



ISSN 1333-5693



9 771333 569007

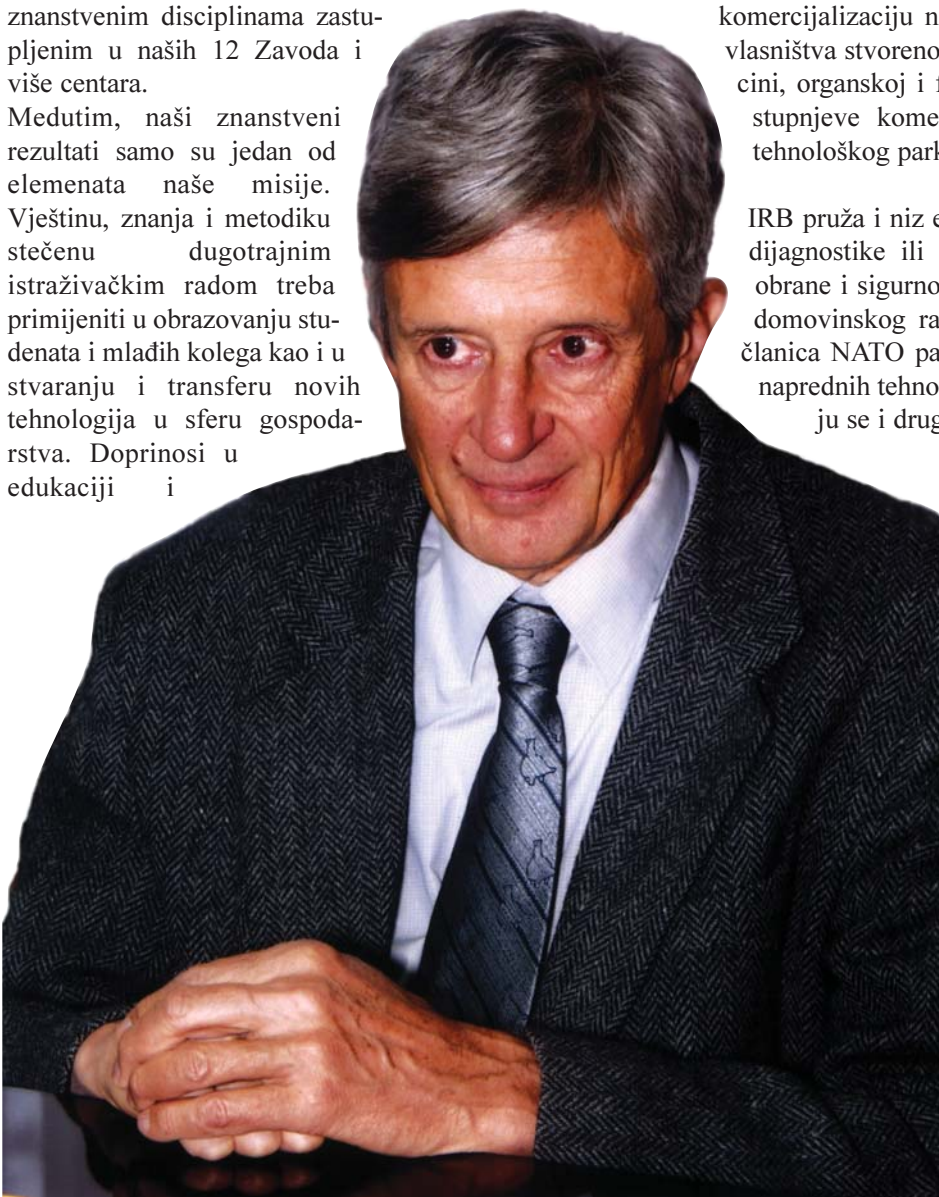
IRZ

*Vol. 5, broj 1 / 2,
siječanj / veljača 2004.*

Našim gostima tijekom Otvorenih dana Instituta Ruđer Bošković (IRB) želimo srdačnu dobrodošlicu. Nakon duljeg razdoblja, ponovnim godišnjim organiziranjem Otvorenih dana želimo istaknuti postupnu promjenu orijentacije Instituta prema ustanovi jače povezanoj sa zajednicom u našem okruženju.

Na otvorenim danima prikazan je samo reprezentativni izbor tema koje ilustriraju mnogobrojna istraživanja što se svakodnevno provode na Institutu. Od najznačajnijeg prodora Instituta u posljednjoj godini – otkrića novih vezanih stanja pet elementarnih čestica (quarks) postignutog u međunarodnoj kooperaciji s europskom organizacijom CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire) - preko mnogih iskora u kemiji, biologiji ili studijama okoliša Otvoreni dani ukazuju na dostignuća u mnogim znanstvenim disciplinama zastupljenim u naših 12 Zavoda i više centara.

Međutim, naši znanstveni rezultati samo su jedan od elemenata naše misije. Vještinu, znanja i metodiku stečenu dugotrajnim istraživačkim radom treba primijeniti u obrazovanju studenata i mlađih kolega kao i u stvaranju i transferu novih tehnologija u sferu gospodarstva. Doprinosi u edukaciji i



Ravnatelj Instituta Ruđer Bošković, dr. sc. Stjepan Marčelja

tehnologiji upotpunjuju misiju Instituta i izravno ili neizravno doprinose prosperitetu države.

U posljednje tri godine IRB je pokrenuo zajedničke smjerove studija sa sveučilistima u Osijeku, Zagrebu, Dubrovniku i

Rijeci. Osim tih zajednički dogovorenih studija, djelatnici Instituta individualno su ugovorili sudjelovanje kao nastavnici u otprilike 200 raznih dodiplomskih i poslijediplomskih kolegija. Naš cilj u nastavi je proširiti suradnju na sva sveučilista u RH. Određeni studiji za koje postoji veliko zanimanje nudit će se na engleskom jeziku kao dio međunarodne nekomercijalne i komercijalne razmjene studenata.

Zahvaljujući podršci Ministarstva znanosti i tehnologije posljednjih godina nabavljeno je više novih kapitalnih instrumenata koji će biti prikazani na otvorenim danima. Ti instrumenti, smješteni u novim centrima kao što je Centar za magnetsku rezonanciju, predstavljaju nacionalno bogatstvo i otvoreni su svim korisnicima unutar RH.

U suradnji sa Svjetskom Bankom IRB intenzivno priprema komercijalizaciju novih tehnologija i novog intelektualnog vlasništva stvorenog na Institutu. Naši novi prodori u medicini, organskoj i fizikalnoj kemiji pripremaju se za razne stupnjeve komercijalnog razvoja u okviru planiranog tehnološkog parka na IRB kampusu.

IRB pruža i niz ekspertnih usluga, posebno u područjima dijagnostike ili studija utjecaja na okoliš. U području obrane i sigurnosti, IRB je odigrao važnu ulogu tijekom domovinskog rata. U novim uvjetima gdje će RH biti članica NATO pakta IRB je već uključen u razvoj novih naprednih tehnologija za borbu protiv terorizma a očekuju se i drugi tehnološki ugovori.

IRB je već sad dio zajedničkog europskog istraživačkog prostora. Institut se takmičio za niz projekata u EU Framework 6 programima i od onih projekata koji su dosad ocijenjeni u mnogima smo bili uspješni. Bilateralne kooperacije sa sličnim organizacijama Norveške, Italije, Njemačke, Slovenije, Austrije i mnogih drugih zemalja stvaraju čvrste veze i doprinose uspješnijem radu oba partnera. IRB surađuje s velikim međunarodnim znanstvenim organizacijama kao što je CERN koji je pomenut na početku ili European Molecular Biology Organisation gdje IRB ima položaj regionalnog centra izvrsnosti.

Naša vizija za budućnost je institut koji će na osnovi visoke razine izvrsnosti u znanostima fizike, kemije, biologije, biomedicine, okoliša i informatike radom u obrazovanju, tehnologiji i pružanjem usluga za sve

zainteresirane korisnike doprinositi razvoju RH u smjeru društva baziranog na znanju.

AKCELERATORI – RAZBIJAČI ATOMA

Tandem Van de Graaff akcelerator

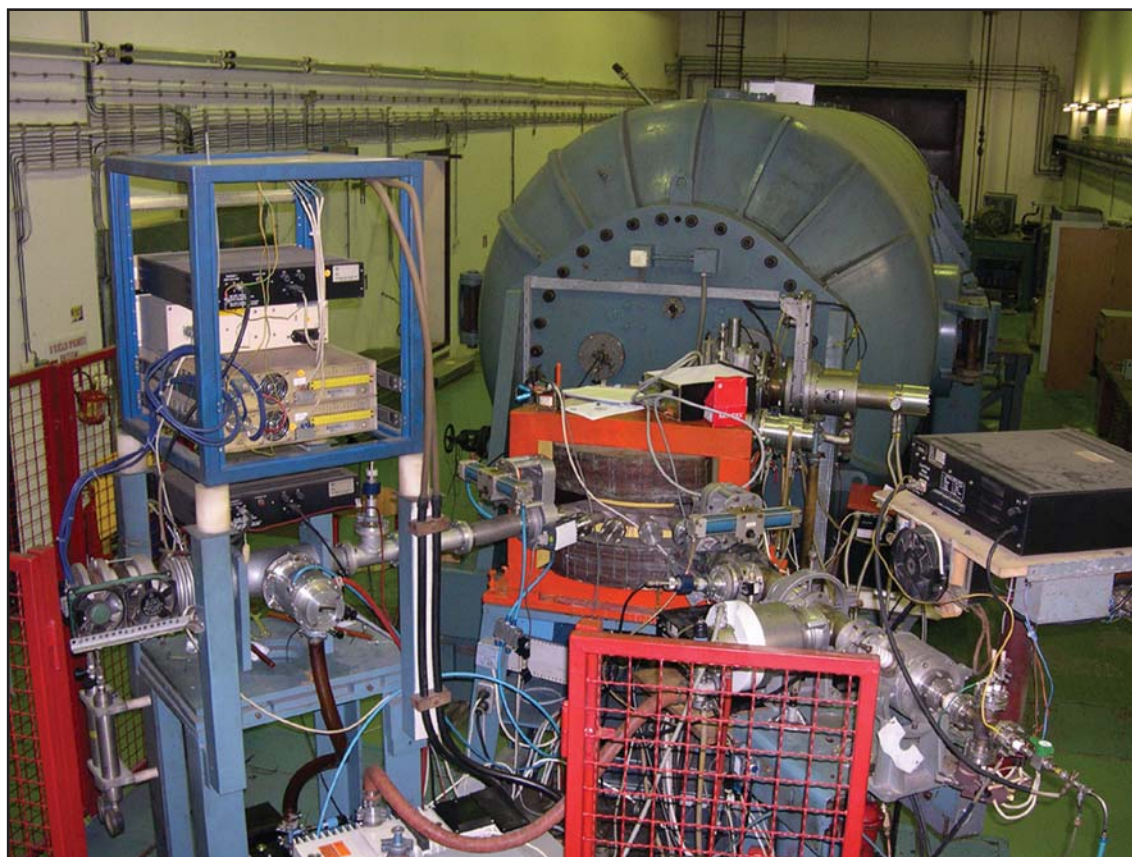
PIŠE: MILKO JAKŠIĆ

Akceleratori iona energija nekoliko MeV-a, danas se uz još uvijek aktualna i atraktivna istraživanja nuklearnih i atomskih procesa sve više koriste i u interdisciplinarnim istraživanjima. U posljednjih nekoliko godina 6 MV Tandem Van de Graaff akcelerator Instituta se u više od 50% od prosječno 1200 radnih sati

nacionalne kulturne baštine. Nedestruktivnost same analize je, u tom području primjena, od velikog značaja.

Uz navedene analitičke metode, na IRB-u je među prvima na svijetu razvijena i metoda IBIC (Ion Beam Induced Charge)

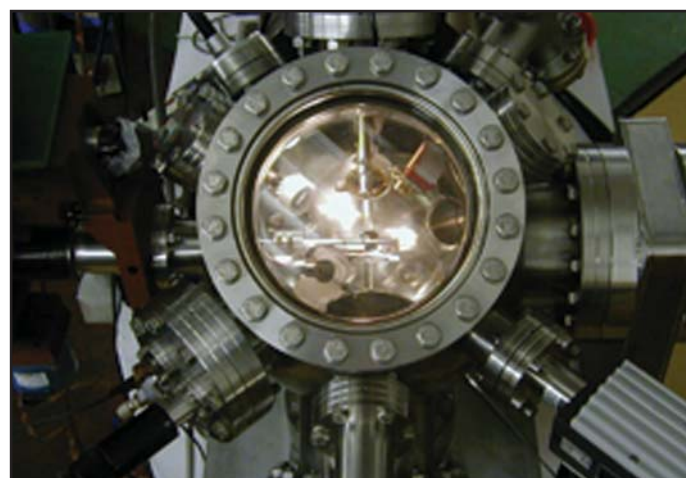
koja se koristi za proučavanje elektroničkih svojstava poluvodičkih materijala. Kontroliranim unošenjem defekata ionskim snopom u lokalizirana područja poluvodiča, mogu se i modificirati elektronička svojstva na mikroskopskom nivou (koji se tada on-line kontroliraju IBIC metodom), što se primjerice može iskoristiti u izradi poziciono osjetljivih detektora zračenja za neke specifične namjene. Zbog velikih potencijala metoda modifikacije svojstava materijala ionskom implantacijom ili unošenjem defekata ozračavanjem, ova vrsta primjene akceleratora sve je zastupljenija i na IRB-u.



na godinu koristio za razne primjene metoda karakterizacije materijala. Akcelerator koji ubrzava ione (od protona i He iona, do teških iona) i nuklearna mikroproba IRB-a koja služi za fokusiranje ionskog snopa na dimenzije oko 1 mikrometra, koriste nam kao svojevrsni nuklearni mikroskop za proučavanja svojstava novih i nepoznatih materijala i struktura na mikro i nano razinama.

Metode ERDA (Elastic Recoil Detection Analysis) i RBS (Rutherford Backscattering Spectrometry) se uz nova poboljšanja detekcijskih sustava, koriste najčešće za mjerenja dubinskih profila koncentracija elemenata s nanometarskim razlučivanjem u tankim površinskim slojevima ispitivanih uzoraka. Mikro-PIXE (Particle Induced X-ray Emission) tehnikom određuju se pak femtogramske količine elemenata u raznovrsnim uzorcima mikroskopskih dimenzija. Kako je dovoljan i uzorak veličine nekoliko mikrometara, PIXE spektroskopija se često primjenjuje za analizu mikropresjeka u svrhu proučavanja porijekla ili kod restauracije raznih predmeta

drugih institucija i sveučilišta, u sklopu raznih vrsta međunarodne suradnje akcelerator redovito koriste i znanstvenici INFN-a iz Italije (Catania i Torino), te suradnici i stipendisti IAEA iz Beča.



NUKLEARNI PROCESI U DOZIMETRIJI I ELEMENTALNOJ ANALIZI 300 kV Cockroft- Walton akcelerator IRB-a (neutronske generator)

PIŠE: SAŠA BLAGUS

Cockroft-Walton akcelerator spada u bazičnu nuklearnu opremu Instituta Ruder Bošković. Nabavljen je i pušten u pogon 1970. godine. Radi se o linearnom elektrostatskom akceleratoru, koji služi uglavnom za ubrzavanje lakih iona. Standardno je moguće dobiti ubrzane snopove H^+ , $2H^+$, $3He^+$, $4He^+$ i elektrona, intenziteta struje do 2 mA. Međutim, postoji i mogućnost

dobivanja manjih intenziteta struja ubrzanih iona natrija, dušika i kisika. Iako se radi o akceleratoru, koji omogućuje dobivanje snopova jednogstrukonabijenih čestica energije do maksimalno 300 keV, to je ipak moćan uređaj za istraživanje svojstava nuklearnih procesa kod vrlo niskih energija, kakvi se odvijaju u unutrašnjosti zvijezda. Drugi aspekt ovog uređaja je generiranje neutrona energije 14 MeV pomoću nuklearne reakcije fuzije deuterona i tritona $3H(2H,n)4He$, odnosno neutrona energije 2.6 MeV, pomoću reakcije $2H(2H,n)3He$. U takvoj funkciji akcelerator se obično naziva "neutronske generator".

Prvi 200 kV elektrostatski akcelerator u IRB-u, sagrađen je i pušten u pogon već davne 1957. godine, naporima domaćih fizičara i domaće industrije. Taj je uređaj imao središnje mjesto u razvoju eksperimentalne nuklearne fizike u IRB-u. Više od stotinu znanstvenih publikacija u svjetski priznatom znanstvenim časopisima, nastalih na tom uređaju, razlog su što je IRB postao poznat u svijetu po takozvanoj zagrebačkoj "školi" neutronske fizike. Vrlo istaknuto mjesto u svijetu postignuto je mjerenjem procesa raspjeda deuterona neutronom. Tada je iz karakterističnog vrha u spektru protona proizvedenih raspjedom prvi puta opaženo međudjelovanje dvaju neutrona u konačnom stanju, efekt koji nije uspio opaziti laboratorij u Los Alamosu. Kasnije se analizom prvi put određuje parametar

međudjelovanja dvaju neutrona, tzv. dužina raspršenja. Tim uspjehom započinje sistematski rad na istraživanju nuklearnih sustava s malim brojem nukleona, problema nuklearnih sila i problema triju tijela. Također se istražuju mehanizmi nuklearnih reakcija, kako dvočestičnih, tako i reakcija s tri i četiri čestice u konačnom stanju, a istražuje se i nuklearna struktura sistema s malim brojem nukleona. Posebno se istražuju nuklearne reakcije inducirane neutronima (n,d), (n,t) i (n,a). Istaknimo da je ranih šezdesetih iz IRB-a izlazilo čak 10% svjetskih nuklearnih podataka dobivenih iz nuklearnih reakcija izazvanih brzim neutronima.

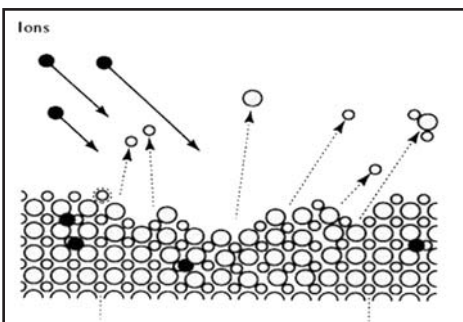
Na osnovi spomenutih intenzivnih fundamentalnih istraživanja koja su u prošlosti provedena na području neutronske fizike, sakupljeno je veliko iskustvo, koje je omogućilo da se stečeno znanje efikasno primijeni u primijenjenim istraživanjima. Tako su, na primjer, provedena i provode se istraživanja na području dozimetrije ionizirajućeg i neionizirajućeg zračenja, a rađena su i istraživanja utjecaja neutrona na žive organizme. Posljedne tri godine, uspješno se radi na razvoju metoda nedestruktivne elementalne analize pomoću nuklearnih metoda. Jedna od tih metoda je aktivaciona metoda s brzim neutronima. Međutim, posebna se pažnja posvećuje razvoju analitičkih metoda baziranih na detekciji gama zračenja inducirano inelastičnim raspršenjem neutrona energije 14 MeV-a na ispitivanim materijalima, korištenjem metode pridružene a čestice. Ta se istraživanja provode u sklopu projekta Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa RH, te u okviru međunarodnih kolaboracija na razvoju fizikalnih metoda detekcije i lociranja skrivenih opasnih materijala kao što su eksplozivi, mine i ostale eksplozivne naprave, te fisioni materijali.



ATOM PO ATOM – TANKI FILM

PIŠE: NIKOLA RADIĆ

Tanki slojevi različitih materijala danas se koriste u nizu primjena i mnoštvu proizvoda – kao zaštitne, tvrde, funkcionalne ili dekorativne presvlake, aktivni elementi u integriranoj mikroelektronici i optoelektronskoj tehnici, električnim, optičkim i termičkim uređajima itd. Razvijen je veliki broj postupaka – kemijskih i fizikalnih - za proizvodnju materijala u obliku tankih filmova. Jedan od najčešće korištenih je pripravljanje tankih filmova postupkom magnetronskog rasprašenja.



Slika 1: Elementarni akt rasprašenja - upadna čestica izbija iz mete pojedinačne atome ili nakupine atoma.

U magnetronima – uređajima u kojima se električni izboj u plinu odvija u ukrštenom električnom i magnetskom polju – ioni plina izbijaju pojedinačne atome s površine katode/mete u procesu koji se naziva rasprašenje (engl. sputtering).

(slika 1.)

Hvatanjem takvih rasprašenih atoma na prikladno postavljenu podlogu s vremenom (koje nije dugačko) nastaje kontinuirani sloj rasprašenog materijala – tanki film.

Od prednosti pripravljanja tankih filmova magnetronskim rasprašenjem navešćemo samo dvije: a) postupak je termodinamički neravnotežan tako da se njime mogu proizvesti materijali koji ne postoje u prirodi, i b) podloga na kojoj se film

formira je vrlo blizu sobne temperature, tako da se naziva i “hladna depozicija”.

U Laboratoriju za tanke filmove Zavoda za fiziku materijala nedavno je instaliran novi uređaj za pripravljanje tankih filmova magnetronskim rasprašenjem – CMS-18 (Combinatorial Materials Science) tvrtke Kurt J. Lesker (sl. 2)



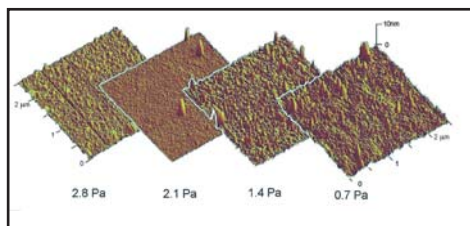
Slika 3: Pogled na četiri magnetronska izvora na dnu komore uređaja CMS-18.



Slika 2: Uređaj CMS-18 za u Laboratoriju za tanke filmove Zavoda za fiziku materijala.

Miješanjem snopova atoma rasprašenih iz različitih meta (metala, poluvodiča, izolatora) pripravlja se slitine (kristalne ili amorfne) i nanofazne smjese, sekvencijalnom depozicijom iz nekoliko magnetronskih izvora grade se slojevite strukture, a dodavanjem reaktivnih plinova radi se kemijska sinteza novih materijala izravno na površini filma. Mogućnosti kombinacija i pripravljanja novih materijala je vrlo velika

Tlak radnog plina, udaljenost magnetron-podloga, temperatura i električna polarizacija podloge omogućavaju kontrolu osobina pripremljenih filmova. Primjer utjecaja samo jednog od nekoliko parametara depozicije vidi se na slici 4.



Slika 4: Hrapavost površine - važan parametar kvalitete tankih filmova.

Tanki filmovi volframa (oko 200 nm) deponirani pri različitim tlaku radnog plina argona imaju vrlo različitu kvalitetu površine. Slike su dobivene na novom AFM uređaju

(P. Dubek) u Zavodu za istraživanje mora i okoliša, a hrapavost površine filma je važan parametar u izgradnji kompleksnih tankoslojnih struktura.

OBEĆANA ZEMLJA NANOSTRUKTURNIH MATERIJALA

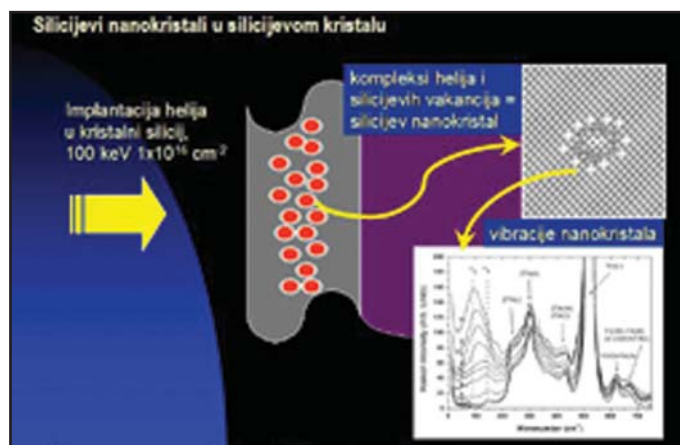
PIŠU: MILE IVANDA I KREŠIMIR FURIĆ

Smanjenjem dimenzije čestica na atomarnu skalu dolazi do značajnih promjena u njihovim elektronskim, optičkim, magnetskim i termodinamičkim svojstvima. Ova nova jedinstvena svojstva nanočestica ili tzv. «kvantnih točaka» potaknula su razvoj novih tehnika za sintezu nanočestica kao što su rast iz otopine, kondenzacija iz plinske faze, laserska ablacija i epitaksijalni rast molekulskim snopovima. Od početka devedesetih godina prošlog stoljeća, kada počinju ciljana istraživanja nanočestica, relativno veliki broj otkrića se vrlo brzo komercijalizira i to često od strane samih autora koji ih neposredno prije primjene patentiraju.

Usporedo s razvojem novih tehnika za sintezu nanočestica, razvijaju se i nove tehnike za karakterizaciju kao i komercijalna primjena tih tehnika. Na taj način u svijetu nastaju mnoge tvrtke koje proizvode i prodaju različite vrste nanočestica poput CdS, Si, TiO₂, Fe₂O₃, itd. Nanočestice se koriste u medicini kao markeri u metodama za ranije otkrivanje i liječenje raka te drugih bolesti, u farmaceutskoj industriji za razvoj novih lijekova, u kozmetičkoj industriji za nove losione, u poluvodičkoj industriji za nove i snažnije memorije, u telekomunikacijama za nove poluvodičke lasere, itd. Političari velikih zemalja poput SAD-a, Japana i Europske Unije vrlo brzo su shvatili važnost ovog novog multidisciplinarnog područja istraživanja te kroz svoju sve veću financijsku podršku već ubiru prve plodove u obliku novih proizvoda, novih tvrtki i novo-zaposlenih djelatnika. Za naredni period predviđa se brzi rast tržišta s ciljanim nanotehnološkim proizvodima sa 80 milijardi US dolara u 2005. godini na 190 milijardi US dolara u 2010. godini.

U Laboratoriju za molekularnu fiziku, istraživanja novih svojstava nanočestica počela su sredinom devedesetih godina prošlog stoljeća. Sadašnja istraživanja financira Ministarstvo znanosti i obrazovanja u okviru projekta «Fizika i primjena nanostrukture» i tehnološkog projekta «Usvajanje i razvoj LPCVD procesa». Od trenutnih istraživanja ovdje, zbog nedostatka prostora, ističemo samo ona koja se odnose na nanočestični silicij.

Silicij kao poluvodič s indirektnim optičkom procjepom je slab svjetlosni emiter, te je stoga smatran nepovoljnim za primjenu u optoelektronici. Nedavnim otkrićem efekta svjetlosnog pojačanja na silicijskim nano-kristalima ugrađenim u kvarcno staklo, ovaj materijal ponovo privlači pažnju zbog moguće izrade silicijevog lasera koji bi mogao biti od velike važnosti u optoelektronici. Nanokristale silicija moguće je dobiti ionskom implantacijom i depozicijskim tehnikama. Slika 1 prikazuje jedinstveni slučaj dobivanja nanokristala silicija u matrici silicija implantacijom helijevih iona. Kod implantacije silicijevih iona u kvarcnu podlogu, te odgrijavanja na temperaturama od 1000 °C, formiraju se nanokristali silicija. U nedavno objavljenom radu pokazali smo da u ovom sistemu postoji efekt pojačanja svjetlosne emisije koji bi mogao voditi ka izradi silicijevog lasera.



Implantacijom helijevih iona u silicij nastaju kompleksi silicijevih vakancija i helija gdje se vakancije zbog napreznja rešetke koncentriraju na vanjskoj strani anglomerata. Na ovaj način formiraju se silicijev nanočestice koje su slabo vezane za okolnu matricu. Ramanovom spektroskopijom moguće je odrediti dimenzije i pratiti njihovu strukturu promjenu kod odgrijavanja.

Pored istraživanja koja bi trebala voditi k izradi silicijevog lasera, nanočestični silicij pokazuje izvanredna svojstva i kod izrade nove vrste grijača s naprednim svojstvima. Ovaj dio istraživačko-razvojnog procesa radi se u suradnji s Fakultetom za elektroniku i računarstvo i tvrtkom CEI Mikroelektronika koja je nasljednik odjela Mikroelektronike nekadašnje tvornice RIZ (Radio industrija Zagreb). Grijači se rade kemijskom depozicijom iz pare. Zbog velike količine topline uzrokovane prolaskom elektrona kroz granicu zrna nanokristala silicija dolazi do snažnog generiranja topline. Temeljem ovoga efekta prvi prototipovi ovih grijača pokazali su emisiju topline od 200 W po kvadratnom centimetru, što je ekvivalentno emisiji nuklearnog reaktora. Napravljena je i prva pegla koja je umjesto klasičnog velikog grijača imala ovakav tanki polisilicijski grijač s površinom od nekoliko kvadratnih centimetara. Ova pegla je privukla znatan interes na međunarodnim konferencijama na osnovu čega smatramo da će nastavak ovih istraživanja dovesti do komercijalnog proizvoda temeljenog na polisilicijskom grijaču.

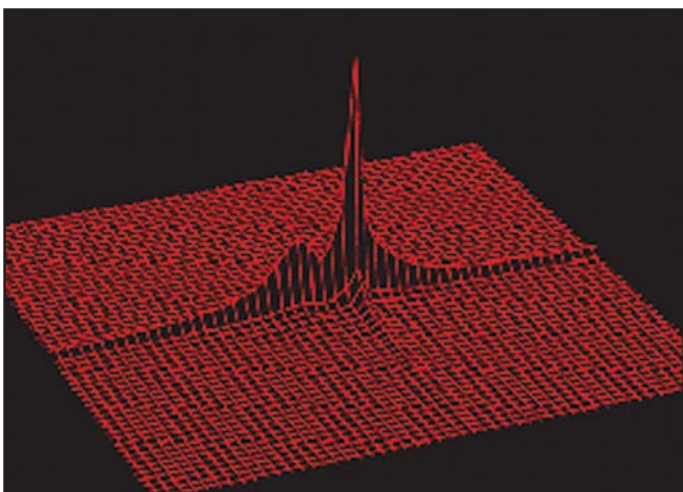
Na kraju željeli bi istaknuti vrlo uspješne suradnje s grupom dr. S. Musića iz Zavoda za kemiju materijala koja već dugi niz godina naročito uspješno radi na razvoju i primjeni novih nanočestičnih oksida. Isto tako uspješna suradnja je ostvarena i s grupom dr. U. Desnice na istraživanju nanokristala dobivenih ionskom implantacijom. Odvija se suradnja i s grupom prof. A. M. Tonejc na visokorezolucijskoj mikroskopiji nanočestica. Laboratorij ima i vrlo razgranatu međunarodnu suradnju s Prof. Schlöglom sa Fritz Haber Instituta u Berlinu na razvoju novih katalizatora, s Prof. W. Kiefer sa Sveučilišta u Wuerzburgu, na istraživanjima strukturalnih i optičkih svojstava poluvodičkih nanokristala, i profesorima M. Montagana, M. Ferrari, G. Mariotto, L. Pavesi sa Sveučilišta u Trentu, Italija, na razvoju novih optičkih pojačala i njihovoj primjeni u optoelektronici.

ELEKTRONSKA SPINSKA REZONANCIJA: OD JEDNOMOLEKULARNIH MAGNETA DO ATEROSKLEROZE

PIŠE: BORIS RAKVIN

ESR (Elektronska Spinska Rezonancija) je spektroskopska tehnika kojom se detektiraju paramagnetske čestice (čestice koje posjeduju nespareni elektron).

Velika osjetljivost ESR spektroskopije zasnovana je na detekciji nesparenog spina elektrona, odnosno vrlo malih koncentracija paramagnetskih čestica u nekom materijalu (znatno manjih od 1: 1 000 000), što nije čest slučaj kod ostalih spektroskopija.



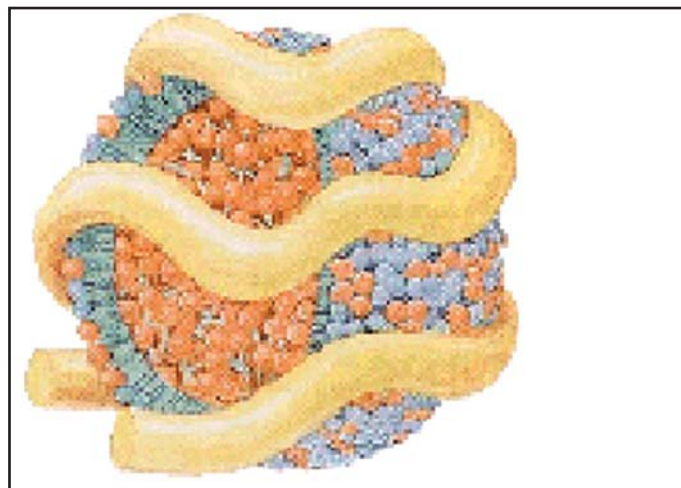
Slika 1: ESR spektri

Budući da iznenađujuće velik broj materijala posjeduje nesparene elektrone, na primjer u obliku raznih defekata u strukturi na molekularnoj i atomskoj razini, ESR se koristi za mjerenja u fizici, kemiji, biologiji, medicini te u interdisciplinarnim područjima.

Ovom prilikom bit će izdvojeno nekoliko primjera primjene ESR spektroskopije. Poblježe će biti objašnjena primjena ESR spektroskopije na primjerima izučavanja magnetskih polja u okolini jednomolekularnih magneta. Predviđa se da će specijalni materijali sačinjeni od niza molekula, od kojih svaka molekula posjeduje i osobine magneta, biti upotrebljavani u računalnoj tehnologiji novih generacija računala (kvantna računala) i kao materijali koji mogu pohraniti veliku količinu memorije. Molekularni magneti također će imati veliku ulogu i kao kontrastna sredstva u oslikavanju magnetskom rezonancijom koja se koristi u medicini kao moderna dijagnostička metoda.

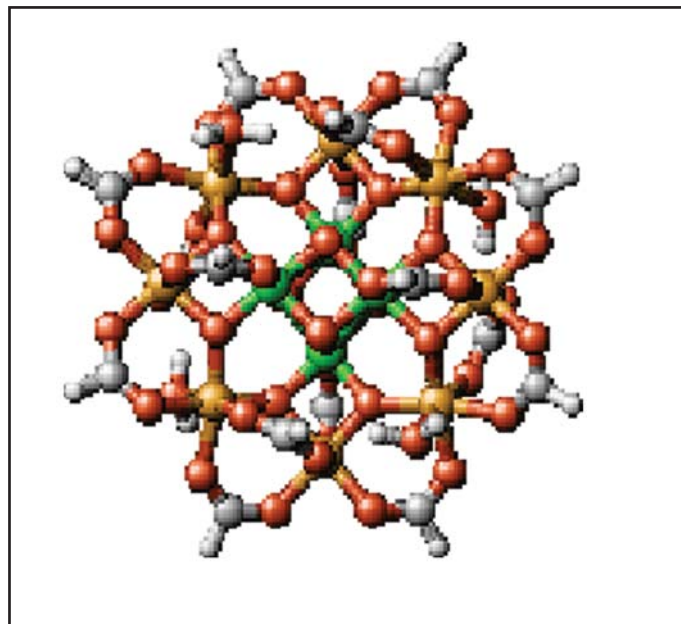
Kao primjer izučavanju biomedicinskih pojava razmotrit će se pojava ateroskleroze u kojoj značajnu ulogu igraju lipoproteinske čestice. Na te čestice izolirane iz ljudske krvi ugrađuju se reporterske paramagnetske molekule a koje se mogu detektirati ESR spektroskopijom dajući nam uvid u specifična strukturalna i dinamička svojstva tih čestica. Slične reporterske molekule mogu se ugraditi i u liposomske čestice. Te čestice s ugrađenim biomolekulama koriste se za prijenos farmakološki aktivnih tvari kroz krv do ciljanih stanica. Na taj je način ESR

spektroskopija je i jedna od metoda za studij fizikalno-kemijske prirode međudjelovanja farmakološki značajnih biomolekula.



Slika 2: Molekula-magnet

Važna primjena ESR spektroskopije je i u mjerenju doze ionizirajućeg zračenja, te kontrole hrane konzervirane ionizirajućim zračenjem. Poznato je da je konzerviranje hrane ionizirajućim zračenjem vrlo efikasno ako se provodi u skladu s propisanim preporukama specijaliziranih međunarodnih agencija. EPR spektroskopijom se u velikoj većini slučajeva može precizno provjeriti je li uzorak koji se nalazi na tržištu ozračen u skladu s takvim preporukama.



Slika 3: Lipoproteinska čestica

KAKAV ZRAK DIŠEMO?

PIŠE: *GLENDI ŠORGO*

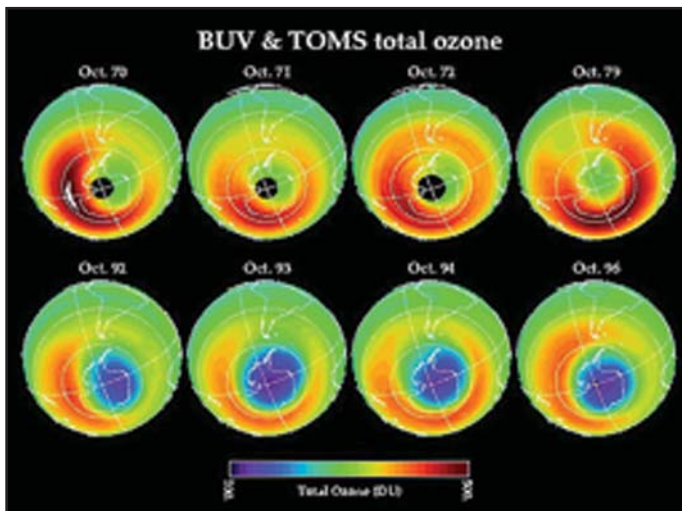
Počeci atmosfere kemije kao znanstvene discipline datiraju još iz 18. stoljeća kada je osnovni zadatak bio utvrđivanje glavnih kemijskih sastojaka atmosfere; dušika, kisika, vode, ugljičnog dioksida i plemenitih plinova. Krajem 19. i početkom 20. stoljeća pažnju su privukli takozvani mikrosastojci, tvari prisutne u atmosferi u količinama manjim od 1 dijela na milijune dijelova zraka. Danas znamo da atmosfera sadrži na tisuće tih mikrosastojaka, neki čak i u količinama manjim od 1 dijela na trilijune dijelova zraka. Uloga tih plinova neproporcionalna je njihovoj količini u zraku; oni su odgovorni za razne pojave, od fotokemijskog smoga, preko kiselih kiša i razaranja stratosferskog ozona do promijene klime na našoj planeti.

Štoviše, sastav se atmosfere u posljednjim desetljećima naglo mijenjao i nastavlja se mijenjati - utjecaj čovjeka na prirodnu ravnotežu nakon industrijske revolucije naglo je porastao, a u drugoj se polovici 20. stoljeća shvatilo da čovjek ima i utjecaj na atmosferu u globalnim razmjerima. Analize mje-

donose zagrijavanju planeta. Ali nisu se povećale samo količine stakleničkih plinova nago i drugih plinova koji nastaju kao posljedica čovjekovih djelatnosti.

Kemijske reakcije koje se odvijaju u atmosferi zbivaju se u vrlo složenim dinamičkim uvjetima, a rezultati tog spoja fizike i kemije često iznenađuju: jedinstvena kombinacija dinamičkih sila iznad Antartike zimi, stvaranje polarnog vrtloga i stratosferskih polarnih oblaka, sve to dovodi do uvjeta pogodnih za reakcije kloriranih ugljikovodika (u prvom redu klorofluorouglijka) i ozona, pa smo nažalost, svakog antartičkog proljeća svjedoci nastajanja ozonske rupe iznad Antartičkog kontinenta (slika 1.). Istodobno, ozon je najvažniji i najparadoksalniji mikrosastojak zemljine atmosfere. Stratosferski ozon nas štiti od štetnog UV zračenja, dok troposferski ozon uzrokuje štetan utjecaj na ljudsko zdravlje i biljke kad je prisutan u koncentracijama iznad prirodnih. Taj troposferski ozon, koji nastaje u prizemnom sloju atmosfere kao produkt u fotokemijskim reakcijama koje uključuju reakcije između ugljikovodika i dušičnih oksida, jedan je od glavnih sastojaka fotokemijskog smoga.

Usljed emisije ogromnih količina različitih tvari u atmosferu na velikim područjima, kao što su urbane sredine i megalopolisi s koncentriranom industrijom i velikom gustoćom prometa (slika 2.), dolazi do niza kemijskih i fotokemijskih reakcija u zraku koji tako mijenja svoj sastav i uzrokuje štetne efekte često vrlo daleko (1000 km) od izvora primarnih zagađivala. Takve probleme ne može više riješiti jedna zemlja jer su izvori problema udaljeni preko nekoliko granica pa su potrebna saznanja o jakosti i rasprostranjenosti izvora, kretanju zračnih masa, kemijskim reakcijama u zraku i depoziciji. Ovdje su uključena i istraživanja na IRB-u s obzirom na fotokemijsko onečišćenje u prizemnom sloju atmosfere. Istraživanja uključuju terenska mjerenja na području Hrvatske, proučavanje svojstava mikrosastojaka zraka i njihove reaktivnosti.



Slika 1. Razvoj ozonske rupe iznad Antartike u listopadu 1970., 1971., 1972., 1979., 1992., 1993., 1994. i 1996. godine.

hurića zraka sadržanih u santama leda otkrivaju značajan porast udjela stakleničkih plinova u zraku; od kojih su najznačajniji ugljični dioksid (CO_2), metan (CH_4) i dušik(I)-oksid (N_2O). Klimatski modeli predviđaju da će to povećanje uzrokovati porast globalne temperature i topljenje polarnog leda. Podizanje razine mora, zagrijavanje mora i otpuštanje otopljenog ugljičnog dioksida dalje pri-



Slika 2. Neki izvori onečišćenja zraka.

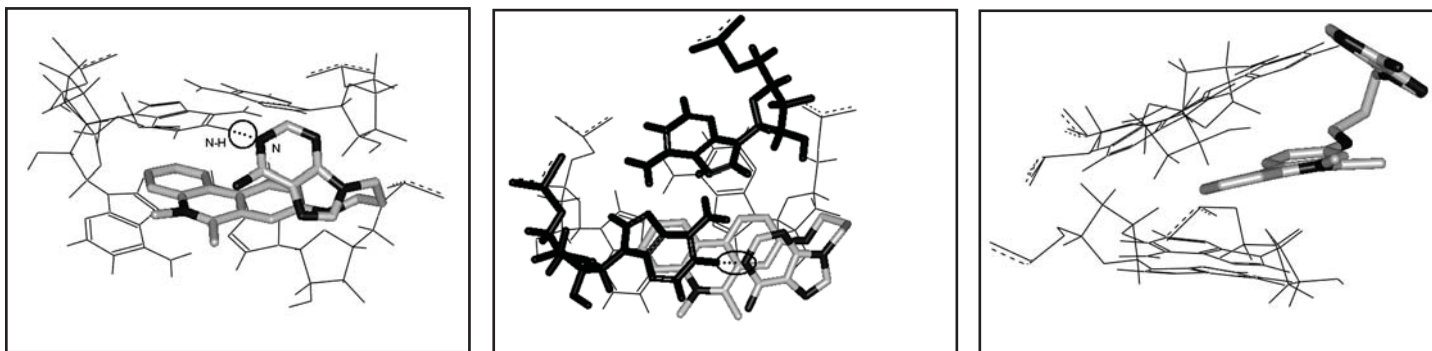
U SVIJETU MOLEKULA: OD REALNOG PREMA VIRTUALNOM I NATRAG

PIŠE: LIDIJA TUMIR

U stanicama svih živih organizama, kao sastavni dio kromosoma, nalaze se nukleinske kiseline – makromolekule u kojima su pohranjene genetske poruke. Već više od stotinu godina poznato je da je deoksiribonukleinska kiselina (DNA) važna komponenta stanične jezgre, no stvarna revolucija u kemiji, biologiji i medicini nastupila je prije 50 godina, nakon što je otkrivena struktura DNA – dvostruka uzvojnica. Biološka uloga i ključ za prenošenje genetskih svojstava sadržani su upravo u strukturi DNA.

kiselina, predviđanje o načinu vezanja male molekule na nukleinsku kiselinu, te konačno sintetsko umijeće za pripremu novog spoja.

Računalo je za kemičara danas korisno i moćno sredstvo koje otvara virtualni prozor u svijet molekula. Sprega računa i eksperimenta omogućava dobivanje impresivnih slika koje olakšavaju vizualizaciju i razumijevanje svijeta na molekularnoj razini, a kemičarima mogu dati korisne smjernice za sintezu novih spojeva.



Slika 1. Kompjutorski optimizirana struktura kompleksa ds-poliA⁺ tetramera i konjugata fenantridinij-adenin

Zbog toga je otkriće strukture DNA bilo važna polazna točka prema rasvjetljavanju životnih procesa, ali i putokaz organskim kemičarima prema sintezi novih spojeva koji stupaju u interakciju s nukleinskim kiselinama. Molekulsko prepoznavanje nukleinskih kiselina, područje na granici između kemije, molekularne biologije i medicine, intenzivno se istražuje zbog razvoja molekularnih označivača, umjetnih nukleaza, tj. molekula koje imaju mogućnost “rezanja” nukleinskih kiselina na točno određenom mjestu, te konačno novih lijekova, koji mogu “napasti” tumorsku stanicu ili virus.

Istraživanje ovog zanimljivog područja koje je atraktivno i za farmaceutsku industriju od kemičara zahtijeva znanje, ali i maštu i intuiciju: znanje o strukturi i svojstvima nukleinskih



Slika 2. Molekule aminodiazapirenia u tumorskim stanicama (snimljeno pomoću fluorescencijskog mikroskopa)

OD ALKEMIJE DO LIJEKOVA

PIŠE: TOMISLAV PORTADA

Alkemičari su u svojim laboratorijima tragali za kamenom mudraca, čudesnom tvari koja bi omogućila pretvaranje običnih metala u zlato. Danas u sintetskim organskim laboratorijima pripravljamo učinkovite lijekove.

Jedna od važnijih djelatnosti Zavoda za organsku kemiju i biokemiju je priprava novih organskih spojeva i istraživanje njihovih svojstava. Organska je sinteza nužan i nazamjeniv korak kako u pronalasku i pripravi novih materijala, lijekova i drugih proizvoda velike komercijalne vrijednosti, tako i u pripravi modelnih spojeva za fundamentalna istraživanja. U našim se istraživanjima služimo čitavim nizom suvremenih uređaja i metoda: nuklearnom magnetskom rezonancijom (NMR), UV-spektroskopijom, rendgenskom strukturnom analizom, elektronskom mikroskopijom, molekulskim modeliranjem, paralelnom sintezom u mikrovalnom reaktoru itd. Te nam metode i pripadni uređaji omogućuju da održavamo i unapređujemo postojeću visoku razinu istraživanja, te da uspješno održavamo korak sa sličnim međunarodnim institucijama s kojima dobro i intenzivno surađujemo.



Slika prikazuje teksturu tekućih kristala spoja pripremljenog u Zavodu za organsku kemiju i biokemiju snimljenu suvremenim polarizacijskim mikroskopom. Tekući kristali primjenjuju se između ostaloga u proizvodnji LCD-zaslona i fotovodljivih materijala.

Neupućeni čovjek često nema predodžbu o tome koliko velik broj kemijskih spojeva treba sintetizirati i istražiti da bi se tek jedan od njih pokazao korisnim za primjenu. Tome još valja dodati da i priprava svakoga od tih spojeva može ponekad biti dugotrajna i mukotrpa. Iako nam u našem poslu nezamjenjivu pomoć pružaju najsuvremeniji uređaji, u kemijskoj je sintezi često potrebno i zrnice intuicije koje se stječe tek višegodišnjim radom. U tom je smislu kemija ne samo znanost, nego i umjetnost, a kemijska je intuicija ono nešto što je u drevnom razdoblju alkemije, kada nije bilo današnjih uređaja i metoda, bilo jedini putokaz tadašnjim (al)kemičarima.

U sklopu prezentacije prikazat ćemo nekoliko metoda i postupaka kojima se služimo u pripravi i ispitivanju svojstava organskih spojeva.

impresum:

Znanstveno glasilo
Instituta "Ruđer Bošković"
 Bijenička c. 54, 10 002 Zagreb
 tel: +385 (0)1 4561 111,
 fax: 4560 084
 e-mail: rudjer@rudjer.irb.hr
 URL: <http://www.irb.hr>

Glavni urednik: *Mislav Jurin*
 Tehnički urednik: *Karolj Skala*

Uredništvo:
Dunja Čukman
Koraljka Gall-Trošelj
Kata Majerski
Mladen Martinis
Iva Melinščak-Zlodi
Tvrtko Smital
Jadranka Stojanovski

Digitalna obrada i izvedba:
Institut Ruđer Bošković
Grafički fakultet u Zagrebu

ISSN 1333-5693
 UDK 061.6:5

Tisak: Kratis d.o.o.
 Izlazi mjesečno u nakladi od 600
 primjeraka uz financijsku potporu
 Instituta Ruđer Bošković

KRISTALOVA DRUŽINA – NASTAJANJE I PREPOZNAVANJE

Kako nastaju kraške planine? Nastajanje kalcijeva karbonata taložnim procesima

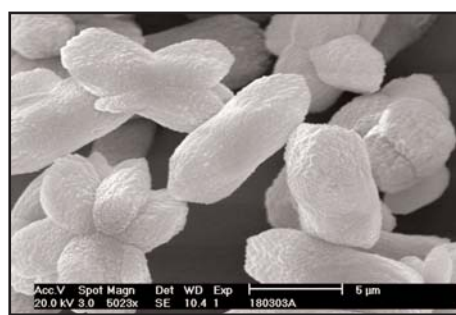
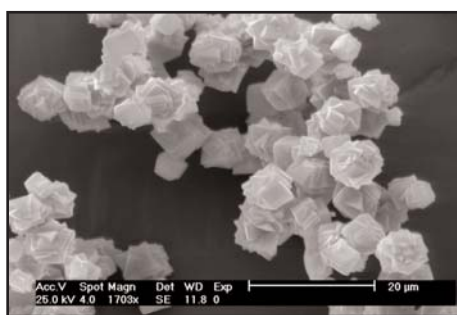
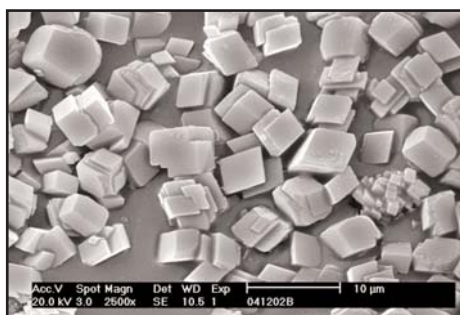
PIŠE: DAMIR KRALJ

Kalcijev karbonat je slabo topljiva sol ugljične kiseline. Najčešće se pojavljuje u obliku nekog od tri polimorfa: kalcit, koji je stabilan pri uvjetima koji vladaju na površini Zemlje te aragonit i vaterit. Osim polimorfa, kalcijevi karbonati tvore i hidratne soli, kalcijev karbonat monohidrat, heksahidrat i amorfni kalcijev karbonat. Kalcijevi karbonati su najrasprostranjeniji i najuobičajeniji nesilikatni minerali te se procjenjuje, da čine približno 4% ukupne mase Zemljine kore (vapnenac, lapor, kreda, sedra, dolomit...). O njihovoj širokoj zastupljenosti govori i podatak, da morski sedimenti sa sadržajem kalcijeva karbonata većim od 30 %, pokrivaju preko jedne četvrtine Zemljine površine. Ti su sedimenti biogenog podrijetla, nastali taloženjem kalcitnih ili aragonitnih ljuštura uginulih morskih organizama, foraminifera, pri čemu njihov veći dio (75 – 95 %) biva naknadno otopljen. Proces taloženja (kristalizacije) i otapanja kalcijeva karbonata su glavni puferirajući mehanizmi u morskoj vodi, a ti su procesi izuzetno važni i u regulaciji kruženja ugljičnog dioksida, CO_2 , plina odgovornog za efekt staklenika, odnosno globalnog zagrijavanja.

Izučavanje kalcijevih karbonata je važno i zbog njihove

istraživanjima uvjeta pripreve dobro definiranog kalcita, najzastupljenije i industrijski najčešće korištene modifikacije kalcijeva karbonata, može poslužiti činjenica, da kalcit kristalizira u preko 600 različitih kristalnih oblika. Za razliku od kalcita, većina drugih, s kalcitom izostrukturalnih karbonatnih soli, kristalizira u 10 do 15 kristalnih oblika.

U Laboratoriju za procese taloženja razrađen je niz postupaka dobivanja kalcijeva karbonata najrazličitijih fizikalnih i kemijskih svojstava. Pojedini se polimorf, ili hidratni oblik, pripravlja miješanjem otopina koje sadrže karbonatne i kalcijeve ione; vrlo se često koriste ugljična kiselina i kalcijev hidroksid (voda vapnenica). U jednom takvom postupku kontroliraju se kako termodinamički (temperatura, koncentracije reaktanata i aditiva, pH, ionska jakost otopina, suspendirane nečistoće...) tako i hidrodinamički čimbenici (način, redosljed i brzina miješanja otopina, oblik reakcijske posude...). U radu se koriste najsvremenije analitičke instrumentalne metode kojima se prati tijek procesa, sastav otopine te sastav i svojstva stvorene čvrste faze. Od fizikalnih su svojstava, svakako, najvažnija raspodjela veličine i broja kristala te specifična površina taloga. Metode, koje se rutinski koriste u radu su: potencijometrija, kondu-



Različiti oblici kalcijeva karbonata (kalcita) pripravljenog iz otopine ugljične kiseline i kalcijeva hidroksida (vode vapnenice) Izgled i specifična površina taloga mijenjani su dodatkom različitih količina sulfatnog iona (SO_4^{2-}) u sustav tijekom procesa taloženja (kristalizacije).

tehničke primjene u pripravi proizvoda koji nas okružuju i kojima se svakodnevno služimo (punila u plastici, hrani, lijekovima, papiru...). Svojstva takvih kompozitnih materijala i proizvoda izrazito ovise o fizičko-kemijskim svojstvima punila (mineraloški sastav, veličina i oblik kristala, udio i vrsta aditiva), na koja je moguće utjecati pažljivo kontroliranim uvjetima pripreve. Kao ilustracija zahtjevnosti i nužne sustavnosti u

tometrija, ultravioletna/vidljiva spektroskopija, infracrvena spektroskopija, elektronska spinska rezonancijska spektroskopija, rentgenska difrakcija te optička i elektronska mikroskopija.

POVRATAK KRISTALA – RAST I SVOJSTVA

Stvaranje šupljikavih kristala (sinteza zeolita A ili hematita) i njihovo promatranje infracrvenom spektroskopijom

PIŠE: JOSIP BRONIĆ

Zeoliti su kristalni alumosilikati dobro definirane strukture, u kojima su Si(Al) atomi povezani preko kisikovih atoma tako da tvore trodimenzionalne strukture s kanalima i šupljinama. Veličina i oblik kanala su jedinstveni za svaki tip zeolita. Poznato je preko 300 zeolita od kojih samo 50tak postoji kao minerali u prirodi. Različiti tipovi zeolita mogu se sintetizirati preciznim podešavanjem fizičko-kemijskih uvjeta sinteze: kemijskog sastava reaktivne smjese, sa ili bez dodatka templata, podešavanjem pH i temperature reakcije.

Zeoliti se naširoko upotrebljavaju kao: kationski izmjenjivači (omekšavanje vode u deterdžentima umjesto polifosfata, fiksacija radioaktivnih kationa, uklanjanje različitih kationa iz otpadnih i pitkih voda), adsorbensi (sušenje, uklanjanje otapala), katalizatori (hidrokreking nafte tj. dobivanje benzina, brojne reakcije u organskoj kemiji, izomerizacija), molekulska

sita (razdvajanje sličnih molekula na osnovi razlike u veličini) i u medicini (kao nosač i stabilizator aktivne komponente).

Za demonstraciju sinteze, odabran je zeolit A, prvi umjetni zeolit bez prirodnog analoga - vrlo značajan u industrijskoj primjeni. Demonstrirat će se jedan od jednostavnih postupaka njegove sinteze

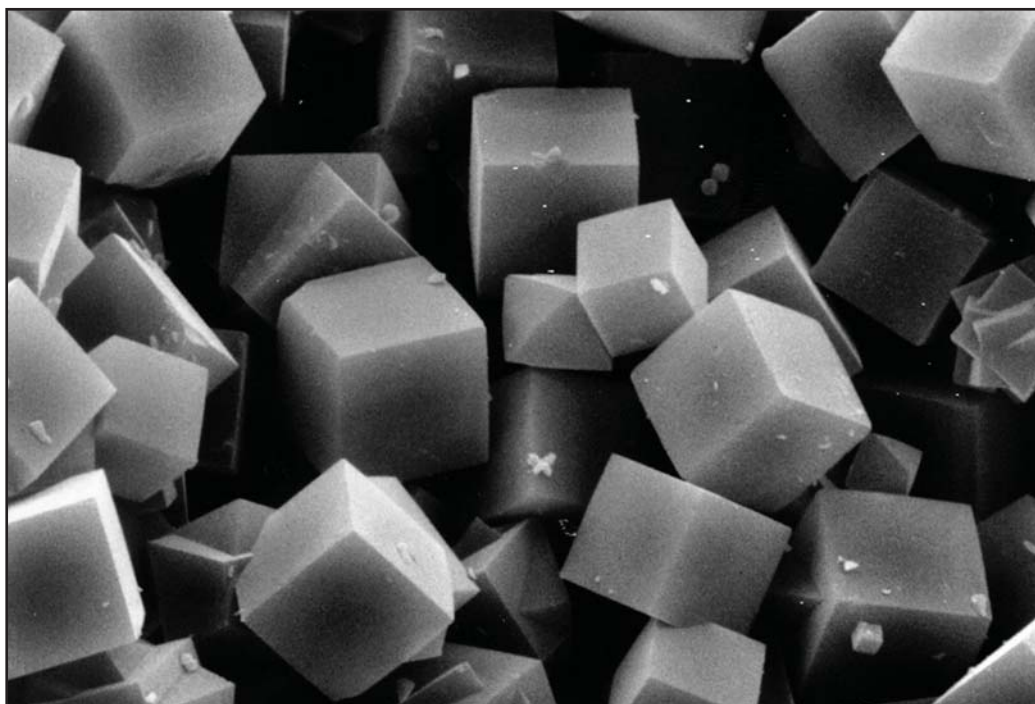
hidrotermalnom transformacijom iz pripremljenog gela.

Hematit, $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ je najrašireniji i najstabilniji željezov oksid te jedna od najzastupljenijih željezovih ruda u prirodi. U laboratorijskim uvjetima hematit se može pripremiti različitim metodama kemijske sinteze. Kontrolom uvjeta sinteze pripremljavaju se čestice hematita različitih oblika i veličine. Oblik i veličina kristala hematita određuju njegova fizikalna svojstva, a time i

komercijalnu npr. kao pigmenata, senzora ili katalizatora.

Željezovi oksidi imaju značajnu tehnološku primjenu. Tradicionalno se upotrebljavaju kao pigmenti, pokrivaju široki raspon boja od žute do crne. Željezovi oksidi kao pigmenti otporni su na kiseline i lužine te visoke temperature. Osim u proizvodnji boja koriste se u gumarskoj i građevinskoj industriji, te industriji papira. Budući da su željezovi oksidi netoksični kao pigmenti koriste se i u prehrambenoj, kozmetičkoj i farmaceutskoj industriji.

Željezovi oksidi i hidroksidi služe kao početni materijali u pripremi ferita, a najznačajniji je hematit. Željezovi oksidi nanometarskih čestica (maghemit i magnetit) u obliku ferofluida (tekućih magneta) koriste se u različitim uređajima, npr. za hermetičko zatvaranje, zglobovi u robotici, itd. Služe također i kao senzori plina, vlage i dima (CO , CO_2 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, itd.).



Posebno je značajna primjena željezovih oksida u medicini (liječenje tumora, NMR dijagnostika), a zbog velike specifične površine koriste se kao adsorbensi anorganskih iona (pročišćavanje otpadnih voda i dekontaminacija niskoradioaktivnog otpada).

Čestice hematita pripremit će se taloženjem hidroksidnog gela i njegovom termičkom obradom. Za identifikaciju određenih strukturnih elemenata (karakterističnih vibracijskih vrpca) zeolita A i hematita koristit će se Fourier-transform infracrvena spektroskopija (FTIR).

GENETIČKIM MODIFIKACIJAMA PROTIV EFEKTA STAKLENIKA

PIŠE: HRVOJE FULGOZI

Fotosinteza je temeljni autotrofni biokemijski proces koji omogućava život na Zemlji. Biljni su organizmi jedini sposobni katalizirati procese fotosintetske pretvorbe svjetlosne energije u biokemijsku, trošeći ugljični dioksid iz atmosfere i vodu iz tla, te istodobno oslobađajući molekularni kisik u Zemljinu atmosferu. Pradavni primitivni fotosintetski organizmi stvorili su atmosferu bogatu kisikom, a današnje cijanobakterije i više biljke održavaju važnu ravnotežu ugljičnog dioksida i kisika uz proizvodnju hrane i energije za većinu heterotrofa na Zemlji.

Više biljke provode procese fotosinteze u specijaliziranim staničnim organelima – kloroplastima. Kloroplasti su nastali evolucijom biljne eukariotske stanice, endosimbiozom prokariotskih fotosintetskih bakterija. U kloroplastima se molekularni procesi fotosinteze odvijaju na specijaliziranom sustavu biomembrana – tilakoidima. Više od 70 proteina uključenih u nekoliko makromolekularnih membranskih kompleksa (fotosustava) sudjeluje u različitim koracima prijenosa i pretvorbe energije. Iako danas znamo i razumijemo većinu osnovnih biokemijskih koraka fotosinteze, naše je razumijevanje mehanizama regulacije i kontrole ovih procesa još vrlo oskudno.

Stanice i kloroplasti u stanju su dugoročno i kratkoročno regulirati (modulirati) fotosintetsku pretvorbu energije. Dugoročna regulacija uključuje kontrolirane procese sinteze i razgradnje proteina pojedinih fotosustava. Količina i biokemijski sastav fotosustava mogu se mijenjati s obzirom na intenzitet dostupne svjetlosne energije. Kratkoročni procesi regulacije ključni su za gotovo trenutnu preraspodjelu energije između fotosustava te za brzu regulaciju ekspresije gena uključenih u fotosintezu. Ovi procesi uključuju

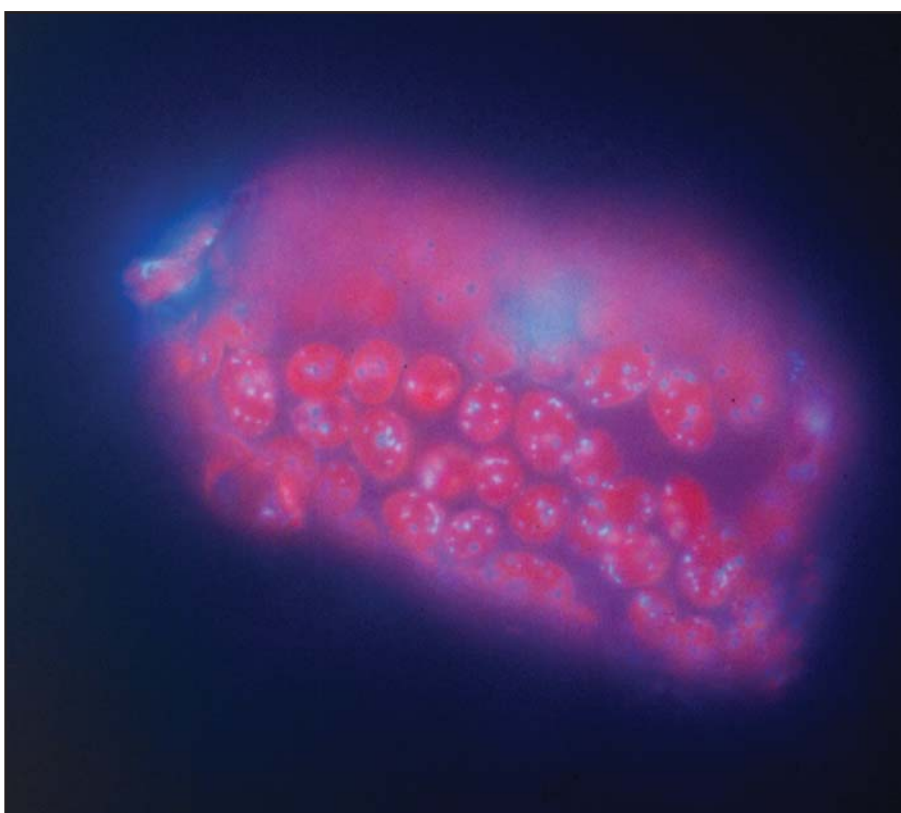
mehanizme proteinske fosforilacije i defosforilacije, redoks kontrole i prijenosa signala. Mehanizmi kratkoročne regulacije fotosinteze glavna su tema istraživanja našeg laboratorija.

U našem radu koristimo se metodama molekularne biologije, biokemije i funkcionalne genomike kako bi karakterizirali dosad nepoznate i u stanici u malom broju zastupljene regulatorne proteine kloroplasta. Kao model organizam koristimo biljku *Arabidopsis thaliana* čiji je genom nedavno u potpunosti sekvencioniran. Osim razumijevanja biokemijskih principa djelovanja ovih regulatornih komponenata, cilj nam je razviti genetički modificirane biljke kod kojih su geni koji kodiraju ove polipeptide utišani (potpuno inaktivirani) ili pojačani i konstitutivno aktivni. Klonirane gene heterologno eksprimiramo u bakterijskim stanicama, a dobivene rekombinantne proteine biokemijski analiziramo i koristimo za proizvodnju imuno seruma. Proteinske interakcije i sublokalizaciju pratimo biokemijskim tehnikama i metodama konfokalne mikroskopije.

Metodama insercijske genske inaktivacije i tehnikama *antisense* utišavanja stvaramo transgenične biljne organizme čija promijenjena fotosintetska svojstva možemo mjeriti, a moguće fenotipske promjene pratiti elektronskom mikroskopijom na razini ultrastrukture.

Genetičkim manipulacijama fotosintetskih regulatornih proteina, u konačnici želimo proizvesti biljne

organizme kod kojih je efikasnost fotosintetske pretvorbe energije povećana. Ovakve bi biljke mogle asimilirati više ugljičnog dioksida iz atmosfere te time pridonijeti smanjenju efekta staklenika.



Epifluorescencijska mikrografija kloroplasta biljne stanice.
DNA molekule su sjajno plave.

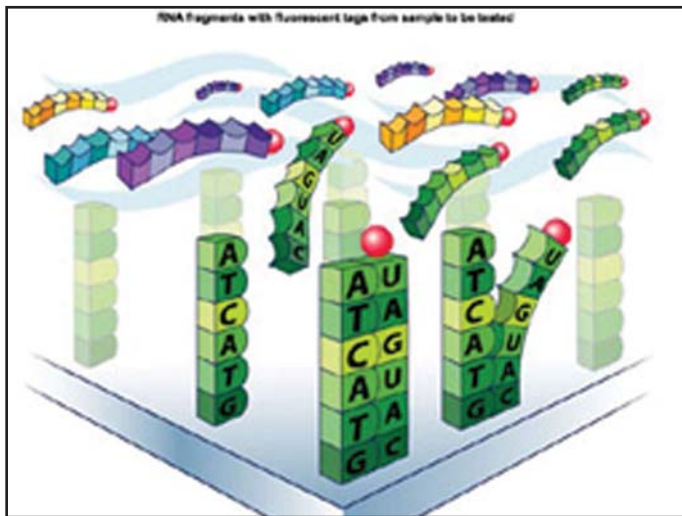
GENOM ČOVJEKA NA MIKROČIPU

PIŠE: KORALJKA GALL-TROŠELJ

Projekt humanog genoma rezultirao je velikim brojem novih spoznaja o našoj DNA. Usporedno s odvijanjem projekta razvijali su se, i još se razvijaju, novi pristupi i metode u istraživanju kojima je omogućeno dobivanje velikog broja podataka o našim genima u vrlo kratkom vremenskom periodu. Jedna od metoda brzog određivanja takvih promjena, odnosno aktivnosti naših gena, povezana je s otkrićem DNA-čipa.

Radi se o nosaču na kojem se nalazi velik broj oligonukleotida koji su komplementarni točno određenim sljedovima molekule DNA poznatih gena - kako čovjeka, tako i nekih drugih organizama. Metoda vezanja oligonukleotida patentirana je u američkoj tvrtki Affymetrix prije deset godina i danas je upravo Affymetrix vodeći proizvođač i inovator u ovom području (iako, naravno, konkurencija na tržištu postoji).

Iako postoje mikročipovi različitih namjena (od profiliranja polimorfizama, pa do određivanja (poznatih!) mutacija u genima koji su povezan s nastankom nekih bolesti), na "puntu" broj 12 bit će prikazano određivanje aktivnosti svih poznatih



gena čovjeka u točno određenom trenutku (microarray).

Kompletom čipova pod nazivom U133 A i U133 B omogućena je analiza vrlo velikog broja transkripata, odnosno, određivanje aktivnosti približno 16 000 gena u jednom pokusu. Analizi na čipu prethodi priprema uzorka koja se sastoji od izdvajanje RNA (ukupne ili glasničke), njezinog prepisivanja u cDNA, potom ponovnog prepisivanja u cRNA (tijekom ovog postupka molekula cRNA obilježava se biotinom), fragmentiranja i nanošenja na čip. Hibridizacija se, ovisno o vrsti čipa, odvija pod točno određenim uvjetima, najčešće preko noći. Nakon toga se čip "ispire" a potom se nanosi protutijelo. Ovi se postupci odvijaju pod kontrolom kompjuterskog programa, poluautomatizirano. Završetak eksperimentalnog dijela rada je skeniranje, odnosno očitavanje jakosti signala koji su nakon hibridizacije prisutni na čipu.

Naravno, s obzirom na to da se radi o iznimno velikom

broju podataka, konkretno – 22284 na čipu tipa A i isto toliko na čipu tipa B (toliki je broj proba vezan za nosač), sljedeći korak je "filtriranje" podataka (za što postoje kompjuterski programi, ali ovo se može raditi i "ručno"), a nakon toga posao preuzima biostatističar koji korištenjem različitih programa određuje koje su promjene statistički značajne. Ovo, naravno, ukazuje na to da je "nešto" promijenjeno u odnosu na "nešto drugo", što u određenom sustavu čini kontrolu. Konkretno, u molekularnoj medicini uspoređujemo aktivnost gena u tkivu tumora s aktivnošću gena u tkivu netumora, mjerimo aktivnost aktiviranih gena u kulturi stanica nakon dodavanja određenog terapeuta/potencijalnog terapeuta u odnosu na netretirane stanice i slično.



Drugim riječima, izdvajamo one gene čija je aktivnost u modelu našeg istraživanja promijenjena u odnosu na kontrolu i ovo, zapravo, čini tek početak narednog dijela istraživanja u kojem najznačajnije rezultate dobivene na DNA-čipovima provjeravamo drugim metodama. Na razini RNA, idealno bi bilo rezultate provjeriti metodom RealTime PCR, dok se za provjeru prisustva proteina (prisustvo transkripta nije "garancija" da je protein uistinu prisutan) najčešće koristi metoda Western blot.

Ukratko, do otkrića DNA-čipova vrlo često smo metodom slučajnog odabira odabirali gene za koje smo smatrali da bi mogli biti važni, odnosno promijenjeni, u određenom biološkom sustavu. Ovo se posebno odnosi na područje molekularne onkologije. Čipovi su nam omogućili brza profiliranja koja sama po sebi ne mogu biti i nisu krajnji rezultat istraživanja, nego tek prva, vrlo stabilna stepenica neophodna za ubrzanje, poboljšanje kvalitete i interpretacije rezultata u daljnjim istraživanjima.

SVJETLOM PROTIV BOLESTI

PIŠE: MARTIN LONČARIĆ

Ideja uporabe svjetla za liječenje već je dugo poznata u medicini. Sunce, čije se svjetlo najranije počelo koristiti, zrači široki spektar valnih duljina; međutim, jedan dio sunčevog spektra djeluje povoljno na tijelo, dok je drugi dio spektra štetan. Razvitkom znanosti i tehnologije nastojalo se stvoriti umjetne izvore svjetla koji bi emitirali samo onaj dio svjetlosnog spektra koji je za tijelo koristan. Na Zavodu LAIR, gdje se intenzivno rade istraživanja i razvoj u području fotodinamičke



dijagnostike i terapije, razvijen je niz modernih uređaja za primjenu svjetlosti u medicini. To su uređaji MediLED bazirani na naprednim izvorima svjetlosti – svjetlećim diodama visokog intenziteta. Uređaji MediLED imaju široku primjenu u više područja:

- Fotodinamička dijagnostika – otkrivanje bolesnog tkiva primjenom svjetla u kombinaciji s fotosenzibilizatorom
- Fotodinamička terapija – liječenje određenih kožnih bolesti zajedničkim djelovanjem svjetla i fotosenzibilizatora

- Biostimulacija – svjetlost ublažava boli i ubrzava zacjeljivanje rana i opekotina
- Kozmetika – depilacija kombiniranjem svjetla i fotosenzibilizatora

Fotodinamička dijagnostika

Fotodinamička dijagnostika je dijagnostička metoda koja omogućava otkrivanje bolesnog tkiva primjenom kombinacije svjetla i određene kemikalije – fotosenzibilizatora. Kad tkivo na koje je bio primijenjen fotosenzibilizator osvijetlimo svjetlošću određene valne duljine, bolesne stanice fluoresciraju (svijetle u određenoj boji), a zdrave ne. Na taj način moguće je razlikovanje bolesnog tkiva od zdravog u slučaju kada je to nemoguće uobičajenim vizualnim pregledom.

Fotodinamička terapija

Fotodinamička terapija je metoda liječenja bolesti – prvenstveno nekih malignih bolesti, koja za liječenje koristi kombinaciju svjetla i određene kemikalije – fotosenzibilizatora. Temelj fotodinamičke terapije je otkriće da fotosenzibilizator unesen u živu stanicu može uništiti tu stanicu nakon što je osvijetljena svjetlom određene valne duljine. Nakon primjene, fotosenzibilizator ulazi i u bolesne i u zdrave stanice. Iz zdravih stanica se prirodnim procesima uklanja, a u bolesnima ostaje nakupljen. Bolesno područje organizma osvjetljava se svjetlom određene valne duljine koja aktivira fotosenzibilizator. Nakon što je osvijetljen, fotosenzibilizator apsorbira svjetlo i stvara aktivni oblik kisika koji razara bolesnu stanicu. Zdrave stanice ostaju pošteđene.

Prednost fotodinamičke terapije je što uzrokuje minimalna oštećenja zdravog tkiva te se po potrebi može ponoviti. Također, za neke tipove bolesti nije potrebno ostajanje u bolnici, nego se fotodinamička terapija može provoditi ambulantno.



Lezija prije, za vrijeme i nakon terapije

NMR – MAGNETIZAM ATOMA U ANALIZI LIJEKOVA I HRANE

PIŠE: DRAŽEN VIKIĆ-TOPIĆ

Jeze atomi u molekulama ponašaju se kao mali magneti. Na temelju tog svojstva jezgri razvijena je metoda nuklearne magnetske rezonancije (NMR). Ova metoda koristi vrlo jake magnetne, a jezgre se analiziraju pomoću radiovalova. NMR je nedestruktivna, neinvazivna i neionizirajuća tehnika koja omogućuje određivanje više od sto različitih jezgri. NMR efekt su otkrili fizičari prije šezdeset i pet godina, a od tada se NMR proširio iz fizike u kemiju, biokemiju, biologiju i medicinu. NMR je danas od primarne važnosti za istraživanja u kemiji (organskoj, analitičkoj, farmaceutskoj, biokemiji), u znanosti o materijalima, petrokemiji, itd., a služi za određivanje vrste spojeva kao i utvrđivanje njihove građe. NMR se rabi za analizu tekućih i čvrstih uzoraka, a vrlo rijetko za plinske uzorke.

Zadnjih godina NMR se sve više rabi u medicini za dijagnostiku pod imenom MRI (Magnetic Resonance Imaging). Oslikavanje pomoću NMR-a daje slike slične rentgenskim slikama. U svakodnevnom životu liječnici i pacijenti umjesto MRI koriste naziv magnetska rezonancija. Ova metoda je u odnosu na rentgen praktički bezopasna, a daje bolju kvalitetu slika i raznovrsnije mogućnosti oslikavanja (dubinski presjeci itd.). Sve više se u medicini za kliničke pretrage i praćenje metaboličkih procesa i njihovih patoloških promjena rabi metoda MRS (Magnetic Resonance Spectroscopy). Općenito medicinski MRI uređaji rade na slabijim magnetskim poljima (0,2-3 Tesla), dok NMR-i za istraživanja u kemiju i fizici rade na 14 Tesla (600 MHz) do 21,2 Tesla (900 MHz).

NMR se intenzivno rabi u primijenjenim istraživanjima, kemijskoj tehnologiji, prehrambenoj tehnologiji i biotehnologiji. U prehrambenoj tehnologiji NMR služi za kontrolu masnoća u hrani, praćenje procesa zamrzavanja mesa i ribe, analizu sastava čokolade, margarina, tj. općenito za atestiranje prehrambenih artikala. NMR se koristi za utvrđivanje autentičnosti različitih napitaka: mlijeka, sokova, alkoholnih pića. Važna je primjena NMR u određivanju porijekla i autentičnosti vina (SNIF metoda) i maslinovih ulja. EU je

nedavno kao standardnu proceduru prihvatio NMR atestiranje vina.

Posebno je značajna primjena NMR-a u farmaceutskoj industriji za pronalaženje lijekova. NMR omogućuje određivanje sastava i građe lijekova, njihove čistoće te u kontroli kvalitete novih proizvoda. U razdoblju od 1985. do 1995. godina Centar za NMR Instituta Ruđer Bošković odigrao je važnu ulogu u istraživanjima lijeka azitromicina, danas poznatog Sumameda. Koristeći analize NMR spektara s IRB-a, suradnici Plive odredili su strukturu novog antibiotika Sumameda. Istraživači Centra za NMR zajedno su s Plivinim istraživačima objavili veći broj znanstvenih radova o Sumamedu. Pliva je 1999. kupila dva NMR uređaja za svoj

istraživački institut, ali suradnja Centra za NMR i Plive je i dalje uspješna. Centar za NMR danas intenzivno surađuje i s istraživačima firme Belupo.

Krajem 2002. godine na Institutu Ruđer Bošković kupljeni su NMR uređaji od 300 MHz i 600 MHz firme Bruker. Kako se radi o vrlo skupoj opremi koju je MZT nabavilo za cijelu akademsku zajednicu Hrvatske, Centar za NMR je potpuno otvoren i radi za sve korisnike s Instituta Ruđer Bošković i za fakultete Sveučilišta u Zagrebu, Rijeci, Splitu i Osijeku. U Centru se obavljaju znanstveno-istraživačka i obrazovno-nastavna djelatnost kao i znanstveno-uslužna snimanja, te primijenjena i tehnološka istraživanja. Intenzivno se razvija suradnja i s industrijom: Pliva, Belupo, INA, Fotokemika, Chromos, te s nekim drugim državnim (Hrvatski zavod za vinarstvo i vinogradarstvo) i privatnim firmama (TDR, SMS). Na slikama su prikazani NMR uređaji Bruker AV-600 (lijevo) i Bruker AV-300 (desno).

NMR spektrometar od 300 MHz opremljen je sa supravodljivim magnetom od 7,05T dok je NMR od 600 MHz opremljen sa supravodljivim magnetom od 14,10T.

Centar za NMR obavlja istraživanja iz područja organske, bioorganske i farmaceutske kemije. Često se provode istraživanja i iz područja anorganske, fizičke i analitičke kemije. Temeljna istraživanja, u kojima se koristi NMR spektroskopija, uključuju prirodne spojeve, šećere, nukleozide, male peptide. Isto tako istražuju se ko-mpleksiranje, izotopni efekti i supramolekularne strukture. Primijenjena NMR istraživanja provode se za potrebe farmaceutске industrije i manjih firmi i zaštićena su ugovorima o tajnosti.

Centar za NMR obavlja nastavnu djelatnost na dodiplomskom i poslijediplomskom nivou za Prirodoslovno-matematički fakultet, Farmaceutsko-biokemijski fakultet, Visoku zdravstvenu školu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije te Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilišta u Zagrebu. S time u vezi NMR centar je izdao i nekoliko skriptata iz područja NMR spektroskopije.

Pored predavanja, vježbi i demonstracija iz NMR spektroskopije u Centru se izrađuju i diplomski, magistarski i doktorski radovi.

Upotreba NMR uređaja se neprestano širi u znanosti i tehnologiji. Prije desetak godina Japanci su pokrenuli intenzivnu kampanju nabavke novih NMR uređaja jer su na temelju broja i vrste NMR-a s kojima su tada raspolagali zaključili da njihova znanost, a time i njihova država, zaostaje za ostalim razvijenim svijetom. Stoga zaključimo na kraju da se NMR spektrometri ubrajaju u temeljnu znanstvenu infrastrukturu neke zemlje, te se drži da je njihov broj i vrsta mjerilo razvitka svake države.



ISTRAŽIVANJE MORA U 21. STOLJEĆU

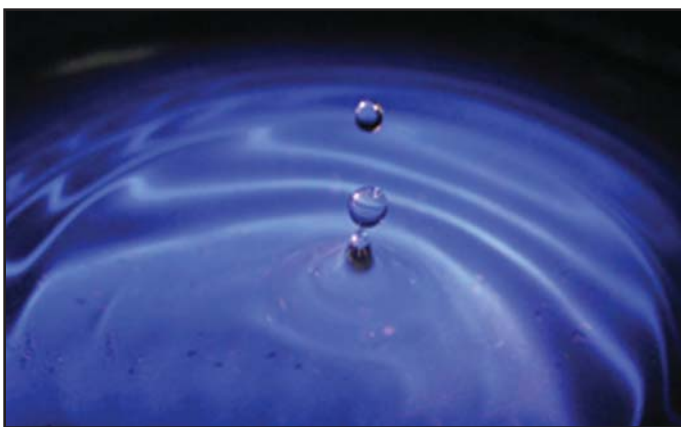
PIŠE: TEA GLUHAK

More je složen ekosustav kod kojeg je voda, i to morska voda, njegov bitan dio. Morska voda je vodena otopina anorganskih soli, organskih spojeva i plinova koji svojim međusobnim odnosima i djelovanjem određuju kemijska i fizička svojstva okoliša u kojem je nastao i prvi oblik života na Zemlji.

Od svog postanka do danas, mora i oceani prolaze svoju evoluciju, te iako stari milijarde godina njihova osnovna svojstva i važnost jednaki su kao i prije. Oni moderiraju promjene temperature na Zemlji ublažujući klimu, odgovorni su za gotovo polovinu svjetskog biodiverziteta, a za čovjeka predstavljaju i važan izvor hrane i minerala, ali i potencijalni izvor lijekova.

U evolutivnom razvoju život se iz mora počeo širiti na kopno te se u jednom razdoblju geološke prošlosti na Zemlji pojavio i čovjek koji se moru vratio kao stranac.

Godine 1911 'Abdu'l-Baha rekao je «Sav stvoreni svijet koji prethodi čovjeku podvrgnut je strogim zakonima prirode. Veličanstveno sunce, mnoštvo zvijezda, oceani i mora, planine, rijeke, drveće, te sve životinje, male i velike, ništa od svega toga ne može izbjeći pokoravanje prirodnom zakonu.



Samo čovjek ima slobodu, a zahvaljujući svom razumijevanju ili umu mogao je postići vlast nad tim prirodnim zakonima i neke od njih prilagoditi svojim potrebama.». I je, prilagodio ih je!

Kataklizmičko istrebljenje morskog života započelo je kada je čovjek neracionalno počeo iskorištavati morske resurse. Osim prekomjernog izlova ribe čovjekovom se utjecaju danas s razlogom pripisuju i pojave učestale prekomjerne eutrofikacije i sveopćeg onečišćenja i zagađenja mora u obalnim područjima koja neminovno utječu na smanjenje biomase i biodiverziteta. Čovjek je industrijalizacijom i pretjeranom proizvodnjom ugljikovog dioksida počeo mijenjati i kemijski sastav oceana, te možemo sa sigurnošću reći, direktno ugrozio život koralja i nekih algi. Da li je to jedino? Vjerojatno nije, sačekajmo i saznat ćemo s vremenom.

I tako da se osvrnemo na 'Abdu'l-Bahov govor, čovjek zahvaljujući svom razumijevanju i umu malo po malo, svjesno ili nesvjesno, polako ali sigurno i to na svoj trošak remeti prirodnu ravnotežu, svoj okoliš i uvjete koji mu omogućavaju opstanak na, zasad, jedinom planetu koji ima, Zemlji.



Oceani: naslijeđe za budućnost? Da, ako se čovjekova «naučena» i «probuđena» svijest počne prakticirati. Naime, istraživanja mora koja se provode od trena kada je čovjekova znatiželja prevladala strah od mora, danas su se našla u 21. stoljeću. Razlika znanosti i istraživanja mora nekada i danas temelje se na većem broju dostupnih podataka, daleko sofisticiranijoj opremi, većim izdacima i češćim pozivima u pomoć za spas mora.

Davno je čovjek sjedio uz obale mora, sakupljao ono što mu je nadohvat ruke, promatrao, opisivao i crtao iz znatiželje. Danas on roni do prije nezamislivih dubina, za prikupljanje i obradu podataka koristi kompjutere, sonde, plutače, mikroskope, satelite i sl., i to manje iz znatiželje, a više kako bi shvatio zašto to more više nije isto kao nekada, zašto više nema toliko ribe, zašto nam turiste tjera «prljavo more», zašto nam ugibaju kulture školjaka i koje bi se nove vrste morskih organizama mogle izgajati da bi se prehranilo sve brojnije rastuće stanovništvo Zemlje? Proučavanje mora u 21. stoljeću bit će sve više orijentirano ka upoznavanju svih procesa u ekosustavu mora u cilju njegovog očuvanja, sprečavanja daljnjeg uništavanja i racionalnog korištenja prirodnih resursa.

I na kraju, divno govori 'Abdu'l-Baha «Proučavajte znanost, postizite sve više i više znanja. Čovjek zasigurno može učiti do kraja svoga života! Svoje znanje uvijek upotrebljavajte za dobro drugih»...a mi bismo dodali, postizimo znanje, upoznajmo procese u moru kako bismo ih što manje mijenjali, kako bismo radili za dobrobit ne samo drugih već i za dobrobit oceana, i na kraju krajeva za dobrobit nas samih.

OD TISKANE KNJIGE DO DIGITALNE KNJIŽNICE

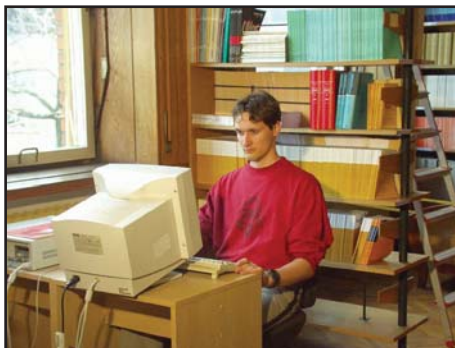
PIŠE: JADRANKA STOJANOVSKI

Gledajući povijest tiskane riječi vidimo da su ljudi još prije 30.000 godina crtanjem slika koje su imale posebno značenje međusobno komunicirali, a ti zapisi još postoje i mogu se "čitati". Egipćani koji su hijeroglif razvili prije 5.000 godina i napisali mnoge materijale na papirusu, ostavili su nam u nasljeđe samo zapise na zidovima svojih hramova, dok se zapisi na papirusu uglavnom nisu održali. Papir je izumljen u Kini u 11. stoljeću, a Gutenberg je svoj tiskarski stroj izumio u 15. sto-

Sve veća količina informacija u digitalnom obliku ima svojih velikih prednosti: knjižnična građa ne zauzima više tako puno prostora, mogućnosti pretraživanja su znatno veće, građa je dostupna preko korisničkih osobnih računala, istoj građi može pristupiti više korisnika istovremeno, korisnik ima velike mogućnosti pri korištenju digitalne građe (može je modificirati i prilagoditi sebi), nema "nedostajućih" knjiga na policama i sl. Problemi koji se javljaju vezano uz korištenje digitalne građe



Knjižnični katalog na karticama.



Digitalna građa dostupna je korisnicima na računalima u knjižnici.



Korisnici u prostoru suvremene znanstvene knjižnice.

ljeću. Tiskane knjige kakve poznajemo stare su 500 godina, a digitalnim zapisima rukujemo nepunih 20 godina! Znamo li uopće koliko će oni trajati?

Stotinama godina knjižnice su odabirale i prikupljale tiskanu građu, da bi je potom opisale kako bi postala što dostupnija korisnicima. Korisnici su dolazili u knjižnicu, pretraživali sami ili uz pomoć knjižničara prebirući po kartičnim katalozima, a ukoliko bi našli ono što ih zanima ostali bi čitati u knjižnici ili bi građu posudili i odnijeli u svoju radnu sobu.

Danas knjižnice svojim korisnicima i dalje nude tiskanu građu, ali i onu digitalnu. Korisnici pretražuju kataloge koji više nisu na tiskanim karticama, već u obliku baza podataka. Radovi koji su im zanimljivi nalaze se većinom u digitalnom obliku, a ovisno o navikama (i godinama) korisnika čitaju se direktno sa zaslona, ili ih korisnik ispiše na svom pisaču. U poslovanju knjižnica desio se paradoks da korisnici pristupaju knjižnici u virtualnom svijetu znatno češće nego prije, a sve je rjeđe fizički posjećuju!

vezani su uglavnom uz relativnu složenost pristupa, nedostatnu brzinu mreže ili nedovoljnu snagu računala, različitost uvijeta pristupa, ograničenja i sl. Veliki dio građe još je uvijek u tiskanom obliku, a brojni korisnici još uvijek prednost daju tiskanoj knjizi, a ne digitalnoj. Da li će tiskana knjiga preživjeti reći će nam budućnost.

U skladu sa svim promjenama knjižnice su morale redefinirati svoju ulogu i svoje poslovanje. Iako obrada građe još uvijek uzima značajno vrijeme, za pretpostaviti je da će taj segment biti sve jednostavniji, tako da će knjižničari imati više vremena za izobrazbu korisnika, što bolje predstavljanje svojih knjižnica u virtualnom prostoru, organizaciju jednostavnog i transparentnog pristupa znanstvenim informacijama i sl. Knjižnice će u budućnosti ne samo osiguravati pristup građi već će biti i stvaratelji vrijednih sadržaja. Jedna od najvažnijih uloga knjižnice budućnosti biti će podrška razvoju, upravljanju, osiguravanju pristupa i čuvanju znanstvenih sadržaja.

RAČUNALA I MREŽE U ZNANSTVENOM RADU

PIŠE: KAROLJ SKALA

Suvremena računala imaju slavnu povijest dužu od 50 godina. Intenzivan razvoj je omogućen razvojem poluvodičke tehnologije, mikroelektroničkih sklopova koji su doveli do poluvodičkih memorija i mikroprocesora. S druge strane Internet postoji preko 20 godina i ubrzano se razvijao, tako da su danas brzina rada računala i brzina prijenosa informacija izjednačena. Tako se ostvaruje intenzivan razvoj mrežnog raču-

radnu infrastrukturu o kojoj u velikoj mjeri ovisi uspješnost i provedljivost kvalitetnog znanstvenog rada. Tako se razvija Računska kemija, Računska fizika, Računska elektronika itd. koje koriste informatiku i računarstvo kao temeljne grane znanosti, pa možemo reći da je svaki znanstveni rad u biti multidisciplinarnan, a ukoliko se odvija na daljinu onda je i multi-institucionalan.

Rad na daljinu se provodi tako da se suvremeni laboratoriji (koji se još zovu eLabovi) spajaju preko mreže u integriranu cjelinu čime se ostvaruje globalizirani znanstveni rad. On se odvija na daljinu uz virtualno sažimanje prostora. Na taj način se između eLabova komunicira podacima, slikom i glasom, odvijaju se mjerenja i eksperimenti u najprikladnijim uvjetima i okruženjima. Snažna računala i brze mreže omogućuju da se mnoštvo složenih procesa simulira i vizualizira u trodimenzionalnom prostoru. Na taj se način otkrivaju tajne prirode, života i materije u raznim područjima znanosti.

U Institutu Ruđer Bošković Centar za informatiku i računarstvo razvija eScience tehnologiju kako bi omogućio učinkovitiji znanstveni rad u svim područjima i prostorima. Posebno se ističe činjenica da u takvim uvjetima mladi nadareni znanstveni novaci neće morati odlaziti u druge svjetske laboratorije jer će moći djelovati i raditi iz Hrvatske, kao da su virtualno u tim poznatim centrima izvrsnosti.

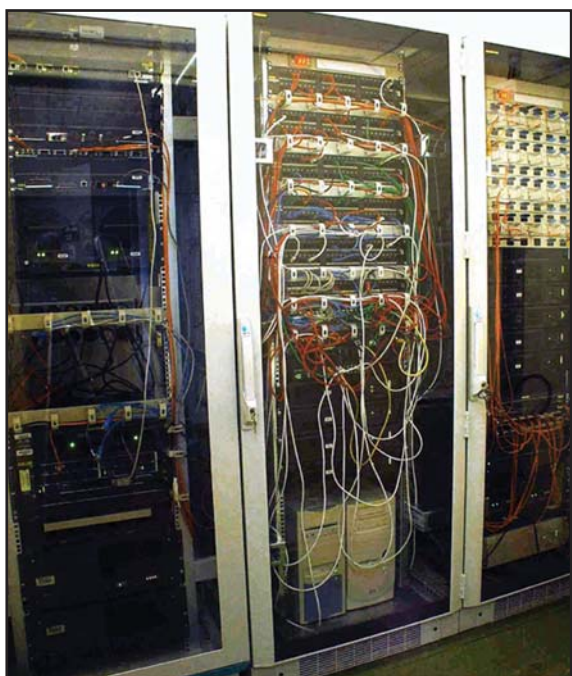


Slika 1. Nova arhitektura klaster računala koja se koristi u znanstvenoistraživačkom radu.

narstva primjenom distribuiranih računalnih sustava. Oni osim prijenosa informacija omogućuju i mrežno djeljenje resursa, globaliziranu podatkovnu obradu i suradnju na daljinu bez obzira na udaljenost. Navedene mogućnosti se ostvaruju razvojem

nove mrežne arhitekture i programske podrške (middleware) tvoreći GRID okruženje unutar kojeg se razvija izrazito učinkovita tehnologija u znanstvenom radu, koju zovemo eZnanost ili eScience.

Znanstvenici danas koriste eScience tehnologiju u svom svakodnevnom radu kao temeljnu



Slika 2. Aktivna oprema novog mrežnog razvoda u Institutu

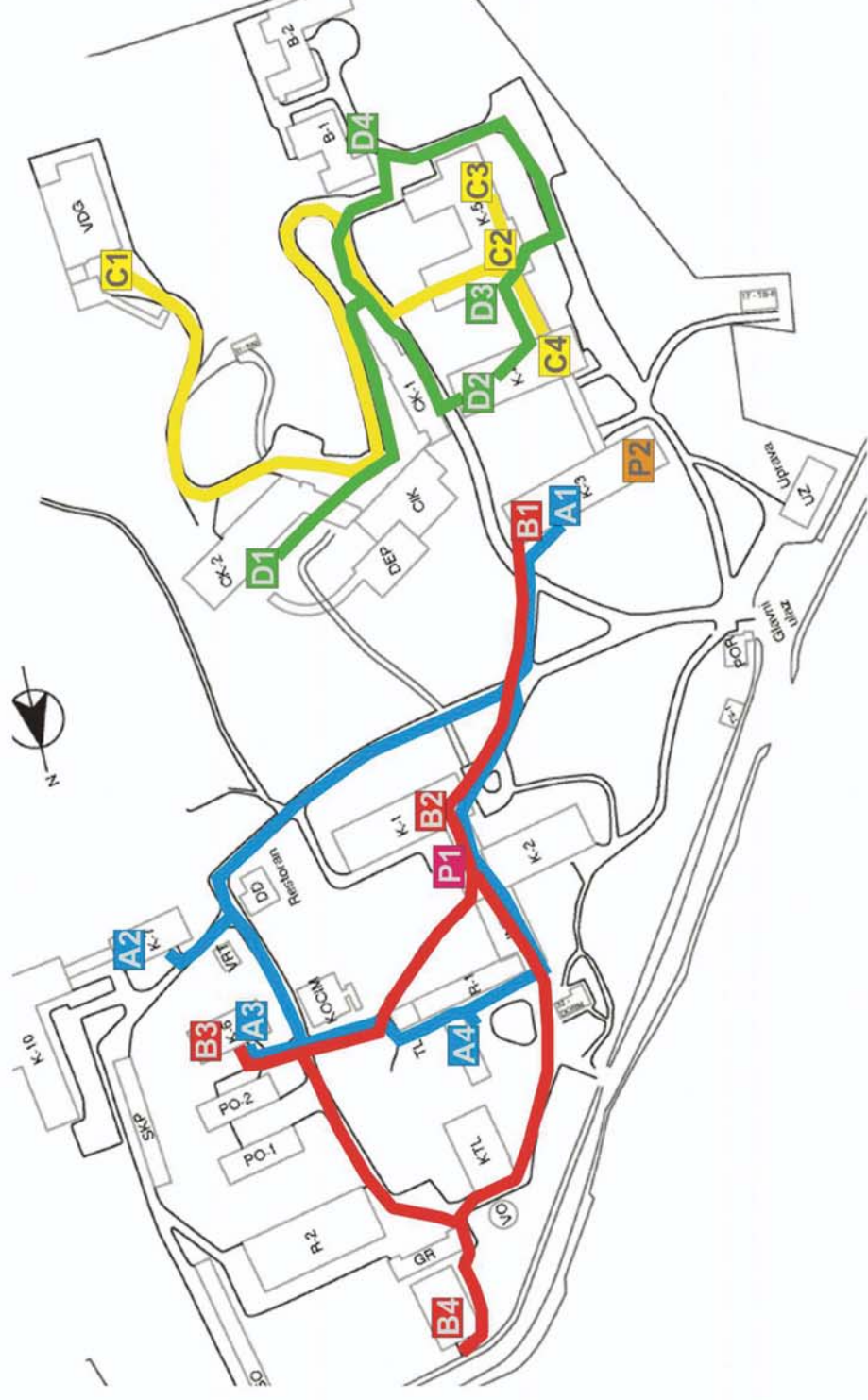


Slika 3. Antene bežične mreže na računalno komunikacijskom tornju Instituta

Na webu i u dvorani IRB-a će se prikazati kratki promidžbeni film «MUDAR IZBOR» u izradi Centra za informatiku i računarstvo.

Plan obilaska Instituta Ruđer Bošković

Izaberite ulaznicu za **plavu (A)**, **crvenu (B)**, **žutu (C)** ili **zelenu (D)** stazu.
 Posjet obuhvaća uvodno predavanje (30 minuta) i obilazak četiri laboratorija (60 minuta).
 Posjetioci staza **A** i **B** zajednički slušaju uvodno predavanje (**P1**) svaki puni sat (:00).
 Posjetioci staza **C** i **D** zajednički slušaju uvodno predavanje (**P2**) svaki "polusat" (:30).
 Prvo predavanje počinje u 9:00 (**P1**), a zadnje u 16:30 (**P2**).



P1 Predavanja u :00 sati

A1 Kakav zrak dišemo (6)
 A2 Povratak kristala (10)
 A3 Nanostrukturni materijali (4)
 A4 Magnetizam atoma (14)

B1 Elektronska spinska rezonancija (5)
 B2 Tanki filmovi (3)
 B3 Kristalova družina (9)
 B4 Svjetlom protiv bolesti (13)

P2 Predavanja u :30 sati

C1 Akceleratori (1)
 C2 Genetičke modifikacije (11)
 C3 Istraživanje mora (15)
 C4 U svijetu molekula (7)

D1 Nuklearni procesi (2)
 D2 Od alkemije do lijekova (8)
 D3 Digitalna knjižnica (16)
 D4 Genom na mikročipu (12)