

ZNAOST

FIZIKALNA KEMIJA

ISTRAŽIVANJA U KEMIJI MOGU RASVIJETLITI
TAJNE FIZIKE ELEMENTARNIH ČESTICA

U biokemiji je već duže vrijeme poznata činjenica da u živim organizmima postoji jaka nesimetrija, očitovana nesrazmjerom u zastupljenosti enantiomera raznih biomolekula - građevnih elemenata živoga svijeta - kao što su aminokiseline i šećeri od kojih su izgrađene bjelančevine, te biopolimeri kao što su RNA i DNA/ Taj nerazmjer zapravo ne može biti veći nego što jest: u svim živim organizmima na Zemlji javlja se samo po jedan od enantiomera svake od biomolekula, dok drugoga živa priroda uopće ne rabi - kaže dr. Martin Quack iz Zuricha.

Duje Bonacci

Dr. Martin Quack predavač je fizikalne kemije na uglednom ciriškom sveučilištu ETH. Njegov široki istraživački opus uključuje kinetiku i spektroskopiju višeatomnih molekula, teoriju kemijskih reakcija, istraživanje utjecaja vodikove veze na dinamiku molekula i molekularnih nakupina, te istraživanje fizikalnih i kemijskih osnova strukture i dinamike kiralnih molekula. Ova posljednja tema jedno je od najprivlačnijih područja moderne znanosti, jer istodobno zadiru u dva naizgled fundamentalno različita područja - fiziku elementarnih čestica i biologiju - te u oba nudi odgovore na neka pitanja od kojih svako od njih zasebno nije bilo u stanju pronicnuti.

● **Možete li nam ukratko izložiti današnje spoznaje o narušenju simetrije u građi živih organizama?**

- Enantiomerima nazivamo molekule identičnog kemijskog sastava, ali po strukturi različite utoliko što su jedna drugoj zrcalne slike, baš kao što je naš lijevi dlan zrcalna slika desnog i obratno. (Zbog ove analogije s dlanovima, dva se različita enantiomera pojedine molekule nazivaju »lijevim« i »desnim«, te se označavaju L odnosno D, op.a.). U biokemiji je već duže vrijeme poznata činjenica da u živim organizmima postoji jaka nesimetrija, očitovana nesrazmjerom u zastupljenosti enantiomera raznih biomolekula - građevnih elemenata živoga svijeta - kao što su aminokiseline i šećeri od kojih su izgrađene bjelančevine, te biopolimeri kao što su RNA i DNA. Taj nerazmjer zapravo ne može biti veći



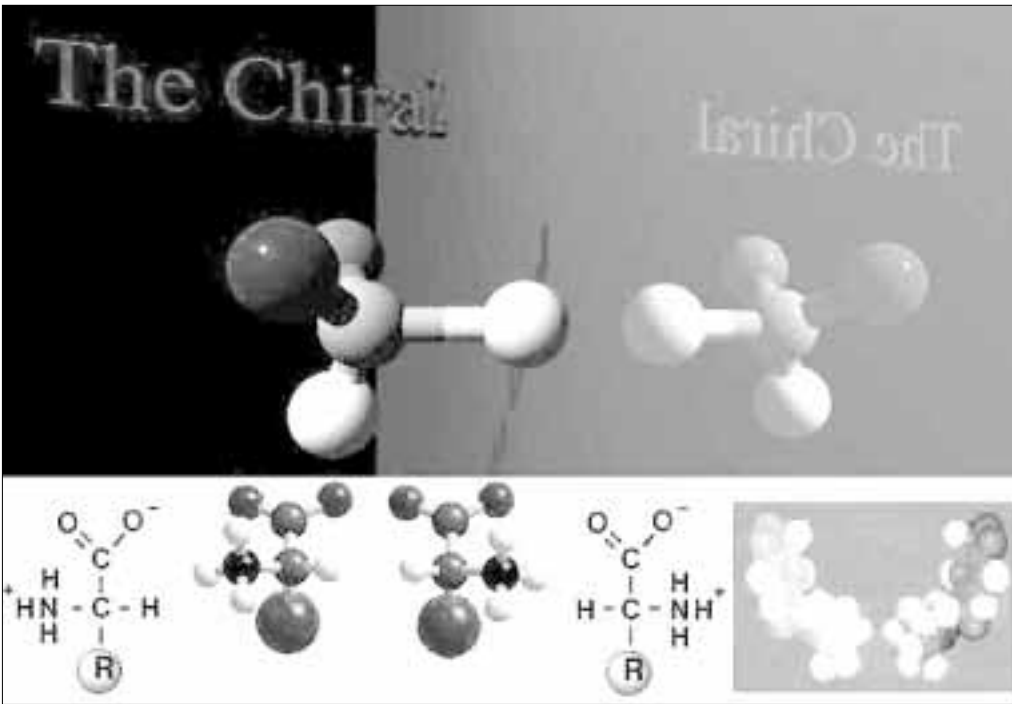
Dr. Martin Quack predavač je fizikalne kemije na ETH-u u Zürichu

nego što jest: u svim živim organizmima na Zemlji javlja se samo po jedan od enantiomera svake od biomolekula, dok drugoga živa priroda uopće ne rabi.

Dvije pretpostavke o narušenju simetrije

Danas postoje dvije pretpostavke o tome kako se ovo narušenje simetrije uvuklo u tijek evolucije. Prema prvoj, ono je posljedica sasvim slučajnog izbora, i kada bismo imali priliku ponovno pokrenuti proces evolucije, postojala bi jednaka vjerojatnost da dobijemo živi svijet izgrađen od istih biomolekula kakve mi poznajemo, ali i onaj drugi, izgrađen od biomolekula koje su upravo zrcalne slike ovih naših. Prema drugoj, nesimetrija u živom svijetu posljedica je mnogo dublje nesimetrije s izvoristom na razini međudjelovanja između elementarnih čestica materije. Veliki je izazov današnje znanosti utvrditi koje je od ovih objašnjenja uistinu ono pravo.

● **Znamo da priroda redovito ima dobre razloge za sve svoje »postupke«.** Postoji



Kiralne molekule - iako se razlikuju samo po tome što su jedna drugoj zrcalne slike, priroda se jednim koristi u izgradnji živog svijeta, dok druge u potpunosti ignorira

li i u ovom slučaju kakav jak razlog za ovakav odabir?

- Svakako da postoji. Već i s jednostavnog kemijskog stanovišta, bez ikakvog razmatranja fizike elementarnih čestica, razmjerno je vjerojatno da ćete u organiziranom reproducirajućem sustavu zateći samo jednu vrstu aminokiselina, na primjer samo L-tip. Ovo je donekle slično organiziranoj društvenoj zajednici u kojoj je dogovorom usuglašena upotreba samo vijaka sa lijevim ili samo vijaka sa desnim navojem, ali nikako jednih i drugih istodobno, jer bi to dovelo do pomutnje. To je jednostavno stvar praktičnosti. Isto tako, sa kemijskog se stanovišta može pokazati da je praktično i učinkovito u kemiji živog svijeta upotrebljavati samo jednu vrstu aminokiselina za izgradnju bio-

polimera.

● **Kako nema nikakve nacle prepreke postojanju onih zrcalnih, a za živu prirodu neupotrijebljenih aminokiselina, one se ipak javljaju u kemiji nevezanoj s izgradnjom živog svijeta. Uočavaju li živi organizmi razliku između »svojih« i »stranih« aminokiselina?**

- Tm se drugim tipovima priroda također koristi, ali u različite svrhe. Oni se javljaju u obliku monomera - jednostavnih strukturnih jedinica ili malih oligomera - manjih molekularnih struktura izgrađenih od po nekoliko monomera. No ne koriste se za izgradnju velikih bioloških molekula kao što su bjelančevine. Iako je s fizikalnog stajališta razlika u strukturi između dvaju enantiomera neke aminokiseline gotovo zanemariva, s

gledišta živih organizama te su molekule bitno različite.

Živi organizmi osjetljivi na kiralnost

Živi je svijet u stanju jasno razlučiti jedne od drugih. Tako, na primjer, dvije zrcalne molekule: r-asparagin i s-asparagin, možemo nedvojbeno razlučiti na temelju našeg osjetila okusa. Jedna je gorka, druga je slatka. Dakle, iako imaju gotovo potpuno istu strukturu, naše osjetilo okusa na njih reagira potpuno drugačije. Nadalje, jedan od dvaju tipova laktotna - kemijskih tvari u sastavu vina - ima izraženu ulogu u stvaranju specifičnog mirisa i okusa vina. Dok je naš njuh u stanju otkriti ovu vrstu već i u relativno malim koncentracijama, njihove zrcalne kopije nije u stanju otkriti niti pri mnogo većim

koncentracijama. I ovo se također može lako protumačiti na elementarnoj kemijskoj razini. Receptori naših osjetila prilagođeni su ovim molekulama slično kao što su rukavice prilagođene dlanovima: lijeva će ruka sjesti u lijevu rukavicu, a desna u desnu - obratno neće ići. Dakle, mi smo izuzetno osjetljivi, kao uostalom i sva druga živa bića, na »kiralnost« (razliku između zrcalne simetričnih oblika molekula, op.a.). Kiralnost postoji svugdje i vrlo je važna za kemiju živog svijeta. Za mnoge druge vrste kemije, kiralnost nema gotovo nikakvog značaja, pa ako prilikom sinteze neke tvari u laboratoriju ne poduzmete nikakve posebne mjere, uvijek ćete dobiti mješavinu enantiomera u omjeru 1:1.

● **Vratimo se na pitanje podrijetla ove nesimetrije. Spomenuli ste njenu moguću povezanost sa nesimetrijom u svijetu međudjelovanja elementarnih čestica. Možete li nam reći nešto više o pristupu koji tom problemu kojega razvija Vaša grupa na ETH u Zürichu?**

- Dakle, postavlja se slijedeće pitanje: da li korijen razloga što je priroda odabrala baš L-aminokiseline i D-šećere, a ne obratno, možda leži u nekoj gotovo neprimjetnoj razlici između dviju vrsta? Nagadanja o ovakvoj mogućnosti postoje već dugo vremena, točnije od 1966. kada su eksperimenti u fizici elementarnih čestica doveli do iznenađujuće spoznaje da priroda na svojoj temeljnoj razini čini razliku između zrcalnih procesa. Ali do danas još nemamo čvrstog odgovora. Moja grupa pokušava izmjeriti energetska razliku između molekula različite kiralnos-

ti. Ta razlika izrazito je mala, oko 1015 puta manja od uobičajenih energija s kojima se susrećemo u kemiji. Njenim mjerenjem bismo ujedno dobili podatke za kojima već odavno traga fizika visokih energija. Takozvani standardni model suvremene fizike je teorijski okvir u kojega su ugrađene sve naše dosadašnje spoznaje o fizikalnim zbivanjima na najmanjoj prirodnoj ljestvici, ljestvici elementarnih čestica. Do danas nije nađen niti jedan rezultat koji bi se kosio sa predviđanjima koja nam daje standardni model, no postoje neke veličine čiji se iznosi ne mogu teorijski predvidjeti na osnovu tog modela. Njih se u standardni model ugradi kao parametre, a vrijednost im treba naknadno odrediti na temelju eksperimentalnih mjerenja. Neki od jednostavnijih primjera takvih veličina su masa i naboj elektrona. Primjer mnogo novijih parametara usko vezanih za našu temu su masa i vrijeme života čestice nazvane Z-bozon. Z-bozon je čestica ugrađena u mehanizam slabe interakcije, baš one interakcije kod koje je uočeno narušavanje zrcalne simetrije. Mjerenja kojima su se odredile vrijednosti ovih dviju veličina provedena su 1983. godine u Europskom centru za nuklearna istraživanja (CERN-u) pokraj Ženeve u Švicarskoj. Cijena cijelog ovog projekta bila je izuzetno velika, oko milijardu dolara. Mi se nadamo da ćemo mjerenjem nesimetrije u kiralnim molekulama uspjeli dobiti fundamentalne informacije o standardnom modelu, i to tehnikama bitno različitim od onih koje se koriste na velikim ubrzivačima čestica.



ČOVJEK KOJI JE ZAPAD UPOZNAO S ISTOČNJAKIM RAZMIŠLJANJEM O MOZGU: Dr. Daisetz Teitaro Suzuki

Znanstvenici već duže vrijeme upućuju na činjenicu da smo bića koja imaju dva mozga. Uz »standardni«, smješten unutar naše lubanje, postoji i drugi, evolucijski mnogo stariji, tzv. abdominalni mozak.

Njegovo je djelovanje u velikoj mjeri autonomizirano od mozga smještenog u glavi (zvanog cerebrum) i u principu mu šalje više signala nego što ih od njega prima. Abdominalni mozak je sjedište nevoljnog, instinktivnog djelovanja te intuitivnog doživljaja stvarnosti. U njemu, točnije u crijevima, su smještena živčana vlakna koja akumuliraju utiske i omogućuju dubinsko pamćenje na temelju specifičnih podražaja, asocijacija i osjećanja. Abdominalni mozak također ima sposobnost specifičnog »mišljenja« koje nije moguće opisati standardnim pojmovnikom klasične neuropsihologije, no njegov je utjecaj na donošenje trenutnih odluka, u situacijama kada za složenu šahovsku kombinatoriku cerebruma nema vremena, od

NEUROFIZIOLOGIJA I PSIHOLOGIJA

RAZMISLI TRBUHOM: JESMO LI BIĆA
S DVA MOZGA?

Abdominalni mozak također ima sposobnost specifičnog »mišljenja« koje nije moguće opisati standardnim pojmovnikom klasične neuropsihologije, no njegov je utjecaj na donošenje trenutnih odluka, u situacijama kada za složenu šahovsku kombinatoriku cerebruma nema vremena, od presudne važnosti/ Je li abdominalni mozak zaista primitivni živčani sustav koji čovjeka povezuje s praiskonskim fazama evolucije, koje je cerebrum »zaboravio«?

presudne važnosti.

Inače, trbušni mozak je jednako tako osjetljiv na stres i razvijanje kroničnih neuroza, a pri svojim reakcijama luči psihoaktivne tvari kao što su dopamin i serotonin, pa i tvari s analgetičkim i umirujućim svojstvima poput valiuma.

Domoroci i orijentalci »misle« trbuhom

Istočni narodi poput Kineza i Japanaca njeguju drevno znanje o funkcioniranju trbušnog mozga i razvoju njegovih latentnih sposobnosti, to sve do naših dana ono nije bilo potkrijepljeno preciznim neuropsihološkim i neurofiziološkim ispitivanjima. Usprkos tome znanje istočnih naroda bilo je potkrijepljeno praktičnim iskustvima i neposrednom provjerom funkcionalnosti trbušnog mozga kroz budističke i taoističke prakse meditacije. Znameniti japanski učitelj budizma i na Zapadu najpoznatiji popularizator zen-budističke tradicije dr. Daisetz Teitaro Suzuki u svojim je knjigama često naglašavao prednosti abdominalnog mozga nad cerebrumom u praktičnoj svakodnevnici. Tako u svom kultnom djelu »Zen budizam i psihoanaliza«, koje je napisao u koautorstvu s psihologom Erichom Frommom, Suzuki doslovno kaže: »Tako je glava simbol umovanja, a oko, sa svojim pokretnim mišićima služi joj kao koristan instrument. Međutim, trbušnu šupljinu, u kojoj je smještena utroba, kontroliraju involuntarni mišići, te je ona najprimitivniji stupanj u evoluciji strukture čovjekova tijela. Trbušna šupljina je bliža prirodi iz koje smo

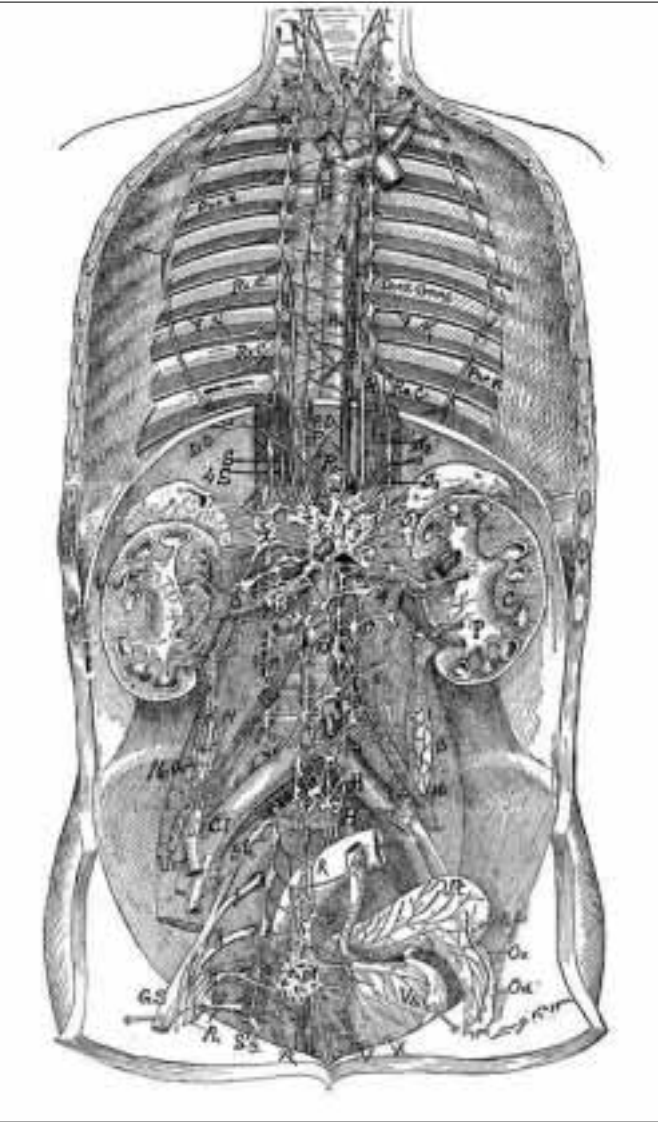
svi potekli i u koju ćemo se vratiti. Ona je zato u prisnijem dodiru sa prirodom i može ju osjetiti, može s njom razgovarati, 'razmotriti' je. 'Razmatranje', međutim, nije intelektualna operacija; ono je, ako mogu tako reći, afektivna operacija«. Suzuki pritom navodi anegdotu o američkom znanstveniku koji je posjetio jedno domorodačko plemo. Kad im je znanstvenik rekao da ljudi u Americi misle glavom ti domoroci bili su uvjereni da su svi Amerikanci ljudi, ponosno ističući za sebe da misle trbuhom. Istovjetan stav imali su stari Kinezi i Japanci. Tamo ljudi i danas, kad se suoče s teško riješivim problemom ili nemogućom odlukom, upućuju: »Upitaj svoj trbuh!«, ili »Razmisli trbuhom«. Suzuki ovaj, zapadnjacima neobičan fenomen, objašnjava ovako: »Intelektualno razmatranje je funkcija glave te je zato svako znanje o prirodi stečeno iz ovog izvora - apstrakcija ili predodžba prirode, a ne sama priroda. Intelektu, to jest glavi, priroda se ne pokazuje u svom pravom vidu. Trbušna šupljina osjeća prirodu i poznaje njen pravi vid. Ova vrsta znanja, koju možemo nazvati afektivnim ili voljnim, zahtjeva čitavu čovjekovu osobnost, simbolično predočenu trbušnom šupljinom. (...) Trbuh predstavlja ukupnost čovjekovog bića, dok glava, koja je najkasnije razvijeni dio tijela, predstavlja umovanje«.

Zašto imamo dva mozga?

Netko će si (opravdano), postaviti pitanje, zbog čega nam je priroda podarila dva mozga? Neurofiziolozi smatraju da bi bez abdomi-

nalnog mozga koji je povezan s neurovegetativnim funkcijama, živčane veze između cerebruma i vitalnih organa kojima upravlja autonomni živčani sustav morale biti nepraktično duge. U embrionalnoj fazi razvoja jedinke dio živčanih stanica grupira se u mozgu, dio u trbuhu a po-

vezane su putem ledne moždine i desetog moždanog živca. Zahvaljujući tome što se u crijevima nalazi oko 70 posto stanica imunog sustava abdominalni mozak je sposoban za trenutni odgovor na unos ili ulaz štetnih uzročnika te će brzo isprovocirati povraćanje ili drugi način njho-



TU JE NEGDJE: Stari crtež živčevlja u abdomenu

va izbacivanja. Inače, cerebrum i abdominalni mozak komuniciraju istim kemijskim jezikom. Sam abdominalni mozak proizvodi četrdesetak neuroprijenosnika za komunikaciju s cerebrumom. U toj komunikaciji donji mozak je izuzetno autonoman. Čak 90 posto informacija kreće se od trbuha prema glavi. Dio tih poruka ima čisto neurofiziološke funkcije, no dio njih je povezan s osjećajima i svjesnom dijelu čovjekove ličnosti još nepojmljivim funkcijama. Osim toga abdominalni mozak jednako bilježi i akumulira stres i traumatska iskustva kao i cerebrum.

Abdominalni mozak - cjelovit živčani sustav

U tu svrhu opremljen je memorijom koja se za skladištenje sjećanja koristi istim molekulama kao i gornji mozak. Moderna znanost nepobitno je utvrdila da abdominalni mozak ima sve predispozicije za cjelovit živčani sustav. Međutim on se izvršno nadopunjuje s cerebrumom koji selekcioniira većinu podataka koje dobija iz trbuha. Je li abdominalni mozak zaista primitivni živčani sustav koji čovjeka povezuje s praiskonskim fazama evolucije, koje je cerebrum »zaboravio«? Je li on središte čovjekova nesvjesnog uma i na koji način ga razotkriva našem svjesnom umu? Ta i još niz pitanja stoje pred neurofiziolozima, fiziolozima, neuropsiholozima a kako istraživanja abdominalnog mozga sve više napreduju, i ne samo pitanja, već i mnoga otkrića.

Priradio Gordan Pandža

Muškarci
i drugi mužjaci
žive kraće jer
ih paraziti više
»vole«

ZAGREB/LONDON, 27. rujna - Mužjaci sisavaca podložniji su napadima parazita i možda baš zato žive kraće od ženki, istaknuli su britanski biolozi u stručnom časopisu »Science« dodajući kako se to može primijeniti djelomično i na ljude.

Sarah Moore i Kenneth Wilson sa Sveučilišta Stirling sakupili su brojna istraživanja vezana uz odnos parazita i sisavaca, te pronašli vezu između visoke smrtnosti mužjaka i njihove velike privlačnosti za parazite.

Zašto paraziti češće ugrožavaju mužjake, znanstvenici još ne znaju.

Jedan od razloga mogao bi biti i veličina: mužjaci su obično veći od ženki pa tako paraziti nude veću površinu za napad.

I spolni hormon testosteron mogao bi imati ulogu zbog negativnog djelovanja na imunološki sustav.

U različitom životnom vijeku žena i muškaraca veliku ulogu sigurno ima i razlika u spolovima kad je riječ o samoubojstvima i rizičnom ponašanju.

Ipak, prema statističkim podacima Svjetske zdravstvene organizacije, određenoj vrsti parazita muškarci su doista privlačniji nego žene. Primjerice u SAD-u, Velikoj Britaniji i Japanu, zbog parazita umire dvostruko više muškaraca nego žena. U Kazahstanu i Azerbejdžanu taj je brojka čak učetverostručena. (Hina)