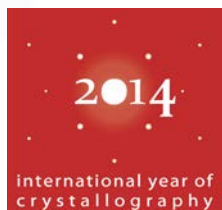




United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



International
Union of
Crystallography



Partners for the International Year of Crystallography 2014

Kristalografija je važna!



Međunarodna godina kristalografije 2014



Tisak: Organizacija Ujedinjenih naroda za
obrazovanje, znanost i kulturu,
7, place de Fontenoy, 75352 Pariz 07 SP, Francuska

© UNESCO 2013
Sva prava pridržana

Izvorni naslov: Crystallography matters !

Koordinator/Editor: Susan Schneegans

Slika na naslovnici : Zrakoplov © Shutterstock/IM_photo; Scientist in Africa @ FAO
Slika na zadnjoj stranici: Mlada obitelj gleda TV @ Shutterstock/Andrey_Popov

Složeno i tiskano u
radionicama UNESCO-a

The printer is certified Imprim'Vert®,
the French printing industry's environmental initiative.

Tiskano u Francuskoj

SC-2013/WS/9
CLD 1251.13

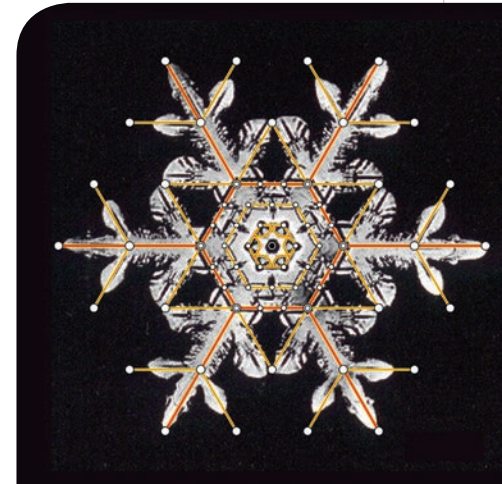
Što je kristalografija?

Kristalne tvari se nalaze svuda u prirodi. Posebno su česti i brojni 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 koristili su zakonitosti geometrije u proučavanju oblika kristala u prirodi.

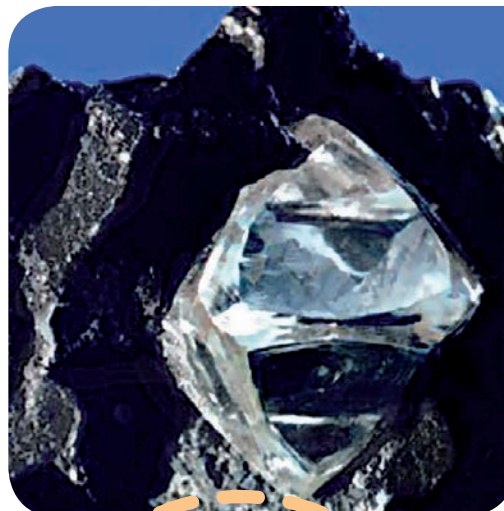
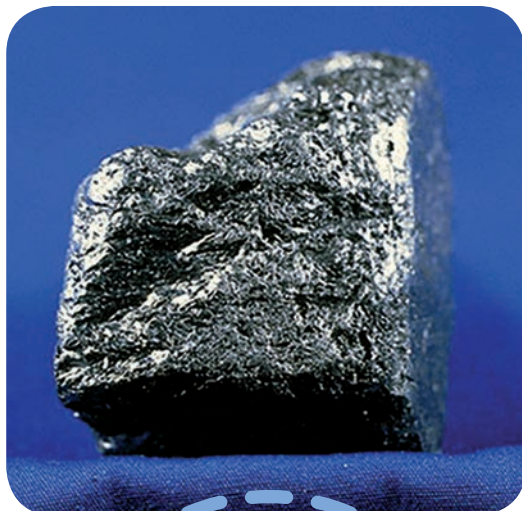
Početak 20. stoljeća došlo se do spoznaje da se struktura tvari može „vidjeti“ s pomoću X-zraka (rendgenskih zraka) na jednostavan i izravan način. To je označilo zoru moderne kristalografije. X-zrake su otkrivene 1895.; njihova narav je jednaka naravi svjetlosti, ali ih čovječje oko ne vidi. Kada X-zrake prolaze kroz predmet/kristal, atomi kristala ih raspršuju. Kristalografi su otkrili da se X-zrake, raspršene na atomima kristala, uslijed 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 molekulskoj 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 koristi u olovkama), dok je dijamant proziran i tvrd. Ipak, grafit i dijamant su bliski srodnici, jer oba gradi isti kemijski element, ugljik. Sjaj dijamanta je posljedica razlaganja svjetlosti u boje, uslijed njegove strukture i naravi kemijske veze između atoma. Do tih spoznaja dolazimo zahvaljujući rendgenskoj kristalografiji.

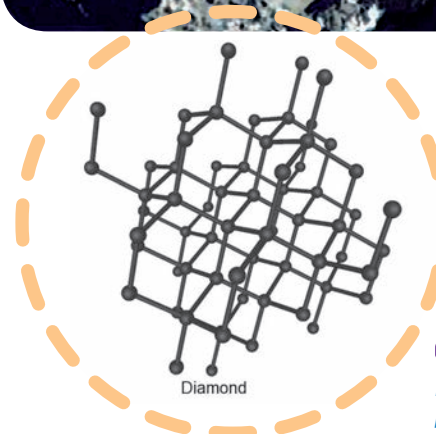
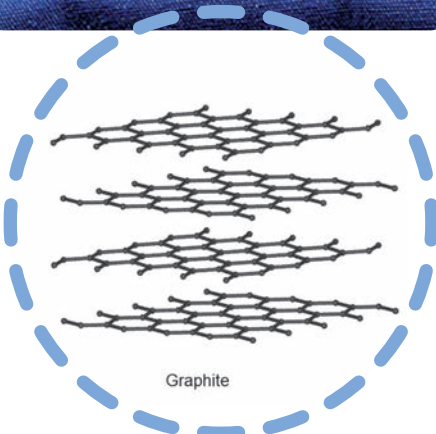
U početku, primjenom rendgenske kristalografije, proučavale su se samo kristalne strukture jednostavnih kemijskih spojeva i minerala, soli i leda.



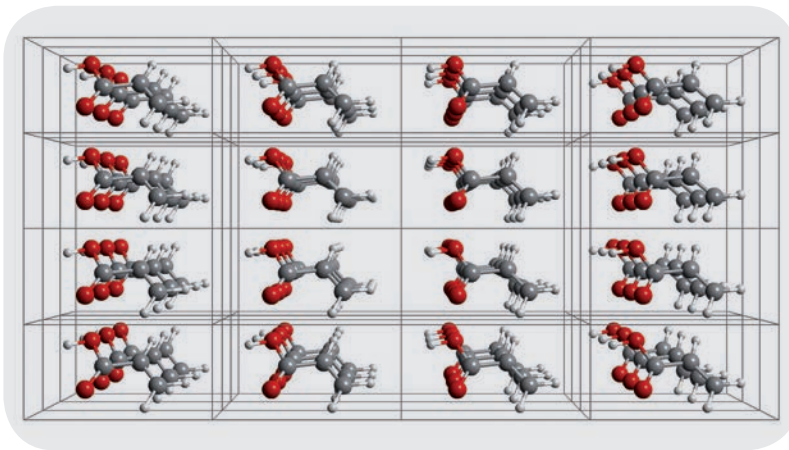
Snežne pahuljice su kristali. Njihova heksagonska simetrija posljedica je načina na koji se molekule vode međusobno spajaju. (Wikipedia)



Grumen grafita (lijevo) i neobrađeni dijamant (desno). Te tvari uopće nisu slične, ali obje su čisti ugljik. Sjaj dijamanta potječe od razlaganja svjetlosti u boje uslijed njegove strukture i naravi kemijske veze između atoma. (Wikipedia)



Kristalna struktura grafita (lijevo) potpuno je različita od strukture dijamanta.



3D slika kristalne strukture. Atomi, skupine atoma, ioni, molekule imaju periodični prostorni raspored. (IUCr)

Tvar u tekućem agregacijskom stanju ne daje difrakcijsku sliku zbog gibanja molekula. Kristalografi su otkrili da mogu proučavati strukturu bioloških tvari, proteina, DNA, tako da pripreme njihove kristale. Time se kristalografija proširila na biologiju i medicinu. Istraživanje bioloških tvari postalo je moguće kada se znatno povećala moć računala. Postalo je moguće odrediti model strukture kristala vrlo složenih tvari.

Nakon sto godina razvoja, rendgenska kristalografija je postala vodeća znanost koja proučava kristalnu strukturu i svojstva materijala. Kristalografija je u središtu razvoja niza znanstvenih polja i područja. Tijekom

burnoga razvoja kristalografije uvodile su se i usvajale nove metode istraživanja i novi izvori snopova zračenja za ostvarenje difrakcijske slike kristala: elektronsko, neutronske i sinkrotronske zračenje. Taj stalni razvoj omogućuje kristalografima istraživanje i onih tvari koje ne daju pravilne kristale, nego npr. kvazikristale (v. u nastavku) i tekuće kristale (TV zaslon, str.4).

Razvoj moćnih strojeva koji stvaraju vrlo intenzivne snopove X-zraka, npr. sinkrotroni, dovelo je do vrlo naglog napretka kristalografije. S pomoću sinkrotronskoga zračenja kristalografi mogu pristupiti vrlo složenim istraživanjima u biologiji, kemiji, fizici, znanosti o materijalima, arheologiji, geologiji. Npr. sinkrotronsko zračenje omogućuje arheolozima izučavanje sastava i starosti rukotvorina starih desetke tisuća godina, a geolozima izučavanje sastava i starosti meteorita i stijena s Mjeseca.

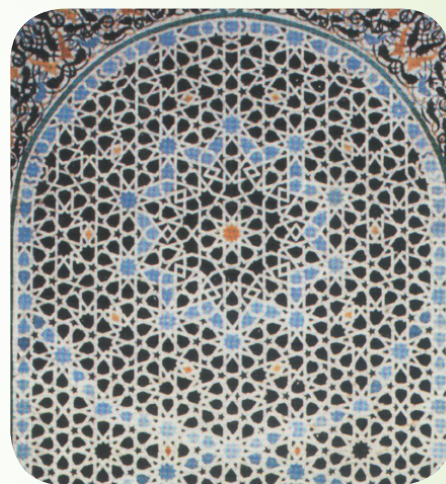
KVAZIKRISTALI: PROTIV PRIRODNIH ZAKONA

Dan Shechtman je 1984. otkrio kristal, u kojemu su skupine atoma tako međusobno raspoređene da ne postoji pravilna periodičnost dugoga doseg. To je protivno općeprihvaćenoj predodžbi o simetriji u kristalu da postoje samo simetrijske osi 1., 2., 3., 4. i 6. reda, koje omogućuju potpunu prostornu periodičnost.

Dan Shechtman je otkrio s pomoću elektronske difrakcije os simetrije 5. reda u slitini aluminijske i manganske. Takve tvari, koje ne odgovaraju simetrijskim zakonitostima, nazvani su kvazikristali. Dan Shechtman je za svoje pionirsko otkriće dobio Nobelovu nagradu za kemiju 2011.

Kao posljedica načina na koji se atomi u njima slažu, kvazikristali imaju neobična svojstva. Oni su tvrdi i krhki, ponašaju se kao da su stakla, otporni su na koroziju i adheziju, te nalaze raznoliku primjenu u tehnologiji, npr. tave s neprianjajućim dnom.

U Maroku odavno postoje mozaici s uzorkom sličnim rasporedu atoma u kvazikristalu. Vremenski razmak između dviju gornjih slika je sedam stoljeća. Lijevo je elektronska difrakcijska slika kvazikristala koju je dobio Dan Shechtman 1984. Desno je slika mozaika u Attarine Madrasa, Fez, Maroko, iz 14. stoljeća. Slike su slične i obje prikazuju os simetrije 5. reda.



Elektronska difrakcijska slika; *Physical Review Letters* 53 (1984)1951-1953; Mozaik u Fezu, Maroko; izvor: Marokanska kristalografska zajednica

Kratka povijest

Tijekom cijele povijesti ljude je fascinirala ljepota i tajnovitost kristala. Prije dvije tisuće godina rimski prirodoslovac Plinije Stariji divio se pravilnim šesterostranim prizmama kristala kvarca. U to vrijeme u drevnoj Indiji i Kini bio je poznat postupak kristalizacije šećera i soli; kristali šećera dobivali su se iz soka šećerne trske, a kristali soli postupkom isparavanja slanice. U ranom srednjem vijeku u Egiptu i Španjolskoj ovladali su tehnikom rezanja kristala minerala za ukrašavanje raznih predmeta (v. sliku kutije). Njemački matematičar i astronom Johannes Kepler prvi je uočio 1611. simetrični oblik snježnih pahuljica, te na osnovi oblika predložio njihovu strukturu. Francuski mineralog René Just Haüy predložio je 1774. model po kojem kristal nastaje slaganjem malih kristalnih jedinki.

Wilhelm Conrad Röntgen je otkrio X-zrake 1895. te za to otkriće dobio prvu Nobelovu nagradu za fiziku 1901. Međutim, postoje vjerodostojni izvori da je Nikola Tesla eksperimentirao s X-zrakama prije Röntgena. Max von Laue sa suradnicima pokazao je 1912. da se X-zrake difraktiraju u kristalu; prostorni smjerovi i intenziteti difrakcijskih maksimuma strogo ovise o kristalnoj strukturi. Za svoje otkriće Max von Laue je dobio Nobelovu nagradu za fiziku 1914.

William Henry Bragg i William Lawrence Bragg, otac i sin, odredili su 1913., na osnovi difrakcijskih slika, prve kristalne strukture tj. prostorni položaj atoma u kristalu. Predložili su jednostavnu interpretaciju prostornih smjerova difrakcijskih maksimuma, poznatu kao Braggov zakon. Ta otkrića označila su početak moderne kristalografije ali i prekretnicu u razvoju ostalih prirodnih znanosti, jer o kristalnoj strukturi ovise kemijska, fizička i biološka svojstva tvari. Otac i sin Bragg dobitnici su Nobelove nagrade za fiziku 1915.

Između 1920. i 1970. rendgenska kristalografija je bitno pridonijela otkrivanju tajni života, što je imalo veliki utjecaj na razvoj medicine. Dorothy Hodgkin riješila je strukturu niza bioloških molekula, uključujući kolesterol (1937.), penicilin (1946.), vitamin B12 (1956.) i inzulin (1969.). Za svoja otkrića dobila je Nobelovu nagradu za kemiju 1964. Sir John Kendrew i Max Perutz prvi su uspjeli odrediti kristalnu strukturu proteina te su dobili Nobelovu nagradu za kemiju 1962. Od tog važnog postignuća, određena je struktura stotinu tisuća proteina, nukleinskih kiselina i brojnih biološki važnih molekula primjenom rendgenske kristalografije.

Jedno od najvažnijih znanstvenih postignuća u 20. stoljeću bilo je otkriće strukture molekule DNA / DNK, za što su zaslužni James Watson i Francis Crick. Treba spomenuti da se njihovo otkriće osniva na difrakcijskim eksperimentima što ih je izvela Rosalind Franklin, koja je nažalost prerano preminula 1958. Otkriće dvostruke zavojnice DNA utrlo je put makromolekulskoj i proteinskoj kristalografiji kao bitnoj sastavnici današnje biološke i medicinske znanosti. Watson i Crick, kao i Maurice Wilkins, suradnik Rosalind Franklin, dobitnici su Nobelove nagrade za medicinu 1962.

Kristalografija i njene metode stalno se razvijaju. Npr. 1985. Herb Hauptman i Jerome Karle dobili su Nobelovu nagradu za kemiju, za uvođenje tzv. direktnih metoda u određivanju kristalne strukture.

U novije vrijeme, Nobelovu nagradu dobili su: Venkatraman Ramakrishnan, Thomas Steitz i Ada Yonath (2009., v. str. 8); Andre Geim i Konstantin Novoselov (2010.) za otkriće grafena, prvog u nizu dvodimenzijalnih kristalnih tvari jedinstvenih elektroničkih i mehaničkih svojstava; Dan Shechtman (2011.) za otkriće kvazikristala (v. str. 2); Robert Lefkowitz i Brian Kobilka (2012.) za otkriće djelovanja staničnih receptora koji upravljaju gotovo svim životnim funkcijama čovjeka.



Kutija optočena draguljima, Egipat, oko 1200. (Musee de Cluny, France)

Tijekom proteklih sto godina 45 znanstvenika dobilo je Nobelovu nagradu za svoja otkrića koja su izravno ili neizravno povezana s kristalografijom. U ovom tekstu nema dovoljno prostora da ih se nabroji, ali zahvaljujući njihovim postignućima kristalografija se usko povezala s nizom znanosti. I danas je kristalografija plodno i obećavajuće područje za nova temeljna otkrića.

Zašto države moraju investirati u kristalografiju

Kristalografija je bitna za razvoj skoro svih **novih materijala**, koji su u svakodnevnoj uporabi, npr. memorijske kartice u računalima, zasloni televizora, dijelovi automobila i zrakoplova. Kristalografi proučavaju strukturu materijala te mogu primijeniti svoje znanje u modificiranju strukture a time i svojstava materijala. Kristalografi mogu u potpunosti definirati svojstva i ponašanje materijala, a kompanije mogu koristiti ta saznanja i biti sigurne da imaju potpuno novi materijal kada podnose zahtjev za patentnu zaštitu.

Kristalografija ima mnogo primjena te prožima naš svakodnevni život i predstavlja kralježnicu industrije, koja se sve više oslanja na nova znanja u razvoju novih proizvoda: proizvodnja hrane, aeronautika, automobilska, elektromehanička, farmaceutska industrija, rudarstvo, kozmetika. Evo nekoliko primjera.

Mineralogija je najstarija grana kristalografije. Rendgenska kristalografija je glavna metoda određivanja kristalne strukture minerala i metala od 1920-ih. Zapravo, sve što znamo o stijenama, geološkim razdobljima i povijesti Zemlje osniva se na kristalografiji. Čak i naše znanje o meteoritima potječe iz kristalografije. Sve to znanje je neophodno u rudarstvu i tehnologiji, kada se s pomoću bušotina u Zemlji traži voda, nafta, plin i geotermički izvori.

Dizajniranje lijekova se strogo osniva na kristalografiji. Farmaceutska industrija, tražeći novi lijek koji suzbija štetne bakterije ili viruse, prvo treba naći molekulu koja može blokirati aktivne proteine (enzime) što napadaju čovječju stanicu. Ako znaju oblik proteina, znanstvenici mogu dizajnirati spoj koji se može pričvrstiti na aktivno mjesto proteina i tako onemogućiti njegovo štetno djelovanje.

Kristalografija je bitna u razlikovanju jednog lijeka od drugog u čvrstom stanju. Lijekovi mogu biti topljivi u različitim uvjetima, što je bitno za djelotvornost lijeka. To je važno za farmaceutsku industriju generičkih lijekova, koji se proizvode uz obveznu licencu pa mogu biti dostupni i u državama u razvoju.

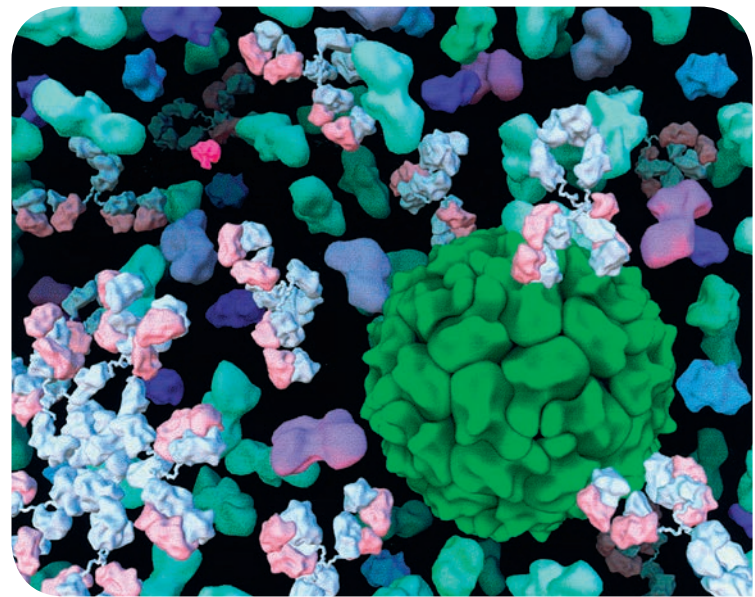
Novi materijali se koriste u razvoju suvremene odjeće. Takve tkanine propuštaju zrak ili zadržavaju toplinu, već prema tome je li osobi vruće ili hladno. Odjeća uz tijelo može imati senzore za mjerenje temperature, brzine disanja i otkucaja srca. Vanjska odjeća može se dizajnirati tako da osobu upozori na otrovni plin, štetne bakterije ili preveliku vrućinu. Kristalografi mogu pomoći u dizajniranju materijala takvih svojstava. (Sharee Basinger/ publicdomainpictures.net)



Kristalografi proučavaju vrlo raznolike materijale, npr. tekuće kristale. Tekući kristali se nalaze u ravnim zaslonima televizora, računala, mobitela, digitalnih satova. Tekući kristali ne isijavaju svjetlost, nego im se mijenja moć refleksije i polarizacije svjetlosti iz vanjskog izvora, te tako stvaraju sliku uz malu potrošnju energije. (Shutterstock/Andrey_Popov)

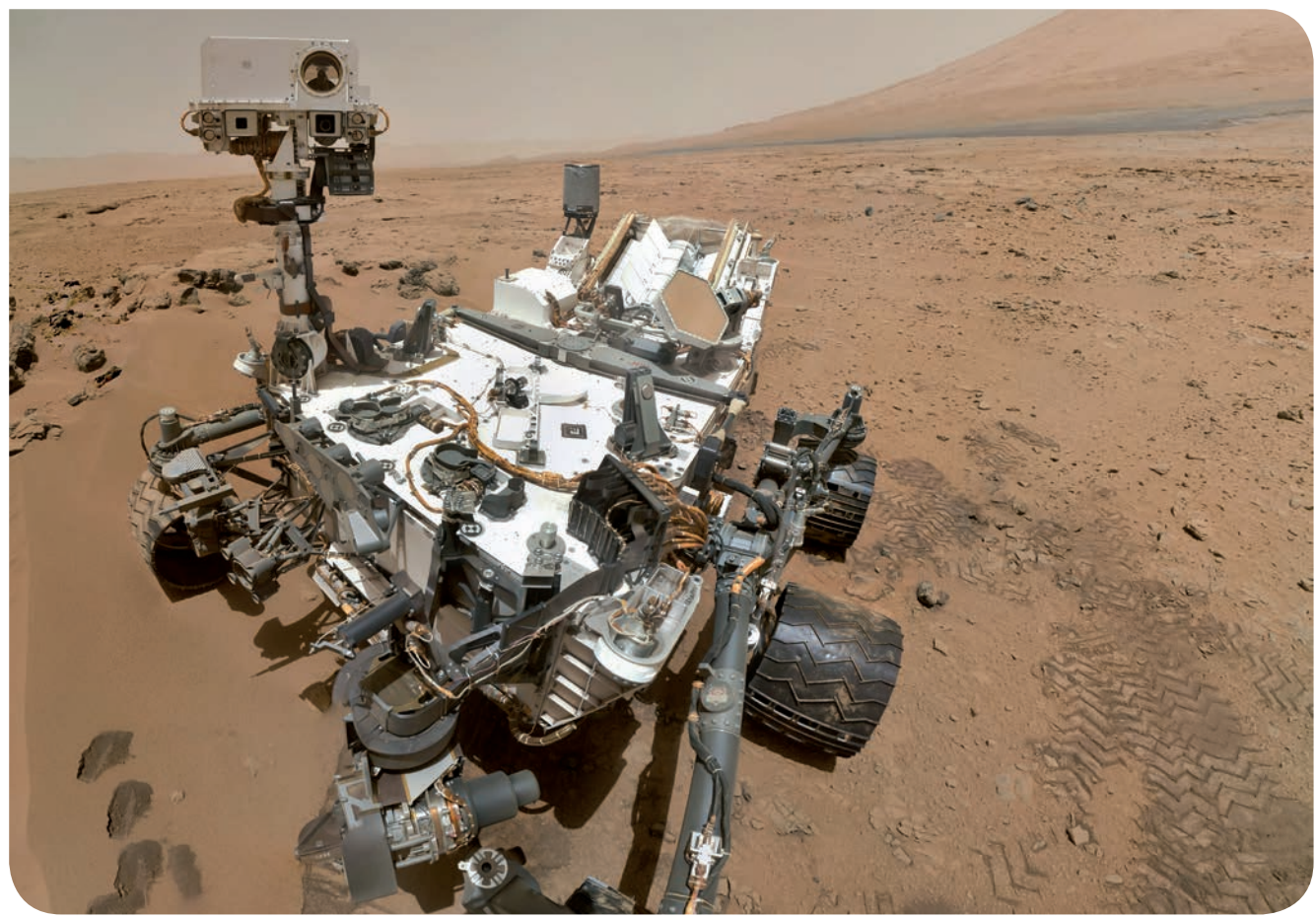


Kakaov maslac, najvažniji sastojak čokolade, kristalizira u šest različitih oblika, ali se samo jedan oblik topi u ustima na takav način da ima ugodan okus. Taj oblik nije stabilan pa može prijeći u stabilniji oblik, koji se sporo topi u ustima i izaziva takav osjet kao da je u ustima sitni pijesak. Srećom, taj prijelaz je spor, ali ako je čokolada starija ili se drži pri višoj temperaturi, presvuče se bijelim filmom koji je posljedica rekristalizacije. Proizvođači čokolade moraju primijeniti složeni postupak kristalizacije s ciljem da postignu najpoželjniji oblik koji zadovoljava potrošače. (Wikipedia)



Protutijela vezana na virus. Kristalografija pomaže u kontroli kvalitete proizvodnje lijekova, uključujući i protuvirusne lijekove, na razini masovne proizvodnje, s ciljem da se ostvare stroge zdravstvene i sigurnosne preporuke. (IUCr)

Curiosity, svemirski skitač, primijenio je rendgensku kristalografiju u listopadu 2012. u analizi uzoraka tla na planetu Mars. NASA je ugradila difraktometar u svemirskoga skitača. Rezultat analize je pokazao da su uzorci Marsovoga tla slični tlima nastalim trošenjem bazaltnih stijena havajskih vulkana. (NASA)



Tko priređuje Međunarodnu godinu kristalografije?

Međunarodnu godinu kristalografije priređuju zajedno Međunarodna unija za kristalografiju, IUCr, i Organizacija Ujedinjenih naroda za obrazovanje, znanost i kulturu, UNESCO. Ta godina upotpunjuje se s još dvije međunarodne godine koje priređuje UNESCO u sklopu Ujedinjenih naroda. Prethodila je Međunarodna godina kemije (2011.), a slijedi Međunarodna godina svjetlosti (2015.). UNESCO ostvaruje svoju ulogu tijekom tih godina kroz svoj Međunarodni osnovni znanstveni program (International Basic Sciences Programme).

Zašto sada?

Međunarodna godina kristalografije obilježava stotu godišnjicu rođenja rendgenske kristalografije, odnosno ostvarenja koja su postigli Max von Laue, te William Henry Bragg i William Lawrence Bragg. 2014. obilježava i 50. godišnjicu Nobelove nagrade, koju je dobila Dorothy Hodgkin za otkriće strukture vitamina B12 i penicilina (v. str. 3, *Kratka povijest*).

Iako kristalografija danas utječe na niz znanstvenih disciplina, još je relativno nepoznata široj javnosti. Cilj Međunarodne godine je upoznati javnost sa značenjem kristalografije provođenjem niza edukativnih aktivnosti (v. str. 9: *Tko će imati korist od Međunarodne godine kristalografije?*).

Kristalografi djeluju u 80 država, a kristalografske udruge iz 53 države učlanjene su u Međunarodnu uniju za kristalografiju. Unija osigurava svim svojim članicama jednaki pristup informacijama i podatcima, te promiče međunarodnu suradnju.

Potrebno je pomoći državama u razvoju da ostvare istraživanja u kristalografiji kao jednom od bitnih područja za njihov znanstveni i industrijski razvoj. Takav pristup postaje sve važniji jer će upravo istraživanja u kristalografiji biti od bitne važnosti u ostvarenju održivoga razvoja u sljedećim desetljećima.

Države članice Međunarodne unije za kristalografiju



Izazovi budućnosti

Vlade u svijetu prihvatile su 2000. Milenijske razvojne ciljeve Ujedinjenih naroda, koji sadrže niz aktivnosti, s pomoću koji bi se, do 2015., između ostalog, smanjilo siromaštvo i glad, osigurala pitka voda, poboljšali higijenski uvjeti, smanjila smrtnost djece, poboljšala briga za materinstvo.

Vlade pripremaju niz novih aktivnosti koje će odrediti razvoj nakon 2015. U nastavku je nekoliko primjera koji pokazuju da kristalografija može pomoći u ostvarenju tih izazova.

Hrana

Predviđa se da će se stanovništvo svijeta povećati sa 7 milijardi u 2011. na 9,1 milijardi do 2050. Porast stanovništva, zajedno s promjenom prehrambenih navika, usmjerenih sve više na mesne i mliječne proizvode, zahtijeva 70 % više hrane do 2050. To postavlja veliki izazov pred poljoprivredu.

Suvremena istraživanja u kristalografiji mogu biti od velike važnosti u poljoprivredi i proizvodnji hrane. Npr. kristalografija omogućuje analizu tla. Jedan od ozbiljnih uzroka degradacije tla je salinizacija, uzrokovana prirodnim pojavama ili čovječjim utjecajem.

Istraživanje strukture biljnih proteina može pridonijeti razvoju onih žitarica koje su otpornije na slano tlo.

Kristalografija može pridonijeti suzbijanju bolesti biljaka i životinja; jedan od primjera je istraživanje gljivičnih bolesti na plodovima, npr. rajčici, kao i razvoj vakcina za suzbijanje bolesti, poput svinjske gripe.

Proučavanjem bakterija, kristalografija može pridonijeti povećanju proizvodnje mliječnih i mesnih proizvoda, povrća i druge biljne hrane.

Voda

Ostvarenjem Milenijskih razvojnih ciljeva Ujedinjenih naroda prepolovio bi se do 2015. broj stanovnika svijeta koji nemaju pristup pitkoj vodi. Međutim, prema Izvješću o pitkoj vodi (2012.) Ujedinjenih naroda, podsaharska Afrika i arapsko područje zaostaju u tom projektu. Zaostaje se i u poboljšanju higijenskih uvjeta u državama u razvoju. Štoviše, nakon prihvaćanja Milenijskih razvojnih ciljeva, broj ljudi koji nemaju pitku vodu i odgovarajuće higijenske uvjete u velikim gradovima porastao je za 20 %. Predviđa se da će se gradsko stanovništvo povećati s 3,4 milijarde u 2009. na 6,3 milijarde do 2050.

Kristalografija može pomoći u poboljšanju kvalitete vode u siromašnim zajednicama, npr. pronalaženjem materijala koji pročišćavaju vodu: nanospužve (filtri u slavina) i nanotablete. Isto tako, kristalografija može pomoći u razvoju ekoloških rješenja za unapređenje higijenskih uvjeta.

Energija

Energija nije bila sadržana u Milenijskim razvojnim ciljevima; stoga mora biti ključni cilj u svim prioritetnim razvojnim planovima nakon 2015. Glavni tajnik UN predložio je u rujnu 2011. preporuku Održiva energija za sve. To se podudara s porastom zabrinutosti zbog negativnog utjecaja uporabe fosilnih goriva na klimu Zemlje, te s nužnom potrebom ubrzanoga prijelaza na uporabu obnovljivih izvora energije. Prema Međunarodnoj agenciji za energiju, emisija ugljikovoga dioksida (CO₂) povećana je za 5 %, na 30,6 gigatona (Gt) između 2008. i 2010., unatoč međunarodnoj financijskoj krizi. Ako želimo da globalno zatopljenje u ovom stoljeću bude do 2 °C, ukupna emisija CO₂ ne smije biti veća od 32 Gt do 2020.

Kristalografija može razviti nove materijale koji će pročišćavati vodu, kao što su nanospužve (filtri u slavina) i nanotablete (Shutterstock/S_E).



Očekuje se da će potrošnja energije porasti za 50 % između 2007. i 2035. U 2009. oko 1,4 milijarde ljudi nije imalo pristup električnoj energiji. Udjel energije iz obnovljivih izvora trebao bi porasti 60 % do 2035.

Kristalografija može razviti nove materijale, npr. toplinske izolatore, koji bi smanjili potrošnju energije u kućanstvu (pa tako i cijenu grijanja) i snizili emisiju ugljikovoga dioksida. Mogu se razviti i novi materijali kojima bi se snizila cijena solarnih ploča, vjetroelektrana i baterija, tako da se poveća njihova učinkovitost i smanje gubitci, smanji količina otpada te omogući prijelaz na zelenu tehnologiju.

Zelena kemijska industrija

Prijelaz na tzv. zelenu kemijsku industriju je bitan uvjet za zeleno globalno gospodarstvo. Kemijska industrija proizvodi 70000 proizvoda: plastičnih predmeta, umjetnih gnojiva, deterdženata, lijekova. Ona izrazito ovisi o nafti; troši 10 % globalno proizvedene nafte i stvara 80 do 90 % proizvoda temeljenih na nafti. Tako troši i prirodna bogatstva i energiju.

Mnoga su otapala i katalizatori otrovni, a odlaganje kemijskog otpada je složeno i skupo. Otrovne i kancerogene tvari ispuštaju se u atmosferu, tlo i vodu. Prema podatcima Programa o očuvanju okoliša UN-a, Zapadna Europa proizvela je 42 milijuna tona otrovnog otpada 2000.; od toga je pet milijuna tona izvezeno iz Europe tijekom sljedeće godine.

Kristalografija može pridonijeti pronalaženju ekoloških građevnih materijala u razvijenim državama i državama u razvoju. Također može smanjiti zagađenje zamjenom kemijskih otapala zelenim anorganskim otapalima koja se osnivaju na ionskim tekućinama i CO₂. Može se smanjiti količina otpada i prateći troškovi u rudarstvu primjenom postupaka kojima se izdvajaju samo traženi materijali.

Zdravstvo

Izazovi u zdravstvu ostaju vrlo veliki i u narednim desetljećima. Još ne postoji cjepivo ili način liječenja za neke pandemijske bolesti, kao što su HIV / AIDS, denga-groznica i malarija, koje su vrlo raširene u državama u razvoju.

Mnogi zdravstveni problemi u državama u razvoju uzrokovani su nedostatkom pitke vode i odgovarajućih higijenskih uvjeta, što uzrokuje kronične bolesti probavnoga sustava, poput kolere i shistosomijaze, posebno u Africi.

Uz to, države u razvoju izložene su i kroničnim bolestima kao i razvijene države, kardiovaskularnim bolestima, raku, dijabetesu.

Ostali zdravstveni problemi, koji se jednako tiču i razvijenih i siromašnih država, između ostalih uključuju i pojavu novih sojeva virusa i bakterija sve otpornijih na sadašnje lijekove.

Kristalografija može istražiti zašto su bakterije sve otpornije na antibiotike. Venkatraman Ramakrishnan, Thomas Steitz i Ada Yonath odredili su strukturu ribosoma i način na koji antibiotici utječu na ribosom. Ribosomi su odgovorni za proizvodnju-stvaranje svih proteina u živim stanicama, kako čovječjima, tako i biljnim te bakterijskim. Ako je djelovanje ribosoma prekinuto, stanica ugiba. Ribosomi su glavne mete antibiotika. Antibiotici mogu napasti aktivnost ribosoma u štetnim bakterijama, a da pri tome oni u ljudskim stanicama ostanu neoštećeni. Prof. Ada Yonath dobila je 2008. Nagradu L'Oreal UNESCO-a za znanstvenicu godine, a godinu zatim svo troje znanstvenika dobilo je Nobelovu nagradu.

U tropskim područjima postoje neistraženi dijelovi izrazite bioraznolikosti. Kristalografija može pomoći u istraživanju endogenih biljnih vrsta, koje bi mogle biti izvor novih lijekova i kozmetičkih preparata.

Tko će imati koristi od Međunarodne godine kristalografije?

Godina kristalografije je usmjerena prema vladama

Potrebno je utjecati na vlade kako bi svoju politiku definirale s ciljem da:

- ❖ novčano pomognu osnivanje i djelovanje barem jednoga nacionalnog kristalografskog centra;
- ❖ pomognu suradnju s kristalografskim centrima u inozemstvu, kao i mogućnost rada u sinkrotronskim i drugim velikim uređajima;
- ❖ potiču osnovna istraživanja u kristalografiji;
- ❖ potiču primjenu kristalografije u razvojnim istraživanjima;
- ❖ uvrste kristalografiju u nastavne programe škola i sveučilišta odnosno unaprijede postojeće programe.

Potrebno je priređivati međunarodne znanstvene skupove, koji bi pomogli u uočavanju poteškoća u ostvarenju vrhunskih istraživanja u pojedinim državama. Na takvim skupovima sudjelovali bi istraživači koje inače možda razdvajaju jezik, etnička pripadnost, religija, politički razlozi. To bi pomoglo ujednačavanju perspektiva u budućnosti glede razvoja znanosti, tehnologije i mogućnosti zapošljavanja.

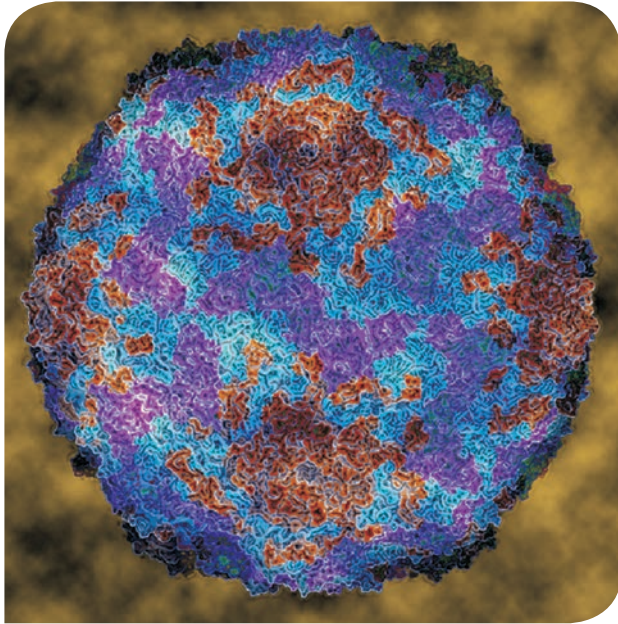
Godina kristalografije je usmjerena prema školama i sveučilištima

Poželjno je uvesti nastavu o kristalografiji gdje je nema, i to na ove načine:

- ❖ s pomoću putujućih laboratorija, koje priprema IUCr u suradnji s proizvođačima opreme, prikazati rad difraktometra, npr. u državama u razvoju (Azija, Afrika, Latinska Amerika);
- ❖ poticati sveučilišta na uvođenje nastave o kristalografiji na način kao što se to započelo u Africi;
- ❖ demonstracijski pokusi i natjecanja u osnovnim i srednjim školama;
- ❖ izraditi problemske zadatke za učenike koji se osnivaju na znanju učenika o kristalografiji, fizici i kemiji;
- ❖ s pomoću putujućih izložbi po školama i sveučilištima s temama iz kristalografije, prikaz simetričnih geometrijskih motiva u umjetnosti (takvu izložbu priprema npr. Marokanska kristalografska zajednica, str. 12), prikaz procesa kristalizacije i rada stolnog difraktometra.

Prema Međunarodnoj federaciji za dijabetes, u posljednjih dvadeset godina, broj ljudi u svijetu s dijabetesom porastao je s 30 milijuna na 230 milijuna. Stanje je najteže u državama u razvoju i onima s brzo rastućim gospodarstvom, npr. Kina i Indija. U Karibima i na Bliskom Istoku od dijabetesa boluje oko 20 % odraslih. Kristalografi su odredili kristalnu strukturu prirodnog inzulina, što ga stvara gušterača. Bez tog otkrića ne bi bilo moguće proizvesti biosintetički inzulin (Wikipedia).





Virus. Za pripremu lijekova potrebno je poznavati strukturu relevantnih proteina (IUCr).

Godina kristalografije je usmjerena svekolikoj javnosti

Treba povećati saznanje javnosti o tome da kristalografija bitno pridonosi razvoju tehnologije u suvremenom društvu kao i o ulozi kristalografije u očuvanju kulturne i umjetničke baštine, i to na ove načine:

- ❖ održavanjem javnih skupova i izlaganja na kojima će kristalografi, članovi IUCr, prikazati: ključnu važnost kristalne strukture proteina u dizajniranju lijekova; povezanost kristalografije i simetrije u umjetnosti; kristalografsku analizu umjetničkih djela, kao i antičkih/drevnih materijala;
- ❖ poticanjem slikovnih izložbi koje će prikazati važnost i čudesnu ulogu kristalografije;
- ❖ objavljivanjem tekstova/radova u javnim glasilima, na televiziji i ostalim medijima o važnosti kristalografije kao znanosti i doprinosu kristalografije globalnom gospodarstvu.

RAZVOJ KRISTALOGRAFIJE NA AFRIČKIM SVEUČILIŠTIMA



©Serah Kimani

Jedan od glavnih zadataka IUCr je osigurati doktorskim studentima država u razvoju odgovarajuću obuku iz podučavanja i istraživačkog rada u kristalografiji.

U suradnji sa sveučilištima u Južnoafričkoj Republici i s Južnoafričkom kristalografskom zajednicom, IUCr je tijekom posljednjeg desetljeća priredila niz tečajeva u afričkim državama u kojima se govori engleski. U toj suradnji dvije izvrsne studentice doktorskih studija iz Kenije dobile su stipendiju da završe svoje disertacije u u Južnoafričkoj Republici: Serah Kimani (na slici) i Ndoria Thuku. Serah Kimani, koja je u disertaciji opisala određivanje čak 40 kristalnih struktura, od 2012. radi na Sveučilištu u Cape Townu. Ndoria Thuku je u svojoj disertaciji prikazala određivanje kristalne strukture proteina iz bakterije *Rhodococcus rhodochrous*, kojom se tretira tlo za pospešivanje rasta zdravih biljaka u poljoprivredi i hortikulturi. Nakon doktoriranja 2012., Ndoria Thuku se nalazi na poslijedoktorskom usavršavanju u Odjelu medicinske biokemije Sveučilištu Cape Townu.

IUCr je 2011. osmislila ambiciozni program za podsaharske afričke države. Pod nazivom Inicijativa za kristalografiju u Africi, taj program sadrži obučavanje u kristalografiji nastavnika i studenata na doktorskom studiju. Osim toga, suradnička sveučilišta dobivaju i difraktometar vrijedan 80 000 do 150 000 eura što im pruža mogućnost uključivanja u međunarodne projekte. Glavni partner u tom planu je Bruker France, privatno poduzeće, koje svakom sveučilištu odabranom od strane IUCr-a osigurava difraktometar u ispravnom stanju. Trošak prijenosa difraktometra do pojedinog sveučilišta pokriva IUCr. Sveučilište se obvezuje održavati difraktometar te pokriti trošak dodatnih uređaja, npr. računala i rendgenskih cijevi.

Godina kristalografije je usmjerena znanstvenoj zajednici

Poticanje međunarodne suradnje znanstvenika širom svijeta, s naglaskom na suradnji Sjever–Jug, ostvaruje se na ove načine:

- * pokretanje kristalografskog časopisa sa slobodnim pristupom, *IUCrJ*;
- * zajednički istraživački projekti koji uključuju rad na sinkrotronu, u razvijenim državama i u državama u razvoju, npr. sinkrotron u Brazilu, te SESAME na Bliskom Istoku osnovan na poticaj UNESCO-a (v. str. 14);
- * rasprava i odabir najboljega načina za pohranu difrakcijskih podataka prikupljenih radom na velikim uređajima i u kristalografskim laboratorijima.



Naslovnica prvog broja časopisa *IUCrJ* sa slobodnim pristupom: www.iucrj.org.

Tijekom intenzivnog tečaja u veljači 2012. nastavnici i studenti doktorandi Sveučilišta Dschang u Kamerunu bili su prvi koji su obučeni rukovanju difraktometrom, koji je sveučilište dobilo sljedeću godinu.

Kamerunska kristalografska zajednica, osnovana u to vrijeme, priredila je sedmodnevni seminar u travnju 2013. usmjeren na metode određivanja kristalne strukture. Seminar je pohađalo 24 nastavnika i doktoranda iz Kameruna i susjednih država. Novčanu potporu seminaru dali su IUCr, Sveučilište Dschang i Bruker.

Naredne države koje se uključuju u Inicijativu jesu Obala Bjelokosti, Gabon i Senegal. Iz svake države uključeno je po jedno sveučilište, koje se obvezuje djelovati kao nacionalni kristalografski centar, koji će potaknuti zanimanje za kristalografiju i školovati osoblje s drugih sveučilišta. IUCr daje svoje publikacije besplatno nacionalnim centrima.

IUCr traži ostale sponzore s ciljem proširenja Inicijative za kristalografiju u Africi na cijeli kontinent.

IYCr će omogućiti proširenje inicijative i na države u razvoju u Aziji i Latinskoj Americi.

Pojedinosti o ovoj inicijativi mogu se dobiti od: prof. Claude Lecomte;

claude.lecomte@crm2.uhp-nancy.fr



Prof. Claude Lecomte, dopredsjednik IUCr, na tečaju o kristalografiji, Sveučilište Dschang, veljača 2012 (Patrice Kenfack/Kamerunska kristalografska udruga)

SIMETRIJA U UMJETNOSTI I ARHITEKTURI

Simetrija je sveprisutna u prirodi: vidljiva je na licu i tijelu čovjeka, cvijetu, ribi, leptiru, neživoj prirodi kao npr. morskoj školjki. Simetrija je oduvijek fascinirala sve civilizacije, koje su je unosile u umjetnost i arhitekturu tisućama godina.

Simetrija se nalazi u raznolikim izrazima čovječje kreativnosti, kao što su sagovi, porculan, keramika, crteži, slike, kipovi, arhitektura, pjesništvo, kaligrafija. Simetrija se uočava u kineskom pismu. U kineskoj umjetnosti i arhitekturi simetrija je manifestacija kineske filozofije u traženju harmonije u životu.

U umjetnosti i arhitekturi nalaze se razni oblici simetrije. Zadani motiv, koji se ponavlja pomakom, tvori translacijsku simetriju. Ta simetrija može biti jednodimenzijska (na dnu ove str.) i dvodimenzijska (životinja s krilima na ovoj str.).

U zrcalnoj simetriji, dva motiva, lijevi i desni, međusobno se odnose kao predmet i njegova slika u ravnom zrcalu. Krila leptira su jedan od primjera u prirodi. Zrcalna simetrija je vrlo česta u arhitekturi, kao npr. **Taj Mahal** u Indiji (v. sliku), Zabranjeni Grad u Kini, ili **Chichen Itza**, hram Maya u Meksiku (v. sliku). Takva se simetrija nalazi često u umjetnosti, iako je rijetka u slikarstvu.

Kineski simbol za sreću (izgovor: šuangksi).

Ako se motiv ponavlja – preslikava vrtnjom oko zadane osi, tako da se pritom ne mijenja njegov izgled, tada taj motiv ima rotacijsku simetriju. Piramida u Gizi, Egipat, npr. ima rotacijsku os četvrtog reda (uključujući i njenu osnovku). Strop džamije **Lotfollah u Iranu** (sl. na str. 13) ima rotacijsku os 32. reda (os kroz središte slike).

Geometrijski motivi prožimaju umjetnost raznih civilizacija. Primjeri za to su slike Navajo Indijanaca u Sjevernoj Americi, **kolam u južnoj Indiji** (sl. na str. 13), indonezijski batik (vrsta tkanine), slike starosjedilaca u Australiji, mandale u Tibetu.



Glava od bronce, Yoruba, grad Ife, Nigerija, 12. st. (Wikipedia)

Maurits Cornelis Escher (Nizozemska): primjer dvodimenzijske translacije (Fundacija M C Escher)



Taj Mahal, Indija, gradnja završena 1648., baština pod zaštitom UNESCO-a (Wikipedia)



Chichen Itza, hram Maya u Meksiku, koji je cvjetao između 600. i 900.; pod zaštitom UNESCO-a (S. Schneegans/ UNESCO)

Islamske civilizacije, počevši od sedmoga stoljeća, koriste geometrijske oblike u mozaicima i drugim umjetničkim formama s ciljem vizualnog povezivanja duhovnosti sa znanosti i umjetnosti. Islamska umjetnost vjerojatno je utjecala na zapadnu školu geometrijske apstraktne umjetnosti u 20. stoljeću. Dva izrazita predstavnika te škole su **Maurits Cornelis Escher** i **Bridget Riley** (v. sliku). Escher je bio očito nadahnut posjetom maurskoj palači Alhambra u Španjolskoj.

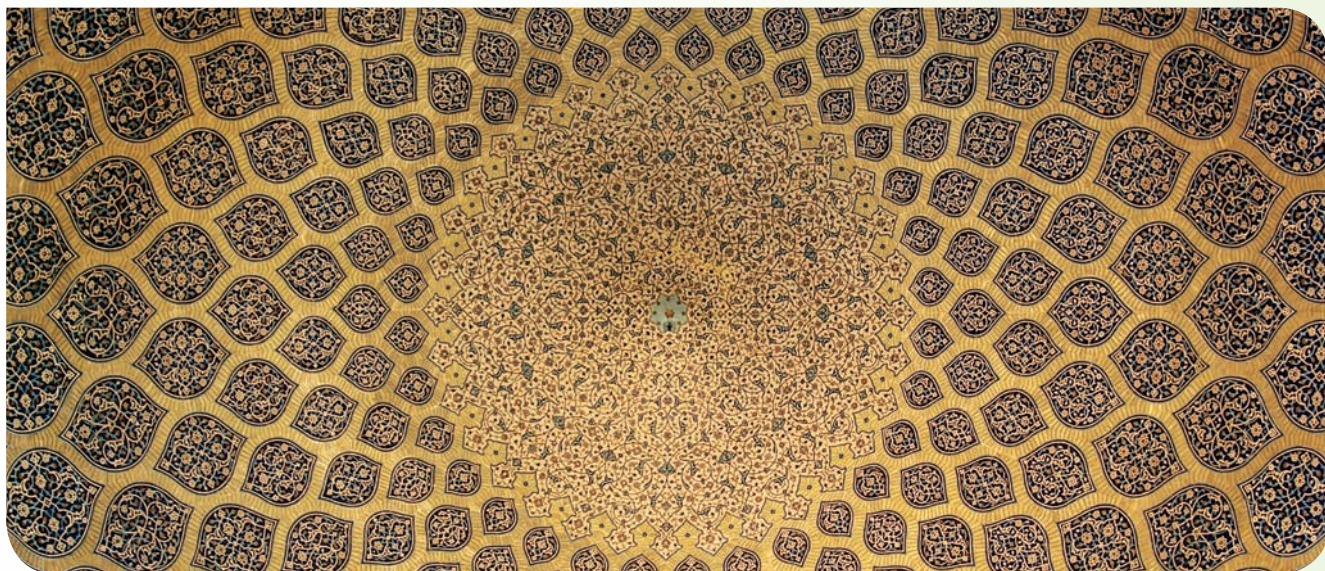
Tijekom 2014., Marokanska kristalografska zajednica priređuje putujuću izložbu o kristalografiji i umjetničkoj geometriji po arapsko-islamskim državama.

Pojedinosti može pružiti Prof. Abdelmalek Thalal; abdthlal@gmail.com.



Kolami poput ovoga u Tamil Nadu, nacrtani rižinim prahom ili kredom ispred kuća da donesu blagostanje, mogu se svakodnevno obnavljati (Wikipedia).

Kupolasti strop džamije Lotfollah u Iranu, čija je gradnja završena 1618.; svjetska baština UNESCO-a (Phillip Maiwald, Wikipedia).



Al-Attarine Madrasa (škola), Fez, Maroko, svjetska baština UNESCO-a, sagrađena 1323.-1325. (A. Thalal).



Bridget Riley, UK: Igra sjena, 1990. (Wikipedia).



Kako moja država može prikazati i promicati kristalografiju u 2014. i ubuduće?

Svaka država, koja želi razvijati industriju osnovanu na znanju ili povećati vrijednost svojih sirovina i proizvoda, mora imati i uspostaviti vlastite kapacitete u kristalografiji. Tijekom 2014., niz država u razvoju, u Africi, arapskom svijetu, Latinskoj Americi, Karibima, Aziji, može mnogo učiniti u promicanju kristalografije i njenom razvoju u svojim sredinama.

Načini kako unaprijediti poučavanje i istraživanje

Kristalografija je međudisciplinska znanost koja spaja fiziku, kemiju, znanost o materijalima, geologiju, biologiju, farmaceutiku i medicinu. Znanstvenici sa znanjem u tim poljima jesu potencijalni kristalografi. Tijekom 2014., IUCr će poticati države da postanu njeni članovi, kako bi se unaprijedila međunarodna suradnja u obučavanju i istraživanju, te omogućio pristup informacijama i znanju.

Jednom obučeni i osposobljeni, kristalografi trebaju odgovarajuću infrastrukturu kako bi mogli primijeniti svoje vještine. UNESCO i IUCr predlažu vladama pojedinih država da osnuju barem jedan nacionalni kristalografski centar opremljen difraktometrom i osiguraju mu odgovarajuću financijsku potporu. Nakon što se s pomoću difraktometra prikupe strukturni podaci na kojem kristalu, u kristalografskom centru se primjenom potrebnog softwera može modelirati kristalna struktura. Kao partneri tijekom 2014. godine, proizvođači difraktometara trebaju ponuditi povoljnu i prihvatljivu cijenu i pomoći u obuci osoba koje održavaju instrumente.

Važno je da vlada pojedine države osigura povezanost centra sa sveučilištima i industrijom u državi, kao i s kristalografskim centrima u inozemstvu, kako bi se ostvario održivi razvoj zasnovan na znanju.

Zaštitni zid u eksperimentalnoj dvorani izvora sinkrotronskoga zračenja SESAME na Bliskom Istoku. To je međudržavni istraživački centar u Jordanu, uspostavljen pod okriljem UNESCO-a. Okuplja Bahrein, Cipar, Egipat, Iran, Izrael, Jordan, Pakistan, Palestinsku Upravu i Tursku, te trinaest pridruženih država, među njima Japan i SAD. SESAME je izgrađen 2008., a laboratoriji će biti operativni 2016. (SESAME).



Vlada također mora poticati suradnju nacionalnoga kristalografskog centra s nacionalnim i međunarodnim izvorima sinkrotronskoga zračenja, kao što je SESAME u Jordanu (v. sliku).

Sa željom da se učine dostupnima saznanja o znanstvenom i tehnologijskom razvoju u kristalografiji i postigne potpuni uvid u publikacije kristalografa iz država u razvoju, IUCr je pokrenula kristalografski časopis sa slobodnim pristupom, IUCrJ (str. 11).

UNESCO i IUCr također potiču vlade država da uspostave lokalne centre za obučavanje i izvođenje eksperimenata u kristalografiji, tako da se optimalno iskoriste mogućnosti postojećih institucija.

Obučavanje kristalografa u budućnosti

Međunarodna godina kristalografije je upravo vrijeme da se u pojedinoj državi obuču kritični broj kristalografa. Pojedine vlade moraju poduzeti korake u osuvremenjivanju nastavnih programa škola i sveučilišta, s ciljem uspostave potpune korelacije programa kristalografije s programima fizike, kemije, biologije i geologije. U tome nastojanju, UNESCO i IUCr pružit će punu potporu i smjernice u osuvremenjivanju nastavnih programa.

Također se pozivaju vlade pojedinih država da pokažu zanimanje za prijam putujućega kristalografskog laboratorija, osmišljenog posebno za mlade.

IUCr je također osmislila problemske zadatke i natjecanja za učenike srednjih škola, za koje je potrebno znanje iz fizike, kemije i kristalografije. Cilj je prikazati praktičnu primjenu tih znanosti u razvoju poljoprivrede, farmaceutike, novih zelenih materijala i dr. Pozivaju se države da izraze spremnost za priređivanje takvih natjecanja na nacionalnoj razini.



Potrebno je sudjelovati u Međunarodnoj godini kristalografije

Poziva se 195 članica UNESCO-a da se povežu s timom UNESCO-a, u sklopu Međunarodnog programa temeljnih znanosti – International Basic Sciences Programme (IBSP), ili u okviru Međunarodne unije za kristalografiju – International Union of Crystallography (IUCr), s ciljem osmišljavanja programa obilježavanja Međunarodne godine kristalografije – International Year of Crystallography (IYCr).

International Union of Crystallography

Prof. Gautam Desiraju,
President: desiraju@sscu.iisc.ernet.in

Prof. Claude Lecomte,
Vice-President: claudel.comte@crm2.uhp-nancy.fr

Dr Michele Zema,
Project Manager for the Year: mz@iucr.org

UNESCO

Prof. Maciej Nalecz, Director,
Executive Secretary of International Basic Sciences
Programme: m.nalecz@unesco.org

Dr Jean-Paul Ngome Abiaga, Assistant Programme
Specialist: jj.ngome-abiaga@unesco.org

Dr Ahmed Fahmi,
Programme Specialist: a.fahmi@unesco.org



Kristalografija pomaže u određivanju idealnog omjera aluminija i magnezija u slitinama koje se koriste u proizvodnji zrakoplova. Ako je previše aluminija, zrakoplov je težak, a ako je previše magnezija, zrakoplov može biti zapaljiviji. (Shutterstock/IM_photo)

Program događanja tijekom IUCr2014 nalazi se na mrežnim stranicama

www.iycr2014.org

Informacije o Međunarodnoj godini kristalografije:

International Union of Crystallography

Prof. Gautam Desiraju,
President: desiraju@sscu.iisc.ernet.in

Prof. Claude Lecomte,
Vice-President: claudel.comte@crm2.uhp-nancy.fr

Dr Michele Zema,
Project Manager for the Year: mz@iucr.org

UNESCO

Prof. Maciej Nalecz, Director,
Executive Secretary of International Basic Sciences
Programme: m.nalecz@unesco.org

Dr Jean-Paul Ngome Abiaga,
Assistant Programme Specialist: jj.ngome-abiaga@unesco.org

Dr Ahmed Fahmi,
Programme Specialist: a.fahmi@unesco.org

www.iycr2014.org

