

# osvrti

Važnost suvremene kristalografije  
– u povodu Međunarodne godine kristalografije 2014.

## Kristalografija u Hrvatskoj

S. Popović\*

Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti

i Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Opća skupština Ujedinjenih naroda (UN), na svojem zasjedanju 15. srpnja 2012., donijela je Rezoluciju 66/284 kojom se 2014. proglašava *Međunarodnom godinom kristalografije* (*International Year of Crystallography, IYCr2014*; www.iycr2014.org). Za tu odluku lobirala je i Stalna misija Republike Hrvatske pri UN-u, na poticaj i prijedlog *Hrvatske kristalografske zajednice* (HKZ), znanstvenoga vijeća Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti (HAZU).

Prije sto godina, 1914., *Max von Laue* dobio je Nobelovu nagradu iz fizike za otkriće difrakcije rendgenskih zraka u kristalu, 1912. Takva odluka Opće skupštine UN-a nije slučajna, jer je kristalografija jedna od vodećih suvremenih prirodoslovnih disciplina. Tijekom burnoga jednostoljetnog razvoja kristalografije uvodile su se i usvajale nove metode istraživanja kristalnih tvari i novi izvori snopova zračenja za ostvarenje difrakcijske slike kristala: elektronsko, neutronska i sinkrotronska zračenja. Kristalografi sudjeluju u vrlo složenim istraživanjima u kemiji, fizici, biologiji, medicini, znanosti o materijalima, arheologiji, geologiji. Sinkrotronsko zračenje omogućuje arheolozima izučavanje sastava i starosti rukotvorina starih desetke tisuća godina, a geolozima izučavanje sastava i starosti meteorita i stijena s Mjeseca. Upravo zahvaljujući kristalografiji, koja je omogućila uvid u molekulsku strukturu proteina, nukleinskih kiselina i virusa, razvijen je projekt ljudskoga genoma. Kristalografija i kristalno inženjerstvo omogućuju ciljano i sve uspješnije dizajniranje lijekova te vrlo široku primjenu materijala u tehnologiji, u zelenoj kemijskoj industriji, proizvodnji hrane, u ostvarenju obnovljivih izvora energije. Otkrićima u kristalografiji razvijaju se novi materijali do sada nezamislivih svojstava. Kvantna računala, u bliskoj budućnosti, temeljit će se upravo na takvim *pametnim* materijalima.

Od uspostave Nobelove nagrade 1901., u području prirodnih znanosti i medicine, vezano uz otkrića temeljena na kristalografiji, dodijeljeno je 48 Nobelovih nagrada, što ukazuje na široke domete te discipline u znanosti i primjeni. Tijekom *IYCr2014* obilježava se, u nizu država svijeta, stogodišnjica temeljnih otkrića vezanih uz određivanje prvih kristalnih struktura s pomoću rendgenske difrakcije. HKZ je osmislila opsežni program obilježavanja *IYCr2014*, o čemu će biti više pojedinosti u nastavku.

Hrvatska kristalografska zajednica, znanstveno vijeće koje djeluje u okviru Razreda za matematičke, fizičke i kemijske znanosti HAZU (www.hazu.hr/kristalografija), punopravna je članica Međunarodne udruge za kristalografiju (*International Union of Crystallography, IUCr*; www.iucr.org) i Europske kristalografske zajednice (*European Crystallographic Association, ECA*; www.ecanews.org). U HKZ je učlanjeno oko stotinu znanstvenika i to kemičara, fizičara, biologa, mineraloga, geologa, matematičara i srodnih struka, koji se bave znanstvenim istraživanjem kristalne strukture i mikrostrukture

anorganskih, organometalnih i organskih spojeva, proteina, tehnološki važnih materijala te odnosa strukture tih spojeva i njihovih kemijskih, fizičkih, bioloških, farmaceutskih i drugih svojstava. Na taj način nastavljaju tradiciju istraživanja kristalnih tvari koja su započeli prvi mineralozi u Hrvatskoj oko 1875.

Hrvatski kristalografi djeluju organizirano od 1966., u bivšoj državi učlanjeni u Jugoslavenski centar za kristalografiju (JCKr) pod okriljem Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, a od 1992. u Republici Hrvatskoj učlanjeni u HKZ, pod okriljem HAZU-a. U bivšoj državi sve su aktivnosti JCKr vođene i poticane iz Hrvatske, pod vodstvom akademika *Drage Grdenića*, osnivača i predsjednika JCKr, i akademika *Borisa Kamenara*, tajnika JCKr. U tom razdoblju priređeno je 25 redovitih godišnjih znanstvenih konferencija kristalografa s međunarodnim sudjelovanjem, šest konferencija s kristalografima Italije i *13<sup>th</sup> European Crystallographic Meeting, ECM13* (Ljubljana – Trst). JCKr je primljen u punopravno članstvo IUCr 1967., a akademik *Boris Kamenar*, jedan od osnivača ECA, bio je dopredsjednik i predsjednik ECA sa šestogodišnjim mandatom. JCKr je izdavao znanstveni časopis *Godišnjak JCKr* kao ediciju JAZU-a.

Od 1992. HKZ, pod predsjedanjem akademika *Borisa Kamenara* (do 2006.) i akademika *Stanka Popovića* (od 2006.), priređuje redovite godišnje znanstvene skupove, s međunarodnim sudjelovanjem, u suradnji sa Slovenskim kristalografskim društvom. Priređena su do sada 23 znanstvena skupa. Na pojedinom skupu sudjeluje i do stotinu znanstvenika, među njima i vrhunski svjetski kristalografi uključujući i dobitnike Nobelove nagrade. Pozvana predavanja objavljuju se u časopisima *Croatica Chemica Acta* i *Acta Chimica Slovenica*. HKZ je 2011. priredila jubilarni dvadeseti skup, *20<sup>th</sup> Croatian-Slovenian Crystallographic Meeting*, Baška (80 sudionika), a 2013. *22<sup>nd</sup> Croatian-Slovenian Crystallographic Meeting*, Biograd na Moru (90 sudionika), posvećen uspomeni na akademika *Borisa Kamenara*.

Povodom dvadesete obljetnice HKZ-a održan je 25. siječnja 2012. cjelodnevni znanstveni skup *Kristalografija u Hrvatskoj*. Na tom skupu podneseno je 40 priopćenja u kojima su prikazana istraživanja u kristalografiji u Hrvatskoj, povijesni pregled razvoja kristalografije u Hrvatskoj i u svijetu te povezanost hrvatskih kristalografa sa svijetom. Tiskan je istoimeni zbornik recenziranih radova podnesenih na skupu (urednik S. Popović, HAZU, 2013.).

Hrvatski kristalografi su svojim djelovanjem postali vrlo prepoznatljivi u međunarodnoj znanstvenoj zajednici, te ostvaruju vrlo značajnu znanstvenu suradnju s nizom sveučilišta i instituta u svijetu. Prikazi aktivnosti HKZ-a objavljuju se u časopisu *IUCr Newsletter*. Na poziv Uredništva *IUCr Newsletter*, priređen je opširni prikaz razvoja kristalografije u Hrvatskoj (*Crystallography in Croatia*), koji je 2011. objavljen u tom časopisu (*IUCr Newsletter* **19** (2011) 7–18). Dvadesetak hrvatskih kristalografa dobilo je za svoj znanstveni

\* Akademik Stanko Popović, predsjednik Hrvatske kristalografske zajednice e-pošta: spopovic@phy.hr

rad nagradu za životno djelo, godišnju državnu nagradu, nagradu HAZU-a ili Nagradu Grada Zagreba. Prema Hrvatskoj znanstvenoj bibliografiji, niz kristalografa nalazi se u samom vrhu znanstvene produkcije u prirodoslovlju. HKZ se stalno brine za znanstveni pomladak, tako da je jedna od udruga s najmlađim članstvom u Hrvatskoj.

HKZ djeluje u skladu s Pravilima koja je usvojila Skupština HKZ-a, te potvrdilo Predsjedništvo HAZU-a. Prema tim Pravilima, najviše tijelo HKZ-a je Skupština koju čine svi članovi HKZ-a. Radno tijelo Skupštine je Odbor HKZ-a. Pravila HKZ-a usklađena su s Pravilnikom o radu znanstvenih vijeća HAZU-a.

Članstvo HKZ-a u IUCr-u i u ECA-i omogućuje hrvatskim kristalografima povoljniju kotizaciju za sudjelovanje na znanstvenim skupovima, dobivanje glasnika *IUCr Newsletter*, sudjelovanje u međunarodnim odborima, povjerenstvima, uredništvima časopisa, lakše natjecanje za međunarodne stipendije, međunarodnu suradnju i sl. Opis djelovanja JCKr-a i HKZ-a prikazan je u radovima: *Stanko Popović*, Hrvatska kristalografska zajednica, *Kem. Ind.* 59 (2010) 516–520; *Stanko Popović*, Hrvatska kristalografska zajednica: – 1966 – 1991 – 2012, Zbornik radova *Kristalografija u Hrvatskoj*, HAZU 2013., 17–28.

ECA je u travnju 2011. predložila da HKZ priredi 29<sup>th</sup> *European Crystallographic Meeting, ECM29*, 2015. u Hrvatskoj. Savjet ECA-e, na sjednici 27. kolovoza 2011. u Madridu, prihvatio je velikom većinom glasova prijedlog HKZ-a i odlučio da domaćin *ECM29* bude Hrvatska. Sastanak s oko tisuću sudionika održat će se u Rovinju od 23. do 28. kolovoza 2015. Glede organizacije *ECM29*, Odbor HKZ-a za pripremu *ECM29*, koji je prerastao u Hrvatsku udrugu kristalografa (HUK), u stalnom je dogovoru sa Savjetom i Izvršnim odborom ECA-e.

Članovi HKZ-a i HUK-a priredili su opsežni program obilježavanja Međunarodne godine kristalografije, *IYCr2014*, a glavne sastavnice tog programa jesu:

– *Hot Topics in Contemporary Crystallography*, međunarodna radionica za mlade istraživače u Šibeniku, na kojoj će predavači biti ugledni znanstvenici iz Europe; organizator HUK;

– 23<sup>rd</sup> *Slovenian-Croatian Crystallographic Meeting*, 18. – 22. lipnja 2014., Logarska dolina, Slovenija; organizatori Slovensko kristalografsko društvo i HKZ;

– *Suvremena kristalografija u Hrvatskoj*, znanstveni skup u HAZU-u, 30. rujna 2014., te tiskanje zbornika skupa; organizatori HKZ i HUK;

– *Englesko-hrvatski rječnik kristalografije, fizike čvrstoga stanja i značnosti o materijalima*, autori *Stanko Popović*, *Antun Tonejc* i *Milica Mihajević*; rječnik sadrži 1670 naziva s kratkim opisima na hrvatskom jeziku; izdanje Instituta za hrvatski jezik i jezikoslovlje, 2014.;

– predavanja (članovi HKZ-a i HUK-a) u strukovnim udrugama, znanstvenim institucijama i školama, natjecanje učenika u rastu kristala (voditelj prof. dr. sc. *Ernest Meštrović*) nastupi na radiju i televiziji, tekstovi u novinama.

Detaljni plan obilježavanja *IYCr2014* odobrio je Razred za matematičke, fizičke i kemijske znanosti HAZU-a.

Razvoj kristalografije prikazan je u izvrsnim radovima članova HKZ-a: *Biserka Kojić Prodić* i *Krešimir Molčanov*, Stogodišnjica rendgenske kristalografije, *Kem. Ind.* 62 (2013) 247–260; *Krešimir Molčanov* and *Vladimir Stilinović*, Chemical Crystallography before X-ray Diffraction, a review, *Angew. Chem. Int. Edit.* 53 (2014) 638–652.

U nastavku se navode bitni dijelovi prigodnoga teksta *Crystallography matters!*, koji su priredili UNESCO i IUCr u povodu *IYCr2014* (*Kristalografija je važna!*, prijevod: *Stanko Popović*, recenzenti prijevoda: *Darko Tibiljaš* i *Krešimir Molčanov*).

Organizacija Ujedinjenih naroda za obrazovanje, znanost i kulturu, UNESCO i Međunarodna unija za kristalografiju, IUCr, partneri u Međunarodnoj godini kristalografije 2014.:

## Kristalografija je važna!\*

### Što je kristalografija?

Kristalne tvari nalaze se svuda u prirodi. Posebno su česte i brojne u raznolikim stijenama kao minerali (drago kamenje, grafit i dr.), ali se zapravo nalaze svuda oko nas, npr. snježne pahuljice, led, zrnca soli. Kristali su svojom ljepotom, simetričnim oblikom i raznovrsnim bojama zanimali učenjake od antičkih vremena. Ti davni kristalografi primjenjivali su zakonitosti geometrije u proučavanju oblika kristala u prirodi.

Početak 20. stoljeća došlo se do spoznaje da se struktura tvari može "vidjeti" s pomoću rendgenskih zraka (X-zraka) na jednostavan i izravan način. To je označilo zoru moderne kristalografije. Rendgenske zrake otkrivene su 1895.; njihova narav jednaka je naravi svjetlosti, ali ih čovječje oko ne vidi. Kada rendgenske zrake

prolaze kroz kristalnu tvar, atomi kristala ih raspršuju. Kristalografi su otkrili da se rendgenske zrake raspršene na atomima kristala, zbog prostorne periodičnosti atoma i unutarnje simetrije kristala, interferentno pojačavaju u nizu strogo određenih prostornih smjerova te nastaje difrakcijska slika kristala. Mjerenjem prostornih smjerova i intenziteta difrakcijskih maksimuma znanstvenici mogu odrediti prostornu sliku rasporeda atoma, tj. kristalnu strukturu. Kristali su idealna tijela za proučavanje strukture tvari na atomskoj i molekularnoj razini, zahvaljujući tome da su kristali čvrsta trodimenzijska tijela s periodičnim rasporedom atoma u skladu sa zakonima simetrije.

Zahvaljujući rendgenskoj kristalografiji, znanstvenici mogu proučavati kemijske veze između susjednih atoma. Grafit i dijamant, npr., međusobno uopće nisu slični. Grafit je neproziran i mekan (a to se njegovo svojstvo primjenjuje u olovkama), dok je dijamant proziran i tvrd. Ipak, grafit i dijamant bliski su srodnici, jer oba gradi isti kemijski element, ugljik. Sjaj dijamanta je posljedica razlaganja svjetlosti u boje, zbog njegove strukture i naravi kemijske veze između atoma. Do tih spoznaja dolazimo zahvaljujući rendgenskoj kristalografiji.

\* Izvorni naslov: *Crystallography matters!*

Izdanje: Organizacija Ujedinjenih naroda za obrazovanje, znanost i kulturu, 7, place de Fontenoy, 75 352 Pariz 07 SP, Francuska. Prijevod: *Stanko Popović*, recenzenti prijevoda: *Darko Tibiljaš* i *Vladimir Stilinović*.