

osvrti

povodom Međunarodne godine kemije 2011.

Preporuke za veličine, jedinice i simbole u fizikalnoj kemiji: Zelene knjige HKD-a i IUPAC-a

N. Kallay i T. Cvitaš*

Kemijski odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet,
Sveučilište u Zagrebu, Horvatovac, 102a, 10 000 Zagreb

Uvod

Prije dvadeset i tri godine, 1988. godine, objavljen je novi priručnik Odjela za fizikalnu kemiju (*Physical Chemistry Division*) Svjetskog saveza kemičara IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*, IUPAC) pod naslovom *Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry*. Priručnik, poznat kao Zelena knjiga IUPAC-a, sastavili su Ian Mills (Reading), Tomislav Cvitaš (Zagreb), Klaus Homann (Darmstadt), Nikola Kallay (Zagreb) i Kozo Kuchitsu (Tokio). Glavninu posla obavili smo Mills i mi (NK i TC). Taj priručnik za fizikalnu kemiju IUPAC-a doživio je dosad tri izdanja (1988., 1993., 2007.), od kojih su sva bila i dotiskavana. Godine 1988. objavljen je ruski prijevod, 1990. godine jeftino indijsko izdanje (na engleskom, samo za zemlje Dalekog Istoka, Indiju, Nepal, Bangladeš, Burmu i Šri Lanku), 1990. godine objavljen je mađarski, a 1991. japanski prijevod. Drugo revidirano izdanje Zelene knjige IUPAC-a iz 1993. prevedeno je 1995. godine na njemački, 1996. na rumunjski, 1999. na španjolski te 2004. godine na katalonski jezik. Kako je u radu na tom priručniku IUPAC-a udio hrvatskih kemičara više nego značajan, to u Međunarodnoj godini kemije vrijedi osvježiti uspomene i ostaviti pisani trag o tom pothvatu.

Svjetski savez kemičara IUPAC izdaje preporuke o nomenklaturi, terminologiji, simbolima i jedinicama za različita područja čiste i primijenjene kemije te srodnih znanosti. Te se preporuke objavljuju u časopisu *Pure and Applied Chemistry* ili, ako su opsežnije, kao posebna izdanja u obliku knjiga. Za svako je područje kemije unutar IUPAC-a dogovorena boja prema redosljedu: I. fizikalna kemija – zelena, II. anorganska kemija – crvena, III. organska kemija – plava, IV. kemija makromolekula – ljubičasta, V. analitička kemija – narančasta. Te su međunarodne preporuke u krugu kemičara poznate npr. kao "Zelena knjiga IUPAC-a" ili "Crvena knjiga IUPAC-a".

Prve preporuke IUPAC-a za fizikalnu kemiju sastavio je 1970. godine Max L. McGlashan, profesor kemije (kemijska termodinamika) na Sveučilištu u Exeteru, dok je bio predsjedavajući Komisije za simbole, terminologiju i jedinice, Odjela za fizikalnu kemiju IUPAC-a¹ (unutar IUPAC-a poznata kao Komisija I.1: prva komisija Odjela I). Preporuke je poznatno revidirao sljedeći predsjedavajući Komisije I.1 M. A. Paul, pa su 1975. godine objavljene kao mala zelena knjižica od izdavačke kuće Butterworths.² Četiri godi-

ne poslije, novi predsjedavajući Komisije I.1 David H. Whiffen priredio je treće izdanje preporuka.³ Za pojedine poddiscipline fizikalne kemije odgovarajuće su komisije priredivale znatno detaljnije preporuke i objavljivale ih kao dodatke osnovnom priručniku. Objavljivane su u obliku članaka u časopisu *Pure and Applied Chemistry*. Preporuke za fizikalnu kemiju obuhvaćale su tek popis fizikalnih veličina s kratkim definicijama, bez detaljnih objašnjenja. Stoga se 1983. godine prišlo priređivanju opsežnih preporuka o fizikalnim veličinama i jedinicama, pa su I. Mills, T. Cvitaš, K. Homann, N. Kallay i K. Kuchitsu priredili već spomenutu "Zelenu knjigu", koja je svjetlo dana ugledala u proljeće 1988. godine.

Svrha je ovog članka prikazati kako smo u Hrvatskoj započeli s djelovanjem oko veličinskog računa, fizikalnih veličina i jedinica, te se uklopili u svjetska zbivanja.

Počeci u Hrvatskoj

Naše bavljenje fizikalnim veličinama i jedinicama počelo je potpuno neovisno o spomenutim svjetskim aktivnostima. Potakla nas je potreba za uvođenjem Međunarodnog sustava jedinica (SI) u nastavu. Početkom akademske godine 1973./74., kao mladi nastavnici u ondašnjem Fizičko-kemijskom zavodu, Kemijskog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, na drugom katu zgrade na Marulićevom trgu 19, dogovorili smo se da bi bilo dobro do Božića te godine napisati neke kraće bilješke o primjeni SI-jedinica za naše studente. TC se vratio iz Engleske, gdje je doktorirao na Sveučilištu u Readingu i godinu dana proveo kao *postdoc* na *University College* u Londonu, te je od ožujka 1971. godine preuzeo nastavu iz predmeta *Fizikalna kemija I i II* za studente druge godine studija kemije, a NK je nakon doktorata privremeno zamjenjivao prof. Mirmika na predmetima *Termodinamika* i *Elektrokemija*, koji su se održavali za studente treće godine. Ozbiljno smo se primili posla, no uz ostala zaduženja nismo stigli te bilješke dovršiti do Božića, već tek do Uskrsa naredne 1974. godine. Naime, to više nisu bile kraće bilješke, već skripta od 150 stranica. Naš popis fizikalnih veličina postupno je rastao. "Otkrivali" smo međunarodne preporuke IUPAC-a, pa one fizičara (IUPAP),⁴ međunarodne norme ISO,⁵ pa knjižicu Kraljevskog društva (*Royal Society*)⁶ te britanski priručnik za nastavnike koji je napisao McGlashan.⁷

Treba istaknuti da smo imali i veliku podršku naše sredine. U to su se doba materijali umnožavali šapirografski. Trebalo je tipkati pišaćim strojem na navoštenim matricama, čega se spremno prihvatila naša kolegica Irenka Fischer, koja je tada radila u Zavodu kao

* Autor za dopisivanje: prof. dr. sc. Tomislav Cvitaš,
e-pošta: cvitas@chem.pmf.hr

stručna suradnica u nastavi. Od Hrvatskoga kemijskog društva (HKD) imala je na raspolaganju pisani stroj s kuglastim glavama tako da su se relativno uredno mogla pisati i grčka slova i neki matematički simboli. Malo pomalo smo uvidjeli da materijal postaje sve obimniji, pa smo ga dali uvezati u obliku skripata *Fizikalno kemijske veličine i jedinice Međunarodnog sustava*. Skripta su objavljena u ožujku 1974. godine u izdanju Fizičko-kemijskog zavoda PMF-a i Hrvatskoga kemijskog društva.⁸

Materijal je bio značajan jer je uz definicije veličina i pripadnih jedinica zadirao u brojna pitanja hrvatske znanstvene i stručne terminologije. Neke smo termine preuzimali iz nastave na PMF-u, ali smo ubrzo postali svjesni da se na srodnim fakultetima našeg sveučilišta rabe drugačiji nazivi za iste pojmove. Trebalo je to nekako uskladiti. Zato smo u tim prvim skriptama navodili za neku veličinu katkad i dva termina. Materijal je trebalo staviti na raspolaganje što većem broju naših nastavnika i znanstvenika i u tome nam je pomoglo Hrvatsko kemijsko društvo. Skripta su poslana na recenziju, ne dvojici ili trojici recenzenata, nego njima trideset-osmoricu. Dobili smo brojne (29) i vrlo vrijedne odgovore tako da smo uspjeli postaviti načelo po kojem smo davali prednost jednom ili drugom nazivu. Nisu svi recenzenti čitali i komentirali sve, ali su sva područja bila višestruko pregledavana i komentirana.

Hrvatsko kemijsko društvo je uvidjelo potrebu za sustavnim radom na nomenklaturi i terminologiji, te je 13. prosinca 1974. godine osnovana Komisija za terminologiju, jedinice i simbole Hrvatskoga kemijskog društva (KTJS). Osnovane su komisije za pojedina područja: za fizikalnu kemiju (23 člana i 11 savjetnika, predsjednik N. Kallay), anorgansku kemiju (6 članova i 5 savjetnika, predsjednik Vl. Simeon), organsku kemiju (7 članova i 2 savjetnika, predsjednik V. Rapić), biokemiju (5 članova i 3 savjetnika, predsjednik A. Lutkić), analitičku kemiju (6 savjetnika) i kemijsko inženjerstvo (predsjednik G. Bach-Dragutinović). Predsjednik središnje komisije bio je T. Cvitaš, a tajnica I. Fischer. Pojedine su komisije započele radom,⁹ te su do sada objavljene preporuke za fizikalnu kemiju,¹⁰ anorgansku kemiju¹¹ i organsku kemiju.¹²

Komisija za terminologiju, jedinice i simbole fizikalne kemije razaslala je naša skripta radi usklađivanja na recenziju hrvatskim kemičarima, fizičarima te drugim znanstvenicima i stručnjacima. Primjedbama su pomogli K. Adamić, S. Ašperger, A. Bonefačić, M. Brezinišćak, G. Deželić, I. Filipović, D. Grdenić, H. Iveković, Lj. Jeftić, V. Karas-Gašparac, L. Klasinc, B. Kunst, V. Lopašić, M. Mirnik, G. Paić, M. Paić, I. Piljac, R. Podhorsky, Z. Pučar, M. Sikirica, Vl. Simeon, I. Štern, B. Težak, Đ. Težak, H. Vančik, Radenko Wolf i Ranko Wolf. Posebno su nam bile vrijedne primjedbe A. Bonefačića, M. Brezinišćaka, M. Paića, R. Podhorskog, Vl. Simeona i I. Šterna. Na temelju primjedbi u jesen 1974. godine priređen je usklađeni tekst koji je 24. siječnja 1975. godine bio prihvaćen kao službena preporuka Komisije za terminologiju, jedinice i simbole Hrvatskoga kemijskog društva. Preporuke su prihvatili i hrvatski fizičari. Za urednike su bili određeni B. Težak, Lj. Jeftić, Z. Maksić i Vl. Simeon. Lektor je bio B. Erdeljac koji nam je dao mnoge vrijedne savjete, međutim upozorio nas je da nije "zgodno" pisati da je nazivlje dano na hrvatskom jeziku te nam predložio da umjesto toga napišemo na našem jeziku. Zaboljelo nas je da svoj jezik ne bismo smjeli zvati pravim imenom, pa smo na svojoj odgovornosti inzistirali da "naš jezik" ostane hrvatski, u čemu smo i uspjeli. Tisak je bio povjeren Grafičkom zavodu Hrvatske jer su samo tamo mogli slagati grafički zahtjevne tekstove u monotipu (svako slovo i svaki znak je zaseban olovni komadić).

Ovdje je zgodno spomenuti nekoliko anegdota.

M. Brezinišćak nam je prigovorio da nije prikladno u knjizi s toliko strogih definicija i upozorenja na egzaktnost imati napomenu "jedan newton je približno jednak sili kojom Zemlja djeluje na jabuku", jer to ne spada u ozbiljnu literaturu. Nama se ova predodžba činila zgodnom i ilustrativnom, pogotovo s obzirom na legendu prema kojoj je Newton, potaknut padom jabuke sa stabla, riješio problem gravitacije. I danas, ako potražite slike Newtona



Slika 1 – Newton i jabuka od jednog newtona

na internetu, često će uz njega biti jabuka (slika 1)¹³ pa je zgodno da je slučajno ispalo da je po njemu nazvana jedinica sile približno jednaka težini jabuke. Nakon višestrukih rasprava došli smo do kompromisa, pa smo u našoj zelenoj knjižici ublažili napomenu dodavši ispred samo: "Usput rečeno,..."

Rikard Podhorsky je zaslužan za bolju stilizaciju teksta. Jednom nas je prilikom podučio kako se tekst može skratiti na petinu, a da pritom ništa ne gubi na sadržaju te time postaje jasniji.

Tehnički urednik u Grafičkom zavodu zagovarao je da se knjiga uveže lijepljenjem. Valjanost je demonstrirao na jednom lijepljenom primjerku knjige koji je žustro tresao. Knjiga se raspala, no on je uvjeravao da se radi o slučajno loše slijepljenom uzorku, pa je to prvo izdanje nažalost uvezano lijepljenjem i te su se sve knjižice upotrebom pomalo raspadale.

Sam slagar u Grafičkom zavodu bio nam je dosta sklon, imao je mnogo razumijevanja za složenu simboliku. Mjedeni kalupić za znak za standard je dao posebno izgravirati iz kalupića za znak stupnja, iako su mu pretpostavljeni prigovarali za nepotreban trošak. Na naše najveće čuđenje saznali smo da mu je profesor iz fizike, u školi u Međimurju, bio Edward Teller, svjetski poznat znanstvenik (Jahn-Tellerov efekt) i možda još poznatiji kao tvorac vodikove bombe.

U skladu s konvencijom IUPAC-a, korice knjižice trebale su biti zelene. No zelene boje mogu biti lijepe i ružne. Među časopisima u Centralnoj kemijskoj biblioteci tražili smo jednu koja bi nam se obojici sviđala. Naslovnice je dizajnirao TC i čak nam se i danas ta više sviđa od profesionalno dizajniranih korica kasnijih izdanja (slika 2).

Ljeto i jesen 1975. godine protekli su u korigiranju brojnih probnih otisaka (špalte i prijelom korigirali smo ukupno 12 puta!) i pripremi za tisak. Knjižica je sa zakašnjenjem izašla iz tiska početkom 1976. godine,¹⁰ premda je kao godina izdanja otisnuta 1975. (slika 2).

U jesen 1975. godine TC odlazi u Karlsruhe na dulji studijski boravak, a u siječnju 1976. godine u Zagreb dolazi prof. Max L. McGlashan, tadašnji predsjednik Komisije I.1 IUPAC-a. McGlashan je kao jedini doktorand znamenitog termodinamičara E. A. Guggenheima dugo bio na Sveučilištu u Readingu, a zatim je prešao kao profesor u Exeter. Radi se o sudbonosnom stjecaju okolnosti. Naime, McGlashan je imao zakazano predavanje u Beogradu. Kad smo to saznali, došli smo na ideju (NK) da mu predložimo usputni boravak i predavanje u Zagrebu, što je on rado prihvatio. Boravak su organizirali Vl. Simeon, M. Pribanić i NK. Nakon uspješnog kolokvija HKD-a, uz večeru se raspravljalo o uvođenju SI-jedinica u prirodoslovlje, a posebno o poimanju i definicijama nekih termodinamičkih veličina. McGlashana smo upoznali s hrvatskim preporukama koje su upravo bile u tisku (slika 3).



Slika 2 – Naslovnice preporuka HKD-a o fizikalnim veličinama i jedinicama. Lijevo: prvo izdanje iz 1975. godine, desno: kasnija izdanja HKD-a i Školske knjige iz 1980. i kasnijih godina.



Slika 3 – Zagreb, u siječnju 1976. godine ispred Instituta za medicinska istraživanja: M. L. McGlashan (desno) s probnim otiskom hrvatskih preporuka o fizikalnim veličinama i jedinicama i N. Kallay s McGlashanovom knjižicom⁷ koju je uz posvetu dobio na poklon od autora

Rad unutar IUPAC-a

McGlashan je po povratku u Englesku predložio N. Kallaya za naslovnog člana^{*} Komisije I.1 *Commission on Physicochemical Symbols, Terminology and Units*, Odjela za fizikalnu kemiju, IUPAC. Tako je NK bio pozvan na sljedeće zasjedanje Opće skupštine IUPAC-a, održano u kolovozu 1977. godine u Varšavi, i tamo je bio izabran za naslovnog člana Komisije I.1.¹⁴

Pojedine su komisije uz odabrane naslovne članove uključivale pridružene članove (obično nakon isteka mandata naslovnog člana) te delegirane članove pojedinih nacionalnih organizacija. Go-

* Naslovni član (*Titular Member*) u IUPAC znači da je osoba imenovana od IUPAC-a pa zato i IUPAC snosi sve troškove dolazaka na radne sastanke, za razliku od predstavnika članica IUPAC-a (*National Representative*) koji dolaze o trošku društva koje predstavljaju. Kao naslovni član može se u danj komisiji ostati dva mandata od po 4 godine na jednom položaju. Na višim položajima (tajnik i predsjedavajući) može se ostati još dodatno 2 godine.

dine 1977., kada je NK izabran za naslovnog člana Komisije I.1, predsjedavajući Komisije bio je D. H. Whiffen (Velika Britanija), tajnik K. Weil (Njemačka), a naslovni su članovi bili I. Ansara (Francuska), V. Kellö (Čehoslovačka), J. Koefoed (Danska), D. R. Lide (SAD), A. Schuyff (Nizozemska). Pridruženi su članovi bili M. L. McGlashan (Velika Britanija), M. A. Paul (SAD), A. Perez-Masia (Španjolska), J. Terrien (Francuska) i L. Villena (Španjolska). S obzirom na istek mandata D. H. Whiffena, za predsjednika Komisije je 1977. godine izabran D. R. Lide (USA).

Prigodom sljedeće Opće skupštine IUPAC-a, koja je održana 1979. godine u Davosu (Švicarska), NK predlaže reviziju preporuka IUPAC-a prema uzoru na preporuke HKD-a. Naime, tadašnje preporuke o fizikalnim veličinama i jedinicama IUPAC-a, sastavljene od M. L. McGlashana (1970.), te neznatno revidirane od M. A. Paula (1973.) i D. H. Whiffena (1979.), sadržavale su tek kratak popis veličina i njihovih simbola uz malo kratkih objašnjenja. Distribuirano je oko 1000 primjeraka, a odjek je bio slab. Nasuprot tome, preporuke HKD-a o fizikalnim veličinama i jedinicama služile su studentima, nastavnicima i znanstvenicima iz različitih područja prirodoslovlja i tehnike. Drugo izdanje tiskano je 1980. godine a sveukupno je prodano skoro 20 000 primjeraka. Prijedlog NK za reviziju preporuka IUPAC-a bio je odbijen, no ustanovljeno je da bi značajnijoj reviziji preporuka bilo poželjno prići za 3 do 4 godine.¹⁵ Jedan od razloga za odbijanje bio je da neki nisu htjeli prihvatiti da se međunarodne preporuke rade po uzoru na hrvatske.

Godine 1981. održana je u Leuvenu (Belgija) Opća skupština IUPAC-a na kojoj je NK sudjelovao i kao službeni delegat.¹⁶ Kao član Komisije I.1 za fizičko-kemijske simbole, terminologiju i jedinice obnovio je prijedlog za reviziju preporuka IUPAC-a prema preporukama HKD-a. Prijedlog ponovno nije prihvaćen, ali je protivljenje bilo daleko slabije. Ipak se nešto postiglo, te je dogovoreno da bi revidirane preporuke trebale uključiti neke materijale iz već objavljenih dodataka za pojedina područja fizikalne kemije.¹⁷ Radilo se o tome da se Komisija sustezala od tako opsežnog projekta.

Projekt Zelene knjige

Stav ljudi u Komisiji I.1 ipak se postupno mijenjao i 1983. godine, na zasjedanju u Lyngbyju (Danska), prijedlog NK se prihvaća.¹⁸ Tom je prilikom NK bio izabran za tajnika Komisije I.1, a izabrana je i radna skupina za izradu preporuka o fizikalnim veličinama i jedinicama u sastavu Kozo Kuchitsu (Japan), Nikola Kallay (Hrvatska) i Klaus Homann (Njemačka).^{19,20}

Na prijedlog Kuchitsua kao naslovni član Komisije I.1 izabire se Ian Mills. On se odmah pridružuje radnoj skupini, a kasnije na prijedlog Kallaya još i Tomislav Cvitaš. Sljedeće, 1984. godine, Ian Mills predlaže sastanak uže radne skupine (Mills, NK, TC) u Zagrebu. No smještaj u Zagrebu nismo mogli naći jer se u to doba održavao Zagrebački velesajam. Najbliži hotel sa slobodnim smještajem bio je u Jastrebarskom, tako da su temelji novih preporuka IUPAC-a o fizikalnoj kemiji postavljeni u tom malom hrvatskom gradiću. Mi smo do tada već sastavili dosta opsežnu kartoteku fizikalnih veličina te prijedloga za njihove simbole prema osnovnim dokumentima: IUPAC, IUPAP, ISO. Posao je počeo u Zagrebu: mi smo pripremili materijale i sastavili prvi prijedlog koji je za zajedničku raspravu u Readingu tekstualno obogatio Mills.

Prvi službeni sastanak radne skupine održan je u ožujku 1985. godine kod Iana Millsa (slika 4) na Sveučilištu u Readingu.^{21,22} Razmatrana je i doradivana prva verzija rukopisa Zelene knjige koju su sastavili I. Mills, TC i NK. Dogovoreno je da I. Mills uredi rukopis. Velik dio teksta bio je već u prilično dotjeranom obliku, ali ga je trebalo pripremiti za ozbiljnije rasprave unutar Odjela za fizikalnu kemiju IUPAC-a. Opće skupštine IUPAC-a održavaju se svake dvije godine i tada su na okupu sve komisije tako da se mogu održavati sastanci stručnjaka različitih profila. Preporuke iz



Slika 4 – Reading, ožujak 1985. godine. Radna skupina za preporuke o fizikalnim veličinama i jedinicama. S lijeva na desno: K. Homann, K. Kuchitsu, I. Mills i N. Kallay.



Slika 5 – Comité Consultatif des Unités, Bureau International des Poids et Mesures lipnja 1984. ispred Pavillon de Breteuil (Sèvres, Paris). Lijevo: N. Kallay.

područja cijele fizikalne kemije bilo je nužno raspraviti s članovima komisija za termodinamiku, kemijsku kinetiku, elektrokemiju i spektroskopiju. Ono što je uvrješeno u jednom užem području nije uvijek u skladu s općim pravilima i trebalo je dosta uvjeravanja da bi se došlo do svima prihvatljivog teksta. Eksperti u jednom području ne vole da im netko izvana mijenja notaciju ili terminologiju. Ponekad imaju pravo jer detalje struke poznaju znatno bolje nego oni izvan nje, ali nekad nisu svjesni kako se to kosi s pravilima koja vrijede općenito ili se rabe u susjednim disciplinama. Svrha je preporuka upravo da se olakša komunikacija i među stručnjacima iz različitih područja. Takvi su sastanci dosta zahtjevni kako za jednu tako i za drugu stranu, ali pritom obje strane mogu mnogo naučiti.

Prigodom Opće skupštine IUPAC-a kolovoza 1985. u Lyonu (Francuska) sastala se Komisija I.1 (*Commission on Physicochemical Symbols, Terminology and Units*, Odjela za fizikalnu kemiju, IUPAC). Na sastanak je uz titularne članove bio pozvan i TC, kao član radne skupine. Na sastanku je Kuchitsu potvrđen kao predsjednik, NK je izabran za tajnika, a TC za naslovnog člana Komisije I.1. NK je također kao predstavnik IUPAC-a, izabran u više međunarodnih tijela, *Interdivisional Committee on Nomenclature and Symbols* (IDCNS, IUPAC), *International Union of Pure and Applied Physics* (IUPAP *Commission on Symbols, Units, Nomenclature, Atomic Masses, and Fundamental Constants*, SUNAMCO) i Tehnički odbor 12 *International Organization for Standardization* (ISO/TC12 *Quantities, Symbols, Conversion Factors, and Conversion Tables*). Već je ranije, 1984. godine, bio izabran za člana *Comité Consultatif des Unités, Bureau International des Poids et Mesures* (Sèvres, Paris), slika 5, gdje se zalagao za jednostavniju i jednoznačniju definiciju jedinice mol, no u svom nastojanju nije uspio.²³ U tim je tijelima NK bio aktivan do početka 1989. godine, posao kako ga je zamislio bio je dovršen, pa se prije isteka mandata zahvalio na povjerenju te se potpuno posvetio znanstvenom radu u području fizikalne kemije.²⁴

U Lyonu je na sastanku Komisije I.1 (slika 6) radna skupina podnijela izvještaj. Komisija je prihvatila prijedlog da se radnoj grupi i formalno priključi TC, da urednik preporuka bude I. Mills te da bude istaknut kao prvi autor, dok redosljed ostalih neka ide abecednim redom: I. Mills, T. Cvitaš, K. Homann, N. Kallay i K. Kuchitsu. Velik je dio vremena bio posvećen raspravama s ostalim komisijama Odjela za fizikalnu kemiju: I.2 Termodinamika, I.3 Elektrokemija, I.4 Kemijska kinetika, I.5 Spektroskopija, I.6 Koloidna i površinska kemija. Trebalo je dogovoriti što i kako će se preporuke revidirati i usklađivati kako bi se najkasnije do sljedeće opće skupštine IUPAC-a priredio novi priručnik. U to doba, kada elektronička pošta još nije bila svima dostupna, sve je trebalo rješavati dopisivanjem. Za ilustraciju možemo reći da je rukopis



Slika 6 – Sastanak Komisije I.1 IUPAC-a prigodom Opće skupštine u Lyonu u kolovozu 1985. godine. S lijeva na desno: I. Mills, K. Kuchitsu i N. Kallay.

priručnika od 130 stranica debeo oko 1 cm, međutim pripadna korespondencija bila je deblja od jednog metra. Iako smo posao dijelili, ipak je ostalo mnogo toga što smo kao radna grupa trebali zajednički riješiti, i to gdje nas ne bi ometale redovite radne obaveze. Dogovorili smo da se radni sastanak održi u ožujku 1986. godine i to u Interuniverzitetkom centru u Dubrovniku.

Završna faza

Dubrovački sastanak nije počeo bez teškoća. Planirano je bilo da dođemo u Dubrovnik zajedno, istim avionom na letu Frankfurt–Zagreb–Dubrovnik. Kuchitsu je letio Tokio–Frankfurt i hvatao spomenuti let. Homann živi u Darmstadtu i Frankfurt mu je najbliži aerodrom, a Mills bi iz Londona trebao u Frankfurtu hvatati taj let. Mi smo se trebali priključiti u Zagrebu pa nisu bila potrebna detaljna objašnjenja o dolasku u hotel i radu u Interuniverzitetkom centru za postdiplomske studije. No nije sve išlo po planu. U Zagrebu se spustila magla, NK je predao prtljagu, a prtljagu TC više nisu primili jer se aerodrom zatvorio. Nakon duljeg čekanja i neizvjesnosti čuli smo da je avion iz Frankfurta preletio Zagreb i krenuo izravno za Dubrovnik, a mi smo se našli vezani prtljagom na zagrebačkom aerodromu i nastojali da nekako noćnim vlakom i autobusom što prije stignemo do Dubrovnika. Idući



Slika 7 – Dubrovnik, ožujak 1986. godine. Nakon višesatnog rada ugodno je prošetati Stradunom i otići na ručak. S lijeva na desno: T. Cvitaš, K. Homann, I. Mills, K. Kuchitsu i N. Kallay.

smo dan prije podne uspjeli doći u Dubrovnik. U hotelu Lero smo doznali da su dva od tri gosta stigla prethodni dan te da su otišli u grad. Odmah smo pošli u grad i ubrzo su nas Kuchitsu i Homann uočili iz restorana u ulici Preko. Mills je došao za nekoliko sati. Stigao je na vrijeme u Frankfurt, no nije bilo mjesta za priključivanje aviona na terminal i tako je sjedeći u svom avionu iz Londona gledao kako polijeće avion za Dubrovnik. Stigao je nekoliko sati nakon nas Zagrepčana. Popodne smo počeli s radom u Interuniverzitetskom centru i tako nastavili sljedeće dane (slika 7).²⁵

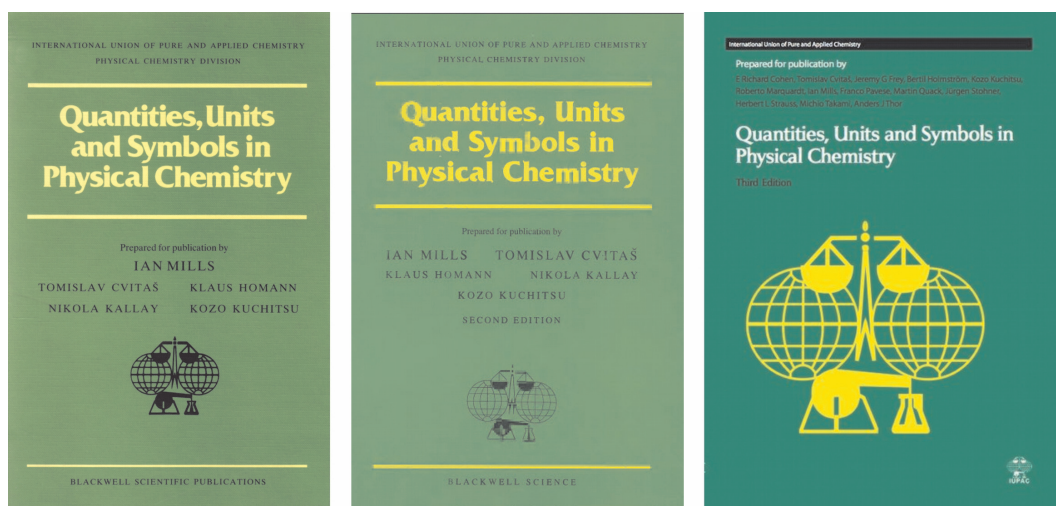
U takvom poslu treba svrsishodno organizirati rasprave i način donošenja odluka. Poimanje, način definiranja i najpogodniji naziv stvar su dogovora. Svatko pritom ima svoje preferencije. Ako bi razmimoilaženje bilo u sferi ukusa, dogovoreno je da svaki član komisije ima po jednog *jokera*, tj. u slučaju prijepora ima pravo na izbor po vlastitom ukusu. To je pridonijelo ugodnoj atmosferi i efikasnosti rada. Tako smo mi potrošili jednog *jokera* u nastojanju da se veličina “amount of substance” veže uz množinu molekula i atoma, a ne uz tvar, pa se u preporukama “tvar” našla u zagradi kao “amount (of substance)” s time da se fraza “of substance” može zamijeniti specificiranom jedinkom, npr. kao “amount of O₂”, umjesto “amount of oxygen with respect to O₂ molecules”, kako se prije preporučivalo. Usprkos *jokerima* nismo uspjeli uvesti jednostavan način izražavanja kao “amount of oxygen molecules”

ili “amount of O₂ molecules”. Da bi preporuke bile prihvaćene, tj. da ne bi naišle na protivljenje kemičara koji nisu educirani na kvantitativnom pristupu koji se njeguje u fizici, smatralo se da treba ostaviti nejasnoću označujući li simbol O₂ molekulu kisika ili tvar molekularni kisik. Ipak, već je ovo približavanje egzaktnijem načinu izražavanja naišlo na odobravanje, npr. kod G. Gorina.²⁶

Prigodom naredne opće skupštine IUPAC-a, održane 1987. godine u Bostonu (USA), održan je sastanak Komisije I.1 za fizičko-kemijske simbole, terminologiju i jedinice, u kojem smo sudjelovali i mi. Radna grupa za izradu preporuka (I. Mills, T. Cvitaš, K. Homann, N. Kallay i K. Kuchitsu) predložila je drugu verziju probnih otisaka Zelene knjige IUPAC-a. Samo slaganje sloga za tisak u takvom je tekstu neobično zahtjevno i izvedeno je u Indiji. Zelena knjiga odobrena je od Međudržavne komisije za nomenklaturu i simbole (IDCNS, današnja ICTNS), pa je u Bostonu raspravljano o knjizi u tisku,²⁷ koja se eventualno mogla mijenjati samo u sitnicama. Zaključke bostonskog sastanka opisao je Homann.²⁸

Početkom 1988. godine, u izdanju Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK, ugledala je svjetlo dana nova Zelena knjiga IUPAC-a, priručnik *Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry*, u izdanju *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC) kao preporuka Odjela za fizikalnu kemiju (*Physical Chemistry Division*) IUPAC-a²⁹ (slika 8, lijevo). Kao autori mogli smo kupiti knjige uz popust od 30 %. Mi smo kupili po dvije ili tri, Mills si je kupio tucet (Englezima ipak nije u krvi decimalni sustav!), a Kuchitsu je zatražio 300 primjeraka! Mislili smo prvo da se radi o pogrešci, no nije bilo tako. On je povodom odlaska u mirovinu na Sveučilištu u Tokiju htio svakom bivšem studentu i suradniku pokloniti Zelenu knjigu. Za takav se iznos može kupiti automobil i učinilo nam se suviše rastrošno toliko izdvojiti. No u Japanu se poštuje tradicija i cijene starije. Kada netko ugledan odlazi u mirovinu, priredi se svečanost, a običaj je da svatko od pozvanih daruje novac kojega onda ugledni profesor upotrebljava na mudar način.

Zelenu knjigu IUPAC-a iscrpno je prikazao Kuchitsu.³⁰ Pojavili su se i drugi prikazi većinom pohvalni, ali i uz kritiku koja ukazuje na probleme koje smo susretali kada u svijetu postoje dva različita pristupa tumačenju, npr. kod značenja standardnih veličina u termodinamici.³¹ Distribucija i potražnja je iznenadila izdavača, tako da je iste godine ponovljen tisak, a naredne 1989. godine još jednom. Preporuke su prihvaćene od velikog broja nacionalnih kemijskih društava, a citirane su u uputama autorima mnogih časopisa i u udžbenicima fizikalne kemije. Velik je dio priručnika pretiskan u najrasprostranjenijem priručniku za kemiju i fiziku.³²



Slika 8 – Zelene knjige IUPAC-a: prvo izdanje iz 1988. drugo iz 1993. i treće iz 2007. godine

Daljnji rad i kasnija izdanja Zelene knjige IUPAC-a

Bili smo svjesni da neke probleme nismo uspjeli dogovorno riješiti i jednostavno smo ih izostavili. No posao je ostao i dogovorili smo da ćemo odmah početi rad na drugom izdanju. NK je napustio IUPAC, a TC je na sljedećoj Općoj skupštini IUPAC-a 1989. u Lundu izabran za predsjedavajućeg Komisije I.1 sa zadatkom da vodi rad na drugom izdanju Zelene knjige IUPAC, surađujući ponajprije s I. Millsom, koji je preuzeo ulogu tajnika i vodstvo IDCNS-a. Rad na tim poslovima znatno se olakšao i ubrzao jer smo tada već imali na raspolaganju elektroničku poštu, pa smo sve radili na računalima. Posebno nas je razočaralo da se drugo izdanje trebalo ponovno prepisivati, a nisu se rabili elektronički mediji. Dobili smo prvo izdanje otisnuto na papiru A3 formata s mnogo prostora za izmjene, i na to smo morali upisati ili ulijepiti nove dijelove teksta. Za to drugo izdanje uspjeli smo napisati potpoglavlje o bezdimenzijskim veličinama i jedinicama kao što su postoci, promili, dijelovi u milijun, itd. Uključeno je kazalo pojmova tako da se čitatelji mogu lakše snaći.

Spomenimo još jednu zgodu. Već smo u prvom izdanju uz vrijednost broja π imali kratku bilješku o tome kako se lagano može upamtiti prvih 15 znamenaka tog broja. Jednostavno se dobivaju iz broja slova u riječima jedne lako upamtljive zabavne rečenice na engleskom. Znali smo da postoje takve mnemonike i u drugim jezicima. Homann je znao na njemačkom, u ruskom i japanskom prijevodu su mnemonike navedene na dotičnim jezicima u prijevodima knjiga, ali za francuski smo znali samo prvih nekoliko riječi i u izvještaju sastanka Komisije I.1 na Općoj skupštini IUPAC-a u Hamburgu 1991. TC je zamolio čitatelje za pomoć.³³ Rezultat je bio dosta neočekivan. Nakon mjesec dana od objavljivanja u časopisu primili smo prvo mali tekst za oko 20 znamenaka, a mjesec dana kasnije dulji tekst za stotinjak znamenaka. Nakon oko godine dana došla nam je prepjevana poznata pjesma Gavran (*Raven*) Edgara Alana Poea: "Poe, E., Near a Raven,..." koja daje oko 740 znamenki broja π ! Nije više sigurno je li lakše upamtiti pjesmu od 740 riječi ili 740 znamenki. Možda vam se čini mnogo, ali u odnosu na poznati broj od 10¹² znamenki ipak je to zanemariv udjel. Nismo to uvrstili u Zelenu knjigu 2 a danas je sve dostupno na internetu.³⁴

Najviše teškoća smo imali pri usklađivanju teksta s elektrokemičarima (Komisija I.3) i to oko elektrokemijskog potencijala. Na kraju su oni tražili da tekst ostane kao u prvom izdanju. I to drugo izdanje je moralo proći kontrolu drugih Odjela IUPAC-a preko Međuodjelske komisije IDCNS te je izašlo iz tiska 1993. godine za Opću skupštinu IUPAC-a u Lisabonu (slika 8, sredina). Prikaz je dao Mills.³⁵

Komisija I.1 se u međuvremenu dosta promijenila. Nakon što je Mills istekao mandat, Martin Quack iz Züricha je 1991. godine preuzeo ulogu tajnika. Komisiji se pridružio Herb Strauss iz Berkeleya. Godine 1993. TC prestaje biti naslovni član zbog isteka mandata, te se Strauss izabire za predsjedavajućeg Komisije I.1. TC je u međuvremenu postao i naslovni član Upravnog tijela (*Division Committee*) Odjela za fizikalnu kemiju i u I.1 ostaje kao pridruženi član. Dogovoreni cilj Komisije I.1 bio je za pet godina pripremiti novo izdanje i to na elektroničkom mediju kako bi se olakšale revizije tekstova i prijevodi te da se veći dio teksta stavi na mrežne stranice IUPAC-a. Brigu oko pripremanja elektroničkog teksta u formatu LaTech preuzeo je M. Quack. Tehnički dio tog posla predao je svom mlađem suradniku Jürgenu Stohneru. Sam Stohner početno nije bio ni uključen u rad Komisije I.1 i morao je raditi prema uputama profesora Quacka, dok je formalno rad Komisije vodio Herb Strauss. Želja je bila neka poglavlja modernizirati u skladu s razvojem tih područja. To se odnosilo na kemijsku kinetiku i brze reakcije, na primjenu lasera i na površinsku kemiju.

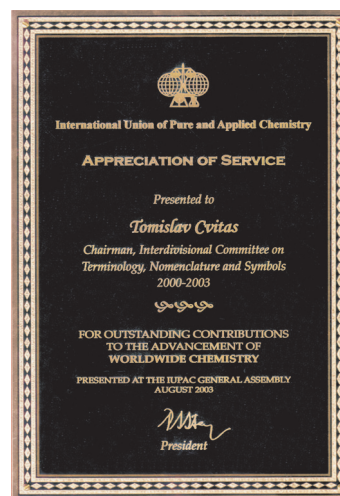
Posao oko pripreme trećeg izdanja napredovao je sporo. Na sastancima Komisije I.1 i unutar Odjela za fizikalnu kemiju IUPAC-a dosta se raspravljalo o promjeni naslova u *Physical-Chemical Quantities and Units* te kako će se iskazati ljudi koji su sudjelovali

u pripremi trećeg izdanja. Kuchitsu, Mills i TC još su uvijek bili aktivni unutar IUPAC-a u Odjelu fizikalne kemije te u IDCNS/ICTNS i zagovarali su originalni naslov uspješnog izdanja. Možda je u korist održavanja originalnog naslova prevagnula primjedba Petera Atkinsa u Upravnom tijelu za fizikalnu kemiju da bi se moglo argumentirati da *Biblija* možda isto nije najbolji naslov za knjigu, a da se ipak održao. Naslov priručnika je odlukom iz 2001. godine na Općoj skupštini IUPAC-a u Brisbaneu ipak zadržan u originalnom obliku iz prethodnih izdanja.

Na sljedećim Općim skupštinama IUPAC-a nije bilo više rasprava s ostalim Komisijama IUPAC-a, jer su gotovo sve komisije IUPAC-a od 2000. godine bile ukinute. TC je kao predsjednik Odjela za fizikalnu kemiju 1998. – 99. sudjelovao u radu najvišeg upravnog tijela IUPAC-a, *Bureau*, i u ime Odjela bio protiv tako drastičnih promjena, no većina se složila da će tako IUPAC postati djelotvorniji i da će ljudima koji rade na prihvaćenim projektima biti na raspolaganju više sredstava. Iako je Komisija I.1 zadržana, kao i Komisija II.1 za atomske težine i izotopne zastupljenosti, na Općim skupštinama IUPAC-a više nije bilo dugotrajnih, možda mukotrpnih, ali nadasve vrijednih interakcija među stručnjacima različitih profila. Za rad na zajedničkim problemima, kao što su terminologija i simbolika, to je postalo kobno. U trećem je izdanju Zelene knjige IUPAC-a dodano poglavlje o mjernoj nesigurnosti, neka su poglavlja proširena, a pridodan je velik broj referencija dobrim dijelom iz primarne literature (od 75 u drugom izdanju do 159 u trećem). Za nakladnika trećeg izdanja prihvaćeno je Kraljevsko kemijsko društvo (*Royal Society of Chemistry*), Cambridge, UK, i knjiga je objavljena 2007. godine (slika 8, desno) za Opću skupštinu IUPAC-a u Torinu. Jednom je dotiskana s malim korekcijama i kao takva dostupna je od travnja 2011. godine na mreži.³⁶

S obzirom da je priprema za tisak obavljena u Zürichu bez troškova za nakladnika i da za publikacije IUPAC-a ne postoje autorski honorari, razočaravajuće je da je treće izdanje 4 puta skuplje od drugog. Ima tvrdi uvez, 46 % je veće po opsegu, ali faktor 4 je teško opravdati. S obzirom na to da je dostupno na mreži, mala je vjerojatnost da će se potražnja povećati. Prijevodi na druge jezike (talijanski, njemački, japanski, portugalski,...) su u tijeku i ti bi sada trebali biti jednostavniji jer su sve jednadžbe i tablice složene. Ostaje još samo prevođenje čistog teksta.

Nakon isteka mandata kao predsjednika Odjela za fizikalnu kemiju TC je 2000. godine od Millsa preuzeo vođenje IDCNS-a kao predsjedavajući komisije koja se brine o međusobnoj usklađenosti svih preporuka IUPAC-a. Na toj je funkciji ostao do kraja 2003., tako da je zadnja Opća skupština na kojoj je sudjelovao bila u Ottawi 2003. godine. Tom je prilikom primio priznanje od tadašnjeg predsjednika IUPAC-a Pietera Steyna (slika 9). U okviru rada



Slika 9 – Priznanje dodijeljeno T. Cvitašu za doprinos kemiji u okviru rada svjetskog saveza kemičara IUPAC

IDCNS-a, preimenovanog u ICTNS (*Interdivisional Commission on Terminology, Nomenclature and Symbols*), izdaje se i tzv. Zlatna knjiga IUPAC-a koja sadrži bitne preporuke svih odjela IUPAC-a. Prvo izdanje Zlatne knjige gotovo da nije sadržavalo preporuke iz Odjela za fizikalnu kemiju, a za drugo je izdanje TC pripremio definicije za preko 500 pojmova koji su uključeni u novu Zlatnu knjigu,³⁷ koja je danas dostupna na mreži u interaktivnom obliku.³⁸

Problemi vezani uz aktivnost IUPAC-a dobro se razaznaju ako se razmotri izdavanje Zelene knjige. Za sastavljanje i pisanje, usklađivanje i objavljivanje Zelene knjige trebalo je pet godina rada. Za prvo revidirano izdanje trebalo je također pet godina, a na treće revidirano izdanje čekalo se četrnaest godina! Uloga hrvatskih kemičara unutar IUPAC-a danas je bitno smanjena. Ostao je još samo Leo Klasinc, aktivan u Odjelu za kemiju i okoliš, no ove je godine i njemu istekao mandat i posljednji je put sudjelovao na Općoj skupštini u Portoriku.

Djelovanje u Hrvatskoj

Uz rad unutar međunarodnih organizacija poput IUPAC-a, djelovali smo i u domaćoj sredini. Sastavili smo preporuke za fizikalne veličine i jedinice Hrvatskoga kemijskog društva, a 16. prosinca 1974. godine osnovali smo radnu grupu za izradu standarda iz područja veličina i jedinica te okupili velik broj suradnika iz različitih područja znanosti i tehnike³⁹. Zajednički smo rješavali brojna terminološka pitanja i dvojbe. Na primjer, hrvatski naziv "množina" za *amount of substance* skovali smo s Vladimirom Simeonom 1987. godine na zagrebačkom Marulićevom trgu 19, u ondašnjem Fizičko-kemijskom zavodu PMF-a. Potaknuo nas je Marijan Brezinščak svojim raspravama o brojnosti i prijedlogom za jedinicu bosc. Godine 1981. pri Saveznom savjetu iz područja metrologije SFRJ osnovana je Komisija za mjerne jedinice sa zadatkom da pripremi novi zakon o mjernim jedinicama.⁴⁰ NK je kao predsjednik te komisije uspio da se zakon objavi i na hrvatskom jeziku, s našom hrvatskom terminologijom.

Ovdje je prilika upozoriti da radu treba pristupiti pažljivo i svaki podatak provjeriti. Opća je konferencija za utege i mjere (CGPM) donijela odluku da se za jedinicu volumena litru, uz dotadašnji simbol l, dopusti i alternativni simbol L koji bi se manje brkao sa znakom za broj jedan. Prema pravilu, velika se slova rabe kao simboli jedinica kada su nazivi dani po imenima osoba (N za newton, Pa za pascal, itd). Kenneth Woolner je onda 1978. godine u "aprilskom" broju časopisa svog sveučilišta Waterloo *Chem 13 News*, da opravda prijedlog novog simbola L za litru, napisao za prvooaprilsku šalu članak⁴¹ o izmišljenoj osobi Claudeu Émileu Jean-Baptisteu Litreu, sinu tobožnjeg francuskog vinara i proizvođača vinskih boca po kome je navodno nazvana jedinica litra. Gotovo smo nasjeli toj šali i zahvalni smo Marijanu Brezinščaku, koji nas je upozorio da to ne može biti istina. Prošli smo bolje nego Japanci koji su taj članak, pretiskan u *Int. Newslett. Chem. Educ.*, shvatili ozbiljno, pa se takvo obrazloženje našlo i u japanskim školskim udžbenicima.

Možda je naše najznačajnije djelovanje u domaćoj sredini bilo vezano uz obrazovanje i udžbenike. Prema jugoslavenskom zakonu⁴² u javnom su se prometu smjele rabiti gotovo isključivo jedinice Međunarodnog sustava. Bile su predviđene i kazne za kršenje tog zakona pa su nakladničke kuće za svoje udžbenike tražile još dodatnu, tzv. mjeriteljsku recenziju. Krajem sedamdesetih i početkom osamdesetih godina tako smo pregledali i revidirali velik broj udžbenika. Nisu problemi bili tek u zamjenjivanju kalorija jouleima, atmosfera pascalima, i sl. Glavni su se problemi odnosili na ispravno pisanje jednadžbi, uvrštavanje vrijednosti fizikalnih veličina i na čitav tzv. veličinski račun, koji u kemiji nije bio udomaćen. Za školske nastavnike i urednike stručne literature održali smo diljem Hrvatske, pa i u Vojvodini i u Srijemu, brojne seminare o veličinskom računu i o pravilnom računanju u kemiji.

Ovdje bi bilo zgodno spomenuti jednu dogodovštinu. U Srijemskoj Mitrovici (ili možda u Rumi, ne sjećamo se više), nakon

održanog seminara za nastavnike kemije, bili smo pozvani na večeru kod jedne profesorice. Suprug je bio odvjetnik, a nekoliko je godina radio u Iraku, pa je kuća za ono doba bila vrlo raskošna. Imali su velik salon s glasovinom, lovačku sobu, sobu za glačanje, a u podrumu gimnastičku dvoranu sa stolom za ping-pong. Nama u čast okupili su se mjesni uglednici, a profesorica nam je s ponosom pokazivala prostorije u kući. Kada smo došli do ping-pong stola, upitali smo smijemo li se malo poigrati. Rečeno je da može, ali ne dugo jer se gosti već okupljaju. Mi smo se zaigrali, a onda se TC naglo sagnuo da uhvati jednu oštriju lopticu i raspukle su mu se hlače (koje je s ponosom nosio jer ih je zaradio kao atletski sudac), i to straga od pojasa sve do rasporka. Treba znati da smo mi u to doba živjeli prilično skromno. Nama draga profesorica Mira Herak došla je po nas jer su nas svi već čekali, no TC se nije mogao pojaviti s rasporenim hlačama. Problem je riješen tako da mu je domaćica posudila suprugovo lovačko odijelo koje mu je i bez šešira jako dobro pristajalo. Poslije večere su hlače bile zašivene u sobi za šivanje, pa smo se mogli uredno vratiti vlakom u Zagreb. Ostale su to nezaboravne uspomene.

Stručnu i udžbeničku literaturu za prirodoslovne i tehničke struke su pred tridesetak godina u Hrvatskoj izdavale uglavnom nakladničke kuće *Školska knjiga* i *Tehnička knjiga*. Bilo je lako upoznati urednike za ta područja i zvati ih na seminare. Bili su voljni usavršiti svoj posao. Uvođenje veličinskog računa u kemiju nije bilo svima prihvatljivo, tako da smo pri složenijim zahvatima surađivali s autorima kao stručni suradnici ili čak kao koautori. Napisali smo više udžbenika^{43–50} te priručnik za nastavnike⁵¹ te brojne članke o specifičnim problemima u našoj^{52–58} pa i svjetskoj literaturi.^{59–66} Tako je u relativno kratkom vremenu naša kemijska literatura u pogledu baratanja veličinama i jedinicama postala vrlo kvalitetna i po tome sigurno u europskom vrhu. Svjetski gledano, najutjecajnija američka literatura tu i dan-danas jako zaostaje.

A kako je danas u nas? Jesmo li bitno napredovali od 1980-ih godina? Razočaravajuće je da se tu dosta popustilo. Nakladnika koji tiskaju školske udžbenike ima sada više, ali pažljivo educiranih urednika ima manje! Problem više nije kako pažljivo formulirati tekst, već sadržaj. U školskoj se literaturi danas mogu naći potpuno pogrešne tvrdnje. Vjerovali ili ne, to se događa usprkos tome što su autori formalno priznati stručnjaci, podjednako tako i recenzenti a udžbenici odobreni od stručnih povjerenstava Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa. Takve udžbenike za uporabu preporučuju škole a prihvaćaju ih vijeća roditelja. Na papiru i formalno gledano procedura je savršena, ali rezultat je sramotan. Slično, danas učenici imaju bolje ocjene nego prije trideset godina, ali znanje i razumijevanje bitnih pojmova znatno je slabije. Kako je moguće da maturanti (njih više!) koji su odabrali kemiju kao predmet na državnoj maturi za formulu amonijeva iona pišu Am, za hidrogen Hg? Kako je moguće da se u udžbeniku kemije nađe kao primjer endotermne reakcije plinski bojler, da je vodik s obzirom na vodikove veze dvovalentan, da se potencije dijele tako da se baza prepíše, a eksponenti zbroje (i to ne kao tiskarska pogreška, nego i u primjeru je $10^5/10^8 = 10^{13}$)? Poznat je primjer početnice u kojoj je zaboravljeno jedno slovo!?! Kako je moguće da to autori napišu, a svi ostali uključeni ne uoče, ne isprave i konačno preporučue za upotrebu? Što su nam djeca skrivila da se tako neodgovorno ponašamo? Pogrešno pisanje simbola veličina i jedinica onda zaista postaje nebitno. Događa se da neki udžbenici kemije podučavaju kako treba pisati simbole veličina, no nažalost pogrešno. Bilo bi znatno bolje kad bi urednici stručne literature, pa tako i školskih izdanja, to naučili i primjenjivali! Imali bismo kvalitetniju literaturu, pa bi možda i ponekog učenika zainteresirali za kemiju u skladu s ciljem IYC 2011.

Ovaj tekst pišemo s nadom da ćemo možda neke iz mlađih nadolazećih generacija potaknuti da se aktivno uključe u međunarodna djelovanja i u prijenos znanja, usprkos sve češćem traženju subjektivno odabranih "objektivnih pokazatelja" vrijednosti znanstveno-nastavnog rada u obliku bodova pri izborima u znanstvena i nastavna zvanja.

Literatura

1. M. L. McGlashan, *Pure Appl. Chem.* **21** (1970) 1–38.
2. M. A. Paul, *Manual of Symbols and Terminology for Physicochemical Quantities and Units*, Butterworths, London, 1975.
3. D. H. Whiffen, *Pure Appl. Chem.* **51** (1979) 1–36.
4. Symbols, Units and Nomenclature in Physics, IUPAP Document UIP 11 (SUN 65-3), Paris 1965; {IUPAP Document UIP 20, Paris 1978; E. R. Cohen, P. Giacomo, Symbols, Units, Nomenclature and Fundamental Constants in Physics, IUPAP SUNAMCO 87-1, Paris, 1987.}.
5. International Standards ISO 31, Quantities and units, International Organization for Standardization, Geneva 1992:
 - (a) ISO 31-0:1992 General principles units and symbols
 - (b) ISO 31-1:1992 Space and Time
 - (c) ISO 31-2:1992 Periodic and related phenomena
 - (d) ISO 31-3:1992 Mechanics
 - (e) ISO 31-4:1992 Heat
 - (f) ISO 31-5:1992 Electricity and magnetism
 - (g) ISO 31-6:1992 Light and related electromagnetic radiations
 - (h) ISO 31-7:1992 Acoustics
 - (i) ISO 31-8:1992 Physical chemistry and molecular physics
 - (j) ISO 31-9:1992 Atomic and nuclear physics
 - (k) ISO 31-10:1992 Nuclear reactions and ionizing radiations
 - (m) ISO 31-11:1992 Mathematical signs and symbols for use in physical sciences and technology
 - (n) ISO 31-12:1992 Characteristic numbers
 - (p) ISO 31-13:1992 Solid state physics

Sve te norme objavljene su i kao priručnik: ISO Standards Handbook, *Quantities and units*, ISO, Geneva 1993. (Slično je vrijedilo i za ranija izdanja 1958. – 1974.)
6. *The Symbols Committee*, Quantities, Units and Symbols, Royal Society, London, 1971. (2. izd. 1975.).
7. M. L. McGlashan, *Physicochemical Quantities and Units*, Monographs for teachers No. 15, Royal Institute of Chemistry, London, 1971.
8. T. Cvitaš, N. Kallay, *Fizikalno-kemijske veličine i jedinice Međunarodnog sustava (SI)*, PMF SuZ i HKD, Zagreb, 1974.
9. N. Kallay, *Croat. Chem. Acta* **48** (1976) A40–A41.
10. T. Cvitaš, N. Kallay: *Fizičke veličine i jedinice Međunarodnog sustava*, Hrvatsko kemijsko društvo, Zagreb 1975; (Hrvatsko kemijsko društvo i Školska knjiga, Zagreb, 1980.).
11. V. Simeon (ur.), *Hrvatska nomenklatura anorganske kemije*, Školska knjiga, Zagreb 1996.
12. D. Škare, V. Rapić (ur.), *Nomenklatura organskih spojeva*, Sekcije A, B i C, SKTH i Kemija u industriji, Zagreb 1985.; M. Šuprina, S. Kovač, M. Lačan (prev.), *Nomenklatura organskih spojeva*, Sekcije D, E, F i H, SKTH i Kemija u industriji, Zagreb 1985.; V. Rapić (ur.), *Vodič kroz IUPAC-ovu nomenklaturu organske kemije*, Školska knjiga, Zagreb, 2002.
13. Sir Isaac Newton's Laws of Gravity and Motion, <http://michaelsamuelson.wordpress.com/2010/03/04/sir-isaac-newtons-laws-of-gravity> (24. 8. 2011.).
14. IUPAC Information Bulletin, No. 2 (1978) 87.
15. *Chem. Int. Suppl.* (1980) 111.
16. N. Kallay, 31. Generalna skupština IUPAC, Leuven 1981., *Kem. Ind.* **31** (1982) 81–85.
17. *Chem. Int. Suppl.* (1982) 128–129.
18. *Chem. Int.* **5** (6) (1983) 16.
19. I. Ansara, *Chem. Int.* **6** (2) (1984) 8.
20. N. Kallay, T. Cvitaš, *Priručnik za simbole i terminologiju fizičko-kemijskih veličina i jedinica Međunarodnog saveza za čistu i primijenjenu kemiju (IUPAC)*, *Kem. Ind.* **33** (1984) 155.
21. I. M. Mills, *Chem. Int.* **7** (3) (1985) 40.
22. N. Kallay, I. Fischer, *Priručnik o fizičkim veličinama i jedinicama IUPAC i znanost o polimerima*, *Polimeri* **6** (1985) 210–211.
23. *Comité Consultatif des Unités*, Report de la 9e Session de 1984, BIPM, Sèvres 1984.
24. D. Kovačević, T. Preočanin, Nikola Kallay – curriculum vitae, *Croat. Chem. Acta* **80** (2007) XLI–L.
25. K. Homann, I. Mills, *Chem. Int.* **8** (4) (1986) 19–20.
26. G. Gorin, *Chem. Int.* **5** (1988) 173–174.
27. *Chem. Int.* **9** (2) (1987) 71.
28. K. Homann, *Chem. Int.* **10** (3) (1988) 104–105.
29. *Chem. Int.* **10** (5) (1988) 140–141.
30. K. Kuchitsu, *Chem. Int.* **11** (1) (1989) 1–4.
31. R. D. Freeman, Quantities, Units, and Symbols in Physical Chemistry (Mills, Ian; Cvitas, Tomislav; Homann, Klaus; Kallay, Nikola; Kuchitsu, Kozo), *J. Chem. Educ.* **66** (1989) A188.
32. D. R. Lide, Jr. (ur.), *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 87. izd., Francis & Taylor, Boca Raton 2006–2007; (i ranija izdanja).
33. T. Cvitaš, *Chem. Int.* **14** (1993) 100.
34. Near A Raven, <http://cadaeic.net/naraven.htm>, (24. 8. 2011.).
35. I. Mills, *Chem. Int.* **16** (1994) 1–2.
36. E. R. Cohen, T. Cvitaš, J. G. Frey, B. Holmström, K. Kuchitsu, R. Marquardt, I. Mills, F. Pavese, M. Quack, J. Stohner, H. L. Strauss, M. Takami, A. J. Thor, Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry, 3. izd., IUPAC i RSC Publishing, Cambridge, 2008. URL: <http://media.iupac.org/publications/books/gbook/IUPAC-GB3-2ndPrinting-Online-22apr2011.pdf> (24. 8. 2011.).
37. A. D. McNaught, A. Wilson (ur.), *Compendium of Chemical Technology*, 2. izd., Blackwell Science, Oxford, 1997.
38. IUPAC Compendium of Chemical Terminology – the Gold Book, <http://goldbook.iupac.org/index-alpha.html> (24. 8. 2011.).
39. N. Kallay, T. Cvitaš, Izvještaj o poslovanju radne grupe za izradu prijedloga jugoslavenskog standarda o fizikalnim veličinama i jedinicama, *Strojarstvo* **18** (1976) 81–82.
40. N. Kallay, I. Fischer, Djelovanje Komisije za mjerne jedinice Saveznog savjeta iz područja metrologije SFR Jugoslavije, *Strojarstvo* **25** (1983) 113–114.
41. K. A. Woolner, *Chem 13 News*, No. 95 (1978); {pretiskan u: *Int. Newslett. Chem. Educ.* No. 11 (1979) 7–9}.
42. Zakon o mjernim jedinicama i mjerilima, Službeni list SFRJ, br. 13 (1976) 341–352; Zakon o izmjeni i dopuni zakona o mjernim jedinicama i mjerilima, Službeni list SFRJ, br. 74 (1980) 2216–2217.
43. T. Cvitaš, J. Herak, N. Kallay, *Simboli, formule, jednadžbe*, Školska knjiga, Zagreb, 1980.
44. I. Planinić, N. Kallay, T. Cvitaš, *Zbirka zadataka iz kemije*, Školska knjiga, Zagreb, 1982; talijanski prijevod: *Eserciziario di chimica*, Edit, Rijeka, 1987.
45. O. Lui, A. Petreski, N. Kallay, *Kemija 2*, Školska knjiga, Zagreb 1986; prijevod na talijanski: 1991.
46. I. Planinić, T. Cvitaš, *Kemija 1*, Udžbenik za 7. razred, Školska knjiga, Zagreb, 1999.
47. I. Planinić, T. Cvitaš, *Kemija 1*, Radna bilježnica za 7. razred, Školska knjiga, Zagreb, 1999.
48. I. Planinić, T. Cvitaš, *Kemija 1*, Kontrolni zadaci za 7. razred, Školska knjiga, Zagreb, 1999.
49. J. Cvitaš, I. Planinić, *Kemija 1*, Priručnik za nastavnike, Školska knjiga, Zagreb, 2003.
50. J. Cvitaš, I. Planinić, N. Kallay, *Rješavanje računskih zadataka u kemiji*, I. i II. dio, Hrvatsko kemijsko društvo, Zagreb, 2008.
51. N. Kallay, T. Cvitaš, *Novi pristup računanju u kemiji*, Školska knjiga, Zagreb, 1980.

52. N. Kallay, T. Cvitaš, Nazivlje fizikalnih veličina, *Strojarstvo* **19** (1977) 78, 86.
53. T. Cvitaš, N. Kallay, Jugoslavenski zakon o mjernim jedinicama, međunarodne preporuke i nastava kemije, *Kem. Ind.* **27** (1978) 575–581.
54. N. Kallay, T. Cvitaš, Količina tvari – što je to?, *Kem. Ind.* **28** (1979) 1–11.
55. T. Cvitaš, N. Kallay, Kako uvoditi zakonite jedinice u farmaceutsku praksu, *Farm. Glasnik* **38** (1982) 117–127.
56. T. Cvitaš, N. Kallay, Doseg kemijske reakcije, *Kem. Ind.* **31** (1982) 591–594.
57. K. J. Laidler, N. Kallay, Extent of reaction; its significance in thermodynamics and kinetics, *Kem. Ind.* **37** (1988) 183–186.
58. T. Cvitaš, Novi pristup kemijskom računu, *Kem. Ind.* **55** (2006) 175–181.
59. T. Cvitaš, N. Kallay, Equations of electromagnetism from CGS to SI, *J. Chem. Educ.* **54** (1977) 530.
60. T. Cvitaš, N. Kallay, The extent of reaction concept, *Chem. Brit.* **14** (1978) 290, 292 {pretiskano u: D. J. Waddington (ur.), *New trends in chemistry teaching*, The UNESCO Press, Paris, 1981, str. 6–7}.
61. T. Cvitaš, N. Kallay, A mole of chemical transformations, *Educ. Chem.* **17** (1980) 166–168.
62. T. Cvitaš, I. M. Mills, Replacing gram-equivalents and normalities, *Chem. Int.* **16** (1994) 123–124.. {pretiskano u: *Chem 13 News*, No. 237 (1995) 14–15}.
63. T. Cvitaš, Quantities describing compositions of mixtures, *Metrologia* **33** (1996) 35–39.
64. T. Cvitaš, A new look at reaction rates, *J. Chem. Educ.* **76** (1999) 1574–1577.
65. T. Cvitaš, SI for chemists: another position, *J. Chem. Educ.* **76** (2004) 801.
66. T. Cvitaš, The Gibbs function of a chemical reaction, *Croat. Chem. Acta* **80** (2007) 606–612.

Kemija kao samosvojna znanost

H. Vančik*

Kemijski odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet,
Sveučilište u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb

Osobitosti kemijskog pristupa spoznaji

U metodologiji znanstvenog istraživanja u prirodnim znanostima, spoznajni se postupak može shematizirati prema algoritmičkom obrascu: fenomen, teorija, matematski model, eksperiment, poboljšana teorija, novi eksperiment itd. Krajnji je cilj oblikovanje što bolje teorije koja bi trebala tumačiti fenomen u okviru neke znanstvene paradigme. Također, razvijeni su i različiti spoznajno-teoretski postupci kojima bi se trebalo provjeravati doseg i vrijednost pojedinih teorija. Sjetimo se samo razmatranja logike znanstvenog otkrića *Karla Poppera*,¹ ili problema valjanosti nekih prihvaćenih kemijskih koncepata.²

Povijesno gledano, navedena znanstvena metodologija ima svoje podrijetlo u kozmologiji i kasnije fizici, gdje je teorija, gledana u najširem smislu, postala središnja točka znanstvenog djelovanja. Eksperiment u fizikalnu znanost ulazi relativno kasno, ozbiljnije tek u doba Galilea.³ No on od samog početka predstavlja u fizici postupak od drugorazrednog značaja, tj. služi tek za oblikovanje i provjeru vrijednosti teorije.

Suvremena kemija preuzela je takvu fizikalnu znanstvenu metodologiju i to do te mjere, da su pojedini znanstveni teoretičari, neupućeni u bit kemijskog razmišljanja, doveli u pitanje autonomnost kemije kao znanosti. Želimo li pokazati da je kemija autonomna znanost, moramo prije svega potražiti prave tradicionalne izvore kemijske znanosti, i to ne samo glede onog dijela prirode koji joj je dan na proučavanje već i s obzirom na ontološki i epistemološki odnos kemije i susjednih znanosti, osobito fizike.

Osvrnemo li se na povijesne tijekove koji su doveli do razvoja dviju znanosti, fizike i kemije, vidimo da su oni sasvim različiti. Dok je fizika kao spekulativna disciplina uvijek težila tumačenju prirode, te tako bila utemeljena kao teoretska disciplina, kemija vuče svoje podrijetlo od protokemije i kasnije alkemije, koja je kao središnju točku svojeg djelovanja imala eksperiment. No ovdje se ne radi o eksperimentu koji bi trebao potkrijepiti ili opovrgnuti neko naše

tumačenje – teoriju, već o proceduri kojom u laboratoriju treba oponašati samu prirodu. Ta filozofija eksperimenta kao glavnog čimbenika djelovanja u kemiji nedvojbeno vuče svoje korijene iz pretpovijesnih metalurških postupaka.⁴ Izdvajanje metala u metalurškoj peći bilo je doživljeno ne samo kao svrsishodan postupak već i kao svojevrstan suživot izvođača procedure, kemičara-metalurga s prirodom. Zadatak je (al)kemičara da njegovo djelo bude odraz pretvorbi u prirodi. U alkemijskom djelu *Summa Perfectionis* stoji: “Ono što priroda nije kadra usavršiti tijekom golemog vremenskog razdoblja, mi svojim umijećem možemo dovršiti u vrlo kratkom vremenu.” Cilj toga velikog djela (*Opus magnum*) nije bilo tumačenje prirode, oblikovanje teorije, već izvođenje eksperimenta kao takvog, *Opus alchimicum*.⁵

Kemija je tako postala disciplina koja neposredno manipulira materijom, ona se bavi *realnim* svijetom. S druge strane, fizikalne su teorije nastojale zahvatiti cjelokupni svijet. Biolozi, s izuzetkom molekularnih biologa koji su metodološki skoro kemičari, opet razmatraju tako složene sustave da nisu u stanju postići razinu egzaktnosti kakva je u kemiji. Ako prihvatimo da je kemija skrajnje egzaktna disciplina, kako je moguće da je ona gotovo sasvim istisnuta iz znanstveno-popularnih medija? Nedvojbeno je da razlozi za to leže kako u sve nižoj razini prosječno naobražene populacije tako i u medijskoj antiznanstvenoj, a osobito antikemijskoj kampanji. Ekološki problemi suvremenog svijeta pripisani su destruktivnom djelovanju kemije. No ta kritika previđa činjenicu da kemija kao znanost nije isto što i nesavjesno, često profitom motivirano baratanje za čovjeka i prirodu pogubnim kemikalijama.

Izostanak kemije u općoj znanstvenoj teoriji i filozofiji znanosti, koji je sve do nedavno bio vidljiv, vuče svoje podrijetlo iz same prirode fenomena koji su obuhvaćeni kemijskim istraživanjima. Ako je osjet početak svake spoznaje, onda moramo dopustiti da i znanost ima svoje prakorjenje u osjetu. Dvije su kategorije osjeta odmah raspoznatljive, osjeti prostora i vremena i osjeti boje, topline, okusa i slično. Dok se prostor i vrijeme može matematizirati, s toplinom i okusom, ili bojom je to bilo nemoguće. Matematiziranje dovodi do razvoja na zakonima utemeljenih teorija, pa su

* Prof. dr. sc. Hrvoj Vančik, e-pošta: vancik@chem.pmf.hr