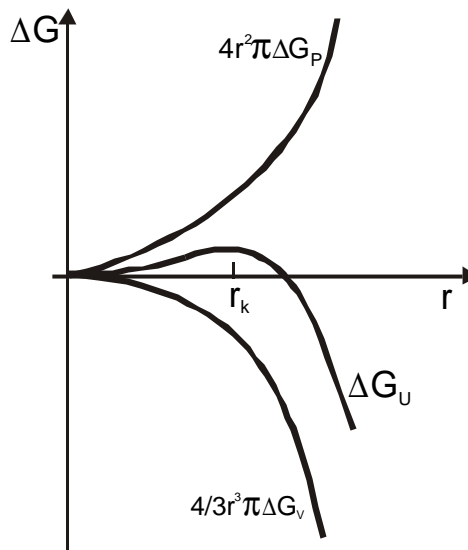
где је V запремина кластера, P величина његове површине, $\Delta G_v'$ и ΔG_p промена слободне енергије по јединици запремине, односно јединици површине. Ако је кластер довољно велик да се може третирати као сфера, тада формула (1) постаје

$$\Delta G_u = \frac{4}{3} r^3 \pi \Delta G_v' + 4r^2 \pi \Delta G_p$$

Када је температура нижа од температуре кристализације "запремински" члан $\frac{4}{3} r^3 \pi \Delta G_v'$ је негативан док је "површински" члан $4r^2 \pi \Delta G_p$ увек позитиван. На слици 1, графички је приказана зависност запреминског члана, површинског члана и ΔG_u од полупречника кластера. Са графика се види да је ΔG_u позитивна за мале вредности полупречника r и негативна за велике вредности. Критични радијус r_k је дефинисан као радијус када се смањењем или повећањем r смањује слободна енергија (сл. 1).

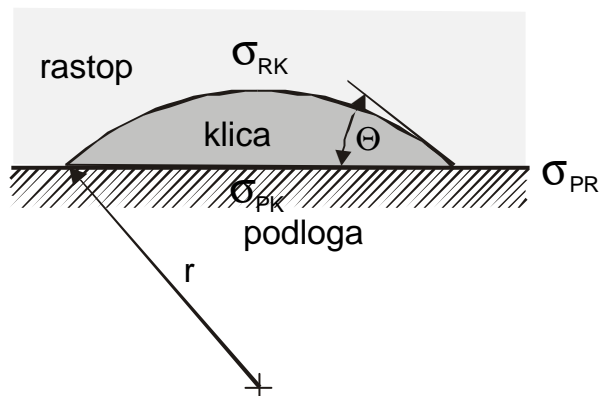
Кластер који је испод критичне величине (радијуса) назива се ембрион. Ако достигне критичну величину он постаје нуклеус или клица кристала. Све док су кластери испод критичне величине, која зависи од температуре растопа, они не расту већ дисосују пошто им се при томе смањује слободна енергија. Међутим, ако је температура (прехлађење) толика да је критична величина r_k мања од највећег кластера овај прераста у кристал.

Зачеће кристала може настати и на чврстој подлози (нпр. зиду суда) као што је приказано на сл. 2. Критични радијус r_k клице кристала је исти без обзира да ли је подлога присутна или не. Међутим, кластер који садржи дати број атома (молекула) може формирати сферну капу (сл. 2) која има много већи радијус кривине, него сфера једнаке запремине. Пре-



Слика 1. Зависност слободне енергије кластера од полупречника. (а) површински: $4r^2 \pi \Delta G_p$; (б) запремински: $\frac{4}{3} r^3 \pi \Delta G_v'$; (в) укупна: ΔG_u .

ма томе, услов за зачеће - да је радијус кривине површине највећег кластера једнак критичном радијусу - може се догодити са мањим прехлађењем када је одговарајућа подлога присутна него без ње. За то је потребно да клица има тенденцију да се распростире преко дате површине, што је аналогно појму "квашења" код течности.



Слика 2. Кристална клица формирана на чврстој подлози.

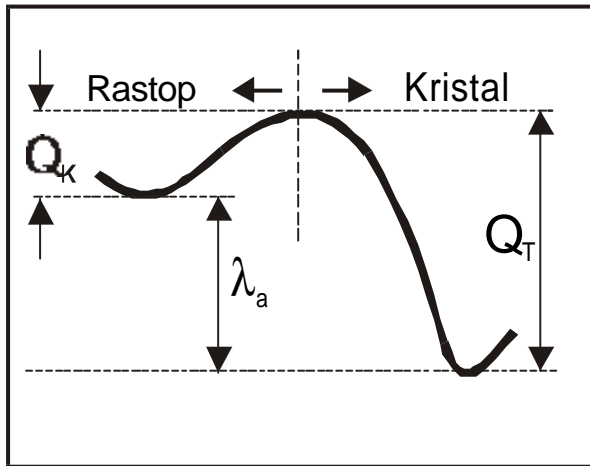
Угао квашења клице θ (сл. 2) одређен је формулом

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{PR} - \sigma_{PK}}{\sigma_{RK}}$$

где су σ_{PR} , σ_{PK} и σ_{RK} површинске слободне енергије међуповршина између подлоге и растопа, подлоге и клице, и растопа и клице респективно. Зачеће може настати на некој подлози само ако је $-1 < m < +1$ где је

$$m = \frac{\sigma_{PR} - \sigma_{PK}}{\sigma_{RK}}$$

На граничној површини између растопа и кристала (клице) непрекидно се измеђују атоми (молекули). Атоми кристала прелазе у растоп и обрнуто. Ако се процес преласка атома из растопа у кристал одиграва брже него обрнут процес, имамо појаву раста кристала која се може констатовати макроскопски. Међутим, ако се процес преласка атома од кристала у растоп одиграва брже, имамо појаву топљења кристала. Брзина и једног и другог процеса зависи од температуре. При равнотежној температури T_r (температура топљења), оба ова процеса се одигравају истом брзином, тако да нема ни кристализације ни топљења.



Слика 3. Енергетска баријера на прелазу између кристала и растопа. Q_K , Q_T - висине енергетске баријере при прелазу атома из растопа у кристал и из кристала у растоп респективно; λ_a - латентна топлота топљења по атому.

Процес који се одиграва на граничној површини између кристала и растопа може да се посматра као хетерогена хемијска реакција. Да би атом могао да напусти фазу (кристал или растоп) у којој се налази и да се угради у другу, потребно је да има енергију која је довољна за савладавање енергетске баријере на прелазу између фаза. Енергетска баријера коју треба атом да савлада да би прешао из кристала у растоп већа је него за обрнути процес (сл. 3).

Међутим, ако атом има потребну енергију за савлађивање енергетске баријере између фаза, то не значи да ће он да пређе из једне фазе у другу. Потребно је, прво, да кретање атома буде приближно нормално на површину између фаза и, друго, да атом погоди такво место у фази у коју прелази где може да буде прихваћен ("кристал као клопка"). Ако ова два услова нису испуњена, атом ће се вратити у фазу из које је дошао.

Abstract

NUCLEATION AND CRYSTAL GROWTH FROM THE MELT

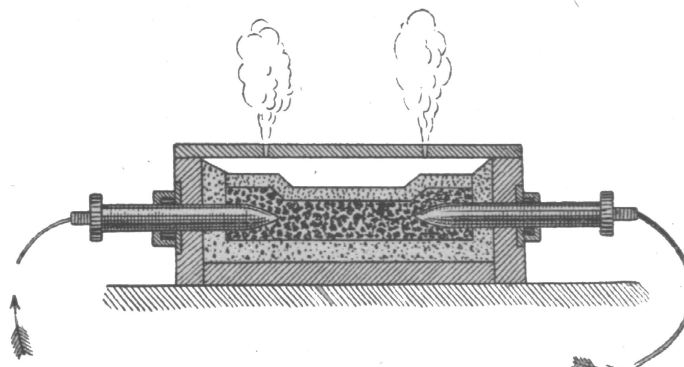
Branislav Čabrić and Aco Janićijević

Faculty of Sciences, P.O. Box 60, 34000 Kragujevac, Yugoslavia

The atomic structure of monocomponent liquid (melt) and conditions for nucleation of a crystals in the bulk, or on a surface (such as a wall of the system), was considered. Reactional steps in the interfacial processes, that take place during crystal growth, was described.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] R. L. Parker, *Crystal growth mechanisms: energetics, kinetics and transport*, Academic Press, New York (1970).
- [2] Б. Перовић, *Физичка металургија*, Металуршко-технолошки факултет, Подгорица (1997). стр. 193 - кристализација метала.
- [3] Б. Чабрић, Т. Павловић, *Добијање монокристала*, Млади физичар (Београд), Бр. 45 (1992/93) стр. 17.



Сима М. Лозанић, *Хемија за средње школе са хемијском чистанком*, Беч, 1921

М. С. ПАВЛОВИЋ¹, А. АНТИЋ-ЈОВАНОВИЋ² и Д. С. ПЕШИЋ¹

¹Лабораторија за физичку хемију, Институт за нуклеарне науке “Винча”, п.п. 522, 1001, Београд

²Факултет за физичку хемију, Универзитет у Београду, п.п. 137, 11000 Београд

СПЕКТРОСКОПИЈА И ОТКРИЋЕ ХЕМИЈСКИХ ЕЛЕМЕНАТА. II

НАСТАВАК¹

УВОД

Историја открића лантаноида, групе елемената ($Z=58-71$) која заузима исто место у Периодном систему, почиње крајем XVIII и почетком XIX века, када су биле откривене две *рејке земље- итријева и церијева*. Земљама су у то време називани прашкасти, тешко топљиви и у води нерастворни оксиди. Како су елементи ове групе редовно добијани као земље (оксиди) из релативно ретких минерала, добили су назив *рејке земље* (PЗ). Данас је познато да су елементи ове групе по обилности слични многим “обичним” елементима и да чине око 1/6 обилности свих познатих елемената. Од неколико назива коришћених у протеклом периоду за ову групу елемената (ретке земље, лантаниди, лантанидни елементи, лантаноиди, прелазни елементи f-типа) код нас је најшире прихваћен назив-*лантаноиди*.

Итријеву земљу открио је фински хемичар Гадолин (J. Gadolin) 1794. године у минералу *ишербиџи*², касније названом *гадолиниј*. 1803. године знаменити шведски хемичар Берцелијус (J. J. Berzelius) и његов сарадник Хизингер (W. Hisinger), а независно од њих и немачки хемичар Клапрот (M. H. Klaproth) изоловали су из минерала *бастинезиј*³, нађеног још 1750. године у руднику Бастнез у Шведској, сличну, али ипак различиту *церијеву земљу*.

Све до 1839. године обе ове земље сматране су простим супстанцама. У периоду од 1839. до 1843. године Берцелијусов ученик Мозандер (C. G. Mosander), професор хемије и минералогije на Универзитету у Стокхолму, успео је да разложи итријеву и церијеву земљу на шест компонената: оксиде итријума, церијума, ербијума, тербијума, дидима и лантана. Тиме, заправо, почиње дуготрајан и мукотрпан процес идентификације и одвајања PЗ, који је трајао још приближно 60 следећих година. У том периоду откривене су све PЗ које се налазе у природи (церијум-1803., тербијум и ербијум-1843., самаријум, холмијум, тулијум и итербијум-1879., празеодим и неодим-1885., гадолинијум и диспрозијум-1886., еуропијум-1901. и лутецијум-1907. године) (1-7).

Мозандерова испитивања побудила су велику пажњу тадашњих хемичара који су, мање-више, би-

ли сагласни да је реч о открићу нове групе елемената потпуно различитих од до тада познатих. Било је утврђено да сви новооткривени елементи граде исте класе једињења са скоро идентичним особинама, тако да су се међусобно могли разликовати само по молекулским тежинама и растворљивости.

Увођење спектроскопских метода за праћење процеса раздвајања PЗ одиграло је пресудну улогу у даљем испитивању ових елемената. Спектралне особине лантаноида, повезане са специфичном електронском структуром њихових атома, постале су основ за њихову идентификацију. Због врло сложених емисионих спектра за идентификацију су углавном коришћени апсорпциони и флуоресцентни спектри.

За разлику од спектра раствора других елемената, апсорпциони спектри раствора PЗ (у области од 200 до 1000 nm) врло су добро дефинисани⁴ и могу се мерити са тачношћу реда нанометра. Ово је омогућило да се, на основу спектра, са сигурношћу идентификује чак осам елемената из групе PЗ.

САМАРИЈУМ

Историја открића овог елемента почиње радovima Мозандера који је 1839. године, из нитратног раствора церијеве земље, издвојио нову земљу-*lanthan* (од грчке речи $\lambda\alpha\nu\theta\alpha\nu\sigma$ -бити прикривен). 1841. године ову земљу он је разложио на две компоненте, веома сличних хемијских особина, али малих разлика у физичким особинама. За једну компоненту задржан је назив лантан, док је друга добила име *didymia* (име потиче од грчке речи $\delta\acute{\iota}\delta\upsilon\mu\omicron\varsigma$ -близнац).

Мозандерово откриће побудило је интерес многих хемичара у Европи и Северној Америци који започињу опсежан рад на раздвајању соли смеше PЗ. Осим тога, у Русији је тих година откривен *самарскиј*⁵-минерал са богатим садржајем оксида PЗ, који је постао главна сировина за њихово добијање. Француски хемичар Делафонтен (M. Delafontaine) је 1878. године из самарскита издвојио оксид дидима уз напомену да овај садржи примесе непознатог састава. Годину дана касније његов земљак Лекок де Буабодран (Lecoq de Boisbaudran) је, у току испитивања апсорпционих спектра компонената издвојених из овог дидима, утврдио да примеса садржи и један, до

1 Хем. преглед, **39**, 121-128 (1998)

2 Минерал *ишербиј* садржи око 35-48% итријевих и око 2-7% церијевих земаља

3 Минерал *бастинезиј* садржи око 65-70% церијевих и око 1% итријевих земаља

4 λ_{max} \approx 400 nm, ϵ_{max} \approx 10⁴ L mol⁻¹ cm⁻¹, ϵ_{min} \approx 10² L mol⁻¹ cm⁻¹

5 *Самарскиј* садржи између 49-74% церијевих и 1-2% итријевих земаља, поред 5-9% ThO₂, 1-2% SiO₂ и трагова урана.

тада непознат елемент. Откриће новог елемента, који је по минералу у коме је нађен назван самаријум, објављено је 1879. године (8).

Идентификација новог елемента извршена је на основу апсорпционих трака Sm^{3+} -јона које се налазе на почетку видљивог дела спектра (око 362,5; 374,5 и 402,9 nm)¹.

У раду објављеном 1892. године (9), Буабодран је описао поступак за издвајање самаријума из смеше РЗ, као и нову технику за контролу раздвајања. Примењујући ову, у то време нову технику за спектрохемијску анализу раствора (у којој се као светлосни извор користи плазма између раствора и платинске електроде) Буабодран је детектовао у плавом делу спектра три варничне линије на таласним дужинама 443,4; 442,4 и 439,0 nm. Ове податке потврдио је касније (1900. године) познати француски спектроскопичар Демарсе (Е. А. Demarsay) при испитивању спектра чистог самаријума (10). Наведене три варничне линије и данас се користе као *уљимне* за идентификацију самаријума.

Метални самаријум добијен је 1902. године.

ХОЛМИЈУМ И ТУЛИЈУМ

Холмијум су открили Делафонтен и швајцарски хемичар Соре (J. L. Soret) 1878. године, а независно од њих 1879. године и шведски хемичар и геолог Клеве (P. Th. Cleve).

Испитивање оксида ербијума, издвојеног из гадолинита, довело је у почетку до открића скандијума (L. Nilsson, 1878.) и утврђивања од стране швајцарског хемичара Марињака (J. C. G. de Marignac) да су итербијум и ербијум, који су остали после одвајања скандијума, у ствари смеше. Фракционом кристализацијом де Марињакове “ербијумове земље”, Клеве (11) је добио две нове ретке земље које је назвао *Holmium* и *Thulium*. Свака од ових земаља показивала је посебан апсорпциони спектар и имала одређену атомску масу.

Фракција у којој се налазио холмијум, са атомском тежином 170 (садашња вредност је 164,9), показивала је максималну апсорпцију на таласним дужинама 753,0; 640,0; 536,0 и 415,5 nm. Даљим фракционисањем Буабодран (12) је разложио ову фракцију у две нове компоненте: једну, која је имала апсорпционе траке на 640,4 и 536,3 nm и другу, са тракама на 415,5 и 753,0 nm. Прве две траке биле су идентичне са тракама на основу којих су Делафонтен и Соре заснивали своје откриће новог елемента. На тај начин је са сигурношћу утврђено постојање овог новог елемента². Поменуте траке припадају групи добро дефинисаних трака Ho^{3+} -јона (8=280,7; 361,1; 450,8; 537,0 и 640,4 nm) које се и данас користе у спектрохемији холмијума.

Удео Клеве у открићу холмијума био је пресудан, па је њему и признато право открића. Новом елементу дао је име *Holmium*, према латинском називу Стокхолма-*Holmia*.

Фракција у којој се налазио тулијум давала је растворе и соли светлозелене боје. Као јони већине лантаноида и Tm^{3+} -јон давао је групу добро дефинисаних апсорпционих трака. Најинтензивније траке овог јона, које се налазе на 360,0; 682,5 и 780,0 nm, послужиле су Клевеу (11) да са сигурношћу идентификује нови елемент. За атомску тежину новог елемента Клеве је добио вредност 171, која је блиска данас усвојеној вредности 168,9.

У називу многих ретких земаља огледала се историја њиховог открића, па тако и име *Thulium* потиче од речи *Thulia*-старог имена за Скандинавију, а према неким изворима *Thulia* је била и легендарна земља на крају света.

Метални холмијум и тулијум добијени су тек 1953. године металотермијском редукијом анхидрованих флуорида са калцијумом, коју је извела група истраживача под руководством Данае (А. Н. Daane) и Спидинга (F. H. Speding) на Ајова Универзитету.

ПРАЗЕОДИМ И НЕОДИМ

Испитујући апсорпционе спектре Мозандеровог дидима чешки хемичар Браунер (В. Brauner) утврдио је 1882. године да је овај у ствари смеша два елемента. Три године касније, Браунерове резултате потврдио је аустријски хемичар Велсбах (С. А. von Welsbach) испитујући исту земљу добијену из самарскита (13). Фракционом кристализацијом амонијумдидимнитрата, Велсбаху је пошло за руком да раздвоји соли ових елемената у две компоненте, при чему се њихова идентификација заснивала на уочљивој разлици у боји. Једној, зеленој фракцији дао је име *Praseodimium*, а другој, розецрвенкастој *Neodimium*. Име празеодима потиче од грчких речи $\pi\rho\alpha\sigma\iota\nu\omicron\varsigma$ -зелен и $\delta\iota\delta\upsilon\mu\omicron\varsigma$ -близанац.

Максимуми трака које је уочио Велсбах на таласним дужинама 444,5; 469,0; 482,2 и 588,5 nm потичу од Pr^{3+} -јона. Траке су добро дефинисане, те и данас служе за спектрофотометријско одређивање овог елемента.

Друга компонента добијена при разлагању дидима, за коју се касније утврдило да је Nd_2O_3 , лако се растварала у хлороводоничној и азотној киселини дајући растворе карактеристичне розецрвенкасте боје. Апсорпциони спектар ових раствора, са низом добро дефинисаних трака (које припадају Nd^{3+} -јону) послужио је Велсбаху за идентификацију новог елемента. Траке које је Велсбах користио имају максимум на 354,0; 521,8 и 574,5 nm. Ове траке, поред још неколико из инфрацрвене области, и данас се употребљавају у спектрохемији ових елемената за њи-

1 У време открића РЗ јединица таласне дужине био је ангстрем, Å (10 Å=1 nm)

2 Друга компонента коју је открио Буабодран у “Клевеовом холмијуму” била је диспрозијум..

хову идентификацију и одређивање. Поред апсорпционог, Велсбах је добио и емисиони варнични спектар неодима.



К. Ауер фон Велсбах (1858-1929)
- аустријски хемичар

К. А. Велсбах био је Бунзенев ученик, а касније професор хемије на Бечком универзитету. Бавио се хемијом лантаноида и испитивањима пирофорних легура. Познатији је по конструкцији гасне лампе са тзв. *Ауровом мрежицом*, која се користи као извор видљивог зрачења.

Празеодим и неодим у елементарном стању издвојио је немачки хемичар Мутман (Muthmann) 1902. године електролизом анхидрованих хлорида.

ДИСПРОЗИЈУМ

При фракционој кристализацији новооткривеног холмијума Буабодран (14) је нашао 1886. године да се овај састоји од две компоненте са различитим апсорпционим спектрима. Један спектар припадао је холмијуму, а други, са максимумима на 451,5 и 753,9 nm, непознатом елементу. Скоро у исто време Крукс (W. Crookes) је објавио да је нашао нову "земљу" чији раствор даје апсорпциону траку на 451,0 nm (15). Била је то несумњиво потврда да је откривен нови елемент у породици РЗ. Ако се има у виду експериментална техника којом су у тим годинама располагали истраживачи, овако добра слагања у таласним дужинама положаја посматраних трака, говоре да су мерења, мада мукотрпна, вршена крајње савесно.

Због великог доприноса хемији ове групе елемената Буабодрану је признато право открића диспрозијума. Како је откриће било повезано са великим тешкоћама новом елементу дао је одговарајуће име - *Disprosium*, према грчкој речи *δυσπρωσιτος*-неприступачан, тежак за добијање.

У току 1906. године француски хемичар Урбен (G. Urbain) добио је диспрозијум релативно високе

чистоће (16) и одредио му атомску масу (160) која је блиска садашњој вредности (162,50). Током ових испитивања Урбен је знатно допринео развоју хемије целе итријумове групе и спектроскопије РЗ.

У елементарном стању диспрозијум је добијен тек 1945. године редукцијом безводних трифлуорида са калцијумом.

ЕУРОПИЈУМ

Прве поуздане податке о једном од најређих елемената из групе РЗ објавио је Демарсе 1901. године (17). У раду су наведени резултати испитивања РЗ започетих пет година раније. Током 1896. године аутор је започео истраживања на разлагању самаријум-нитрата фракционом кристализацијом и при томе добио, поред гадолинијума и самаријума, једну "нову земљу", коју је у част Европе назвао *Europium*.

Фракција у којој се налазио еуропијум врло лако се растварала у азотној киселини, њен двојни бисулфат био је изузетно растворан, а основа је показивала слабу базну реакцију. После неколико година Демарсеу је пошло за руком да фракционом кристализацијом двогубог магнезијум-нитрата добије врло чист облик "нове земље". За идентификацију издвојених фракција коришћене су мале разлике како у њиховом базном карактеру, тако и у флуоресцентним и варничним спектрима. Црвена флуоресценција еуропијума (основна група трака налази се око 593,0; 616,0 и 650,0 nm) послужила је Демарсеу за његову идентификацију.

Вилијам Крукс и Лекок де Буабодран имали су значајног удела у открићу еуропијума.

Крукс (18) је, у току испитивања итријеве групе елемената методом фракционе кристализације, разложио почетни итријум на девет нових "ретких земаља". За једну од њих, означену са S_8 , чији је раствор показивао апсорпцију у области око 400 nm, Демарсе је утврдио да припада еуропијуму.

Буабодран је још 1892. године, испитујући самаријум који је имао на располагању, утврдио да је узорак сложеног састава. Једна компонента узорка, добијена фракционисањем са амонијаком, разликовала се од осталих по емисионом и апсорпционом спектру. У варничном спектру ове фракције Буабодран је детектовао три нове линије у плавој области спектра које раније нису биле познате. Нове линије, на таласним дужинама 412,9; 420,5 и 443,5 nm, приписао је елементу са апсорпционом траком на око 400 nm кога је провизорно назвао Z_c . Каснија испитивања Демарсеа показала су да и емисиони и апсорпциони спектар припадају еуропијуму, и да су две од наведених линија *уљинне* линије овог елемента. Поређење резултата из три различите лабораторије, омогућило је Демарсеу да са сигурношћу утврди постојање новог елемента.

Метални еуропијум добијен је тек 1938. године електролизом топљених халогенида и редукцијом

оксида металним лантаном, уз накнадну дестилацију металног еуропијума.

ЛУТЕЦИЈУМ

Елемент су открили практично истовремено, 1906. године, независно један од другог, Урбен и Велсбах. Урбен је те године први објавио (16) да је Марињаков итербијум разложио фракционом кристализацијом на два елемента: *Neoterbium* и *Lutetium*. Процес раздвајања праћен је, као и у претходним случајевима, на основу добијеног спектра. Показало се да у нормалној спектрохемијској области лутецијум нема апсорпциони, али има карактеристичан емисиони спектар који је Урбену послужио за његово откриће. Помоћу спектралног апарата који му је стајао на располагању Урбен је детектовао у спектру лучног пражњења, поред ултимних линија холмијума у видљивој и блиској ултраљубичастој области спектра (на 415,8; 355,4 и 347,2 nm), већи број других линија које припадају новом елементу.

Нешто касније Велсбах (19) је објавио откриће два нова елемента: *Aldebaranium* и *Cassiopeium* које је, такође, добио из итербијума фракционим таложењем. Поређењем спектра показало се да су у питању исти елементи које је открио и Урбен.

Истовремено откриће лутецијума био је повод за дугогодишњи спор о његовом имену: *Lutetium* или *Cassiopeium*. Прво име потиче од галског назива Париза-Lutèce, а друго од Κασσιόπεια , како се у грчкој митологији звала суетна и охола мајка лепе Андромеде. Спор је решила Међународна комисија за атомске тежине, усвојивши име *Lutetium*. На тај начин Урбену је признато право првенства у открићу овог елемента.

Метални лутецијум добили су Дане и Спиндинг 1954. године металотермијском редукцијом анхидрованог флуорида са калцијумом.

Открићем лутецијума ($Z=71$), последњег елемента из групе РЗ, завршено је откриће свих лантаноида, осим прометијума ($Z=61$). Он је откривен тек 1945. године, пошто су сви изотопи елемента радиоактивни са кратким временом полураспада па их и нема у природи. Међутим, вредно је поменути да у периоду открића РЗ није било познато колико тих елемената, заправо, има. Исправан одговор на ово питање дао је Мозлијев (H. G. J. Moseley) закон. Познавање квантних бројева и Паулијевог (W. Pauli) принципа објаснило је њихов положај у Периодном систему елемената.



Сима М. Лозанић, Хемија за средње школе са хемијском чашанком, Беч, 1921

Abstract

SPECTROSCOPY AND DISCOVERY OF THE CHEMICAL ELEMENTS

M. S. Pavlović¹, A. Antic-Jovanović², and D. S. Pešić¹

¹ Laboratory of Physical Chemistry, Institute of Nuclear Sciences VINCA, POB 522, 11001 Belgrade, Yugoslavia

² Faculty of Physical Chemistry, University of Belgrade, POB 137, 11000 Belgrade, Yugoslavia

The spectroscope developed in practical form (1860) was used immediately by chemists for qualitative chemical analysis. Kirchhoff and Bunsen, in the course of their study of the alkali metals, discovered in 1861 two new elements of this group: caesium and rubidium. In the following years, using the same technique of the optical spectroscopy, samarium, holmium, thulium, praseodymium, neodymium, dysprosium, europium and lutetium and many others elements were discovered. Using this method about one fifth elements of the Periodic table have been discovered.

ЛИТЕРАТУРА

1. P. Pascal, *Traite de chimie minérale*, Tome VIII, Masson et Cie, Paris, 1933.
2. J. W. Mellor, *A Comprehensive treatise on inorganic and theoretical chemistry*, Vol. V, Longman, 1946.
3. H. Kayser, *Handbuch der Spektroskopie*, T. V, 1910; T. VI, 1912; T. VII, 1930-34; T. VIII, 1032., S. Hirzel, Leipzig.
4. G. Lockermann, *Histoire de la chimie*, Dunod, Paris, 1962.
5. **Открытие химических элементов**, Ред. Д. Н. Трифонова, Просвещение, Москва, 1980.
6. М. А. Ельяшевич, **Спектры редких земель**, ГИТТЛ, Москва, 1953.
7. Н. А. Фигуровский, **Открытие химических элементов и происхождение их названий**, Наука, Москва, 1970.
8. L. de Boisbaudran, *Compt. Rend.*, **88**, 323 (1879).
9. L. de Boisbaudran, *ibid.*, **114**, 575 (1892).
10. E. Demarsay, *Compt. Rend.*, **131**, 995 (1900).
11. P. T. Cleve, *Compt. Rend.*, **89**, 478 (1879).
12. L. de Boisbaudran, *Compt. Rend.*, **102**, 153 (1886); 502 (1886).
13. C. A. von Welsbach, *Wien. Ber.*, **92**, 317 (1885), *Monatshefte f. Chem.*, **6**, 477 (1885).
14. L. de Boisbaudran, *Compt. Rend.*, **102**, 1004 (1886).
15. W. Crookes, *Proc. Roy. Soc.*, **40**, 502 (1886).
16. G. Urbain, *Compt. Rend.*, **142**, 785; **143**, 229 (1906), *J. Chim. Phys.*, **4**, 31, 105, 232, 321 (1906).
17. E. Demarsay, *Compt. Rend.*, **132**, 1484 (1901).
18. W. Crookes, *Proc. Roy. Soc.* **74A**, 420; **76A**, 411 (1909).
19. C. A. von Welsbach, *Liebig's Ann.*, **351**, 464 (1907).

МОЛЕКУЛСКА АРХЕОЛОГИЈА

Савремене инструменталне методе омогућују да се изврше хемијске анализе остатака хране и других органских материјала старих више хиљада година. На основу тога археолози долазе до нових, до сада неписмених, података о животињу, обичајима и технолошким достигнућима старих народа. Недавно је откривен гроб краља Миде. Хемијском анализом могло се до ситних појединосних реконструкција ићи на јело и пило на Мидиној сахрани, пре двадесет и седам векова.

Постоје многе легенде о краљу Миди. Једном приликом учинио је неку услугу богу Дионису и он му је обећао да ће му испунити једну жељу. Мида је затражио да се све чега се дотакне претвори у злато. Жеља му је испуњена, али се Мида убрзо због тога покајао и молио Диониса да га ослободи овог дара, што је Дионис и учинио. Другом приликом нешто је приговарао боговима, и због тога су му израсле маргареће уши. Мида је то скривао, али се истина ипак прочула. (Код нас се готово истоветна прича односи на цара Трајана.)

Без обзира на ове митолошке детаље, краљ Мида је историјска личност. Владао је у Фригији, у Малој Азији (данашња Турска), негде у осмом веку пре наше ере. Недавно је откривен његов гроб, и на основу старости дрвета од којег је изграђен ковчег закључено је да је сахрана обављена негде око 700. године пре Христа, дакле пре око 2700 година. Мида је у то време имао 60-65 година.

Оно што је за нас интересантно је да је у гробу пронађено мноштво посуђа и прибора за јело. Археолози сматрају да је приликом сахране одржана велика гозба, а остаци хране (заједно са бројним другим предметима) сахрањени су поред покојника, да би му послужили на оном свету.

Тим научника са Пенсилванијског Универзитета (Филаделфија, САД), којим је руководио Патрик Мекгаверн извршио је детаљну хемијску анализу трагова хране који су нађени у Мидином гробу. На основу тога они су успели да у великој мери реконструишу шта се на сахрани јело и пило. За идентификацију разних органских једињења примењена је инфрацрвена спектроскопија као и хроматографија комбинована са масеном спектрометријом.

Резултати ових анализа су следећи. На сахрани краља Миде служено је јагњеће или козје месо печено на ражњу, зачињено медитеранским зачинама. Као вариво јели су сочиво и пасуљ, припремљено са маслиновим уљем. Пили су вино, пиво и медовину, по свему судећи измешане.

Како се дошло до наведених закључака?

Масноћа у остацима хране у Мидином гробу састоји се првенствено из триглицерида у којима

преовлађују засићене масне киселине - палмитинска и стеаринска. Нађен је и холестерол као и ниже масне киселине - капронска, каприлна и капринска. Све ово је карактеристично за овчији или козји лој. Поред масти нађен је и бензеноидни угљоводоник фенантрен као и крезол и други алкиловани феноли. Они указују да је месо било печено на ватри. Присуство анисове киселине указује да је храна зачињена или анисом или мирођијом, биљкама које расту у том делу света. Од зачина потичу и алфатерпинеол као и још неки терпеноиди. То да је на јеловнику био пасуљ или нека друга сродна махунарка доказује се малим количинама 2-олеодистеарина који је карактеристичан за те биљке. Да су јели сочиво види се по томе што је у остацима хране нађен хондриластерол. Коначно, транс-изомер олеинске киселине свакако потиче из маслиновог уља.

Што се пића тиче, у посудама су нађене соли винске киселине (тартарати), који се у значајнијим количинама налазе само у соку од грожђа и/или вино. Нађен је и калцијум-оксалат, који би требало да потиче од јечма, дакле од пива. На медовину указују виши парафини, угљоводоници којих има у пчелињем воску. Археолози сматрају да су вино, пиво и медовину пили помешане. Тај закључак није изведен из резултата хемијске анализе, већ на основу других извора нпр. Хомерове Илијаде и Одисеје.

Abstract

MOLECULAR ARCHAEOLOGY

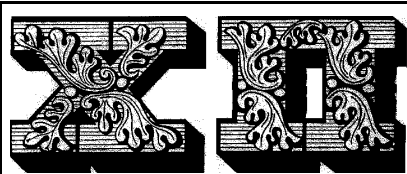
Ivan Gutman

Faculty of Science, Kragujevac

The tomb of king Midas was recently discovered. The chemical analysis of the minute amounts of food residues found in the tomb made possible to reconstruct what was on the menu on king Midas' funerary feast, 700 BC.

ЛИТЕРАТУРА

1. P. E. McGovern, D. L. Glusker, R. A. Moreau, A. Nunez, C. W. Beck, E. Simpson, E. D. Butrym,
2. L. J. Exner, E. C. Stout, Nature 402 (1999) 363.



ВЕСТИ из ШКОЛА ВЕСТИ за ШКОЛЕ

МИРЈАНА МИЛАНКОВ, Медицинска школа, Народног фронта 3, 23000 Зрењанин

ПРОЈЕКАТ ЧАСА АКТИВНЕ НАСТАВЕ ИЗ ХЕМИЈЕ (ДОГАЂАЈ – АКТИВНОСТ)

У настави треба искористити све могућности које доводе до креативног рада ученика. Понекад је битније како се нешто ради, него шта се ради.

Неорганска хемија може се добрим делом савладати кроз примере којима се илуструје примена знања из опште хемије. Да би се избегла монотонија овешталог школског рада и подигла активност ученика, примењује се њихово вишеструко укључивање у рад на савладавању наставног садржаја. Оптерећења ученика су димензионирана тако да се налазе у горњој зони њихових могућности и тиме се постиже оптимално искоришћење потенцијала којим ученици располажу.

Циљ одржаних часова, датих у даљем приказу, јесте што потпуније укључивање ученика у самосталан рад и у тимски рад. Идеја за овакав начин рада потекла је још са семинара из хемије одржаног априла 1998. године, када је одређен број учесника семинара био укључен у рад тзв. “ђачких радионица”.

Предмет учења била је обрада градива из области прелазних елемената, посебно хром и манган са важнијим једињењима. Опште карактеристике групе прелазних елемената, као и комплетна тријада гвожђа, презентовани су комбинованом методом: дијалошко – илустративно - експерименталном методом, док су хром, манган и њихова једињења обрађени **методом активне наставе**.

Осим свог уџбеника за рад на часу ученици су користили помоћну литературу, погодне шеме, хемијски прибор и хемикалије, таблу и креду. Наставник је користио листиће за обележавање група ученика, као и листу за вредновање одговора ученика. Часови активне наставе спроведени су у два одељења другог разреда средње медицинске школе. Наставни процес одвијао се највећим делом у хемијском кабинету школе, а делом и код куће (проширивање знања и допуна по могућностима, жељама и опредељењима).

У уводом делу часа ученицима су дата усмена упутства за рад методом активне наставе која се базира на групном раду уз што веће ангажовање сваког појединца. Надаље је следила подела ученика на групе, методом случајног избора (црне кутије). Фор-

мирано је шест група, од по шест ученика у свакој групи.

Групе су радиле одвојено и приступ раду се унеколико разликовао. Појединци су прилазили да разгледају прибор и хемикалије, други, понуђену помоћну литературу, док је већина одмах узела да проучава текст из уџбеника. Наставник је активно пратио рад сваке групе, а интервенисао само у екстремним случајевима (када је погрешан »корак« или безбедност у питању).

Након протеклих 50 минута учења, групе су се изјасниле да су спремне да изложе научено градиво. Излагање је било систематично у складу са датим упутствима. На табли су формиране три рубрике са насловом: хипотеза, теза и закључак.

Све групе су наизменично учествовале у формирању закључака, након сваке фазе рада. Коначно усвојена формулација била је записивана на табли. Истовремено је наставник на припремљеном списку бележио резултате рада сваке групе, што је код ученика стварало додатни стимуланс за рад и активност.

На крају часа ученицима је саопштено да ће након недељу дана, на часу хемије, бити провера знања у виду КВИЗА, из градива које су ученици обрадили на претходном часу методом активне наставе, као и градива које је претходило овом из области прелазних елемената. Квиз је тако био усмерен да укаже на ефекте усвајања знања са два различита начина учења новог градива.

За час «квиз знања» била су припремљена питања исписана на графофолијама. Постепено је приказивано једно по једно питање, а наставник је иста гласно постављао.

Питања на КВИЗУ:

1. Доврши реченицу. Назив d – елементи потиче од...
2. Који елементи не припадају датом низу **Al, Cr, V, Zn, Au, Ni, Fe, Na, Co, Sc, Cu, Ti, Li, Ag, La, Mn**?
3. Изабери тачан одговор. Сличности ових d – елемената су веће:
 - а) у групи
 - б) у периоди

4. Доврши реченицу. Боја једињења у чврстом стању и боја раствора последице су...

5. Наведи бар пет заједничких особина за прелазне елементе:

6. Које су могуће реакције од понуђених:

- a) $\text{Fe}_{(s)} + \text{HCl}_{(aq)} \longrightarrow$ g) $\text{Cr}_{(s)} + \text{c.c. H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow$
b) $\text{Fe}_{(s)} + \text{c.c. HNO}_3 \longrightarrow$ h) $\text{Cr}_{(s)} + \text{c.c. HNO}_3 \longrightarrow$
c) $\text{Fe}_{(s)} + \text{c.c. H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow$ i) $\text{Co}_{(s)} + \text{HNO}_{3(aq)} \longrightarrow$
d) $\text{Fe}_{(s)} + \text{H}_2\text{SO}_{4(aq)} \longrightarrow$ j) $\text{Ni}_{(s)} + \text{HNO}_{3(aq)} \longrightarrow$
e) $\text{Cr}_{(s)} + \text{carska voda} \longrightarrow$
ф) $\text{Cr}_{(s)} + \text{c.c. HCl} \longrightarrow$

Закључак: Који елемент од приказаних има најмању растворљивост у киселинама?

7. Објасни шта значе следећи појмови и називи:

- парамагнетичност
- дијамагнетичност
- феромагнетичност
- алуминотермија
- силикатна вуна
- синтеровање
- јаловина
- хромне стипсе
- индикатор влаге
- термитна смеша
- невидљиво мастило
- хромсумпорна киселина

8. Изабери тачан одговор. Електронске конфигурације последњег енергетског нивоа атома **Cr** и **Mn** разликују се по броју e^- у $4s$ -*orbitali* ($_{24}\text{Cr}$, $_{25}\text{Mn}$).

- a) тачно
б) нетачно

9. Реакција преласка Na_2CrO_4 у $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ праћена је променом боје из _____ у _____.

10. Колико неспарених e^- имају елементи: Fe, Co, Ni, Cr, Mn (гледати ПСЕ)?

а) Где се испољава биогено дејство, претходно наведених елемената?

11. У ком низу су само базни оксиди:

- a) CrO_3 , FeO , NiO
b) Cr_2O_3 , CoO , FeO
c) CoO , NiO , FeO

12. Која легура се користи за хируршке инструменте: фероманган, нихром, феросилицијум, стелин, магналијум?

13. Која од наведених једињења су оксидациона средства: FeSO_4 , MnO_2 , CrO_3 , KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, FeO ?

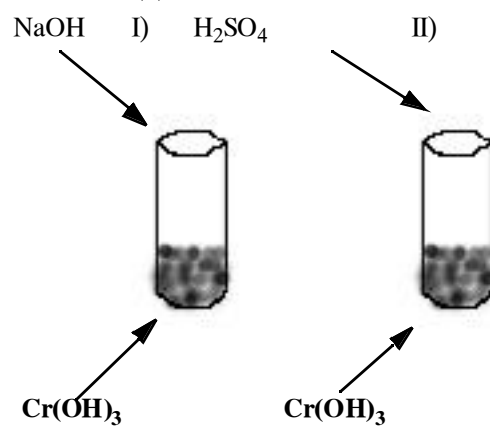
14. Допуни реченицу. Јонска једињења граде прелазни елементи са оксидационим бројем _____, ковалентна једињења граде прелазни елементи са оксидационим бројем _____.

15. Које су формуле минерала: хромит, пиролизит, смалтит, петландит, никелин, кобалтит, хаусманит?

16. Колико је грама KMnO_4 потребно за оксидацију 3,8 грама FeSO_4 у киселом раствору?

17. Наброј неколико различитих особина прелазних елемената у односу на елементе главних група.

18. ОГЛЕД:



Шта се догађа у епрувети I и II?

На коју особину указује оглед?

Концепција часа је постављена тако да су сва чула код ученика ангажована (текст из књига, шеме, прибор, супстанце, извођење и праћење огледа, решавање рачунског задатка), што је свакако помогло потпуној преданости раду и трајнијем усвајању знања.

Запажено је да код питања број 7 поједини појмови нису потпуно јасни и усвојени, што наводи на постојећи дугогодишњи проблем недовољне корелације између градива сродних и других предмета. На остала питања ученици су брзо и тачно одговарали, а посебно где је испољено знање са рада на часу активне наставе.

Описани часови, како обраде новог градива, тако и провере знања, протекли су изузетно динамично, са много полета, усхићења и такмичарског духа. Часу **Квиз – знања**, присуствовао је директор школе, по струци дипломирани хемичар, што је дало посебно обележје часу.

Сваки одговор ученика био је вреднован и одмах забележен у припремљеној табели, што је ученике подстицало на још брже размишљање и закључивање о датом питању. Познато је да валоризација знања као педагошки метод служи и као мотивација, јер стимулативно делује на активирање ученика да будно прати излагање, као и да стално врши понављање претходно изложеног градива, неопходног за даље стицање знања. На овај начин се стиче утисак о вредности обављеног посла.

Педагошки је принцип да за време часа треба ангажовати што већи број ученика да активно учествује у настави. Оваквим начином рада не само да

се постиже изузетна ангажованост ученика, већ се истовремено формира и став према тимском раду, заједничком успеху, што има посебну васпитно – образовну улогу. Мрежа сазнања и усвајања знања, где се преплиће “догађај – активност“, где су ангажована многобројна чула, сигурно води једном »освежењу« часа и спонтано повећава мотивисаност за рад.

Abstract

ACTIVE CHEMISTRY LESSON PROJECT

Mirjana Milankov

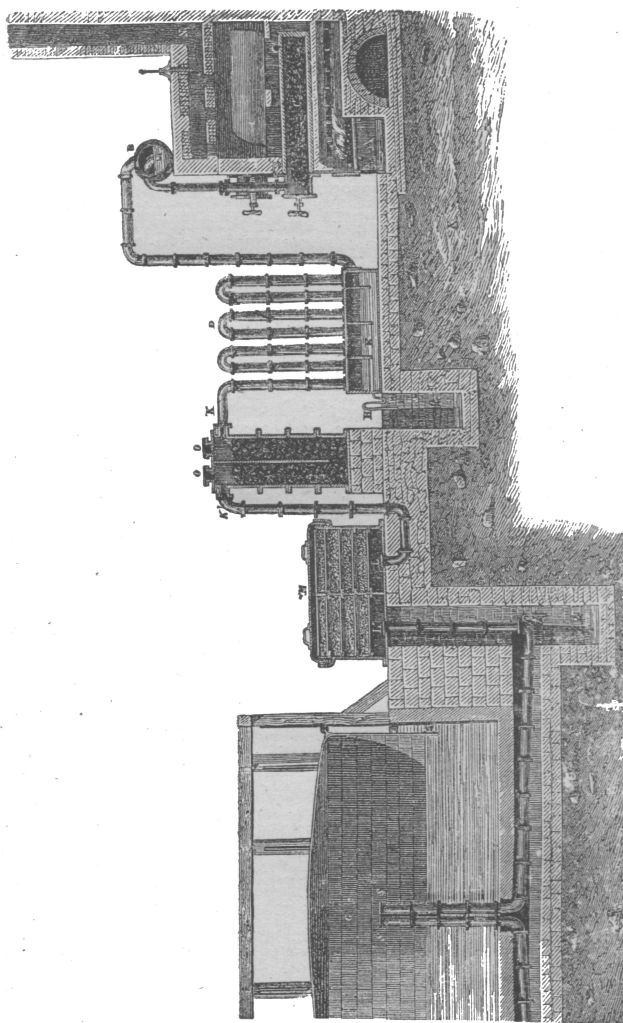
Medical school, Zrenjanin, Yugoslavia

The interactive chemistry lesson project is one of the possible wide-open methods for active approach in dissemination of new school knowledge. The Model is open and flexible; it instills highest independence during group works into the set goals. Groups have illusion of absolute independence in approaching options to acceptance of new knowledge, but they are practically guided by crucial events

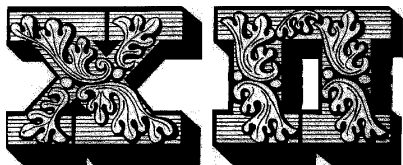
which happened in strict order with free choice of activity. Teacher's assistance to scholars is fully discrete and deeply meaningful before groups begin working. Scholar's activity, stage and quality of adopted knowledge, is above expectation and encourages next work of that kind. It is necessary to import more heuristically and problematically based methods because they demonstrate exquisite initiatives attributes for scholar abilities when they will be knowledgeably apply.

ЛИТЕРАТУРА:

- 1) **Проблемско учење у настави**, прилози са симпозијума, Учитељско друштво Лозница, часопис “Самоуправно васпитање”, Лозница 1984.
- 2) *В. Чешљаков и др. Практикум неорганске хемије*, Универзитет у Новом Саду, 1997
- 3) *Др Драгомир Вишоровић и др. Одабрана поглавља хемије*, Научна књига Београд, 1990.
- 4) *Др Предраг Ђурђевић и др. Општа и неорганска хемија*, ПМФ Крагујевац, 1997.
- 5) *Р. Николајевић и Р. Хорвајт, Методика наставе хемије*, Едука, Нови Сад, 1995.



Сима М. Лозанић, Хемија за средње школе са хемијском читанком, Беч, 1921



ВЕСТИ ИЗ СХД

КОНФЕРЕНЦИЈА ХЕМИЈСКИХ ДРУШТАВА ЈУГОИСТОЧНЕ ЕВРОПЕ

Халкидики, 6-9. јун 2000.

Јуна ове године одржана је Друга међународна конференција хемијских друштава југоисточне Европе "Хемијске науке као подршка развоја". Конференција је одржана на истом месту као и претходна у пријатној и опуштеној атмосфери. То је била прилика да се остваре контакти са члановима Удружења Грчких хемичара, СХД-а, Уније хемичара Бугарске, Хемијског друштва Албаније, Панкипарске уније хемичара, Румунског хемијског друштва и Хемијског друштва Црне Горе.

Конференцију је отворио председник Удружења Грчких хемичара, поздравили су је поред председника друштава-учесница и директор Централне државне хемијске лабораторије, ректор и декан Хемијског одсека Аристотеловог Универзитета у Солуну, председник Организационог комитета, као и црквени великодостојници.

Учествовало је око 950 чланова хемијских друштава, а изложено је 4 пленарна предавања (од тога два наши чланови, проф. Аст и проф. Чековић) и око 40 секцијских предавања (9 чланови СХД). Многа предавања су била изузетно интересантна и сматрам да је права штета што многи учесници нису нашли времена да у свему потпуно учествују. На жалост, било је и предавања која нису одржана, иако најављена, да наведем само наше чланове Н. Крста-

јића, В. Шошкића и М. Јакшића (изабран од стране организатора). Саопштења су изложена постерски (преко 600 постера) од чега су наши чланови изложили око 250.

Поред предавања и саопштења уприличена су и два мини-симпозијума (Хемија и животна средина и Храна и пића), као и Округли сто на тему међулабораторијске сарадње.

На састанку представника друштава одлучено је да се одржавање следеће конференције повери Румунском хемијском друштву (место одржавања биће одређено касније). Време одржавања крај маја - почетак јуна 2002. год., уз котизацију до 70 УСД. Одлучено је да се позову на учествовање и одговарајућа друштва из Турске, Молдавије и Македоније (БЈРМ). За разлику од прве две конференције, усвојено је да се предавања и постери (евентуално усмена саопштења) групишу по областима.

Основан је Секретаријат конференције (у жељи да прерасте у Секретаријат друштава југоисточне Европе). Секретар је проф. Н. Кацарос, Атина. У том смислу одлучено је да се о сваком скупу хемичара у појединим државама обавештава Секретаријат.

Ваш извештач је ове податке извадио из штурих забелешки, а потпуни извештај очекујемо од организатора.

Богдан Шолаја

ИЗ КАНЦЕЛАРИЈЕ

У јуну месецу одржана је седница Председништва (27. јуна) и седница Управног одбора (29. јуна) Српског хемијског друштва. На обе седнице поднет је извештај са Друге конференције хемијских земаља југоисточне Европе (6-9. јуна 2000) у оквиру које је одржан и састанак друштава земаља југоисточне Европе.

Прихваћени су предлози за одржавање следећих манифестација: 40. саветовање СХД јануара 2001; Априлски дани просветних радника за време пролећног распуста 2001; 15. југословенски симпозијум о електрохемији маја/јуна 2001; 13. југословенски симпозијум о хемији и технологији макромолекула маја/јуна 2001; II регионални симпозијум (или IV југословенски симпозијум) "Хемија и заштита животне средине" септембра/октобра 2001.

* * *

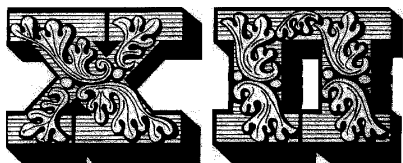
Средином јуна месеца постигнут је договор са представницима институција (30) чији сарадници објављају радове у часопису СХД да те институције уплаћују Друштву месечно 2000 динара као помоћ часопису. Аутори који не припадају овим институцијама мораће да сnose трошкове за публикување својих радова.

Финансијска ситуација је повољнија него у претходном периоду (уплата Републичког министарства за науку и технологију од 50.000 динара и ситније уплате спонзора).

Обе публикације Друштва редовно излазе.

Извештаји о раду подружница нису поднесени.

Снежана Бојовић



ПОСВЕТА АКАДЕМИКУ ПРОФ. ДР. СЛОБОДАНУ С. РИБНИКАРУ ПОВОДОМ ЊЕГОВОГ 70-ОГ РОЂЕНДАНА

Један леп скуп одржан је, у организацији Српског хемијског друштва и Факултета за физичку хемију Универзитета у Београду, 30.05.2000 год. у просторијама Факултета, а посвећен је био академику проф. др Слободану В. Рибнику у поводу његовог 70-ог рођендана. Том приликом је промовисана специјална свеска часописа *Journal of the Serbian Chemical Society* посвећена проф. Рибнику. У свесци су штампани радови саопштени на 12. југословенском саветовању из опште и примењене спектроскопије које је одржано у Београду од 25-27. октобра 1999. год. Био је то покушај да се једном уваженом професору Универзитета и истраживачу, који је оставио трага у нашој науци, јавно захвалимо за велики труд, ентузијазам у раду и несебичност у преношењу знања и искуства млађима. Како приликом те свечаности рече проф. др Иван Драганић овакве скупове је потребно организовати не због оних којима су посвећени, него због оних који настављају рад и оних који долазе, као сведочење нашег постојања и трајања.

Било је задовољство што су колеге и ученици проф. Рибникара организовали овакво окупљање у ово време, које би се пре могло назвати невременом, и што су сви смогли моралне снаге да учине један људски гест и захвале се академику проф. Слободану Рибнику за оно што је учинио за Српско хемијско друштво, као његов члан, посебно као десетогодишњи уредник нашег научног часописа *Гласника*, односно *Journal of the Serbian Chemical Society*, као и сарадника и другог часописа СХД- Хемијског прегледа и редовног професора Факултета за физичку хемију.

Скуп је отворио декан Факултета за физичку хемију, проф. др Драган Марковић, а говорили су председник Српског хемијског друштва академик проф. др Мирослав Гашић, академик проф. др Драгутин Дражић, као главни и одговорни уредник *Journal-a*, који је на том одговорном послу наследио проф. Рибникара, као и проф. др Иван Драганић, колега проф. Рибникара из првих дана заједничког рада у Институту Винча. Овом приликом је проф. др Убавка Миоч, председник Спектрохемијске секције СХД и председник Организационог одбора Саветовања,

дала основне податке из радне биографије проф. С. Рибникара.

Десило се да се одржавање 12-тог саветовања из опште и примењене спектроскопије, у 1999-тој години поклопило са седамдесетим рођенданом проф. Рибникара, па је то изабрано као погодан моменат да се осветли само један аспект активности проф. Рибникара, онај посвећен спектроскопији. У договору са главним уредником *Journal-a* и Управом СХД одлучено је да једна свеска овог часописа, са радовима саопштеним на Саветовању из спектроскопије буде посвећена проф. Рибнику. Било је планирано да Саветовање буде одржано почетком 1999. год., да би и скуп био у 1999-тој години. Међутим, десило се оно што нам се десило, имали смо рат, па је све морало да буде померено за једну годину.

Међутим, да ли смо се на најбољи начин одужили професору од кога смо много научили, односно да ли је ово оно најбоље из спектроскопије што у овом моменту постоји у Југославији то је тешко рећи. Али имајући у виду да је конференција била југословенска, сигурно је да радови који су штампани у овој свесци дају пресек онога што се код нас у овом моменту ради, односно онога што може да се ради. У књизи је штампано 20 радова из различитих области спектроскопије.

Проф. Рибникар рођен је у Београду 1929. год. где је завршио основну и средњу школу. Од 1948-1952. год. студирао је физичку хемију на Природно-математичком факултету у Београду. Докторирао је 1958. год такође на Природно-математичком факултету, на групи за физичку хемију.

Његово прво запослење везано је за Институт за нуклеарне науке у Винчи. У периоду од 1959. до 1967. год. провео је, у два наврата, неколико година на Одсеку за хемију у Националној лабораторији у Брукхевену, у САД. 1968. год. постаје ванредни професор, а убрзо после и редовни професор на Природно-математичком факултету у Институту за физичку хемију у Београду. Био је заменик упрвника Одсека за хемијске и физичкохемијске науке, а затим и продекан ПМ Факултета. Као редовни професор 1995. год одлази у пензију, али је и данас радо виђен на Факултету за физичку хемију, као члан у комисијама за од-

брану магистарских и докторских дисертација и као изузетно користан саговорник у решавању научних проблема. За дописног члана Српске академије наука и уметности биран је 1983., а редовног 1994. год. Почасни је члан Српског хемијског друштва и Друштва физикохемичара Србије и добитник је Октобарске награде града Београда.

Може се рећи да је научни интерес проф. Рибникара био, а добрим делом и остао, у области хемије изотопа. Прва истраживања из 1952. год. односила су се на истраживања катализатора за обогаћивање воде тешком водом. Остаће запамћено иступање проф. Рибникара са овим резултатима на Првој конференцији о примени атомске енергије у мирнодопске сврхе у Женеви 1954. год., када се испоставило да се ради о катализатору идентичном са оним који је био употребљаван у фабрикама тешке воде у САД и Канади, а сматран је највећом државном тајном. Сличан ефекат изазвао је и рад на раздвајању изотопа бора, из 1957. год. пошто је објављен истовремено, са резултатима готово идентичним, онима из САД, Енглеске, Шведске и СССР-а.

Група за раздвајање стабилних изотопа, коју је проф. Рибникар основао у Винчи, дуго је заузимала једно од водећих места у Европи, а активна је и данас. Дала је запажене резултате о процесима раздвајања изотопа водоника, литијума, азота, угљеника, па и урана.

У периоду између 1958-1967. год., у време усавршавања у Брукхевенској националној лабораторији, проф. Рибникар остварио је успешну сарадњу са др Бигелајзеном, једним од водећих хемичара у свету у области хемије изотопа. Уз њега, који је био теоретичар, проф. Рибникар је, користећи своје велико експериментално искуство, потврдио низ теоријских поставки из области хемије изотопа.

Преласком на Природно-математички факултет, Одсек за хемијске и физичкохемијске науке, 1968. год. проф. Рибникар се посвећује педагошком раду. Изванредан предавач какав је био, убрзо је постао један од најцељенијих и најомиљенијих наставника међу студентима. Предавао је радиохемију и био дуго, до пензионисања, шеф Катедре за радиохемију. Поред тога увео је један нови предмет – Физичку хемију флуида и написао убрзо и први уџбеник из те области. Поред тога предавао је молекулску спектрохемију, атомистику и вибрациону спектрохемију на последипломским студијама. Био је ментор при изради многих докторских, магистарских теза и био члан у великом броју комисија за одбрану истих. Велики број дипломских радова такође је урађен под руководством проф. Рибникара.

Преносећи своје искуство из Винче на израчунавању изотопских ефеката, односно сепарационих фактора из вибрационих фреквенција молекула, на Факултету развија вибрациону спектроскопију. Од тада се та област озбиљно проучава код нас и преко својих ученика и сарадника проф. Рибникар је успео

да се ова научна дисциплина физичке хемије шири и проучава у целој земљи. У тој области проф. Рибникар је дао значајан допринос на раздвајању изотопа водоника помоћу ИЦ ласера, угљеника коришћењем УВ спектралне емисије живиног лука. Ради такође на обогаћењу угљеника-13 из молекулских комплекса карбамата.

Један дуго период истраживања проф. Рибникар посвећује проучавању водоничне везе у молекуларним комплексима етара са алкохолима и силанолима. Дати су модели те интеракције и одређени квантитативни параметри који одређују стабилност ових комплекса веома важних у хемији силицијума.

Проучавајући дискретну ИЦ емисију чврстих и течних система, дао је теоријско објашњење цепања емисионих трака и отворио могућност развоја ове области код нас, чији пуни развој се тек очекује.

Из области молекулске физике проф. Рибникар се бави проблемом нехармоничности молекулских вибрација и њиховом променом при прелазу у кондензовано стање или при растварању. Ради на налажењу одговора за разлике у бројним вредностима вибрационих фреквенција у ИЦ и раманским спектрима.

Иако је првенствено циљ да се осветли активност проф. Рибникара у области спектроскопије не можемо а да бар не поменемо његове резултате у другим областима: анализа тритијума у тешкој води у модераторима реактора са тешком водом; пројекат одстрањивања тритијума из горивних елемената реактора, као загађивача околине, истраживање супертешких трансурана, редног броја 113 и 114 и њихово могуће присуство у природи, у минералима талијума.

Резултате свог рада проф. Рибникар објавио је у 72 научна рада штампана у еминентним научним часописима и великом броју саопштења.

Међутим, и поред успешне научне делатности не може се занемарити ни стручна делатност проф. Рибникара. Десет год. (1975-1985) је био уредник нашег научног часописа Гласник Хемијског друштва Београд, који од 1984. год носи наслов *Journal of the Serbian Chemical Society*, за чије подизање до нивоа међународног часописа проф. Рибникар је много учинио.

Бавећи се активно језичким проблемима струке, Професор је 1983. год. издао речник нашег и енглеског језика "Хемија и сродне области" са око 10.000 термина, као и Етимолошки речник хемијских појмова са око 2000 речи. Поред тога објавио је и 21 краћи натпис о стручној терминологији. Често је своје стручне прилоге штампао у часопису Хемијски преглед.

Запажени су његови прилози у оквиру рада Музеја науке и технике, приликом организовања Изложбе о мерењу; прилог написан заједно са проф. Дражићем Физичка хемија у монографији Хемија и хемијска индустрија у Србији, историјска грађа, која

је издата поводом обележавања 100 година СХД; аутор је једног универзитетског уџбеника и коаутор је 5 средњошколских; преводац и редактор још једног универзитетског уџбеника и многобројних прилога у стручној литератури.

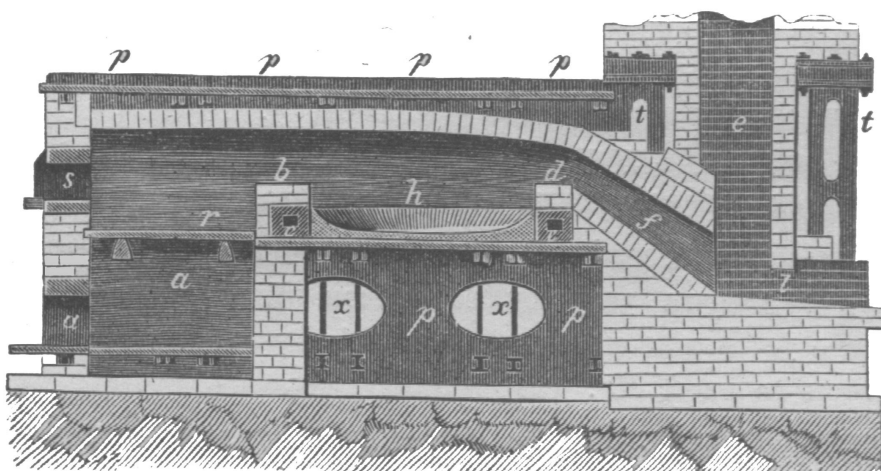
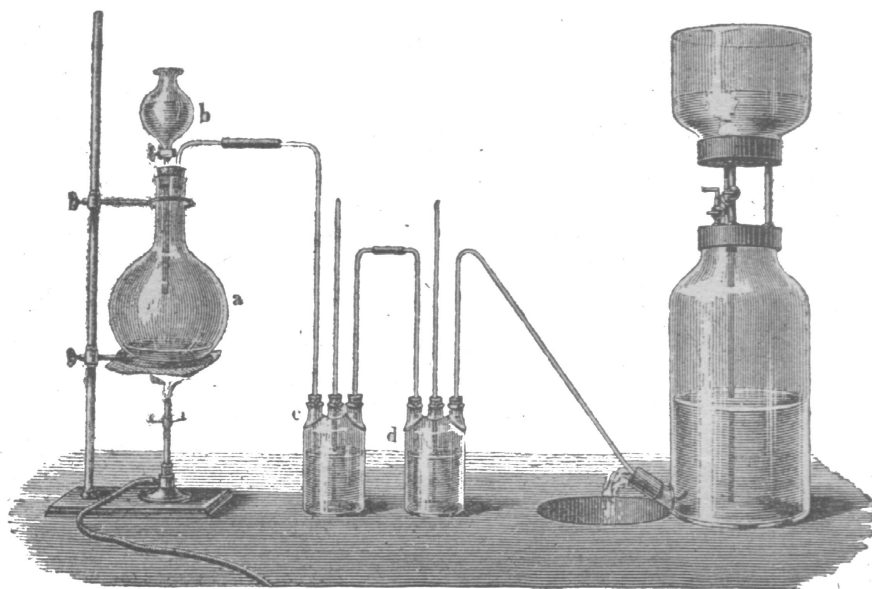
Тешко је евидентирати целокупну активност проф. Рибникара. Надамо се да нешто битније, бар из области спектроскопије, није изостављено. Остаје чињеница да је у нашој средини радио и да је и сад активан један изузетан човек и интелектуалац, физикохемичар и молекулски спектроскопичар, који је задужио ову средину и оставио у њој неизбрисив траг, као и у целој научној јавности. Не могу да се и овом приликом не сетим речи једног познатог француског и светског научника који ми је рекао “Професор Рибникар је прави интелектуалац, један од он-

их који се данас ретко срећу. Ја сам занатлија. Драго ми је да сам га упознао”.

Генерације физикохемичара и сви сарадници проф Рибникара ће рећи да им је била част и задовољство што су га познавали, сарађивали са њим и што данас у њему налазе правог саговорника, човека спремног да помогне и своје велико знање и искуство подели са другима.

На крају скупа главни уредник часописа Journal of the Serbian Chemical Society, академик проф. др Драгутин Дражић, истичући предан и систематски рад проф. Рибникара на подизању нивоа часописа, предао је проф. Рибникару две специјалне свеске часописа од којих је једна била са посветом СХД.

Убавка Миоч



Сима М. Лозанић, Хемија за средње школе са хемијском чистанком, Беч, 1921