

# reaktor IDEJA 7

službeno glasilo Studentske Sekcije HDKI-ja | vol 4  
svibanj 2020.

Od samoga početka, ljudi su imali razne ideje, filozofije, vjerovanja, provodili su pokuse i istraživanja kako bi mitove približili stvarnosti. Ljudi su kroz znanost proučili kakvog ga znamo, postoji zbog uspijeha koja je privukla njihovu pozornost u svoj posao, pomogli su im različitim izumima, učini Aristotel je bio genijal se biologijom, zoolo znanje u različitim tekstova sačuvar normu za daljn tek u zajedni znanstvenika koji su se pobili u teoriji i u praksi. Bavio se običnim, praktičnim problemima, koji su bili primjenjivani na mnogim

## KEMIJSKI LASER ILI LIGHTSABER?

STR. 8

## ANORGANSKE TVARI U KOZMETICI

STR. 13

nomopolarni motor i otkrio elektromagnetsku indukciju. Dokazao je da mijenjanjem magnetskog polja dobijemo električno polje (Faradayev zakon). Konstruirao je prve električne generatora. Njemu u čast fizička jedinica za kapacitet nazvana je Tesla. Tesla je bio izumitelj i tehničar. Tesla na usavršavanju telegrafski aparat, kvadratni izum je i žarulja s niti od životnog vijeka američkom bila je poljska kemičarka, p svojom marljivošću i radnim zajedničkom radu sa svojim zvali i majkom atomske bom ratištu tijekom Prvog svjetsko je od trovanja radijacijom. Lo kao znanost i dokazao je da riješio problem koji je zbunjivao vinskog talogu, dolazi do čudnog

## LABORATORIJSKI DIJAMANTI

STR. 23

Ovo je otkriće impresioniralo utjecajne znanstvenike, a Pasteuru donijelo reputaciju. Pasteur je na fermentaciji omogućio da se identificira promjene koje se događaju u određenim mikroorganizama. Ovo je bilo važno za kulturu pravih organizama za dobro pivo. Pasteur je pretoči u boce. Danas je taj proces poznat kao pasteurizacija. Pasteur je riješio problem zarazne infekcije koja pogađa središnji živčani sustav. Pasteur je bio fizičar, matematičar i astronom. Newton je vrlo rano pokazao i vještinu u izradi razno. Newton je bio prvi koji je uživao u dječjim nepodopštinama, mali je Isaac Newton koji se sam navijao, mlin kojega je pokretala gravitacije koji upravlja nebeskim tijelima te tako je promatrao Jupiterove satelite. Teleskop je izradio

ISSN 2584-6884  
e-ISSN 2459-9247  
Zagreb



Želite li svaki mjesec znati što se događa  
na području kemijskog inženjerstva i općenito STEM području?

I uz to učiniti našu struku sjajnom?

To i mi želimo, ali smo tek studenti i zato to ne možemo učiniti sami.

Da bismo Vam svaki mjesec približili svježe informacije,  
treba nam velika pomoć!

Podržite rad Studentske sekcije donacijom

Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa,  
Berislavićeva 6/I, 10000 Zagreb.  
OIB: 22189855239  
IBAN: HR5323600001101367680,  
Zagrebačka banka

Molimo da u opisu plaćanja navedete da je donacija namijenjena Studentskoj sekciji.  
Hvala!

*Reaktor ideja – više od studentskog časopisa.*



MINISTARSTVO ZNANOSTI I OBRAZOVANJA

[www.mzo.hr](http://www.mzo.hr)





Urednici *Reaktora ideja*

Dragi čitatelji,

predstavljamo Vam sedmi broj *Reaktora ideja* u akademskoj godini 2019./2020.

U ovome broju, donosimo Vam teme iz područja anorganske kemije.

U rubrici *Kemijska posla* donosimo novosti iz područja organo-metalnih lijekova.

U *Znanstveniku* možete čitati o raznim primjenama anorganskih tvari te o istraživanjima njihove strukture i svojstava.

Naposljednju, u *Bojama inženjerstva* donosimo pregled nekih vrlo važnih tehničkih primjena anorganskih materijala.

*Nadamo se da ćete na ovim stranicama pronaći nešto zanimljivo i korisno.*

S poštovanjem,

Mislav Matić,  
Glavni urednik

## IMPRESSUM

### Reaktor ideja

#### Uredništvo:

Berislavićeva ul. 6/I,  
10 001 Zagreb  
Tel: +385 98 958 9846  
Faks: +385 1 487 2490  
e-pošta: studenti@hdki.hr

#### Glavni urednik:

Mislav Matić  
(mmatic@fkit.hr)

#### Urednici rubrika:

Dubravka Tavra  
Karla Ribičić  
Aleksandra Brenko  
Leo Bolješić

#### Grafička priprema:

Mislav Matić  
Dubravka Tavra  
Karla Ribičić  
Aleksandra Brenko  
Leo Bolješić

#### Grafički dizajn:

Barbara Farkaš

#### Lektura:

Sofija Kresić  
Helena Bach-Rojecky

ISSN 2584-6884

e-ISSN 2459-9247

Vol. 4 Br. 7, Str. 1–27

Izlazi mjesečno (kroz akademsku godinu)

Časopis sufinancira Ministarstvo znanosti i obrazovanja  
Republike Hrvatske, Zagreb

Zagreb,  
svibanj 2020.

#### SADRŽAJ

Kemijska posla .....	1
Znanstvenik .....	8
Boje inženjerstva .....	18
Stand-up kemičar .....	25

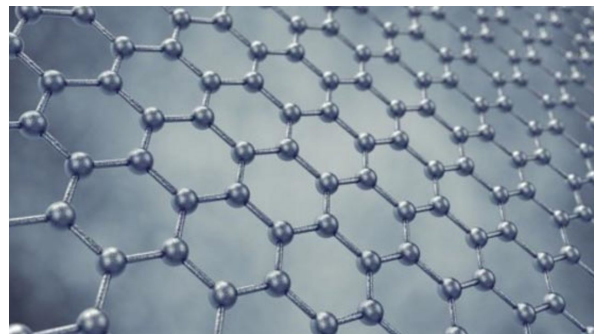
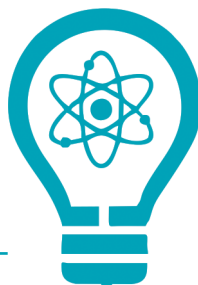




# KEMIJSKA POSLA

## Novi korak u razvoju 2D supramolekula

Ana Vukovski (FKIT)



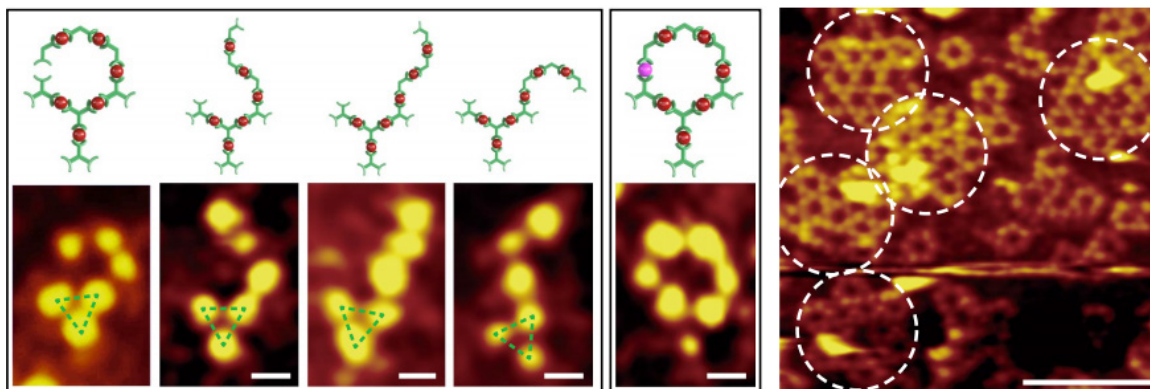
Slika 1 – Prikaz strukture grafena

Nanotehnologija predstavlja područje znanosti koje se bavi istraživanjem, razvojem i primjenom struktura, uređaja i sustava koji su reda veličine atoma, molekula i makromolekula, dimenzija do 100 nm. Takvi se sustavi danas često koriste u industrijskoj, farmaceutskoj i drugoj komercijalnoj primjeni. U ne tako dalekoj prošlosti bilo je nezamislivo razmišljati o minijaturizaciji na nano skali. Međutim nakon poznatog govora znanstvenika Richarda P. Feynmana iz 1959. godine na CalTech konferenciji, na kojoj je već tada predvidio veliku važnost nanotehnologije i svojom izjavom “Mnogo je mjesta na dnu” potaknuo mnoge znanstvenike da se detaljnije počnu baviti tim područjem, nanotehnologija je pronašla mjesto u svakodnevnom životu.

Upravo zbog razvoja te grane znanosti, još 2004. godine razvijen je najtanji materijal na svijetu, čija je debljina bila jednaka debljini atoma, s iznimnom čvrstoćom, čak 200 puta većom od čelika, poznat pod nazivom grafen. Zahvaljujući vodljivim svojstvima

i čvrstoći, on se često koristi u mikroelektronici za učvršćivanje materijala, a nedavno je omogućio i precizno 3D snimanje nanočestica.

Karakteristično svojstvo molekula na nanorazini je tzv. *self-assembly* ili stvaranje samoorganizirajućeg sloja, čime se one slažu u najstabilnije strukture. Takvo je slaganje molekule sveprisutno u prirodi, kao kod biosinteze funkcionalnih proteina i proteinskih kompleksa. Upravo potaknuti preciznim prirodnim procesima, supramolekularni kemičari pokušavaju sintetizirati raznolike metalo-supramolekulske strukture *bottom-up* procesom. *Bottom-up* predstavlja sintezu nano sustava “odozdo prema gore”, krećući od pojedinačnih atoma, koji potom samostalno stvaraju samoorganizirajući stabilan sloj. Metalo-supramolekulski sustavi s dobro definiranim oblicima i svojstvima, koji bi pronašli



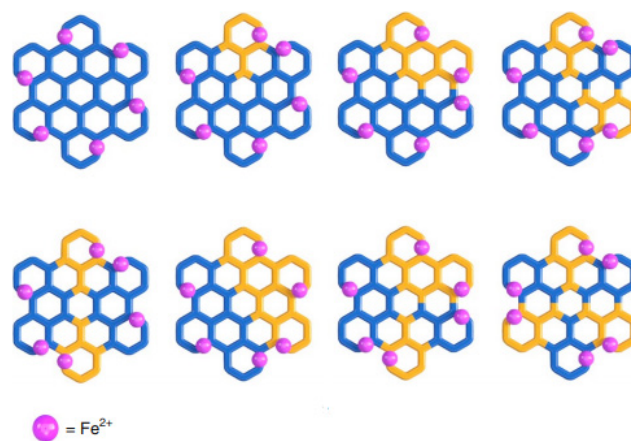
Slika 2 – Slike pojedinačnih gradivnih blokova i konačne strukture, dobivene pomoću pretražnog tunelirajućeg mikroskopa (STM).

široku primjenu u industriji, kreću se od 10 do 100 nm. Međutim, *bottom-up* proces sinteze nije zadovoljio tako postavljene zahtjeve kemičara, obzirom da njime nastaju strukture manje od 10 nm ili pak beskonačni polimerni lanci.

Supramolekule su velike molekulske strukture sastavljene od pojedinačnih molekula. Za razliku od tradicionalne kemije, koja se fokusira na kovalentne veze između atoma, supramolekulska kemija proučava nekovalentne interakcije između samih molekula.

Znanstvenici sa Sveučilišta South Florida uspjeli su sintetizirati 2D supramolekule dimenzija 20 nm, čime su postigli prekretnicu u ovom području. Novosintetizirane 2D supramolekulske strukture podsjećaju na ranije spomenut grafen, obzirom da se sastoje od mreže pravilno raspoređenih šesteročanih prstenova unutar kojih se nalaze atomi metala. Takve su strukture nastale kombinacijom nekoliko koraka samosastavljanja slojeva u kontroliranim uvjetima, a sama struktura potvrđena je uz pomoć tunelirajućeg mikroskopa visoke razlučivosti i skenirajuće tunelirajuće spektroskopije (STS). Na slici 2 prikazani su gradivni blokovi 2D struktura te njihova STM snimka, kao i STM snimka konačne strukture.

Kontroliranom sintezom, koja se temeljila na intermolekulskom i intramolekulskom stvaranju samoorganizirajućih slojeva, dobivena je metalo-supramolekulska struktura širine 20 nm, sa svojih osam izomera, prikazanih na slici 3. Početni intramolekularni proces samosastavljanja, koji podsjeća na biološki proces savijanja peptida i proteina, odvija se kompleksiranjem s ionima metala željeza,  $Fe^{2+}$ . Naknadno intermolekularno samosastavljanje dovodi do stvaranja diskretnih 2D mreža.



Slika 3 – Prikaz sintetiziranih izomera

Sinteza takve strukture provedena je na dva načina, u otopini i izravno na metalnom nosaču. U usporedbi s dosad korištenom sintezom temeljenoj na samosastavljanju u jednom koraku, takav pristup kontroliranog i postepenog procesa omogućuje stvaranje 2D supramolekularnih struktura čije su dimenzije 20 nm. Uvođenjem nekih drugih iona metala, poput  $Co(II)$ , mogle bi se razviti rešetke sastavljene od šesteročanih prstenova koje bi se mogle koristiti kao uređaju za pohranu podataka na nanorazini. Znanstvenici zaslužni za to otkriće vjeruju da će ovakav princip sinteze dovesti do razvoja novih materijala s tek otkrivenim funkcijama i svojstvima.

#### Literatura

1. Z. Zhang, Y. Li, B. Song, Y. Zhang, X. Jiang, M. Wang, R. Trumbleson, C. Liu, P. Wang, X. Hao, T. Rojas, A.T. Ngo, J.L. Sessler, G.R. Newkome, S.W. Hla, X. Li, Intra- and intermolecular self-assembly of a 20-nm-wide supramolecular hexagonal grid, *Nature Chemistry* 12, 468-474 (2020).



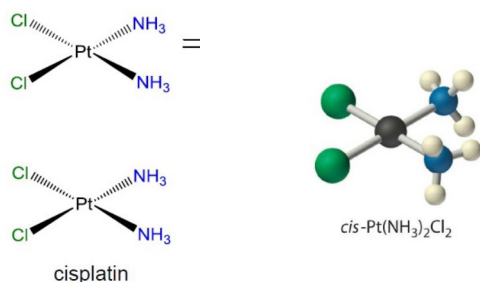
# Metalo-lijekovi u liječenju raka

Antonija Karakaš (FKIT)

Broj oboljelih osoba od karcinoma svakodnevno raste. Znanost pokušava otkriti lijekove i olakšati simptome ove opake bolesti. U svrhu liječenja sve veću primjenu nalaze i metalo-lijekovi.

Za opstanak i funkcioniranje ljudskog organizma nužan je prijenos tvari i energije u čemu krucijalnu ulogu imaju metali zahvaljujući sudjelovanju u reakcijama oksidacije i redukcije. Bioorganometalni spojevi mogu apsorbirati naboj i stvarati ionske veze što omogućava odvijanje reakcija koje su bez njihovog sudjelovanja teško izvedive ili neizvedive.

Terapeutski potencijal metalnih kompleksa u liječenju karcinoma temelji se na varijaciji naboja, strukturi i vezama, interakciji između metala i liganda te redoks-aktivnosti. U vodenim su otopinama metalni ioni pozitivno nabijeni te se vezuju na negativno nabijene biološke molekule. Ovisno o koordinacijskom okruženju, naboj se modificira i generiraju se kationske, anionske ili neutralne vrste.



Slika 1 – Struktura cisplatina

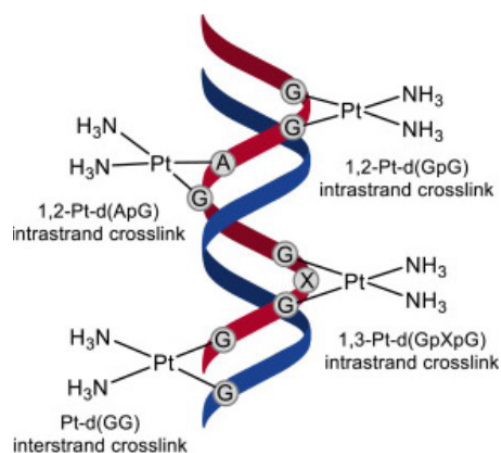
Metalni kompleksi mogu biti strukturno modificirani tako da tvore raznolike molekulске vrste sa širokim rasponom koordinacijskih brojeva i geometrije, te s kinetičkim svojstvima koja se ne mogu ostvariti s organskim spojevima. Pritom duljina veze, vezni kutevi i koordinacijski broj ovise o metalu i njegovom oksidacijskom stanju.

Termodinamička i kinetička svojstva metal-ligand interakcija utječu na izmjenu liganada. Mogućnost izmjene liganada omogućuje metalu interakciju i koordinaciju s biološkim molekulama. S obzirom na visok afinitet za elektrone, većina metala može s lakoćom polarizirati grupe s kojima su koordinirani, što olakšava njihovu hidrolizu. Različiti broj elektrona u d-podluskama prijelaznih metala određuje različita elektronska i magnetska svojstva kompleksa prijelaznih metala.

Metalni kompleksi odlikuju se sposobnošću koordiniranja liganada u 3D-konfiguraciji, odnosno oblikovanja prema željenoj biološkoj meti.

Glavna prednost lijekova baziranih na metalima u odnosu na lijekove izvedene iz organskih molekula leži u njihovoj sposobnosti variranja koordinacijskog broja, geometrije i redoks-stanja. Metali s organskim lijekovima stvaraju komplekse izmijenjenih farmakoloških svojstava.

Prvi, a ujedno i najefikasniji metalni anti-kancerogeni lijek je *cisplatin*, neutralni kvadratno-planarni metalni kompleks (4 liganda smještena su u kutovima kvadrata ili pravokutnika, odnosno nalaze se u istoj ravnini). Dva Cl<sup>-</sup> liganda su u *cis*-konfiguraciji, kao i dva NH<sub>3</sub>-liganda.



Slika 2 – Vežanje cisplatina na molekulu DNA

Najdjelotvorniji je prema karcinomima testisa, jajnika, glave, vrata i mjehura. Cisplatin spada među najučinkovitije kemoterapeutike. Istraživanja su pokazala da cisplatin djeluje kao prolijek. Prolijek je tvar čija se struktura može promijeniti kemijskim ili metaboličkim reakcijama biotransformacije kako bi iskazala terapijski učinak. Funkcionalni spojevi su najčešće prolijekovi koji se aktiviraju hidratacijom. Moraju imati bar jedan mjesto pogodno za vezivanje s biološkom metom.<sup>1</sup> U ovom slučaju cisplatin može hidrolizirati u vodenom mediju, pri čemu nastaju akvaplatinove(II) vrste koje se kovalentno vežu na DNA.<sup>3</sup> Nuspojave kod terapije cisplatinom su mučnina, alopecija, mijelosupresija te nefrotoksičnost.

Nakon intravenoznog unosa, neutralni se cisplatin otapa u vodi iz krvožilnog sustava te pasivnom difuzijom dospijeva u stanicu. Potom dolazi do zamjene Cl<sup>-</sup> liganada s vodom, pri čemu neutralni cisplatin postaje nabijen (2+). Nabijena DNA-fosfatna okosnica privlači kationski, nabijeni hidratirani cisplatin te se Pt vezuje na gvanin i/ili adenin, uz oslobađanje vode, što dovodi do distorzije DNA, te rezultira inhibicijom replikacije i transkripcije, pa čak i apoptozom.

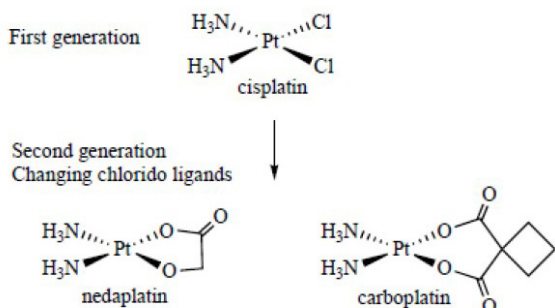
Hidrolizom transplatina oba se Cl-liganda zamjenjuju s vodom, nakon čega bi trebala uslijediti zamjena vode s gvaninom. Međutim, samo se jedan H<sub>2</sub>O-ligand zamjenjuje s N<sub>2</sub> iz gvanina, dok drugi H<sub>2</sub>O-ligand nije povoljno orijentiran i do željene supstitucije ne dolazi, odnosno transplatin je inaktivan.

Cisplatin spada među najučinkovitije kemoterapeutike, ali je zbog nefrotoksičnosti klinička uporaba ovog antitumorskog lijeka značajno ograničena. Direktnim toksičnim učinkom na stanice renalnih tubula, glomerula, na krvne žile cisplatin uzrokuje promjene u bubrežnom krvotoku. Neizravno, može uzrokovati upalu bubrežnog intersticija, što pridonosi razvoju akutnog oštećenja, kronične intersticijske i broze, a time i do ireverzibilnog oštećenja bubrega.<sup>2</sup>

odnosu na cisplatin. Nedaplatin je registriran u Japanu je za liječenje karcinoma glave, vrata, jajnika, testisa, pluća, cerviksa. Iako nije dokazana njegova superiornost u odnosu na cisplatin ili karboplatin, utvrđeno je da izaziva smanjenu nefrotoksičnost i gastrointestinalnu toksičnost.

Nova generacija analoga cisplatina pripravljena je supstitucijom NH<sub>3</sub>-liganada s različitim aaminskim ligandima (oksalipatin). Oksalipatin (sadrži oksalatnu odlazeću skupinu) u kliničkoj je primjeni od 2004. Ostvaruje poboljšani terapijski učinak u liječenju kolorektalnih tumora u odnosu na karboplatin i cisplatin. Negativne terapijske nuspojave su neurotoksičnost i gastrointestinalna toksičnost.

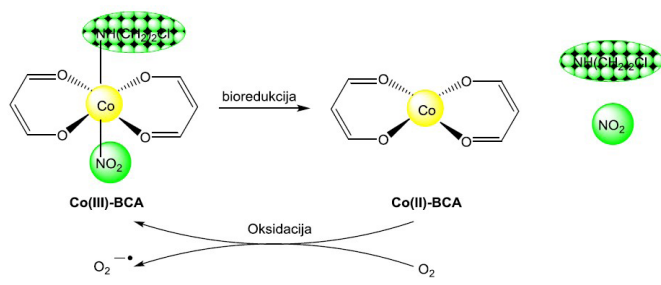
Kompleksiranje s metalima može stabilizirati konformere ili tautomere organskih lijekova koji se javljaju u slobodnim molekulama.



Slika 3 – Pt-kompleksi usmjereni na prevladavanje rezistencije

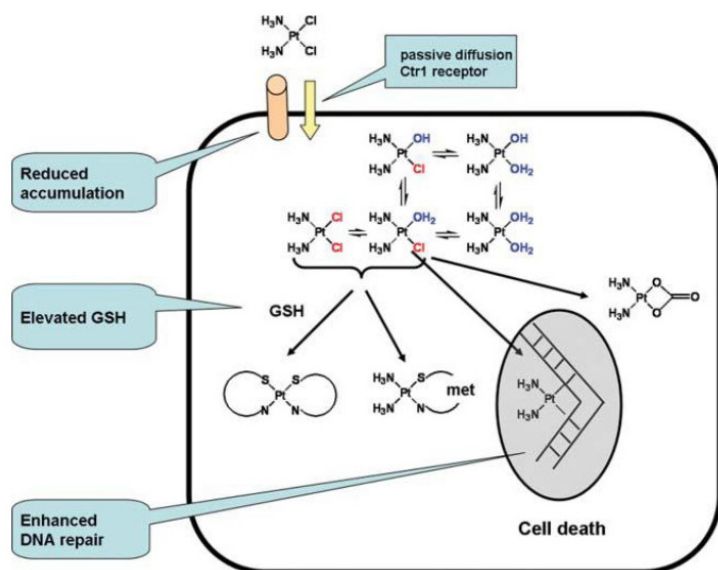
Jedna od strategija za prevladavanje rezistencije na cisplatin zasniva se na dizajnu Pt-kompleksa usmjerenih na prevladavanje jednog ili svih mehanizama rezistencije. Početni korak u pripravi takvih Pt-kompleksa bio je zamjena Cl-liganada s drugim anionskim ligandima čime su pripremljeni karboplatin i nedaplatin.

Karboplatin sadrži ciklobutandikarboksilat kao odlazeću skupinu koja pogoduje sporijoj reakciji s glutationom (u usporedbi s cisplatinom). Klinički se primjenjuje od 1989. U usporedbi s cisplatinom pokazuje slabiju efikasnost prema karcinomima vrata, glave i mjehura, dok je njegova djelotvornost prema karcinomima jajnika i pluća usporediva s cisplatinom. Iako je njegova toksičnost smanjena u odnosu na cisplatin, karboplatin nije aktivan prema cisplatin-rezistentnim karcinomima, niti je spektar njegovog djelovanja širi u



Slika 4 – Pretvorba Co(III) - BCA u Co(II)-BCA

Najveći izazov u primjeni hipoksijom aktiviranih prolijekova je selektivna aktivacija u kanceroznim stanicama. Naime, tradicionalni hipoksijom aktivirani prolijekovi se reoksidiraju u zdravim stanicama i prelaze iz aktivnog u inertni oblik. Međutim, i zdrava tkiva mogu biti hipoksična i u tom će slučaju podlijetati neželjenom toksičnom učinku lijeka.



Slika 5 – Mehanizam djelovanja cisplatina

• [Mechanism of cisplatin](#)



Osim gore navedenih lijekova koji nastaju kao zamjena supstituenata na cisplatinu postoji još niz metalo-lijekova. Jedan od takvih je i bis(2-kloretil)amina. Dušikovi spojevi poput bis(2-kloretil)amina (BCA) pokazali su se vrlo djelotvornima prema mišjim tumorskim stanicama. Co-kompleks s BCA je inertan u oksidiranom stanju, jer dušikovi slobodni elektronski parovi sudjeluju u koordiniranju s Co te su nedostupni za intramolekulsku tvorbu aziridinjeva iona, što je preduvjet za alkiliranje DNA. U reduciranom stanju, alkilirajući ligand BCA otpušta se iz Co-BCA kompleksa, što omogućava citotoksični učinak.

Jedinstvena svojstva metala (redoks-aktivnost, koordiniranje različitih liganada na metal te reaktivnost prema organskim supstratima) omogućuju dizajn metalnih kompleksa koji se selektivno vežu na biološke mete uzrokujući pritom promjene u mehanizmima stanične proliferacije.<sup>1</sup>

### Literatura

1. L. Barišić, Osnove bioorganometalne kemije, nastavni tekst, Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnoški fakultet.
2. B. Popović, I. Šutić, N. Bašić Marković, Nefrotoksični lijekovi, Acta Med Croatica, 70 (2016) 309-314.
3. M. Stojić, Kompleksni spojevi prijelaznih metala: lijekovi i otrovi, završni rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Kemijski odsjek, Zagreb 2019.



## Uloga vitamina i minerala u prehrani sportaša

*Karlo Sklepić (FKIT)*

Prehrana sportaša je diskutabilno najvažniji aspekt treninga, a često se zanemaruje uslijed fokusiranja na samu atletske komponentu treninga. Prioritet prehrane sportaša je zadovoljavanje energetske potrebe organizma pri čemu je naglasak stavljen na pažljivo planiranje kvantitete i kvalitete hranjivih i zaštitnih tvari.

Smjernice za prehranu sportaša temeljene su na znanstvenim dokazima, a variraju od osobe do osobe s obzirom na individualnu energetske potražnju, metabolizam i zdravstveno stanje. Ljudskom tijelu potreban je konstantan unos energije i hranjivih tvari za obavljanje kompleksnih funkcija koje ima, a pri tjelesnim naporima potrebe za energijom se povećavaju. Pod motom „Citius, Altius, Fortius“ (brže, više, jače) sportaši uz sve intenzivnije i jače treninge imaju i sve manje vremena za oporavak zbog čega konzumiraju niz raznih dodataka u prehrani. Jedan od zastupljenijih suplemenata koje koriste i profesionalci i rekreativci su vitamini i minerali i sl.

Vitamini i minerali spadaju u skupinu mikronutrijenata. Mikronutrijenti omogućavaju upotrebu makronutrijenata (ugljikohidrati, masti, proteini) za sve fiziološke procese. Ključni su regulatori u zdravlju, ali i atletskim performansama. Tjelesna aktivnost povećava potreban unos mikronutrijenata uslijed povećane potrošnje, odnosno gubitka istih, te zbog izgradnje, obnove ali i održavanja nemasne tjelesne mase. Veliki volumen treninga, aktivnost u stresnim uvjetima (vrućina, nadmorska visina...) i treniranje s neadekvatnom prehranom može poticati gubitak mikronutrijenata.

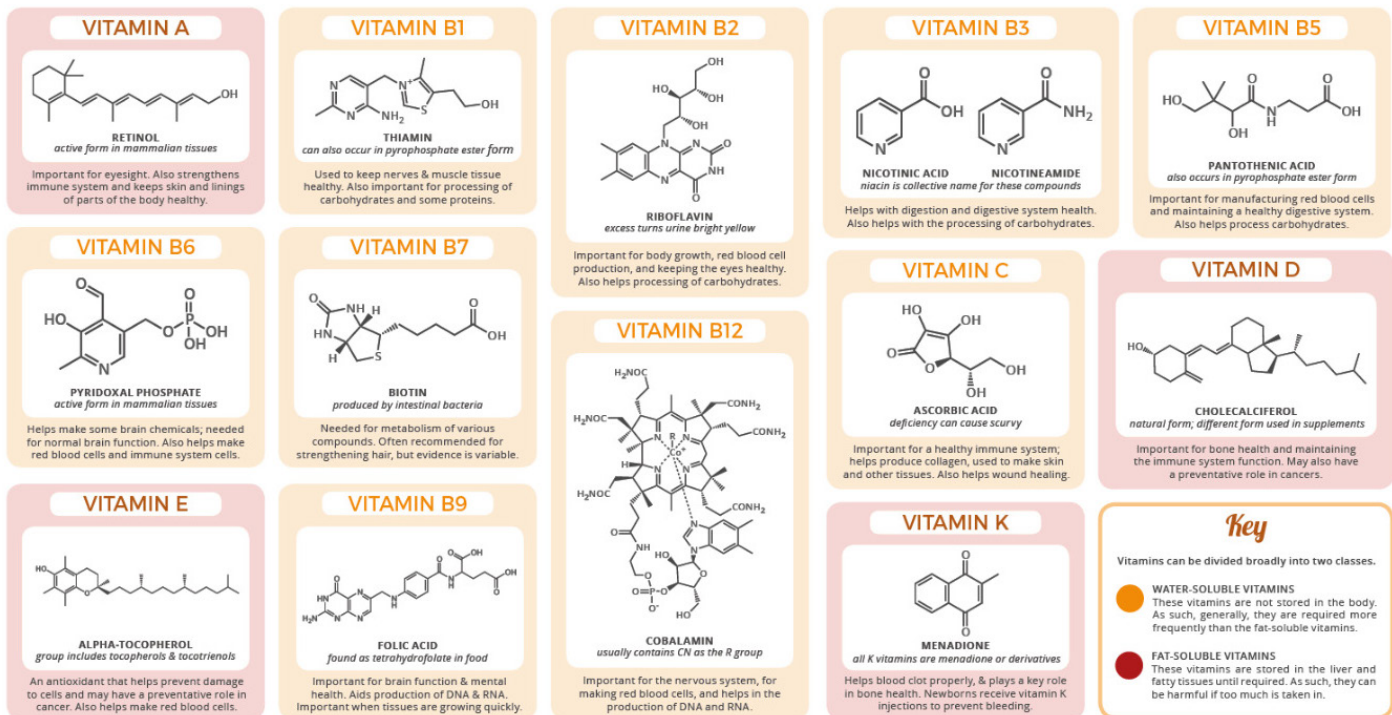


Slika 1 – Vitamini i minerali u tabletama

Vitamini su esencijalne tvari nužne za normalnu funkciju organizma. Ljudski organizam ne može sintetizirati vitamine u količinama dovoljnim za osiguravanje fizioloških potreba pa se unose hranom. Dijele se na vitamine topljive u vodi (vitamin C, vitamini B-kompleksa) te liposolubilne vitamine topljive u mastima (vitamin A, D, E i K).<sup>1</sup>

Vitamin A kao što smo rekli spada u liposolubilne vitamine. Dio je skupine retinoida te postoji u više oblika: retinol, retinal, retinoična kiselina. U ovu grupu spadaju i provitamin A karotenoid koji nalazimo u biljkama, a ujedno daje voću i povrću žuto-narančastu boju. Najpoznatiji karotenoid je beta-karoten, koji je prekursor vitaminu A. Karotenoidi igraju važnu ulogu u hvatanju reaktivnih kisikovih spojeva i singleta kisika, što rezultira sprječavanjem oksidativnog stresa. Vitamin A ima važnu ulogu u fiziološkim procesima kao što su vid, reprodukcija, imunološka funkcija, embrionalni razvoj te diferencijacija i održavanje epitelnih tkiva. Vitamin D naziva se još i vitamin sunca. Zapravo se radi o steroidnom hormonu koji se proizvodi u koži djelovanjem Sunčeva svjetla. Postoji u dvije forme, a to su D2 (ergokalciferol) i D3 (kolekalciferol). Vitamin D ima ulogu u održavanju homeostaze kalcija i fosfata, sudjeluje u modeliranju i remodeliranju kostiju, regulira imunološki sustav, održava normalne razine inzulina u krvi, kontrolira krvni





Slika 2 – Prikaz struktura vitamina topljivih u vodi i mastima

tlak, ali također je bitan za diferencijaciju i proliferaciju stanica. Zanimljiv je suplement zato što se smatra da je nedostatkom vitamina D pogođeno oko 50 % svjetske populacije uslijed načina života, ali i okoliša. Također naglašavaju se njegova antitumorska svojstva. Djeluje kao steroidni hormon i modulira funkcije brojnih gena koji su uključeni u staničnu diferencijaciju i proliferaciju, hormonsku signalizaciju, homeostazu minerala, onkogeni i kromosomskih proteina. Još 1980. godine povezan je deficit vitamina D s povećanom šansom od raka crijeva, dojke, prostate i jajnika. No naravno, s vitaminom D valja biti oprezan jer se brzo gomila u organizmu i može uzrokovati hipervitaminozu kod koje dolazi do gubitka svijesti, nesаницe, živčanih promjena, a kasnije i do oštećenja bubrega.<sup>2,4</sup>

Vitamin B spada u skupinu vitamina topljivih u vodi. Pod vitamine B skupine ubrajamo tiamin (B1), riboflavin (B2), niacin (B3), pantotensku kiselinu (B5), piridoksin (B6), biotin (B7), folnu kiselinu (B9), cijanokobalamin (B12). Svaki od njih ima jedinstvenu kemijsku strukturu i specifično djelovanje u organizmu. Ukupno gledano, sudjeluju u metabolizmu energije, sintezi proteina, eritropoezi, obnavljanju tkiva i održavanju normalne živčane funkcije. Tiamin je bitna sastavnica svake stanice koja proizvodi adenozin trifosfat (ATP). Riboflavin je koenzim enzima koji sudjeluje u respiratornom sustavu te je sastavni dio flavoproteina. Također ima ulogu u aktivaciji folne kiseline, oksidaciji masnih kiselina, prijenosu elektrona i sintezi ATP-a, a uz to je i antioksidans. Niacin sudjeluje u procesu otpuštanja energije iz ugljikohidrata, a regulira i kolesterol. Pantotenska kiselina je sastavni dio koenzima A, a sudjeluje u formiranju neurotransmitera acetilkolina. Piridoksin sudjeluje u izgradnji aminokiselina, a samim time i proteina u organizmu.

Također sudjeluje u sintezi hormona i neurotransmitera, sintezi hema te u metabolizmu ugljikohidrata i masti. Folna kiselina je nužan vitamin za sintezu DNA. Kao suplement preporučuje se trudnicama kako bi se spriječile malformacije ploda. Cijanokobalamin sudjeluje u aktivnosti živčanih stanica. Zajedno s folnom kiselinom sudjeluje u eritropoezi, a s piridoksinom regulira razinu homocisteina u krvi. Deficit vitamina B je vrlo rijedak s obzirom da se prehranom uglavnom uspije unijeti dovoljan unos.<sup>3,4</sup>

Minerali su elementi u tragovima koji se dobivaju iz hrane i koji na različite načine pomažu izgraditi tjelesne strukture i reguliraju tjelesne procese. Od minerala najčešće se uzimaju kao dodaci prehrani: bakar, cink, jod, kalij, kalcij, krom, magnezij, mangan, molibden, natrij, silicij, selen, vanadij i željezo. Željezo je glavna komponenta hemoglobina, ali i kofaktor u mnogo enzima. Moglo bi se reći da je željezo dvosjekli mač. S jedne strane manjak željeza dovodi do brzog umaranja, depresije, smanjenja kognitivne funkcije, ali prevelika količina proizvodnje slobodnih radikala koji oksidiraju lipoprotein niske gustoće i tako prouzrokuju oštećenja krvnih žila i srčanog tkiva. Mineral cinka sastojak je više od 100 enzima koji omogućuju pravilne funkcije organizma. Značajan je u metabolizmu ugljikohidrata, proteina, ali i nukleinske kiseline. Utječe na produkciju i sekreciju nekih hormona, npr. inzulina. Sveukupno gledano važan je za rast, razvoj i oporavak mišića, ali i za proizvodnju energije i normalnu funkciju imunološkog sustava. Manjak cinka povezan je s lošijom kardiovaskularnom funkcijom, a višak cinka sa smanjenom razinom lipoproteina visoke gustoće, smanjenim radom imuniteta, te nedostatkom bakra. Krom je mineral koji pomaže inzulinu u prijenosu glukoze iz krvi u mišićne stanice. Budući da



je povezan s inzulinom, krom sudjeluje i u prijenosu aminokiselina u mišiće i tako pospešuje izgradnju masti i pohranjivanje glikogena. Bakar i mangan su komponente antioksidativnih enzima skupine superoksid dismutaza (SOD). Kalcij je nužan za rast, održavanje i popravljavanje kostiju, regulaciju mišićne kontrakcije i provođenje živčanih impulsa i uredno zgrušavanje krvi. Nedovoljan dnevni unos kalcija u kombinaciji s nedovoljnim unosom vitamina D dovodi do smanjenja gustoće kostiju. Sportaši obično imaju nižu razinu kalcija zbog manjeg energetskeg unosa, izbjegavanja mliječnih proizvoda i hrane bogate kalcijem itd.<sup>1</sup>

Suplementi su u današnje vrijeme vrlo popularni. Istraživanja pokazuju da čak oko 75 % sportaša uzima neki oblik suplementacije. Ovisi koga pitate, dobit ćete ili pozitivan ili negativan odgovor s obzirom na to da postoje znanstvena istraživanja koja zagovaraju korištenje vitaminsko-mineralnih dodataka, ali ima i istraživanja

koja to ne preporučuju. Kod pojedinaca koji se bave samo rekreativno sportom, uz adekvatnu i raznoliku prehranu te pravilan unos energije, nisu potrebni vitaminsko-mineralni dodatci. Vitaminsko-mineralni dodatci prehrani mogu biti potrebni ako je sportaš u redukcijskoj dijeti ili bilo kojem obliku dijeta koja ima neadekvatan unos mikro- i makronutrijenata, oporavljaju od ozljede ili imaju dijagnosticirani specifičan nedostatak pojedinog mikronutrijenta.

### Literatura

1. <https://examine.com/> (pristup 19.05.2020.)
2. Combs GF. The Vitamins: Fundamental aspects in nutrition and health. New York, Elsevier Academic Press, 2008
3. Woolf K, Manore MM. B-Vitamins and Exercise: Does Exercise Alter Requirements? Int J Sports Nutr Exer, 2006
4. Vitali Čepo D. Presentacije iz kolegija Fiziološki i biokemijski aspekti prehrane, Zagreb, FBF, 2017.



GlaxoSmithKline – dijamantni sponzor Studentskog kongresa o HIV-u



# ZNANSTVENIK

## Kemijski laser ili lightsaber?

Barbara Pavlović (FKIT)

Većini bi prva asocijacija na riječ laser bila poznati *lightsaber* iz *Star Warsa* ili pokazivač koji mnogi profesori koriste tijekom predavanja pa ga uvijek uspijemo naći u zadnji tren. Međutim, kroz vrijeme su laseri pronašli primjenu u medicini (kao operativno sredstvo, pri antitumorskim terapijama), spektroskopiji (Ramanova spektroskopija), vojsci, za projekciju holograma te u mnogim drugim područjima života.

Sve vrste lasera pojačivači su svjetlosti potaknuti emisijom zračenja monokromatske prirode.<sup>1</sup> Potrebna energija za rad lasera je kvantizirana, odnosno odgovara točnom iznosu energije koja pobuđuje atom ili molekulu. U svrhu pobude čestica medija unutar laserske cijevi, na njih se usmjerava izvor energije. Tada dolazi do apsorpcije paketića točno određene količine energije koja pobuđuje elektrone iz najnižeg osnovnog stanja u vanjske, energetske više orbitale. No, elektron se ne može dugo zadržati na tom mjestu jer su takva visokoenergetska stanja nestabilna pa se emitira energija određene valne duljine koja odgovara početnom iznosu paketića.

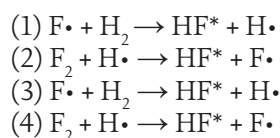


Ideja o kemijskim laserima nastalaje 1961. godine kada je J. C. Polanyi prilikom proučavanja reakcije vodikovih atoma s ozonom i klorom zamijetio IR zračenje tijekom odvijanja reakcija. Danas se većinom koriste tri vrste: fluorovodik (HF)/deutrijevi fluorid (DF) laser, COIL (engl. *chemical oxygen iodine laser*) te AGIL (engl. *all gas-phase iodine laser*). Svi kemijski laseri ubrajaju se u plinsku skupinu lasera jer su čestice medija koji se pobuđuje u plinovitom stanju.

Razlika između „svakodnevnih“ lasera i kemijskih jest da kemijski laseri rade uz pomoć energije oslobođene prilikom egzotermne kemijske reakcije, dakle opskrba je osigurana unutar samog sustava. Dobivena energija koristi se za pobudu molekule ili atoma s ciljem da količina pobuđenih čestica bude veća nego onih u osnovnom stanju čime bi emisija svjetlosti nadjačala apsorpciju. Ova se pojava još naziva i inverzija napučenosti te je glavni razlog kontinuiranog zračenja lasera.

Operiraju u području infracrvenog (IR) do ultraljubičastog (UV) dijela spektra, ovisno o količini dostupne energije. Primjer kemijskog lasera IR dijela spektra su HF/DF laseri koji emitiraju valnu duljinu od 4,6  $\mu\text{m}$  što nije velik iznos energije<sup>2</sup>, no ključ u impresivnoj jačini ovih lasera leži u brzini nastanka pobuđenih molekula za koju je zaslužan lančani mehanizam reakcije nastanka pobuđenih molekula fluorovodika.

U spremniku se nalaze  $H_2$  i  $F_2$  s primjesama molekula deuterija ( $D_2$ ). Molekula fluora podliježe termičkoj disocijaciji pri visokom tlaku i temperaturi unutar spremnika te nastaje radikal fluora koji onda dolazi u interakciju s molekulom vodika i nastaje pobuđena molekula HF. Reakcijama bi se to prikazalo na sljedeći način (pobuđeno stanje je označeno s \*).



Račun za bilancu energije tog sustava pokazao je da oslobođena energija ovog mehanizma iznosi  $130 \text{ kJ mol}^{-1}$ , a energija potrebna za pokretanje reakcije iznosi svega  $5 \text{ kJ mol}^{-1}$ .<sup>3</sup>

Jedan od najpoznatijih primjera ovih lasera bio bi MIRACL, DF laser američke ratne mornarice, o čijoj moći dovoljno govori da u 70 sekundi može proizvesti 1 MW izlazne snage. Prvotno je napravljen za ratne svrhe, a sada se koristi za pronalaženje i uništavanje antisatelitskog oružja.



Slika 1 – MIRACL DF laser

COIL laseri emitiraju pri nešto većim valnim duljinama, točnije pri  $1,315 \mu\text{m}$ . Sačinjavaju ga plinoviti klor i jod, te bazični vodikov peroksid, poznat i kao BHP (zapravo vodikov peroksid s kalijevim hidroksidom) u tekućem stanju što ga čini nepogodnim za skladištenje pri određenim uvjetima. Reakcijom BHP-a s klorom oslobađa se energija te nastaju KCl i pobuđeni kisik koji emitira višak energije na molekularni jod koji potom emitira IR zračenje. Također se koristi u vojne svrhe te za lasersko rezanje i bušenje u industriji.

COIL vrste lasera su primarnu namjenu imali u zrakoplovnoj industriji<sup>4</sup>, ali kako se korišteni BHP se pokazao vrlo teškim za skladištenje u ovakvim uvjetima, tako je stvoren poboljšani oblik ovih kemijskih lasera, AGIL. *All gas-phase iodine laser* objedinjuje najbolje karakteristike prethodna dva modela. Naime, kako im sam naziv govori emitiraju istu valnu duljinu kao COIL,



Slika 2 – Primjena COIL lasera na zrakoplovima

a pritom koriste isključivo plinovite tvari što ih čini lakšima za skladištenje i upotrebu pri ekstremnim uvjetima. Sastoji se od klora koji prelazi u atomarno stanje i miješa se s vrlo reaktivnom dušikovodičnom kiselinom ( $HN_3$ ) čime nastaje pobuđeni dušikov(III) klorid koji predaje energiju jodu, analogno generiranju zračenja u COIL laserima.

Ovaj kratki pregled ukazuje na dinamičan razvoj kemijskih lasera u zadnjih 70 godina te na velike količine snage koje se mogu generirati slijedom svega nekoliko reakcija, ali takvi iznosi ne dolaze nužno bez gubitaka.<sup>5</sup> Istraživanja se i danas suočavaju s problematikom modeliranju parametara ovih procesa te toksičnog utjecaja produkata reakcija kemijskih lasera na okoliš kao što su HF koji je toksičan te BHP koji je iznimno korozivan. Time se također ukazuje potreba za pronalaskom novih spojeva koji su pogodni za neke buduće kemijske lasere.

## Literatura

- <https://www.britannica.com/technology/laser/Fundamental-principles> (pristup 20. svibnja 2020.)
- <http://minerva.union.edu/newmanj/physics100/lasertypes/gaslaser.htm> (pristup 20. svibnja 2020.)
- Perram, G. P., *Chemical lasers*, u: Webster, J., *Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering*, New York, John Wiley & Sons, (2016) str. 1-12
- Ultee, C. J., *Chemical Lasers and Their Applications*, Journal of Chemical Education, 59 (1982) str. 462-471
- Sergeevich Boreysho, A., *High-power mobile chemical lasers*, Quantum Electronics, 35 (2005) str. 393-406

# Određivanje koncentracije iona tankoslojnom ionsko-selektivnom elektrodom

Sara Krivačić (FKIT)

Istraživanje i razvoj minijaturiziranih, jednostavnih i ekonomičnih analitičkih sustava posljednjih je godina steklo iznimnu važnost koja leži u kliničkoj i industrijskoj primjeni.<sup>1,2</sup> Riječ je o potenciometrijskim senzorima poput *all-solid* ionsko-selektivnih elektroda (engl. *ion-selective electrode*, ISE) čija se proizvodnja temelji na tehnologiji printanja. Takav način proizvodnje te smanjenje dimenzija istih omogućava očuvanje niskih granica detekcije analita. ISE predstavljaju elektrokemijske senzore koji aktivnost iona od interesa pretvaraju u mjerljiv signal: električni potencijal. U potenciometrijskim mjerenjima, ISE se primjenjuju zajedno s referentnim elektrodama, a kao uređaji za mjerenje koriste se digitalni voltmetri velikog ulaznog otpora.

Predmetni rad bavi se primjenom srebrne elektrode modificirane filmom srebra heksacianoferata(II) kao senzora za detekciju iona srebra i heksacianoferata(II). Depozicijom heksacianoferata prijelaznih metala na metalnoj elektrodi nastaju filmovi koji imaju sposobnost elektrokatalitičke redukcije vrsta prisutnih u otopini, poput vodikova peroksida. Drugim riječima, dobiva se film koji služi kao katalizator prijenosa elektrona između elektrode i vrste prisutne u otopini. S obzirom da se takav elektrokatalitički proces odvija pri niskim elektrodnim potencijalima, interferencije su eliminirane. Tako se dobivaju izvrsni senzori za amperometrijsko i potenciometrijsko određivanje vodikova peroksida. Nastali vodikov peroksid može biti produkt redoks reakcija nekog enzima iz grupe oksidaza<sup>3</sup> s različitim supstratima. Moguće su primjene za određivanje koncentracije glukoze, etanola, D-alanina, oksalata, kolesterola, glutamata i mnogih drugih biomolekula.<sup>4</sup> Printane elektrode mogu se modificirati direktno, kemijskim putem, ili elektrokemijski, potenciostatskom modifikacijom, odnosno cikličkom voltametrijom.

Heksacianoferati pripadaju skupini koordinacijskih spojeva. Koordinacijski spojevi ili kompleksi čine zasebnu skupinu spojeva karakteristične građe i svojstava. Sastoje se od centralnog metalnog atoma M na koji je vezano  $n$  liganada L,  $[ML_n]$ . Kompleksni spojevi promatraju se kao produkti Lewisove kiselo-bazne reakcije gdje je centralni metalni atom (ili ion) elektron-akceptor (Lewisova kiselina), a ligandi, odnosno molekule koje ga okružuju su elektron-donori (Lewisove baze). Nepodijeljeni elektronski par liganda postaje zajednički pa tako nastaje kovalentna veza koju ovdje zovemo koordinativna, a broj vezanih liganada koordinacijski broj. On je određen elektronskom konfiguracijom, veličinom i nabojem kationa, kao i vrstom liganda. Takve kiselo-bazne

reakcije karakteristične su za elemente d-bloka periodnog sustava elementa, zbog nepopunjenih d-orbitala.<sup>5</sup> U kemiji srebra(I) opisane su kompleksne vrste koordinacijskih brojeva 2, 3, 4, 5 i 6, što odgovara linearnoj, trigonskoj, tetraedarskoj, piramidalnoj i oktaedarskoj geometriji. Poznato je da srebro tvori netopljive kompleksne spojeve sa željezovim(II) i željezovim(III) heksacianidima. Ti su kompleksi stehiometrijski i strukturno analogni željezovim modrilima, poput berlinskog modrila. Zbog svoje stabilnosti, srebrovi su kompleksi naišli na primjenu u tehnologiji senzora koja je trenutno u velikom usponu, stoga ne čudi što često studiranu elektrodu druge vrste čini srebro u ravnoteži s vlastitim heksacianoferatom. Elektrodu karakterizira dobra selektivnost i osjetljivost na Ag(I) ione, stabilnost te jednostavnost pripreme.

Kemijski senzor je uređaj koji mjerljivu veličinu pretvara u analitički signal, odnosno korisnu informaciju. Mjerljiva veličina može biti koncentracija ili fizikalno svojstvo proučavanog sustava. Svaki se senzor sastoji od dva osnovna funkcionalna dijela: receptora i pretvornika. Receptor je dio senzora koji registrira kemijsku informaciju i pretvara ju u oblik energije koji zatim pretvornik prevodi u kvantitativnu informaciju. Ovisno o receptoru, kemijski senzori mogu se podijeliti na fizikalne, kemijske te biokemijske (biosenzore). Fizikalni senzori registriraju fizikalnu promjenu u sustavu, dok oni kemijski zahtijevaju kemijsku reakciju kao izvor informacije. Za biosenzore je signal pobude biokemijski proces. Uz podjelu prema receptorima, postoji podjela senzora prema pretvorniku koja uključuje: optičke, elektrokemijske, električne, masene, magnetske i termometrijske. Elektrokemijski senzori, čijoj skupini pripadaju proučavane ionsko-selektivne elektrode, su senzori čija je izlazna veličina električna veličina poput jakosti struje, napona ili frekvencije.



Slika 1 – Princip provedbe elektroanalitičkog postupka

*All-solid* ISE dio su nove generacije ionsko-selektivnih elektroda. Mogućnost proizvodnje elektroda smanjenih dimenzija, uz niske troškove i jednostavno održavanje daje prednost primjeni plošnih u odnosu na konvencionalno izvedene ISE. Ovakvi potenciometrijski senzori predstavljaju izvrsnu alternativu ostalim vrstama senzora jer zahtijevaju minimalnu potrošnju energije dok granica detekcije minijaturizacijom ostaje očuvana jer ne ovisi o površini senzora. Plošne *all-solid* ionsko-selektivne elektrode jednostavno se proizvode tehnikom ispisa (printanja). Prva tehnika printanja za dobivanje Ag-elektroda i ionsko-selektivnih membrana, tehnika sitotiska, danas je zamijenjena *ink-jet* tehnikom ispisa. U tehnici sitotiska primjenjuju se polimerne paste koje sadrže nanočestice metala koji čini elektrodu. Taj proces vrlo je jednostavan jer se sastoji od nanošenja polimerne paste na nosač i termalne obrade za fiksiranje

nanosenog sloja. Međutim, on zahtjeva veliku potrošnju polimerne paste i može se primjenjivati samo na materijalima koji se ne oštećuju pod pritiskom. S druge strane, *ink-jet* tehnika (tintna tehnika) predstavlja beskontaktnu digitalnu tehnologiju ispisa gdje se kapljice tinte izbacuju iz spremnika direktno na supstrat, to jest, podlogu. Princip rada pisača temelji se na takozvanoj *drop-on-demand* (DOD) tehnici pri kojoj se kapljice tinte stvaraju kao posljedica termalnog, piezoelektričnog, elektrostatickog ili akustičnog podražaja spremnika s tintom. Uštrcavanjem tinte na podlogu dolazi do kontakta između tinte i podloge, zatim slijede procesi sudara, evaporacije, penetracije i apsorpcije. U konačnici se dobiveni oblik fiksira i suši.



Slika 2 – Printana, *all-solid* plošna srebrova elektroda

Eksperimentalni dio ovog rada uključuje modifikaciju te ispitivanje plošnih *all-solid* ionsko-selektivnih elektroda. Elektrode su priređene tehnikom printanja na plastificiranoj podlozi pri čemu je kao tinta korišteno nanosrebro. Modifikacije su provedene u  $10^{-3}$  mol dm<sup>-3</sup> i  $2 \cdot 10^{-3}$  mol dm<sup>-3</sup> otopini kalijeva heksacianoferata(II) podešene ionske jakosti pomoću 0,1 mol dm<sup>-3</sup> otopine NaNO<sub>3</sub>, a uključuju kemijsko i elektrokemijsko oslojavanje metalne elektrode slabotopljivom soli srebrvog heksacianoferata(II). Kemijsko oslojavanje provedeno je namakanjem elektrode 72 h u neutralnoj, te 2 h u kiseljoj otopini K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]. U kiseljoj otopini nastanak sloja srebrova heksacianoferata(II) je brži. Naime, elektrokemijska reakcija nastanka slabotopljive kompleksne soli srebra spontan je proces koji se sastoji od dvije parcijalne reakcije, anodne i katodne. Anodna reakcija je oksidacija srebra. Katodna reakcija redukcije kisika je pH-ovisna te se zakiseljavanjem otopine postiže veća razlika potencijala, a time i veća pokretačka sila. Elektrokemijska modifikacija provedena je u troelektrodnom elektrokemijskom sustavu. Ona uključuje cikličku voltametriju i potenciostatsku modifikaciju. Odziv modificiranih elektroda ispitan je metodom potencijometrije. Mjerenja su provedena u dvoelektrodnom neprotočnom sustavu, na način da je mjerena razlika potencijala između modificirane (radne) elektrode te referentne elektrode. Odziv na ione srebra određivan je pomoću otopina AgNO<sub>3</sub> u 0,1 mol dm<sup>-3</sup> NaNO<sub>3</sub>, dok je odziv na heksacianoferate(II) mjereno u otopinama K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] u 0,1 mol dm<sup>-3</sup> NaNO<sub>3</sub>.

Prije svega, provedeno je mjerenje s printanom Ag-elektrodom nad kojom nije provedena modifikacija. Riječ je o elektrodi prvog reda (prve vrste). Metalne elektrode prve vrste sastoje se od elementarnog metala uronjenog u otopinu vlastitog kationa. Potencijal koji se tada uspostavlja između metalne elektrode prvog reda i referentne elektrode određen je aktivitetom metalnih kationa prema Nernstovoj jednadžbi jer definira linearan

odnos između mjenenog potencijala i koncentracije otopine. Statističkom obradom rezultata mjerenja potvrđena je linearna ovisnost između napona i koncentracije u koncentracijskom rasponu iona srebra(I) između  $10^{-5}$  i  $10^{-2}$  mol dm<sup>-3</sup>. Na jednak je način ispitana osjetljivost ionsko-selektivne elektrode prvog reda prema ionima heksacianoferata(II) te je određen linearan odziv u koncentracijskom rasponu od  $10^{-4}$  do  $10^{-1}$  mol dm<sup>-3</sup>.



Slika 3 – Neprotočna ćelija za potencijometrijsko mjerenje

Rezultati mjerenja provedenog primjenom elektrode prvog reda uspoređeni su s rezultatima mjerenja provedenih primjenom kemijski i elektrokemijski modificiranih elektroda, koje predstavljaju elektrode drugog reda. Metalne elektrode drugog reda načinjene su od metala presvučenog slojem slabo topljive soli vlastitog kationa. Određena je veća osjetljivost elektrode drugog reda prema ionima srebra(I) u odnosu na elektrodu prvog reda. Neočekivano, osjetljivost elektrode drugog reda prema ionima heksacianoferata(II) manja u odnosu na osjetljivost elektrode prvog reda. Ovakav rezultat posljedica je stajanja standardnih otopina. Naime, kalijev heksacianoferat(II) iznimno je nestabilan i sklon oksidaciji iz stanja +2 u stanje +3, što je uzrokovalo da su izmjereni potencijali niži od očekivanih.

Ovaj rad izrađen je na Zavodu za opću i anorgansku kemiju pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Stjepana Milardovića.

## Literatura

1. Mattana, G., Briand, D., *Recent advances in printed sensors on foil*, Mater. Today, 19 (2016) str. 88–99
2. Tan, F., *New Developments in Screen Printing For Advances in Electroanalysis*, Lancashire, UK (2013)
3. de Mattos, I. L., Gorton, L., Laurell, T., Malinauskas, A., Karyakin, A. A., *Development of Biosensors based on Hexacyanoferrates*, Talanta, 52 (2000) str. 791–799.
4. Zhang, Ju, Wang, *Electrochemical Sensors, Biosensors and Their Biomedical Applications*, 1st ed., 2008, Elsevier, USA, str. 411–431
5. Atkins, Jones, *Chemical Principles, The Quest for Insight*, 5th ed., W. H. Freeman and Company, New York, 2010, str. 680–686

# Metali u svemirskoj industriji

Aleksandra Brenko (FKIT)

Polako izlazimo iz ere u kojoj su putovanje svemirom i kolonizacija okolnih planeta dio znanstvene fantastike. Razvoj svemirske industrije znači i pronalazak novih inženjerskih rješenja za svemirske letjelice. One moraju biti građene od materijala sposobnog izdržati ekstremne temperature i tlakove, osigurati dobru izolaciju, biti otporne na koroziju i uz sve to moraju biti dovoljno lagane. Također, moramo uzeti u obzir da materijal koji tražimo mora biti dostupan na Zemlji u dovoljnim količinama. Istraživanja ovog tipa zahtijevaju ogromna ulaganja, a povrat investicije je upitan, tako da cijena itekako igra ulogu pri izboru materijala.

Kompozitni materijali ojačani karbonskim vlaknima pokazali su neka odlična svojstva. Malu gustoću, otpornost na temperature do 3200 °C i iznimnu snagu na temperaturama ispod -200 °C.<sup>1</sup> Američka kompanija SpaceX nastojala je iskoristiti taj kompozit u letjelicama namijenjenih za duge svemirske letove, ali ubrzo je odustala, poglavito zbog cijene proizvodnje. Naime, osim što je sam po sebi skup, taj materijal pokazuje čvrstoću samo u jednom smjeru-u smjeru vlakana, slično kao i svila. To znači da je materijal potrebno prvo „isplesti“ pa premazati epoksidnom smolom i zagrijati na temperaturu višu od 2000 °C da bi postigao željenu čvrstoću. Taj proces je kompliciran i astronomski skup. Zbog toga svemirska industrija ponovo gleda na metale kao na najbolji izbor materijala za rakete.

Prvi metalni avioni bili su napravljeni od legure aluminija. Sam po sebi, aluminij je mekan i rastezljiv, ali uz dodatak litija, srebra i cinka te nakon toplinske obrade, nastaje aluminijeva legura izvrsnog omjera težine

i čvrstoće. Aluminij čini oko 8 % Zemljine kore te je jedan od najjeftinijih metala na svijetu. Kako svaki dodatni kilogram mase povećava trošak lansiranja za nekoliko tisuća dolara, to ga čini vrlo popularnim za konstruiranje letjelica. No to nije jedino područje u kojem se aluminij ističe nad drugim materijalima. Također ima veliku termičku stabilnost, dimenzije mu se ne mijenjaju značajno pri promjeni temperature, i jako je izdržljiv.<sup>2</sup> Od aluminija je izgrađen Apollo 11, prva letjelica na Mjesecu, i Atlas V, koji je dostavio robota Curiosity Rover na Mars.

U kombinaciji s aluminijem često se koristi primjesa titanija. Titanij je 50 % lakši od čelika, a 60 % teži od aluminija.<sup>3</sup> Njegova otpornost na koroziju je bolja od bilo kojeg drugog metala. Ima puno više talište od aluminija, bolji je toplinski izolator i duplo je čvršći. Međutim, ukupna masa aluminijске strukture uz dodatni toplinski izolator i dalje je manja od ukupne mase kada bi se koristio titanij. Uz to, rudarenje sirovine, titanijeva oksida, i njegova prerada predstavljaju veliki trošak. Tako da se samo neki dijelovi izrađuju od čistog titanija, oni koji štite letjelicu od zagrijavanja koje se pojavljuje pri ulasku u orbitu.<sup>4</sup>



Slika 2 – Svemirsku letjelicu Juno od Jupiterove radijacije štiti sloj titanija



Slika 1 – Aluminijska ljuštura upravljačke kabine Apolla 11

Starship, letjelica predviđena da u budućnosti prevozi ljude na Mars i natrag, biti će izrađena od nehrđajućeg čelika.<sup>5</sup> Ta vijest je iznenadila mnoge jer je taj materijal izašao iz upotrebe u proizvodnji svemirskih letjelica još u 60-tima. Nehrđajući čelik je legura željeza i 12-30 % kroma, a dodaju se još i primjese nikla, ugljika i drugih elemenata za poboljšanje svojstava. Njegove najveće prednosti su mala cijena i izuzetna čvrstoća na širokom rasponu temperatura. Osim toga, njegova mala toplinska vodljivost štiti unutrašnjost letjelice od pregrijavanja. Pri slijetanju na površinu Marsa predviđa se da će temperatura na plaštu doseći do 1930 °C. Bilo koji drugi metal znatno bi prije posustao na takvoj vrućini. Nehrđajući čelik je prilično težak, dva i po puta teži od aluminija, ali izgleda da je trenutačno, kada se sve zbroji i oduzme, najbolji izbor za svemirsku industriju.



**Slika 3** – Slika 3 – Starship, građen od nehrđajućeg čelika, trebao bi moći primiti do 100 ljudi na svemirsko putovanje

**Literatura**

1. <https://www.materialstoday.com/carbon-fiber/products/innovative-rocket-makes-use-of-composites/> (pristup 20. svibnja 2020.)
2. [https://www.globalspec.com/learnmore/materials\\_chemicals\\_adhesives/metals\\_alloys/light\\_alloys\\_metals](https://www.globalspec.com/learnmore/materials_chemicals_adhesives/metals_alloys/light_alloys_metals) (pristup 20. svibnja 2020.)
3. <https://www.aerospacemetals.com/all-about-titanium.html> (pristup 23. svibnja 2020.)
4. <http://spaceflight101.com/mssl/mssl-aeroshell-and-heat-shield/> (pristup 23. svibnja 2020.)
5. <https://www.space.com/spacex-starship-new-stainless-steel-alloy.html> (pristup 23. svibnja 2020.)

## Anorganske tvari u kozmetici

*Petra Tomulić (FKIT)*

Korištenje kozmetike uvijek je bilo prisutno kroz čitavu ljudsku povijest. Već u starom Egiptu pojavljuju se artefakti za koje se pretpostavlja da su bili korišteni za skladištenje šminke za oči ili kao predmeti kojima su se nanosili razni mirisi na tijelo. Ta tradicija se nastavlja i u Rimskom carstvu. Često su se koristili razni pigmenti kako bi se potamnile trepavice i obrve ili naglasili rubovi očiju. Uz pigmente, upotrebljavali su se i razni ruževi, bijeli puderi, ulja i raznolike izvedbe parfema.<sup>1</sup> Anorganske tvari oduvijek su se pojavljivale u kozmetici. Neke od najkorisnijih komponenti koje čine proizvode za njegu, uljepšavanje ili jednostavno neku vrstu promjene na našem tijelu upravo su anorganskog podrijetla.

Prilikom proizvodnje kreme za sunčanje u sastavu će se zasigurno pojaviti titanijev ( $\text{TiO}_2$ ) i cinkov oksid ( $\text{ZnO}$ ). Dugo se nagađao utjecaj ovih spojeva na ljudsku kožu. Zbog toga što je riječ o nanočesticama (dimenzije manje od 100 nm), znanstvenici su pretpostavljali da ovi oksidi lako probijaju kroz površinski dio kože (*Stratum corneum*). Zbog toga se postavljaju mnoga pitanja od strane znanstvenika, posebice nakon što je Američka agencija za hranu i lijekove (FDA) dopustila njihovo korištenje u kremama za sunčanje (1999.). Neki od pretpostavljenih loših utjecaja nanočestica su primjerice sposobnost poremećaja imunološkog sustava, njihovo stvaranje kompleksa s proteinima te stvaranje slobodnih radikala u tijelu. U travnju 2019. FDA izdaje dokument kojim se regulira koncentracija navedenih oksida u kremama, do 25 % za oba spoja.<sup>2</sup>  $\text{TiO}_2$  i  $\text{ZnO}$  se koriste u kozmetici zbog njihove sposobnosti filtriranja UVA i UVB zračenja. Istraživanja su dokazala da se vrlo mala koncentracija spomenutih spojeva adsorbira na neoštećenoj koži, a



**Slika 1** – Raznobojni pigmenti anorganskog podrijetla omogućuju kozmetici da bude što raznovrsnija i privlačnija

naglašena je i važnost testiranja oštećene kože, jer se pretpostavlja da je njena moć adsorpcija veća.<sup>3,4</sup> S druge strane potrebno je uzeti u obzir njihov negativan utjecaj na okoliš, posebice na izbjeljivanje koraljnih grebena.<sup>5</sup>

Selenijev sulfid ( $\text{SeS}_2$ ) često se pojavljuje u šamponima za smanjivanje prhuti. Pozitivne strane njegovog djelovanja su smanjenje iritacije i crvenila tjemena te usporavanje rasta gljivica koje uzrokuju infekciju.<sup>6</sup> Nerijetko se uspoređuje s ketokonazolom zbog sličnog djelovanja, no istraživanja su dokazala da se  $\text{SeS}_2$  lošije podnosi.<sup>7</sup>





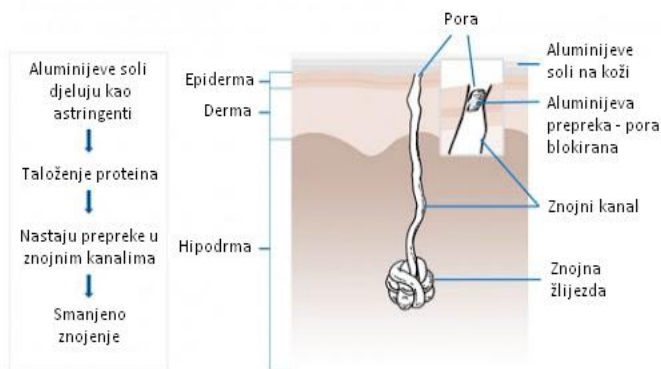
**Slika 2** – Kozmetički proizvodi sadrže mnoge anorganske komponente koje ostvaruju željene rezultate prilikom upotrebe

Aluminijevi spojevi vrlo su popularna tema u kozmetičkoj industriji. Javljaju se u zubnim pastama kako bi se postigao sjaj cakline i kao pigmenti u ruževima za usne. Aluminijeve soli u antiperspirantima stvaraju polimerni gel koji djeluje na žlijezde znojnice i sprječava da znoj dođe do površine kože. Europska komisija 2014. je objavila „*Opinion on the safety of aluminium in cosmetic products*“, čime je evaluirala postojeću situaciju.<sup>8</sup> Iako se u javnosti često spominje aluminijeve soli kao spojeve koji uzrokuju rak dojki ili Alzheimerovu bolest, te činjenice nisu u potpunosti znanstveno potkrijepljene. U dokumentu Europske komisije se naglašava nedostatak podataka o kancerogenom učinku ovih spojeva. Prilikom procjene utjecaja aluminija na ljudsko zdravlje potrebno je procijeniti i njegovu moć prodiranja kroz kožu, što nije također dovoljno istraženo po mišljenju SCCS-a (*Scientific Committee on Consumer Safety*).<sup>8</sup> Nužno je provesti studije koje će dokazati utjecaj aluminijevih spojeva na čovjeka i time dokazati imaju li štetan utjecaj na ljudsko zdravlje.



**Slika 3** – Plavac, vrsta stijene koja ima primjenu u kozmetici

U današnje vrijeme se sve više vraćamo prirodnim sastojcima, pa se tako u kozmetici pojavljuje i kamen plavac (engl. *pumice, volcanic glass*). Vrlo je porozan i ispunjen zrakom, a koristi se uglavnom za eksfolijaciju, odnosno za odstranjivanje stanica na površini kože. Plavac je vrsta magmatske stijene koja je u trenutku erupcije bila u tekućem stanju te se naglo ohladila i time zarobila zrak. Zrak biva otpušten iz unutrašnjosti stijene i time dobiva karakterističnu strukturu punu šupljina.<sup>9</sup> Pojavljuje se i u mnogim proizvodima, primjerice u sapunima za ruke, olovkama za obrve i hidratantnim kremama. Dosadašnja istraživanja nisu dokazala da se plavac bioakumulira, niti da djeluje toksično za okoliš i ljude.<sup>10</sup>



**Slika 4** – Princip djelovanja aluminijevih soli

Anorganski spojevi imaju veliku važnost u kozmetici te omogućuju čovjeku da postigne dobre rezultate u malo vremena, no potrebno je sagledati i drugu stranu priče o pojedinom spoju. Neki spojevi vrlo dobro utječu na čovjeka, no imaju negativan utjecaj na okoliš. Iz takvih razloga na samom potrošaču je izbor koji će proizvod koristiti i kako će time utjecati na sebe i druge.

### Literatura

1. <https://www.britannica.com/art/cosmetic> (pristup 15. svibnja 2020.)
2. <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=352.50> (pristup 15. svibnja 2020.)
3. Newman, M., D., Stotland, Mira., Ellis, J., I., *The safety of nanosized particles in titanium dioxide and zinc oxide-based sunscreens*, J. Am. Acad. Dermatol., 61 (2009) str. 685-692.
4. Gulson et al., *Small amounts of zinc from zinc oxide particles in sunscreens applied outdoors are absorbed through human skin*, Toxicol. Sci., 118 (2010) str. 140 -149.
5. Corinaldesi, C., Marcellini, F., Nepote, E., Damiani, E., Danovaro, R., *Impact of inorganic UV filters contained in sunscreen products on tropical stony corals (Acropora spp.)*, Sci. Total. Environ., 637-638 (2018) str. 1279-1285.
6. Choulis, N., H., *Miscellaneous Drugs, Materials, Medical Devices and Techniques*, u: Ray, D., S., *Side Effects of Drugs Annual*, New York, 2014, str. 725-746.
7. Danby, W., F., Maddin, S., W., Margesson, L., L., Rosenthal, D., *A randomized, double-blind, placebo-controlled trial of ketoconazole 20/0 shampoo versus selenium sulfide 2.5% shampoo in the treatment of moderate to severe dandruff*, J. Am. Acad. Dermatol., 29 (1993) str. 1008-1012.
8. *Opinion on the safety of aluminium in cosmetic products*, European Commission, 27. ožujka 2014.
9. <https://www.britannica.com/science/pumice> (pristup 15. svibnja 2020.)
10. <https://www.ewg.org/skindeep/ingredients/705407-PUMICE/> (pristup 16. svibnja 2020.)

# Kemijski sastav smaragda iz različitih ležišta

Katarina Sokač (FKIT)

Smaragd je od davnina predstavljao važnu ulogu u ekonomskim i vjerskim aspektima života raznih civilizacija. Tome svjedoči i njegova rasprostranjenost daleko od samih ležišta. Smaragd se svrstava u minerale berilne skupine čija je opća formula  $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$ , a smatra se trećim najvrjednijim dragim kamenom, nakon dijamanta i rubina. Zelene je boje zahvaljujući kromu ili vanadiju u tragovima koji u kristalnoj strukturi zamjenjuju aluminijske. U nekim slučajevima javlja se i skandij koji smaragdu daje blijedo zelenu boju. Geološki okoliš i različiti geološki procesi utjecali su na stvaranje smaragda u pojedinim ležištima.<sup>1</sup>

Obrada smaragda provodi se u udaljenim područjima zemalja u razvoju, a najveća isporuka smaragda u svijetu vrši se iz Kolumbije. Slijede je Zambija i Brazil, a ležišta smaragda nalaze se i u Australiji, Indiji, Južnoafričkoj Republici, Kini, Madagaskaru, Nigeriji, Tanzaniji, Zimbabveu te u još nekolici država. Budući da je na gornjoj kontinentalnoj kori prisutno vrlo malo atoma berilija, beril je relativno rijedak mineral.<sup>2</sup> Da bi došlo kristalizacije smaragda, potrebni su metasomatski procesi temeljeni na djelovanju fluida iz različitih geoloških okruženja kako bi se potaknula mobilizacija elemenata kao što su berilij, krom, vanadij i skandij. Moguće je razlikovati smaragde tipa 1, koji su povezani s granitno-pegmatitskim prodiranjima, i smaragde tipa 2, čija pojava je prisutna u geološkim okolišima koji su pod kontrolom tektonskih procesa.<sup>1</sup>



Slika 1 – Smaragd, zeleni dragi kamen<sup>3</sup>

Prisustvo glavnih elemenata i elemenata u tragovima u uzorcima smaragda moguće je analizirati pomoću masene spektrometrije sekundarnih iona (SIMS) i analize elektronskom mikroskopom (EMPA). Analize provedene na nasumično odabranim uzorcima iz različitih ležišta otkrile su promjene u kemijskim strukturama pojedinih

uzoraka. Tako su kristali iz ležišta koja se nalaze u Australiji i Tanzaniji pokazali nedovoljnu zasićenost silicijem, dok su uzorci iz Indije, Rusije i Zimbabvea pokazali povećan sadržaj litija u odnosu na ostale uzorke. Udio aluminijske u uzorcima varirao je od 71 % do 97 %, dok su se kao glavni nadomjestak za aluminijske našli magnezijevi, željezovi i kromovi ioni. Jedina iznimka bili su uzorci iz Nigerije s povećanom koncentracijom željezovih iona u odnosu na ostale ionske vrste.<sup>1</sup> Nastanak smaragda u Nigeriji odvijao se pod utjecajem metasomatskih albitizacija alkalnog granita, odnosno izmjenjena u prisutnosti zagrijane morske vode koju karakterizira iznimno visok sadržaj silicija, a ugradnja kroma odvijala se iz mladih vulkanskih stijena. Proces kristalizacije odvija se pri temperaturama 400 – 450 °C.<sup>2</sup>

Kao zamjena za  $\text{Al}_2\text{O}_3$  javljaju se tri oksida –  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$  i  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Unatoč tome, smaragdi iz određenih ležišta tipa 1 (Madagaskar, Rusija, Tanzanija, Zimbabve) i tipa 2 (Austrija i Etiopija) pokazali su prisutnost željeza i u obliku  $\text{Fe}^{3+}$  iona.<sup>1</sup> Pretpostavlja se da je u austrijskim ležištima došlo do zamjene silikata bogatih berilijem (npr. muskovita) biotitom i kloritom, a višak berilija pogodovao je nastanku berila.<sup>2</sup> Uzorak smaragda iz ležišta Zimbabvea pokazao je čak duplo veći sadržaj litija u odnosu na uzorke iz ležišta ostalih zemalja.<sup>1</sup> Proces kristalizacije odvija se pri temperaturama 560 – 650 °C.<sup>2</sup>

Smaragde iz ležišta tipa 1 karakteriziraju najveće vrijednosti sadržaja rubidija i kalija, dok su uzorci iz Kolumbije pokazali najniže vrijednosti bora i rubidija. Osim što je smaragd iz Zimbabvea obogaćen litijem, karakteriziraju ga i visoki sadržaji rubidija i cezija. Ipak, najviši sadržaj cezija pokazali su uzorci iz Brazila.<sup>1</sup> Krom, vanadij ili skandij u tragovima zaslužni su za karakterističnu boju smaragda, a njihov udio također varira u uzorcima iz različitih ležišta. Tako je udio skandija i vanadija veći od udjela kroma u uzorcima iz ležišta tipa 2. Najniži sadržaj skandija i vanadija primijećen je kod smaragda iz Tanzanije i Mozambika, dok su uzorci iz Pakistana karakterizirani najvišim sadržajem kroma. Najviši sadržaj vanadija pokazali su uzorci iz Kolumbije.<sup>1</sup> Iako su izvorna kolumbijska ležišta gotovo iscrpljena, zbog novih nalazišta predviđa se da će Kolumbija i dalje ostati najvažniji svjetski izvor smaragda.<sup>2</sup>

Različitost geoloških procesa koji su utjecali na stvaranje smaragda u raznim ležištima diljem svijeta i razlike u kemijskoj strukturi uzrokovane prisustvom raznih inkluzija mogu poslužiti kao indikatori identiteta smaragda. Unatoč rasprostranjenosti diljem svijeta, ova inačica berila je iznimno rijetka.

## Literatura

1. C. Aurisicchio, A. M. Conte, L. Medeghini, L. Ottolini, C. De Vito, *Major And Trace Element Geochemistry of Emerald From Several Deposits: Implications For Genetic Models And Classification Schemes*, *Ore Geol. Rev.*, 94 (2018) str. 351-366
2. L. A. Groat, G. Giuliani, D. D. Marshall, D. Turner, *Emerald Deposits And Occurrences: A Review*, *Ore Geol. Rev.*, 34 (2018) str. 87-112
3. <http://www.geologyin.com/2017/12/precious-gemstones-hold-messages-from.html> (pristup 18. svibnja 2020.)

# Elementi biljne ishrane

## – 1. dio

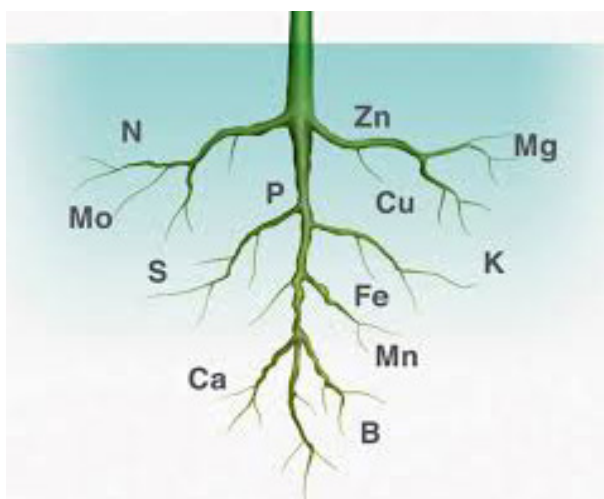
Zvonimir Jukić (KTF)

*Kako kemijski inženjeri interpretiraju periodni sustav elemenata u gnojidbi?*

Kada ulazimo u učionicu u kojoj se održava nastava kemije ili se pak nalazimo u prostorijama nekog kemijskog fakulteta, prvo što ćemo zapaziti sigurno je periodni sustav elemenata. Možemo reći da on predstavlja najveći stupanj sistematizacije i racionalizacije poznatih kemijskih činjenica i predviđanja novih elemenata. Taj domišljat i funkcionalan raspored kemijskih elemenata nastao je kao plod rada nekoliko europskih znanstvenika tijekom 19. stoljeća.<sup>1</sup> Zahvaljujući Mendeljejevu svaki kemičar i kemijski inženjer u svom praktičnom radu, samo kratkim pogledom na položaj pojedinog elementa, može zaključiti kakva fizikalno-kemijska svojstva ima, radi li se o plinu, krutini ili pak tekućini poput žive.

Zahvaljujući svestranosti kemijsko-inženjerske struke, imamo mogućnosti uploviti u mnoga različita područja industrije i gospodarstva. Primjerice, što se dogodi kada kemijski inženjer djeluje na području agrotehnike, konkretno gnojidbe (fertilizacije)? Kako kemijski inženjer interpretira periodni sustav elemenata u toj situaciji? Zašto na pakiranjima gnojiva neprestano uočavamo kratice kao “N-P-K 15-15-15” i slične? Odgovore na ta pitanja dobit ćemo kada povežemo periodni sustav elemenata s principima održive gnojidbe. A prije toga se moramo upoznati s osnovnim postulatima gnojidbe.

Da bi poljoprivredna proizvodnja bila racionalna i ekonomski isplativa, potrebno je primjenjivati gnojiva u onim količinama koje odgovaraju potrebama i stanju biljaka (usjeva, povrća, nasada), plodnosti tla, profitabilnosti rada i uloženi sredstava te istovremeno



Slika 1 – Elementi biljne ishrane

voditi računa o vremenskim uvjetima, okolišu i mogućem prinosu.<sup>2</sup> Često je to zaista zahtjevno, ali napretkom tehnologije razvijaju se mnoga pomagala koja omogućuju optimizaciju navedenih stavki. Svi znamo da bez odgovarajuće gnojidbe nema visokih i stabilnih prinosa, niti potrebne kakvoće proizvoda i profitabilnosti. Stoga se gnojidba opravdano smatra najvažnijom agrotehničkom mjerom u primarnoj poljoprivrednoj proizvodnji. Tlo nije nepresušan izvor hranjiva i prirodnim putem se ne može osigurati dovoljno elemenata potrebnih za ostvarivanje visokih prinosa. Svaka kultura za svoj rast i razvoj ima određene zahtjeve u opskrbi biljnim elementima, a sve te elemente biljka crpi iz tla, točnije iz otopine tla do dubine od 30 cm. Stoga se gnojidbom u tlo vraća ono što se poljoprivrednom proizvodnjom “odnese”.

Postoje mnoge teorije o odnosu gnojiva i biljnih kultura, a taj odnos je najbolje opisao prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović kazavši da su gnojiva multivitaminski dodatak biljnim kulturama jer je poznato da biljke same sintetiziraju svoju hranu kroz fotosintezu, a gnojiva samo pospješuju navedeni proces i povećavaju učinkovitost.

Što su to hranjivi elementi, odnosno elementi bilje ishrane? Možemo ih definirati kao kemijske elemente i molekule, organske ili anorganske, koji omogućuju biljnu produkciju i proizvodnju, a dodaju se različitim načinima i modelima gnojidbe.<sup>3</sup> Hranjive tvari (esencijalni elementi) čini tek 17 kemijskih elemenata bez kojih biljke ne mogu opstati, dok se usvaja znatno veći broj kemijskih elemenata. Budući da svako biljno hranjivo ima određenu fiziološku ulogu u biljci, a pri tome biljka ne zahtijeva svako hranjivo u istoj količini, svi elementi biljne ishrane dijele se na:<sup>4</sup>

- makroelemente (C, O, H, N, P, K, S, Ca, Mg, Fe)
- mikroelemente (B, Mn, Zn, Cu, Mo, Cl, Ni)
- korisne elemente (Co, Na, Al, Si, Se, V)
- toksične elemente (Cr, Cd, U, Hg, Pb, As)

Bitno je napomenuti da se u makroelemente ubrajaju elementi koje biljka usvaja u koncentraciji većoj od 0,1 % suhe tvari, a mikroelemente elementi koji se usvajaju u koncentraciji manjoj od 0,1 % suhe tvari. Iz ovog skupa kemijskih elemenata, svaki od njih ima određenu fiziološku ulogu u biljci, od kontrole metabolizma, transfera energije do razvoja staničnih stijenki.

Osim podjele prema zahtjevima usvajanja, sve esencijalne elemente možemo podijeliti i prema ulozi u metabolizmu tvari i energije:<sup>4</sup>

- strukturni elementi (C, H, O, N, P, S)
- enzimski aktivatori K, Ca, Mg, Mn, Zn)
- redoks-reagensi (Fe, Cu, Mn, Mo)

Krenimo onda redom interpretirati uloge ovih elemenata u biljkama. Ugljik, vodik i kisik su konstitucijski elementi koji čine preko 90 % žive tvari jer ne zaostaju u pepelu spaljivanjem organske tvari.

Dušik<sup>5,6</sup> (N) je element prinosa i utječe na razvoj zelene mase na biljci. Bez dovoljno razvijene zelene mase nema fotosinteze, a posljedično ni stvaranja organske tvari. Uz to, dušik je konstituent bjelančevina, aminokiselina, amida, nukleinskih kiselina i koenzima. Podrijetlom je iz atmosfere ali se usvaja u mineralnom obliku. Za prevođenje molekularnog oblika dušika do amonijaka i nitrata potrebna je velika količina energije (226 kcal). Biljka dušik usvaja u obliku iona  $\text{NO}_3^-$  i  $\text{NH}_4^+$ .

Željezo<sup>6,7</sup> (Fe) ima važnu ulogu u životnim procesima biljaka jer je nužno za sintezu klorofila, proces fotosinteze i disanja, asimilaciju elementarnog dušika, redukciju nitrata i sulfata, te metabolizam ugljikohidrata. U biljci je konstituent dvjema grupama proteina – hem proteini i Fe-S-proteini. Biljke ga usvajaju u obliku iona  $\text{Fe}^{2+}$  i  $\text{Fe}^{3+}$  ili u obliku kelata.

Kalcij<sup>5,6</sup> (Ca) ima više uloga u biljnoj ishrani. Iako ne sudjeluje značajno u izgradnji žive tvari, utječe na fizikalno-kemijska svojstva protoplazme te povećava stabilnost živih membrana i utječe na njihovu propusnost. Bitan je za održavanje pH reakcije tla čime utječe na pristupačnost dušika, fosfora, bora, željeza i drugih. Biljke ga usvajaju u obliku  $\text{Ca}^{2+}$ , a veći sadržaj kalcija može se pronaći u lišću u odnosu na korijen. Bitan je faktor u građi fitinske soli u sjemenu.

Magnezij<sup>5,6</sup> (Mg) sastavni je dio klorofila te je potreban za djelovanje velikog broja enzima uključenih u prijenos fosfata, kao što su peptidaze, dehidrogenaza, karboksilaza i dekarboksilaza. Veliki sadržaj magnezija pohranjen je u biljnim reproduktivnim organima. Sudjeluje u izgradnji stanične stijenke jer gradi Mg-pektinat. Biljke ga usvajaju kao  $\text{Mg}^{2+}$ .

Cink<sup>6,7</sup> (Zn) je element opsežne fiziološke uloge u biljci čije je usvajanje aktivan proces uz utrošak energije koji ovisi o temperaturi okoliša i sadržaju fosfora u biljci. Naime, niske temperature i suvišak fosfora snižavaju usvajanje cinka. Cink sudjeluje u metabolizmu proteina, a kao sastavni dio enzima gradi tetrahedralne kelate, odnosno povezuje enzim sa supstratom. Značaj cinka je izuzetno velik u biosintezi DNA i RNA. Isto tako utječe i na intenzitet fotosinteze. Biljke ga usvajaju u obliku  $\text{Zn}^{2+}$ .

Kao što možemo vidjeti, važno je poznavati uloge elemenata u biljnoj ishrani jer je rast biljaka i tvorba prinosa najuže povezana s usvajanjem mineralnih elemenata biljne ishrane te njihovim premještanjem, raspodjelom u biljci i ugradnjom u organsku tvar.

Slika 2 – Raspored elemenata biljne ishrane u periodnom sustavu elemenata

Fosfor<sup>5,6</sup> (P) je ključni element u razvoju korijenovog sustava, cvjetova, u cvatnji i oplodnji, jer bez razvijenih cvjetova nema oplodnje i sjemena. Ima presudnu ulogu u akumulaciji energije i strukturnom integritetu biljke jer je konstituent fosfata šećera, fosfolipida, bez kojeg nema stvaranja adenozintrifosfata (ATP) kao energetske pohrane. Poznato je oko 170 minerala koji sadrže fosfor, a javlja se u pterovalentnom obliku. Biljke ga usvajaju isključivo u anionskom obliku, kao  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  ili  $\text{HPO}_4^{2-}$ .

Kalij<sup>5,6</sup> (K) je element koji povećava otpornost biljke na sušu i bolesti, utječe na translokaciju šećera, formiranje škroba te rast korijena. Ima važnu ulogu kao specifični aktivator, odnosno modulator aktivnosti enzima. Ujedno je i važan elektrolit jer snažno utječe na hidratiziranost protoplazme i osmoregulaciju. Značajno utječe na vezanje  $\text{CO}_2$  od strane kloroplasta u fotosintezi. Ne ulazi u sastav organske tvari, već se slabo veže na proteine protoplazme. Biljke ga usvajaju kao kation ( $\text{K}^+$ ).

Sumpor<sup>5,6</sup> (S) sudjeluje u izgradnji bjelančevina, biljnih ulja i vitamina. Građevni je element enzima kao što su proteaze i ureaze. Smatra se da sumpor ima ulogu u otpornosti biljke prema niskim temperaturama. Sumporom su bogati biljni dijelovi koji sadrže puno proteina. Biljke ga usvajaju pretežito kao anion  $\text{SO}_4^{2-}$ . Iz atmosfere se usvaja kao  $\text{SO}_2$  pri čemu se reducira da bi se ugradio u organsku tvar.

### Literatura

- [https://www.periodni.com/hr/povijest\\_periodnog\\_sustava\\_elementa.html](https://www.periodni.com/hr/povijest_periodnog_sustava_elementa.html) (pristup 18. svibnja 2020.)
- prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović, prof. dr. sc. Blaženka Bertić, *Filozofija gnojidbe – sve što treba znati o gnojivbi*, Poljoprivredni fakultet u Osijeku
- doc. dr. sc. Boris Đurđević, *Biljna hraniva, korisnik I potencijalno toksični elementi* (nastavni materijali), Poljoprivredni fakultet u Osijeku
- prof. dr.sc. Vladimir Vukadinović, doc. dr. sc. Vesna Vukadinović, *Ishrana bilja*, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, 2011.
- Antea Kordić, *Primjena vizualne dijagnostike I analize biljne tvari u hortikulturi*, završni rad, Poljoprivedni fakultet u Osijeku
- prof. dr. sc. Irena Jug, *Elementi biljne ishrane*, Poljoprivredni fakultet u Osijeku
- D. Gluhić, *Mikroelementi u funkciji gnojidbe bilja*, stručni rad, Glasnik zaštite bilja 5/2013., str. 26.- 35.



# BOJE INŽENJERSTVA

## Na kavi s asistenticom Antoniom Ressler, mag. ing. cheming.

*Aleksandra Brenko (FKIT)*

Magistrica kemije i inženjerstva materijala Antonia Ressler, asistentica je na Zavodu na fizikalnu kemiju, gdje u sklopu kolegija preddiplomskog studija Fizikalna kemija I i II i kolegija diplomskog studija Fizikalna kemija polimera vodi laboratorijske vježbe za studente Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije. Područje njenog znanstvenog interesa obuhvaća biomimetiku i inženjerstvo tkiva, a nedavno je za svoj doprinos znanosti bila nagrađena stipendijom "Za žene u znanosti".

*Predstavite nam se. Gdje ste odrasli, što Vas je obilježilo i kako ste se odlučili za znanost i FKIT?*

Zahvaljujem se na pozivu i željela bih pohvaliti sve studente koji svakog mjeseca sudjeluju u stvaranju Reaktora ideja. Dolazim iz Koprivnice, gdje sam pohađala opću gimnaziju Fran Galović do odlaska na studij u Zagreb 2011. godine.



**Slika 1** – Antonia Ressler, mag. ing. cheming.

Kemiju sam zavoljela još u srednjoškolskim danima, zbog kemijskih grupa koje su se održavale svake subote, gdje sam uživala u mogućnosti da samostalno izvodimo i kreiramo pokuse. Nakon pomnog proučavanja kemijskih fakulteta na Sveučilištu u Zagrebu, odabir je pao na Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, studij Kemija i inženjerstvo materijala.

Smatrala sam kako je odabrani studij idealan za dobivanje širokog znanja u području kemije i materijala, a svakako me dodatno privukla inženjerska komponenta. Voditeljica laboratorijskih vježbi iz kolegija Fizikalna kemija te završnog i diplomskog rada kojeg sam izrađivala pod mentorstvom prof. dr. sc. Marice Ivanković bila je docentica Anamarija Rogina, koja me usmjerila u područje znanosti i zarazila znatiželjom i ljubavi prema istraživanju.

### *Kako ste se osjećali kada ste saznali da ste dobitnica stipendije „Za žene u znanosti“?*

Prije svega, dobitak stipendije L'Oreal-UNESCO – „Za žene u znanosti“ smatram velikim priznanjem za svoj dosadašnji rad kao i rad svih drugih koji stoje iza tog uspjeha. Znajući kako su za ovu stipendiju zasigurno bile prijavljene mnoge druge vrhunske znanstvenice, dobitak iste me ugodno iznenadio i dao mi dodatni poticaj u ostvarivanju novih ciljeva u budućnosti. Novac od stipendije uložit ću u daljnja usavršavanja u području znanosti.

### *Kako biste komentirali zastupljenost žena u znanosti u Hrvatskoj?*

Prema podacima koji su mi poznati nešto manje od 30 % žena bavi se znanostima u svijetu, dok je u Hrvatskoj taj postotak znatno veći i iznosi oko 50 %. S tako visokim postotkom mislim da zasigurno možemo biti veoma zadovoljni te se druge zemlje mogu ugledati na nas po tom pitanju. Izrazito me veseli i činjenica da je na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije, od ukupnog broja upisanih na doktorski studij u ovoj akademskoj godini, taj postotak čak i veći te iznosi oko 60 %, usprkos tome što se radi o tehničkom fakultetu. Međutim, unatoč pozitivnim brojkama smatram da bi trebali raditi na poboljšanju statusa i vidljivosti žena u znanosti na svjetskoj razini.

### *Kada/kako ste se zainteresirali za inženjerstvo tkiva?*

Za inženjerstvo tkiva zainteresirala sam se za vrijeme izrade završnog i diplomskog rada pod mentorstvom prof. dr. sc. Marice Ivanković, a radovi su uključivali razvoj visokoporoznih nosača i temperaturno osjetljivih hidrogelova za primjene u inženjerstvu koštanog tkiva. Nakon diplomiranja i zapošljavanja upisala sam doktorski studij pod mentorstvom prof. dr. sc. Hrvoja Ivankovića u sklopu projekta pod naslovom „Razvoj biokompatibilnih materijala na temelju hidroksiapatita za primjene u inženjerstvu koštanog tkiva“ financiranog od Hrvatske zaklade za znanost.

### *Možete li nam kratko objasniti svoju temu doktorske disertacije?*

Starenje ljudske populacije uzrokuje sve češća oštećenja ili bolesti koštanog tkiva te je izazov zadovoljiti potrebe njihovog liječenja. Zbog toga je sve veća potreba za novim rješenjima i zamjenom dosadašnjeg pristupa. Inženjerstvo koštanog tkiva temelji se na primjeni nosača za poticanje obnove kosti pomoću okolnog tkiva ili

primjeni nosača kao „predloška za isporuku“ ugrađenih koštanih stanica. Sve veći broj istraživanja usmjeren je na novu generaciju nosača na temelju visokoporoznih kompozitnih materijala čija je uloga obnoviti, poboljšati ili zamijeniti prirodno tkivo kod kojeg je došlo do zatajenja ili djelomičnog gubitka.

Kako bi se pripremio nosač s potencijalnom primjenom u inženjerstvu koštanog tkiva potrebno je poznavati strukturu i biološke karakteristike prirodne kosti. Male dimenzije i niska kristalnost karakteristike su bioloških apatita (mineralna faza kosti) koje, u kombinaciji s nestehiometrijskim sastavom, unutarnjim kristalnim neredom i prisutnosti drugih iona u kristalnoj rešetki ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SiO}_4^{4-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ), određuju svojstva i ponašanje prirodnih tvrdih tkiva. Područje istraživanja u sklopu doktorske disertacije uključuje izradu spomenutih nosača koji oponašaju fizikalna i kemijska svojstva prirodne kosti, a glavni je cilj sustavno istražiti utjecaj vrste i količine dopanata ( $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{SeO}_3^{2-}$ ) na biološko ponašanje nosača *in vitro*. Spomenuti nosači građeni su od biopolimera kitozana koji oponaša kolagen u koštanom tkivu, dok je anorganska komponenta hidroksiapatit dobiven iz biogenog izvora te dopiran spomenutim ionima.

### *Možete li nam reći nešto o YCN-u? Što Vas je privuklo organizaciji i koga biste pozvali da se pridruži?*

Young Ceramists Network (YCN) je inicijativa Europskog keramičkog društva (ECerS). Cilj ove mreže je pomaganje i udruživanje mladih znanstvenika i studenata u istraživačkom području keramičkih materijala. Tu mrežu vodi pet mladih znanstvenika koji su zaduženi za organizaciju radionica, studentskih večeri tijekom kongresa u organizaciji ECerS-a, informiranje znanstvenika i studenata o poslovnim prilikama te povezivanje znanstvenika u istom znanstvenom području kako bi lakše ostvarili međusobne suradnje.

Tijekom izrade doktorske disertacije primila sam tri stipendije od strane ECerS-a za sudjelovanje na međunarodnim konferencijama i radionicama u Europi i SAD-u. Nakon toga želja mi je bila poticati mlade znanstvenike da se prijavljuju za stipendije i iskoriste prilike koje nam se pružaju te mi je čast biti izabrana za članicu upravnog odbora YCN-a. Potičem sve studente i mlade istraživače koji su zainteresirani ili rade u području keramičkih materijala da se uključe u YCN. Svi zainteresirani mogu se javiti putem e-pošte ako se žele uključiti ili dobiti dodatne informacije. Trenutno organiziramo 2nd YCN Workshop koja će biti održana u Portugalu, a sve informacije o datumu održavanja i stipendijama moći će se pronaći na našim službenim stranicama.

### *Kakve planove imate za buduću karijeru?*

Svakako bih željela nastaviti karijeru u znanosti te pritom ostati u Hrvatskoj. Želja mi je nastaviti suradnju s inozemnim kolegama na *Young Ceramists Network* i ostvariti suradnje s inozemnim kolegama u istraživačkom području kojim se bavim.

*Dobili ste i nagradu za najbolju usmenu prezentaciju. Što biste rekli da je najbitnije imati na umu prilikom pripreme i održavanja prezentacije?*

Nagradu za najbolje usmeno izlaganje dobila sam na međunarodnoj konferenciji „The Thirteenth Conference for Young Scientists in Ceramics“. Oduvijek sam voljela usmena izlaganja, iako uvijek imam veliku tremu koja traje i po par dana uoči javnog nastupa. Bitno je biti upoznat s publikom koja će Vas slušati te prema tome prilagoditi sadržaj. Veliku razliku čini da li predstavljate svoj rad istraživačima u uskom području kojim se bavite ili oni čine istraživače iz više znanstvenih područja. Smatram da je potrebno puno truda uložiti u sadržaj i izgled same prezentacije te uvijek imati na umu da je kroz cijelo izlaganje potrebno zadržati zainteresiranost i održavati interakciju s publikom.

*Kakvo je vaše iskustvo sa suradnjom u inozemstvu?*

Tijekom izrade doktorske disertacije dobila sam priliku usavršavati se tri mjeseca u „Center for Biomaterials and Tissue Engineering“ u Španjolskoj. Rad u centru svakako je dinamičniji i doktorandi ne rade manje od 10 sati dnevno, uključujući i vikende. Međutim, ne može se potpuno usporediti s našim radom na fakultetu, jer uz znanstveni rad naš primaran posao je rad sa studentima. Što se tiče opremljenosti, oni svakako imaju bolje opremljene laboratorije, ali smatram da naš znanstveni rad vrlo dobro može konkurirati onima u inozemstvu. Zanimljiva razlika koju sam primijetila i koju su mi potvrdili kolege koji trenutačno rade u inozemstvu, je da smo snalažljiviji i brži u rješavanju raznih problema.

*Poruka za mlade zainteresirane za znanost?*

Prvenstveno bih im željela poručiti da ne sumnjaju u sebe i svoje sposobnosti, jer uz predan rad, znatiželju i ljubav prema znanosti uspjeh neće izostati.

Neka hrabro ustraju u svojoj želji, strpljivo grade svoje znanje i kompetencije kako bi u budućnosti radili ono što ih ispunjava.

*S kojim problemima se susrećete pri radu sa studentima?*

Posebno me veseli vidjeti napredak studenata tijekom laboratorijskih vježbi iz kolegija Fizikalna kemija I i Fizikalna kemija II te sreću kada na kraju akademske godine najbolje od njih pitamo da li žele biti demonstratori. Isto tako vesele me uspjesi studenata s kojima radim na istraživačkom radu, kao kada su studentice Ana Gudelj i Karla Zadro dobile nagradu za najbolje usmeno izlaganje na I. Studentskom kongresu o inženjerstvu materijala (e-SKIM 2019) i Rektorovu nagradu koju su izrađivale pod mentorstvom prof. dr. sc. Hrvoja Ivankovića. Međutim, smatram da bi studenti trebali više vremena ulagati u studiranje te bi glavni cilj trebao biti učenje s razumijevanjem, a ne kako što lakše proći određeni kolegij.

*Koji je Vaš „ispušni ventil“?*

Već kao dijete voljela sam slikati, crtati i izrađivati razne predmete, a tijekom godina zapostavila sam taj hobi. Nakon zapošljavanja na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije te upisa na doktorski studij, pojavila se ponovna želja za nastavkom hobija iz djetinjstva koji mi danas služi isključivo kao svojevrsna relaksacija od svakodnevnih obaveza. Isto tako, pokušavam se što više baviti sportskim aktivnostima, a kada ulovim više vremena posvetim ga dobroj knjizi.

*Hvala najljepša na vremenu i na sudjelovanju. Želimo Vam puno sreće u daljnjoj karijeri!*

## Pročišćavanje vode pomoću grafena

Danijela Vasiljević (FKIT)

Voda je neprocjenjiv resurs, a inteligentno korištenje i održavanje vodoopskrbe jedan je od najvažnijih izazova koji stoji pred čovječanstvom. Nove se tehnologije neprestano traže kako bi se smanjili troškovi i utjecaji procesa koji koriste vodene resurse, jer je pitka voda (kao i voda za poljoprivredu i industriju) uvijek u potražnji.

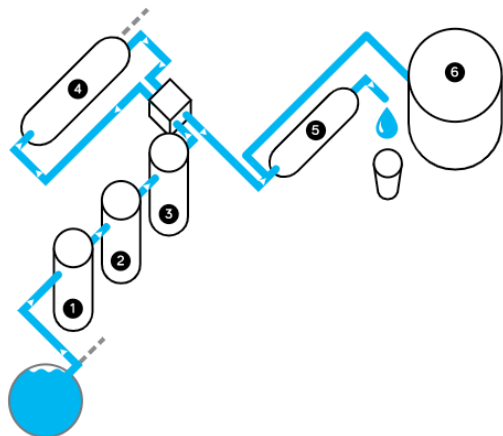
Mnogo je istraživanja usredotočeno na grafen za različite uporabe u oporabi vode, a nanotehnologija također ima veliki potencijal za uklanjanje bakterija i drugih onečišćenja.<sup>1</sup> Membrane za pročišćavanje vode i uklanjanje soli sve se više primjenjuju za rješavanje globalnih izazova onečišćenja i nedostatka vode.

Predlažu se visoko selektivne i visoko propusne membrane sljedeće generacije kako bi se riješili ograničenja postojećih membranskih tehnologija. Za izradu ovih membrana, najviše se razmišlja o dizajnim na molekularnoj razini.



Slika 1 – Šesterokutni uzorak koji tvore ugljikovi atomi u grafenu<sup>2</sup>

Derivati grafena zasad su najperspektivniji od novih materijala.<sup>2</sup> Grafen sadrži ugljikove atome koji su spojeni u šesterokutnu strukturu (slika 1). Monoslojni i dvoslojni grafen je toliko tanak da se može smatrati dvodimenzionalnim materijalom. Grafen je jedan od najjačih, najlakših, najprovodljivijih i prozirnijih materijala. Grafen oksid (GO) je oksidirani grafenski derivat koji je jeftiniji i lakši za proizvodnju od grafena. Grafen se može koristiti kao separacijska membrana koja je hidrofobna, što je jedno od najkorisnijih svojstava za pročišćavanje vode. Hidrofilni GO služi kao osnova za nanomembrane koje su nepropusne za nečistoće, soli ili bakterije, ali propusne za vodu. Grafitni oksid sastoji se od atoma ugljika, kisika i vodika te su njihovi omjeri promjenjivi. Nekoliko smjesa je dobiveno miješanjem GO s polimerima i drugim materijalima. To se radi kako bi se poboljšala svojstva kao što su vodljivost, vlačna čvrstoća, elastičnost materijala ili jednostavno dizajn novih struktura. Tanke ravne GO strukture koje se mogu savijati, rastezati ili naborati dobivaju se pričvršćivanjem GO ljuskica jedna na drugu.<sup>1</sup>Jedan od membranskih postupaka za pročišćavanje i desalinizaciju vode je reverzna osmoza (RO). U RO, ako su pritisci veći od osmotskog tlaka na slanoj strani membrane, voda teče iz otopine soli na vodenu stranu membrane.<sup>2</sup>



**Slika 2** – Tipičan sustav reverzne osmoze pročišćava vodu kroz pet stupnjeva:<sup>4</sup>

Prvi predfiltrar – sedimentni polipropilenski filtar (5 mikrona) odstranjuje hrđu, blato, pijesak i druge čestice topljive u vodi veće od 5 mikrona.

Drugi predfiltrar – aktivni ugljen prešan u bloku apsorpira klor i spojeve klor, pesticide, herbicide, trihalometane (kancerogene supstance) i druge organske i anorganske spojeve.

Treći predfiltrar – sedimentni polipropilenski filtar (5 mikrona) uklanja zaostale sedimentne čestice veće od 5 mikrona.

Glavni filtar – polupropusna osmotska membrana (0,0001 mikrona) pod utjecajem tlaka čisti vodu od spojeva soli teških metala, virusa, bakterija i ostalih čestica većih od 0,0001 mikrona.

Završni filtar – postkarbonska filtracija, uložak aktivnog ugljena od ljuske kokosa pruža završno poliranje i osigurava dobar okus vode za piće, te u kombinaciji s dolomitnim mineralima vraća važne minerale kao što su magnezij, kalcij i natrij i alkalizira vodu.

Nanopropustan grafen mogao bi djelovati kao RO membrana odbacujući ione soli i ostale molekularne vrste, dopuštajući da voda prođe kroz svoje nanopore. Njegova učinkovitost u RO-u premašuje vrijednost membrana koje se trenutno koriste. Prednosti grafena proizlaze iz potencijalno vrlo male debljine membrane i visoko kontroliranog uzorka rupa vrlo malih promjera i malog razmaka između rupa.

Prijenos mase kroz RO grafenske membrane može se opisati hidrodinamičkim modelom ili difuzijskim modelom otopine. Oba modela se mogu realizirati u stvarnim membranama. Međutim, rad membrana na bazi grafena je samo djelomično objašnjen s ova dva modela. U hidrodinamičkom modelu, volumni tok kroz porozne i neporozne membrane proporcionalan je padu hidrauličkog tlaka na membrani i gradijentu osmotskog tlaka preko aktivnog sloja s faktorom proporcionalnosti, vodopropusnošću RO. Difuzijski model primjenjuje se na neporozne membrane gdje se molekule vode i otapala razdvajaju u aktivni sloj membrane, difundiraju kroz membranski polimerni matriks prema svojim gradijentima kemijskog potencijala i resorbiraju se u stalnu otopinu. Propusnost vode može se aproksimirati kao izravno proporcionalna proizvodu difuzne propusnosti vode molarnim volumenom vode, a obrnuto je proporcionalna proizvodu debljine aktivnog sloja.<sup>2</sup> Najjednostavnija membrana za desalinizaciju na bazi grafena može se proizvesti stvaranjem nanometarskih pora u sloju grafena. To rezultira fleksibilnom, kemijski i mehanički stabilnom membranom za odvajanje koja se temelji na jednoatomskom sloju materijala s ciljanom uporabom u desalinizaciji. Voda u stvari može prodrijeti kroz pore, dok ioni soli veći od molekula vode ne mogu, a zbog premale debljine membrane, predviđeno je da klasična membrana ima veći koeficijent propusnosti vode od trenutnih kompozitnih RO membrana tankog filma.

Izazov koji se javlja jest proizvodnja kvalitetnog grafena. Tvrtke širom svijeta proizvode različite vrste i razrede grafenskih materijala – u rasponu od visokokvalitetnog jednoslojnog grafena do grafen pahuljica proizvedenih iz grafitu u velikim količinama. Listovi grafenova širokog opsega najčešće se koriste u istraživačkim i razvojnim aktivnostima ili u ekstremnim primjenama kao što su senzori, ali pahulje od grafena, proizvedene u velikim količinama i po nižim cijenama, prihvaćene su u mnogim primjenama kao što su sportska oprema, potrošačka elektronika, automobilska industrija i drugo.<sup>3</sup> Zasad se još testiraju membrane od grafena u pročišćavanju vode, ali već sad dosta znamo da možemo zaključiti da je to jedno veliko postignuće znanosti.

#### Izvori

- <https://www.graphene-info.com/graphene-water-treatment> (Pristup 19.05.2020.)
- <https://www.nature.com/articles/s41545-018-0004-z1> (9.5.2020.)
- <https://www.graphene-info.com/graphene-introduction> (Pristup 19.5.2020.)
- <https://filteri.com.hr/kako-funkcionira-sistem-reverzne-osmoze-ro/> (Pristup 12.05.2020.)

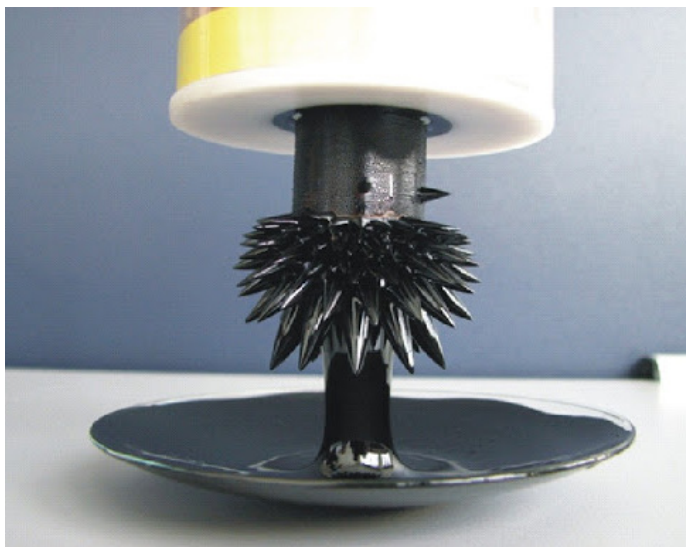


# Ferofluidi

Karla Ribičić (FKIT)

Pri sobnoj temperaturi, atomi željeza ponašaju se identično kao nanometarski magneti štapićastog oblika.<sup>1</sup> Kristalna struktura čvrstog željeza takva je da ako se komad metala, npr. igla, postavi u magnetsko polje, magnetski momenti elektrona uskladić će se duž polja, ali će zadržati svoju induciranu orijentaciju nakon uklanjanja vanjskog polja. Sama igla će tako postati veliki štapićasti magnet. Kao rezultat, materijali koji održavaju magnetska svojstva u odsutnosti primijenjenog magnetskog polja dobivaju naziv feromagnetni ili samo magneti.

Jedna od najljepših primjena feromagneta su ferofluidi, koloidne suspenzije magnetnih čestica sastavljenih od samo jedne domene, tipičnih dimenzija oko 10 nm koje su dispergirane u tekućem nosaču.<sup>1,2</sup> Mikromagnetni u ferofluidu reagiraju na magnetsko polje orijentirajući se duž polja (slika 1), a rezultat magnetskih sila koje djeluju na fluid je radikalna promjena njegovog oblika i nastanak „bodljikavi“ zbog težnje za postizanjem minimalnog omjera površine i volumena.<sup>1</sup> Osim što su ovi efekti egzotični, oni su i korisni jer imaju širok raspon primjena, od računalnih pogona diska do rotacijskih vakuumskih brtvi i tehnologije prigušivanja zvučnika.

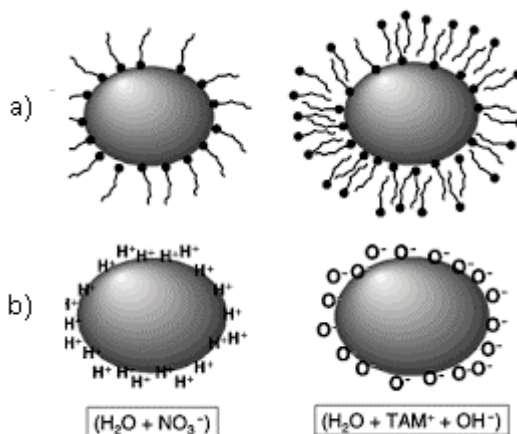


Slika 1 – „Bodljikavi“ oblik ferofluida pod utjecajem magnetskog polja

Ferofluidi se razlikuju od uobičajenih magnetorheoloških tekućina (MRF) koje se koriste za prigušivače, kočnice i spojke, a formirani su od čestica veličine mikrona raspršenih u ulju.<sup>2</sup> Primjena magnetskog polja na MRF uzrokuje enormno povećanje viskoznosti, tako da se pod utjecajem dovoljno jakih polja mogu ponašati poput krute tvari. S druge strane, ferofluid zadržava svoju fluidnost čak i ako je izložen jakim magnetskim poljima. Važna značajka ferofluida je da, usprkos dramatičnom odgovoru na primijenjena magnetska polja, nisu makroskopski feromagnetni.<sup>1</sup>

To jest, iako su mikročestice ferofluida feromagnetične, nastaje inducirani magnetski poredak tih čestica jednom kada se ukloni magnetsko polje. Takav materijal – bez ostatka magnetizacije u nedostatku polja – naziva se paramagnetičnim. Ferofluidi su paramagnetični zbog toplinskog poremećaja orijentacije čestica pri sobnoj temperaturi i zbog toga što postoji tendencija da se magnetske čestice u suspenziji raspoređuju u parove ili skupine te narušavaju polje koje čestice stvaraju.

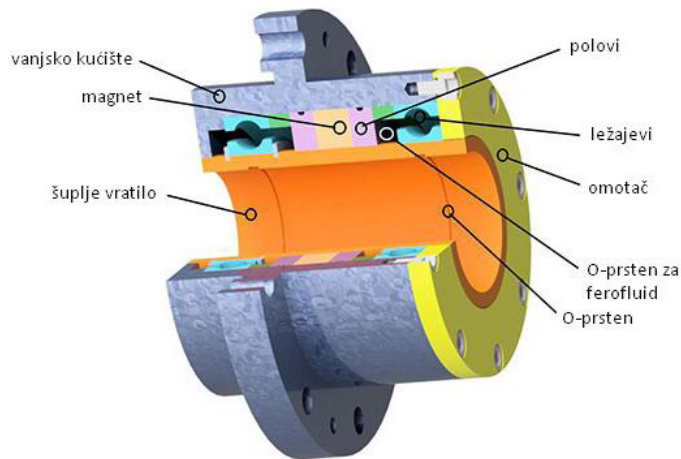
Kako bi se izbjegla aglomeracija, čestice ferofluida moraju biti obložene.<sup>2</sup> Ovisno o tome što je ovojnica, ferofluidi se mogu podijeliti u dvije grupe: surfaktantni ferofluidi i ionski ferofluidi. Stabilnost magnetskog koloida ovisi o toplinskom doprinosu i ravnoteži između privlačnih (van der Waals i dipol-dipol) i odbojnih (steričkih i elektrostatskih) interakcija. Surfaktantni ferofluidi sastoje se od magnetnih čestica, najčešće magnetita  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , obloženih površinski aktivnim sredstvima, tj. amfilnim molekulama poput soli oleinske kiseline i aerosoli natrij di(2-etilheksil) sulfosukcinata kako bi se spriječilo njihovo agregiranje.<sup>2</sup> Steričko odbijanje između čestica djeluje kao fizička barijera koja čuva čestice u tekućem nosaču i stabilizira koloid. Ako su čestice raspršene u nepolarnoj fazi, kao što je ulje, polarna glava surfaktanta pričvršćena je na površinu čestica, a hidrofobni lanac u kontaktu je s tekućim nosačem (slika 2.a).



Slika 2 – a) surfaktantni ferofluid u nepolarnom (lijevo) i polarnom (desno) nosaču, b) ionski ferofluid u kiselom (lijevo) i alkalnom (desno) medijumu magnetskog polja

S druge strane, ako su čestice dispergirane u polarnoj fazi kao što je voda, potrebno je stvaranje dvosloja oko čestica da bi se oko njih formirao hidrofilni sloj (Slika 2.a). U ionskim ferofluidima, nanočestice su električno nabijene kako bi koloidni sustav bio stabilan.<sup>2</sup> Magnetske čestice obično čini maghemit,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  i različiti feriti,  $\text{MFe}_2\text{O}_4$ , (s time da M može biti Mn, Co, Zn, Cu, Ni). Dobivaju se kemijskom metodom taloženja, a kiselo-alkalna reakcija između čestica i mase osigurava da je površina između njih električno nabijena. Tekući nosač je obično voda, a pH otopine može varirati od oko 2 do 12, ovisno o predznaku površinskog naboja čestica.

Kiseli ionski ferrofluidi sadrže pozitivno nabijene čestice (slika 2.b), a alkalni negativno nabijene čestice (slika 2.a). Slika 2. a) surfaktantni ferrofluid u nepolarnom (lijevo) i polarnom (desno) nosaču, b) ionski ferrofluid u kiselom (lijevo) i alkalnom (desno) mediju. Postoje dvije metode pripreme tih nanočestica, smanjenjem veličine i kemijskim taloženjem.<sup>2</sup> Pri smanjivanju veličine magnetski prah mikronskih dimenzija pomiješa se s otapalom i disperzijskim sredstvom u kugličnom mlinu te se melje nekoliko tjedana. Kemijsko taloženje danas je vjerojatno najkorištenija metoda za pripremu magnetskih nanočestica. Započinje mješanjem  $\text{FeCl}_2$  i  $\text{FeCl}_3$  i vode. Ko-taloženje nastaje dodavanjem amonijeva hidroksida, a zatim se sustav podvrgava različitim postupcima peptizacije, magnetskog odvajanja, filtracije i na kraju razrjeđivanja. Jedna od uloga ferrofluida je u uređajima u kojima postoje dvije ili više različitih sredina koje moraju biti hermetički izolirane jedna od druge, ali mora postojati osovina koja će prenositi energiju iz jedne sredine u drugu. Na primjer, motor mora biti otvoreno mjesto koje se može ohladiti ambijentalnim zrakom ili drugim mehanizmom hlađenja, a osovina se mora odvojiti od njega u apsolutno čisto mjesto gdje može rotirati. To je slučaj kod hard diskova računala koji moraju raditi u hermetički zatvorenoj kutiji, jer svaka čestica prašine, pa čak i dim može pokvariti čitanje i proces pisanja. Zbog toga je nužno hermetičko zatvaranje otvora kroz koji prolazi osovina. To se postiže izradom otvora unutar magneta i osovine izrađene od mekog magnetnog materijala. Međuprostor je popunjen s ferrofluidom, učvršćenim na mjestu pomoću magnetnog polja, koji ometa prolaz nečistoćama, ali ostavlja osovinu da slobodno rotira. Jedan od načina "izvlačenja" topline iz uređaja koji se zagrijavaju tijekom rada jest korištenje dobrog toplinskog vodiča koji povezuje uređaj s komponentom mnogo



Slika 2 – Shema hard diska

većeg toplinskog kapaciteta i mnogo veće otvorene površine kako bi se rasipala toplina. U nekim slučajevima dobar toplinski vodič ne smije biti čvrst jer bi blokirao rad opreme. Jedan od načina za postizanje željenog cilja je korištenje ferrofluida kao toplinskog vodiča. Da je u pitanju druga tekućina koja ne sadrži magnetne čestice, ne bi mogla biti učvršćena na mjestu djelovanja. Dobar primjer za ovu primjenu je zvučnik, čija se zavojnica zagrijava tokom rada. Ferrofluid se zadržava na mjestu djelovanja magnetnim poljem magneta koji je fiksiran na zvučnik.

#### Izvori

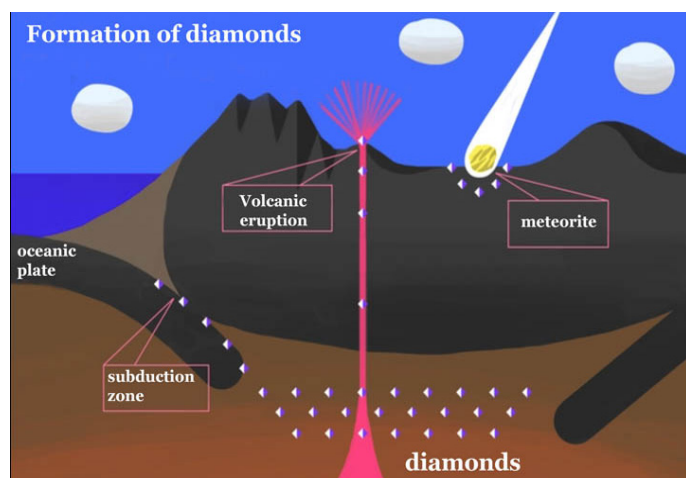
1. Clark, N. A., Ferromagnetic ferrofluids, Nature, 504 (2013) str. 229-230
2. Scherer, C., Figueiredo Neto, A. M., Ferrofluids: Properties and Applications, Brazilian Journal of Physics, 35 (2005) str. 718-727

## Laboratorijski dijamaniti

Leo Bolješić (FKIT)

Još od davnina dijamanit se smatrao jednim od najvrjednijih materijala koji se mogu naći u prirodi, ali da bi se do njega došlo bilo je potrebno dovesti rudarstvo na novu razinu zbog prirode njegovog nastanka. Osnovna ideja koja iza toga stoji je sama građa Zemljine unutrašnjosti o kojoj zapravo znamo manje nego što se misli. Mnogi geolozi tvrde da je Zemlja napravljena od pretežno istih elemenata kao meteori. Međutim, unatoč visokom udjelu silicija u meteorima, na Zemljinoj se površini njega ne nalazi u tolikim količinama. Postavlja se pitanje – gdje je sav silicij nestao? Upravo zato pretpostavlja se da se nalazi u dubinama Zemljine unutrašnjosti. Raznim načinima elementi s površine dospjevaju u dubine Zemlje, pa tako i materijali koji su nekad davno na nju dospjeli i omogućili formiranje raznih struktura u dubinama Zemlje, kao i dijamanata. Unutrašnjost Zemlje konstantno je u pokretu u smislu tektonskih kretnji.

Najčešće su upravo erupcije te koje dijamanite koji se, pod iznimno visokim tlakovima i posebnim temperaturnim uvjetima, formiraju unutar Zemlje.



Slika 1 – Načini prirodnog nastajanja dijamanata

Nova tehnologija otvorila je vrata novim idejama i sintetičkom razvoju te altropske modifikacije ugljika.

Visokotlačni procesi izazvali su stvaranje minerala ringwoodite, tamnoplavog magnezij-željezo silikata koji zadržava vodu. To automatski navodi na pretpostavku da se unutar Zemljina plašta među stijenama nalaze neotkriveni oceani. Prepostavlja se da bi niz geoloških procesa mogao izvući CO<sub>2</sub> iz „oceana“ u stijene te potom u plašt gdje bi se potom pretvorio u dijamante. Ovako nastali dijamanti imaju puno manju vjerojatnost da zapravo dospiju na površinu te bi mogli stvoriti „sloj“

dijamanata u plaštu koji bi eventualno mogao usporiti hlađenje Zemlje i imati veliku ulogu u daljnjoj evoluciji. Visoki tlakovi unutar plašta tjeraju ugljikov dioksid iz stijena u željezom bogate minerale koji bi potom uklonili iz njega kisik i ostavili ugljik te bi on potom formirao dijamant.

Trenutne metode sintetičkog uzgoja dijamana temelje se na CVD (engl. *Chemical Vapor Deposition*) tehnikama i HPHT (engl. *high pressure, high temperature*) tehnikama. Upravo dobivaju ime CVD dijamanti i HPHT dijamanti. Osim toga, koristi se i ultrazvučna kavitacija.

Ultrazvučna kavitacija temelji se na stvaranju suspenzije grafita u organskom otapalu pri atmosferskom tlaku i sobnoj temperaturi uz korištenje, dakle, ultrazvučne kavitacije u svrhu kristalizacije. Na taj se način dobivaju mikrodijamanti.

HPHT najčešća je metoda jer je najjeftinija i u pravilu vrijedna ulaganja. Temelji se na nekoliko oblika tlačenja ugljika pri visokoj temperaturi. Koriste se kubična preša, bočna preša i preša s podijeljenom sferom. Te su preše vrlo teške, čak nekoliko tona, što osigurava tlak od oko 5 GPa pri 1500 °C.

CVD metoda je najjednostavnija, fleksibilna i vrlo često prvi odabir kod većine znanstvenika. Ova metoda korisna je za stvaranje dijamana na velikoj površini i na više supstrata. Ne zahtjeva uvjete visokih tlakova poput onih kod HPHT.

Zašto bi sintetički uzgoj dijamana bio dobra opcija? Upravo zato što trenutni način, odnosno rudarstvo i sva oprema vezana uz isto, traži velik trošak energije i goriva, dok se za sintetički uzgoj može koristiti i do 5 puta manja količina energije. Osim toga, iskapanje dijamana uništava prirodno okruženje. Velika količina prašine može ometati ekosustave u okolici, a nekoliko tisuća tona prašine svaki dan ispušta se u okolinu rudnika i uništava prirodni krajobraz. Sintetički dijamanti stvaraju se u laboratoriju i tako se smanjuje narušavanje kvalitete tla. Unutar laboratorija dolazi do minimalnih emisija ugljika i njegovih spojeva u odnosu na prirodne dijamante te se na taj način u jednu ruku smanjuje i emisija koja je već dovoljno velik ekološki problem sama po sebi.

Znanstvenici su se okrenuli sintetičkom uzgoju upravo s ciljem pojednostavljivanja cijelog procesa koji inače traje nekoliko tisuća godina, a kvaliteta sintetičkih dijamana tek je malo manja od prirodnih. Uzgoj sintetičkih dijamana jest relativno spor, za dijamant veličine nekoliko milimetara treba i do nekoliko tjedana, ali je sa sigurnošću na dobrom putu da postane svjetski trend u koraku sa svim novim tehnologijama.

#### Izvori

1. <https://www.bbc.com/future/article/20141106-the-man-who-makes-diamonds>
2. <https://campuspress.yale.edu/tribune/the-science-between-synthetic-diamonds-and-their-positive-impact-on-the-environment/>



Slika 2 – Sintetički dijamanti izgledaju isto kao i prirodno nastali dijamanti



# STAND-UP KEMIČAR

## | Fun facts

*pripremio Leo Bolješić*

– Mikroplastika znatno je veći problem nego što ljudi danas smatraju. Neka istraživanja pokazuju da ih trenutačno ima više od zooplanktona koji su bitni za cjelokupnu vodenu populaciju.

– Unatoč poznatoj činjenici da sve ide oko Sunca, to nije potpuno točno. Kad bi se “okretanje oko Sunca” izrazilo u postocima, 99,8 % je dio koji drži Sunce, dok ostatak preuzima Jupiter zbog svoje veličine i mase!

– Poznato je da su još negdje 2800. godine prije Krista Babilonci znali za tehniku izrade sapuna, na što upućuju neki ostatci aparature za izradu sapuna, kao što su cilindri. U njima su bile uklesane riječi koje danas spoznajemo kao “mješavine masti i pepela”.



## | Vicevi

*pripremio Leo Bolješić*

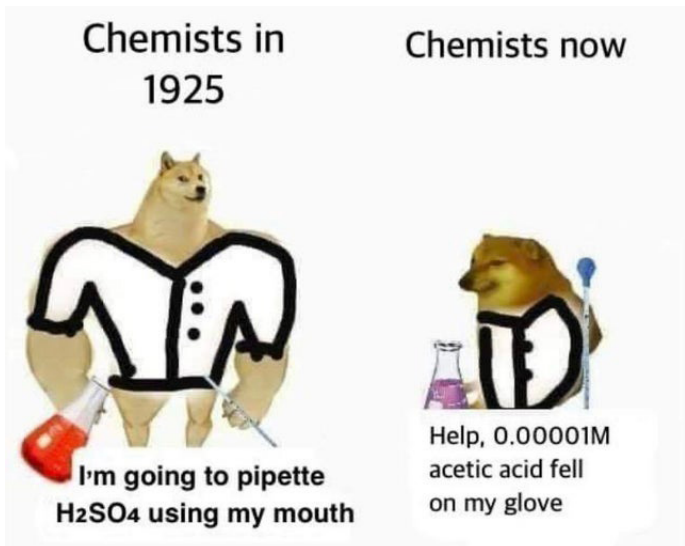
Kako se mobitel napije? Napravi screen shot.

Što muon kaže nakon 0.0035 sekundi?  
“I once was one, but now I’m three”.

Heisenberg i Schrödinger kupuju kruh. Pekar ih pita “krafna s marmeladom ili čokoladom?” Heisenbergu je svejedno, a Schrödinger će obje.

Kako nazivamo kada se ljude iz Londona deportira?  
– Londonova disperzija.

Koja riba sadrži dva natrijeva atoma? 2Na.





$$\frac{\sin k}{\cos k}$$



$$\frac{d}{dk} \ln(|\sec k|)$$



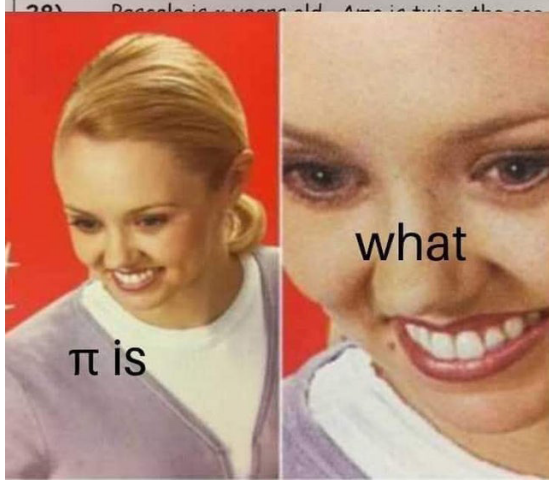
$$\int_0^k \sec^2(k) dk$$



$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{B_{2n} (-4)^n (1-4^n)}{(2n)!} k^{2n-1} \quad \text{for } |k| < \frac{\pi}{2}$$



27) The volume of a cylinder is found using the formula  $V = \pi r^2 h$ . Using  $\pi = 5$ ,  $r = 10$  and  $h = 10$ . Find the volume,  $V$ .



Insects 300,000,000 BC



We are some of the largest animals in the world and have very few predators

Insects 2020



I die to some weird light





Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa  
Prehrambeno-tehnološki fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
European Chemical Society  
European Hygienic Engineering & Design Group

međunarodni znanstveno-stručni skup  
**18 RUŽIČKINI DANI**  
DANAS ZNANOST – SUTRA INDUSTRIJA  
16. – 18. rujna 2020. | Vukovar, Hrvatska

1978.



1998.



2018.

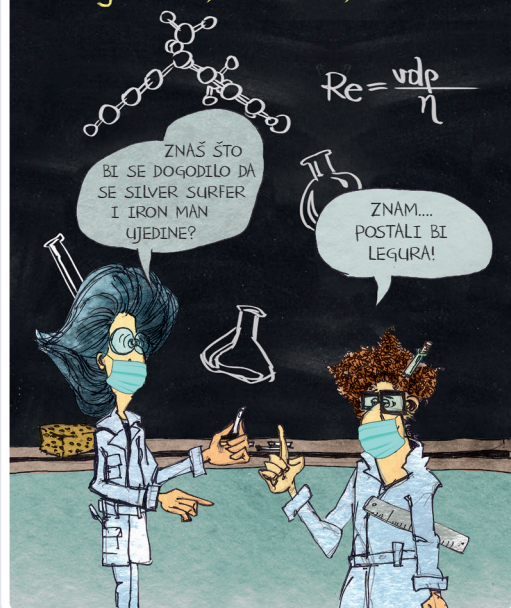


2020.



[www.ruzickadays.eu](http://www.ruzickadays.eu)

**7. SUSRET MLADIH KEMIČARA**  
16. rujna 2020., VUKOVAR, HRVATSKA



## 7. SUSRET MLADIH KEMIČARA

### POZIV NA SUDJELOVANJE

Poštovani,

S obzirom na povoljnu epidemiološku situaciju koja je u svim područjima Republike Hrvatske omogućila ublažavanje mjera u suzbijanju epidemije bolesti COVID-19, iznimna nam je čast izvijestiti Vas o održavanju **7. susreta mladih kemičara** u okviru međunarodnog znanstveno-stručnog skupa 18. Ružičkini dani.

Susret mladih kemičara održava se od 2008. godine, zahvaljujući inicijativi prof. Ivanke Miličić. U sklopu Susreta učenici srednjih škola uz pomoć svojih mentora predstavljaju radove iz područja kemije, a nagrađuju se tri najbolja. Do sada su sudjelovale srednje škole iz Vukovara, Osijeka, Vinkovaca, Đakova, Slavonskog Broda, Žepča, Zagreba i Kutine. Uz promicanje izvrsnosti, interdisciplinarnosti, originalnosti i inovativnosti u znanstvenim istraživanjima, koja trebaju biti povezana s gospodarstvom i industrijskim potrebama, cilj Ružičkinih dana je i usmjeriti učenike i mlade prema tehničkim i prirodnim strukama, osobito kemiji.

**Pozivamo Vas da svojim sudjelovanjem doprinesete tim ciljevima i nastavite tradiciju mnogih naših izvrsnih pojedinaca poput nobelovaca Ružičke i Preloga!**

Veselimo se Vašem dolasku u Vukovar i srdačno Vas pozdravljamo!

Prof. dr. sc. Ante Jukić  
Predsjednik Znanstveno-organizacijskog odbora

#### Kontakt

Doc. dr. sc. Dajana Kučić Grgić, e-pošta: [dkucic@fkit.hr](mailto:dkucic@fkit.hr) (Zagreb)  
Ivana Lauš, e-pošta: [ivana.laus@ptfos.hr](mailto:ivana.laus@ptfos.hr) (Osijek)  
Ivanka Miličić, prof., e-pošta: [hrvatski.dom.vukovar@vu.t-com.hr](mailto:hrvatski.dom.vukovar@vu.t-com.hr) (Vukovar)

SADRŽAJ  
vol. 4, br. 7

KEMIJSKA POSLA

Novi korak u razvoju 2D supramolekula .....	1
Metalo-lijekovi u liječenju raka .....	3
Uloga vitamina i minerala u prehrani sportaša .....	5

ZNANSTVENIK

Kemijski laser ili lightsaber? .....	8
Određivanje koncentracije iona tankoslojnom ionsko-selektivnom elektrodom .....	10
Metali u svemirskoj industriji .....	12
Anorganske tvari u kozmetici .....	13
Kemijski sastav smaragda iz različitih ležišta .....	15
Elementi biljne ishrane – 1. dio .....	16

BOJE INŽENJERSTVA

Na kavi s asistenticom Antoniom Ressler, mag. ing. cheming. ....	18
Pročišćavanje vode pomoću grafena .....	20
Ferofluidi .....	22
Laboratorijski dijamanti .....	23

STAND-UP KEMIČAR

Fun facts .....	25
Vicevi .....	25

