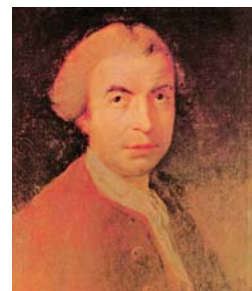


Posvećeno 300. godišnjici rođenja Ruđera Boškovića
Honouring the 300th Anniversary of the Birth of Roger Boscovich

Dragoslav STOILJKOVIĆ

Univerzitet Novi Sad
 Tehnološki fakultet, Novi Sad, Srbija

Ruđer Bošković utemeljivač savremene nauke



Ruđer BOŠKOVIĆ (1711. – 1787.)
 Roger BOSKOVICH (1771 – 1787)

UDK 1 Bošković, R. J.
 Pregledni rad / Review paper
 Primljeno / Received: 21. 4. 2011.
 Prihvaćeno / Accepted: 30. 4. 2011.

Sažetak

Elementarne čestice materije su poput neprotežnih i nedeljivih tačaka, smatrao je Ruđer Bošković. Zavisno od razmaka između tačaka naizmenično se javlja privlačna ili odbojna sila, što se grafički prikazuje Boškovićevom krivom. Ove tačke se spajaju i grade složenije čestice prvog reda, a čestice prvog reda se spajaju i grade čestice drugog reda itd. Zatim nastaju atomi, molekuli, nizovi atoma, složenije čestice, tela... Međudejstvo čestica na svakom nivou se opisuje istim zakonom sila. Boškovićeva teorija je prva kvantna teorija. Doprinela je otkriću strukture atoma i podstakla mnoge naučnike za dalji razvoj modernog shvatanja strukture materije.

KLJUČNE RIJEČI:

Ruđer Bošković
 istorija nauke
 struktura materije

KEY WORDS:

Roger Boscovich
 history of science
 structure of matter

Roger Boscovich – the founder of modern science

Summary

Roger Boscovich (1711-1787) held that the elementary particles of which matter is built were non-extended and indivisible points. Depending on the distance between points, an attractive or repulsive force appears, that can be represented graphically by Boscovich's curve. The elementary points are combined producing more complex particles of the first order, and the first order particles are combined producing the second order particles, etc. Then atoms, molecules, macromolecules, nano-particles, bodies are formed. Whatever the level of the particles, the same force law can describe the interaction between them. Boscovich's theory is the very first quantum theory that contributed to the discovery of the structure of atoms and inspired many scientists for further development of modern comprehension of material structure.

Uvod / Introduction

Prošla su dva i po veka od kada je Ruđer Bošković (1711. - 1787.) objavio svoje monumentalno delo *Teorija prirodne filozofije svedena na jedan jedini zakon sila koje postoje u prirodi*.¹ Teorija se izučavala u mnogim obrazovnim ustanovama širom sveta. Međutim, danas nije prisutna u nastavnim programima škola i fakulteta. Sem retkih pojedinaca, naši savremenici, čak i visoko obrazovani ljudi, gotovo da ništa ne znaju o Boškoviću - ko je bio, kad je živeo i čime se bavio, po čemu je zaslužan da mnoge ulice, naučne i obrazovne ustanove, pa i jedan krater na Mesecu nosi njegovo ime.

O životu i delatnosti Boškovića i o njegovoj *Teoriji* postoji obimna literatura,²⁻⁸ pa će to ovde biti samo kratko prikazano. Objasniće se da je njegova *Teorija* zapravo prva kvantna teorija i da je doprinela savremenom shvatanju strukture materije, pre svega otkriću strukture atoma. Opisao se Boškovićovo shvatanje elementarnih tačaka, atoma, molekula, makromolekula, nano-cevčica, dijamanta i grafitu, kao i njegove putokaze ka neutrinu, gluonima i kvarkovima. Pokazaće se da je savremena nauka sazdana na temeljima njegove *Teorije* i da se ona može i danas primenjivati za rešavanje naučnih i stručnih problema.

Život i delatnost / Life and work

Ruđer Bošković je rođen 18. maja 1711. u Dubrovniku. Završio je *Dubrovački isusovački kolegij* 1725. i nastavio školovanje u *Rimskom isusovačkom kolegiju*. Studirao je retoriku, logiku, filozofiju, matematiku, astronomiju i teologiju. Predavač gramatike postao je 1733. Od 1740. do 1759. predavao je matematiku u *Rimskom kolegiju*. U tom periodu nastaju i sazrevaju njegova naučna i filozofska shvatanja. Objavljuje veliki broj radova iz fizike, matematike i astronomije.

Godine 1759. polazi na studijsko putovanje po Evropi. Odlazi prvo u Pariz, gde kao dopisni član *Kraljevske akademije nauka* (primljen je 4. maja 1748.) prisustvuje sastancima *Akademije*. Tu susreće mnoge čuvene enciklopediste, upoznaje se sa njima i njihovim učenjem. Potom odlazi u London gde 15. januara 1761. postaje član *Kraljevskog društva*, što zapravo predstavlja englesku akademiju nauka. Od 1761. do 1763. putuje kroz područja koja danas pripadaju Holandiji, Belgiji, Nemačkoj, Austriji, Turskoj, Bugarskoj, Moldaviji i Poljskoj i posećuje mnoge poznate naučne i javne institucije.

Po završetku putovanja 1764. prihvata mesto profesora matematike u gradiću Pavija, kod Milana, koji je tada bio u okviru Austrije. Godine 1765. prihvata poziv isusovaca iz Brere (kvart u centru Milana) da tu zajedno osnuju astronomsku opservatoriju. Sve svoje intelektualne snage i novčana sredstva ulaže u izgradnju opservatorije, koju je sam projektovao, a takođe i konstruisao astronomske instrumente, najmodernije u to doba. Godine 1770. prelazi u Milano, na mesto profesora astronomije i optike. Do 1772. je rukovodilac opservatorije zajedno sa opatom Legranžom (L.

Le Grange). (U Breri još uvek postoji *Astronomski institut* i savremena opservatorija. Na ulazu se nalazi bista Boškovića i ploča na kojoj je istaknuto da je Bošković osnivač instituta.)

Zbog neslaganja sa opatom Legranžom, Bošković 1772. napušta Milano. Kao već stariji čovek od 61 godine ostaje bez prihoda, a svu ušteđevinu je potrošio za osnivanje opservatorije. Na njegovu nesreću, 1773. je ukinut isusovački red tako da ni sa te strane nije mogao očekivati pomoć. Stoga prihvata ponudu *Ministarstva za mornaricu Francuske* da bude upravitelj odeljenja za optiku. Seli se u Pariz i uzima francusko državljanstvo.

Da bi pripremio za štampu svoja *Dela koja se odnose na optiku i astronomiju*, 1782. dobija dopust da boravi u Milanu gde ih 1785. završava.

Iscrpljen radom, duševno je oboleo. Umro je 13. februara 1787. u Milanu, gde je i sahranjen u crkvi *Svete Marije Podone*. Na ulazu u crkvu se nalazi reljef Boškovića. Njegovo telo je smešteno u jednom udubljenju u zidu crkve. Crkva je stradala tokom bombardovanja za vreme *Drugog svetskog rata*, a nakon njene obnove, Boškovićevo grobno mesto je zazidano.

Delatnost Boškovića je bila veoma raznovrsna. Objavio je više od stotina radova iz filozofije, astronomije, fizike, matematike... Bio je slavna ličnost, član nekoliko akademija nauka (engleske, francuske, ruske...).

Osnovni naučni i filozofski pojmovi kojima se bavio odnose se na: neprekidnost i prekidnost (kontinuitet i diskontinuitet) materije, prostora, vremena i kretanja; prirodu i upotrebu beskonačno velikih i beskonačno malih veličina, deljivost i sastavljivost čestica materije. Mada je ovim pitanjima posvetio posebne radove, njihov objedinjeni prikaz, kao i njihova razrada i primena za tumačenje raznovrsnih pojava u fizici, mehanici, optici, hemiji i astronomiji, dat je u njegovoj *Teoriji*.

Bavi se mnogim teorijskim i praktičnim pitanjima u astronomiji. Teorijski razrađuje konstrukciju astronomskih instrumenata i procenjuje njihovu pouzdanost. Konstruisao je prstenasti mikrometar i ahromatski teleskop. Razmatra kretanja tela u Sunčevom sistemu i pojave koje su posledice kretanja (plima i oseka mora, oblik i struktura Zemlje, pomračenje Sunca i Meseca...). Suprotno tvrdnji Ojlera (L. Euler), Bošković ukazuje da Mesec nema atmosferu. Na osnovu pomeranja sunčevih pega, primenjujući sopstvenu metodu, odredio je vreme obrtanja Sunca. Razvio je originalnu metodu za određivanje putanja planeta i kometa. Kada je Heršel (W. Herschel) 1781. otkrio novo nebesko telo u Sunčevom sistemu, Bošković je među prvima odredio stazu tog tela i zaključio da to nije kometa već nova planeta, kasnije nazvana Uran.

Posebnu pažnju je posvećivao teorijskom tumačenju i primeni optičkih pojava: priroda svetlosti, njeno prostiranje, prelamanje i rasipanje, poboljšanje optičkih instrumenata.

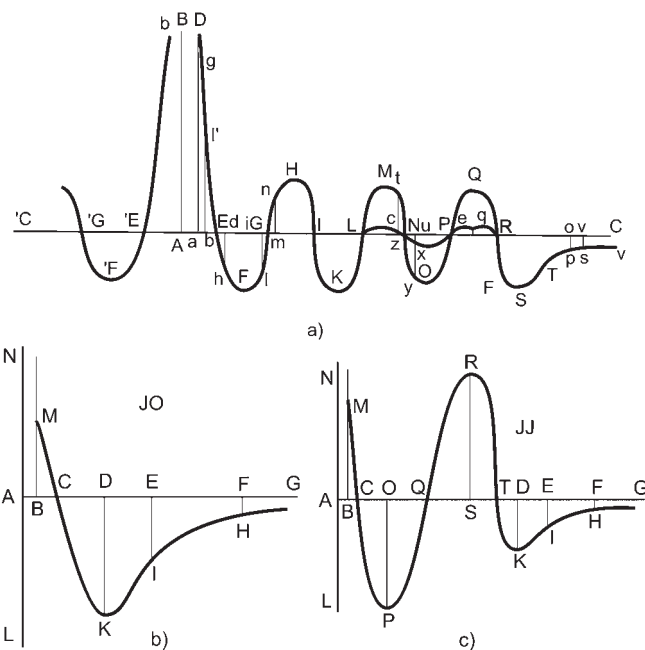
Daje veliki doprinos matematici, jer definiše i objašnjava mnoge matematičke pojmove i nalazi originalna rešenja matematičkih problema, prvenstveno u oblasti geometrije. Razvija sfernu trigonometriju. Znatno pre Gausa (C. F. Gauss), Bošković prvi razvija teoriju analize grešaka merenja.

Zapaženi su Boškovićevo doprinosi u tehnici (građevinarstvo, arhitektura, hidrotehnika), kao i u arheologiji.

Boškovićeve teorija / Boscovich's theory

Teorija je Boškovićevo najznačajnije delo. Od Lajbnica (G. W. Leibnitz) prihvata pretpostavku da su osnovni elementi materije slični kao tačke, koje nemaju veličinu i koje su nedeljive. Ali, Bošković ne prihvata Lajbnicovu pretpostavku da se tačke dodiruju. Smatra da su tačke udaljene nekim razmakom, koji se može beskonačno povećavati ili smanjivati, ali ne može potpuno nestati. Od Njutna (I. Newton) prihvata postojanje sila

između ovih tačaka. Ali, dok Njutn smatra da pri veoma malim udaljenostima vlada snažna privlačna sila između čestica, Bošković smatra da tada postoji velika odbojna sila, koja je utoliko veća ukoliko je razmak manji. Po Boškoviću, sile mogu biti atraktivne (privlačne) ili repulzivne (odbojne), a smenjuju se zavisno od razmaka između tačaka (slika 1).¹



SLIKA 1 – Opšti (a) i posebni oblici (b i c) Boškovićeve krive koja pokazuje promenu privlačne i odbojne sile (donja i gornja ordinata, redom) sa promenom razmaka (apscisa) između elementarnih tačaka ili čestica materije¹

FIGURE 1 – General (a) and some particular (b, c) shapes of Boscovich's curve that represents the attractive and repulsive forces (bottom and upper ordinates, respectively) vs. distance (abscissa) between the elementary points or particles of matter¹

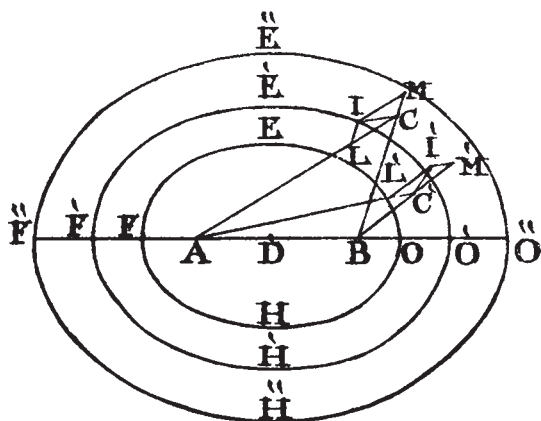
Bošković prihvata Njutnovo shvatanje da spajanjem tačaka nastaju složenije čestice prvog reda, spajanjem ovih nastaju čestice drugog, pa zatim trećeg reda itd. Daljim spajanjem nastaju atomi koji se sastoje od delova. Za molekule smatra da su još krupnije čestice. Smatra da su elementarne tačke, čestice prvog, potom drugog reda, atomi, molekuli, čak i čitav Sunčev sistem, samo pojedini nivoi u strukturi materije. Za svaki par čestica na bilo kom nivou važi neki oblik krive prikazane na slici 1. Broj lukova, njihova veličina i oblik mogu biti različiti.

Ukazuje da postoje razmaci pri kojima su odbojna i privlačna sila izjednačene, a čestice su u ravnoteži. Tu razlikuje dve vrste slučajeva. U slučajevima E, I, N i R pri povećanju razmaka raste privlačna, a pri smanjivanju razmaka raste odbojna sila. Tu se čestice nalaze u postojanoj ravnoteži, jer ako se slučajno promeni razmaka između čestica, nastaje sila koja ih ponovo vraća na prethodni razmak. Te razmake je nazvao *granicama kohezije*. U položajima G, L i P su čestice u nepostojanoj ravnoteži, jer najmanje povećanje (ili smanjivanje razmaka dovodi do pojave odbojne (ili privlačne) sile i do još većeg rastavljanja (ili približavanja) čestica. Ove položaje je nazvao *granicama nekohezije*.

Orbitale i kvanti energije u Boškovićevoj teoriji / Orbitals and quants of energy in Boscovich's theory

Bošković ukazuje da, ako se dve čestice nalaze u žizama A i B u blizini centra D, treća se može nalaziti na nekoj od elipsa na razmaku koji odgovara nekoj *granici kohezije* (slika 2). Pri tome postoji onoliko elipsi koliko ima granica kohezije. Štaviše, ukazuje da treća čestica može da prelazi sa jedne na drugu orbitalu (tj. granicu kohezije). Pri tome menja

brzinu, a promena kvadrata brzine, $\Delta(v^2)$, je srazmerna razlici površina ispod odbojnog i iznad privlačnog luka između te dve granice kohezije. Ove površine imaju određenu ograničenu veličinu, a odgovarajuća promena energije ΔE , taj kvant energije kako se danas naziva, jednaka je $\Delta E = m\Delta(v^2)/2$, gde su E i m energija i masa čestice, redom. Boškovićeva Teorija je zapravo prva kvantna teorija.⁹



SLIKA 2 – Orbitale u Boškovićevoj teoriji¹
FIGURE 2 – Orbitals in Boscovich's theory¹

Uobičajeni prikaz istorijskog puta otkrića strukture atoma, molekula i makromolekula / Usual presentation of historical path of atomic, molecular and macromolecular structure discovery

Smatra se da su starogrčki mislioci Leukip (Leucipos) i Demokrit (Democritus) prvi došli na pomisao da je sve napravljeno od atoma, sićušnih nedeljivih čestica. Ta misao je bila religiozno zabranjena i mirovala duže od 1 500 godina. Zatim se navodi Dž. Dalton (J. Dalton) koji je na početku 19. veka došao na ideju da svaki hemijski element ima svoje najsitnije deliće. Verujući da su ti deliće nedeljivi, Dalton ih je, po uzoru na Grke, nazvao atomima.

Utvrđeno je da ti Daltonovi atomi ipak imaju delove, da su sastavljeni od sitnijih čestica - atomskog jezgra i elektrona. Tu istinu su tokom 19. i 20. veka otkrivali mnogi poznati naučnici. Obično se navode: Faradej (M. Faraday), Maksvel (J. C. Maxwell), Tomson (W. Thomson, poznatiji kao

Lord Kelvin), Dž. Dž. Tomson (J. J. Thomson), Raderford (E. Rutherford) i Bor (N. Bohr). Posebno se ističu doprinosi poslednje trojice, pa bi istorijski put otkrića strukture atoma izgledao kao na slici 3. Potom se obično navode imena Avogadra (A. Avogadro) i Kanizara (S. Cannizzaro) koji su u 19. veku ukazali da se atomi spajaju u molekule, a potom se navodi da je Štaudinger (H. Staudinger) 1920. prvi predstavio hipotezu da se molekuli mogu spajati u još veće tvorevine - makromolekule.

Međutim, nije bilo sasvim tako. Deo priče je izostavljen. Neosporno je da su navedeni naučnici znatno doprineli tumačenju strukture materije. Međutim, nije navedeno, a poznato je da se ta dostignuća temelje na shvatanjima Boškovića,^{3-5,8a,10} što je nedovoljno poznato široj naučnoj javnosti. Ranije se u zapadnoj literaturi redovno navodio njegov značaj za otkriće strukture atoma, ali se od 1920. njegovo ime najčešće izostavlja,^{8a} pa je potrebno ukratko upoznati čitaoce sa tim Boškovićevim doprinosima nauci.

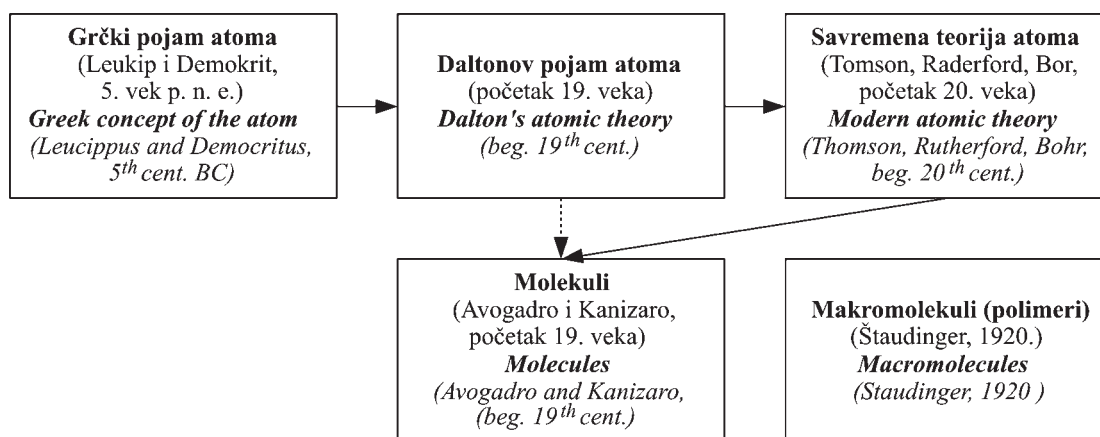
Doprinos Boškovićeve teorije otkriću strukture atoma / Contribution of Boscovich's theory to atomic structure discovery

Kada je krajem 19. veka utvrđeno da se Daltonovi atomi hemijskih elemenata sastoje od čestica koje su pozitivno naelektrisane i negativno naelektrisanih elektrona, postavilo se pitanje na koji su način te čestice smeštene u atomima.

Lord Kelvin je 1902. - 1907. objavio nekoliko radova u kojima ističe da se to pitanje može rešiti pomoću Boškovićevе teorije i temeljno je razmatrao *planetarni model atoma*: pozitivno naelektrisanje je smešteno u jezgru atoma, a elektroni kruže oko tog jezgra.^{3,4} Teorijsku podlogu da se elektroni kreću samo po nekim stazama oko jezgra atoma, Dž. Tomson je našao u Boškovićevoj teoriji: ... *Pretpostavimo da nabijeni jon posmatramo kao Boškovićev atom koji deluje na jednu česticu središnjom silom, koja se menja od odbojne do privlačne i od privlačne do odbojne nekoliko puta... Takva je sila, na primer, prikazana grafički na slici 4 gde apscise predstavljaju udaljenosti od atoma, a ordinate sile koje deluju od atoma na česticu ...*¹¹ Očigledno je da slika 4 zapravo objedinjuje Boškovićevu krivu (slika 1) i Boškovićevе orbitale (slika 2).

Raderford, bivši student i asistent Tomsona, je 1911. eksperimentalno potvrdio *planetarni model atoma*, pa se taj model obično naziva *Raderfordov model*.

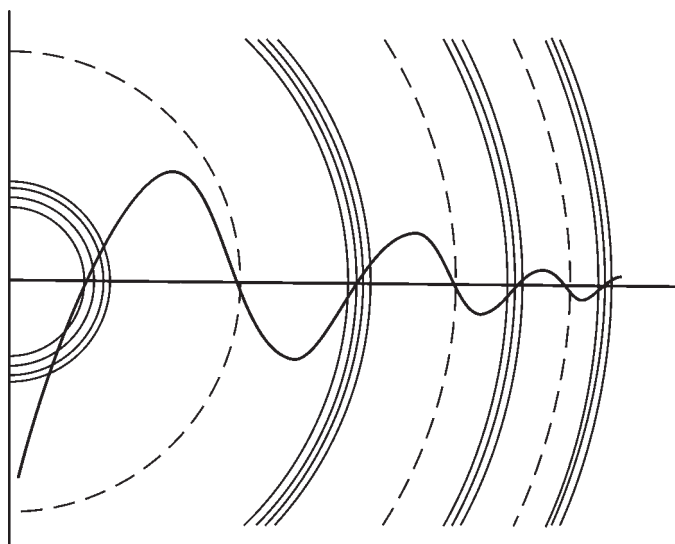
Nakon što je 1912. boravio sedam meseci kod Tomsona u Kembridžu i četiri meseca kod Raderforda u Mančesteru¹², Bor je 1913. izračunao moguće staze elektrona, uzimajući u obzir da elektroni mogu preći sa



SLIKA 3 – Uobičajeni prikaz istorijskog puta otkrića strukture atoma, molekula i makromolekula¹⁰

FIGURE 3 – Usual presentation of historical path of atomic, molecular and macromolecular structure discovery¹⁰

jedne na drugu orbitalu samo ako prime ili predaju određenu količinu (kvant) energije - što je Bošković ukazao vek i po ranije. Danas se ovaj model atoma naziva *Borov model*.



SLIKA 4 – Grafik koji je Tomson naveo¹¹ objedinjuje dozvoljene (puna linija) i zabranjene (isprekidana linija) orbitale elektrona i Boškovićevu krivu

FIGURE 4 – Graph mentioned by Tomson¹¹ combines the allowed and forbidden orbitals (solid and broken lines, respectively) of electrons and Boscovich's curve

Takav naziv modela nije u potpunosti opravdan. Imajući u vidu da je u periodu 1903. do 1907. Dž. Tomson pokazao da se koncept dozvoljenih i zabranjenih orbitala može neposredno izvesti iz Boškovićevog zakona sila, Gil ukazuje da je Bošković dao *suštinski element modernom shvatanju atoma*, a drugi su *požnjeli ono što je Bošković posejao dve stotine godina ranije*.⁴ Gil stoga ovaj model naziva *Bošković-Tomsonov model atoma* i ukazuje da kada se bude pisala istorija atomske teorije, ne bi bilo ispravno da se zanemari doprinos Boškovića.

Uzimajući u obzir Boškovićev doprinos, stvarni istorijski put otkrića strukture atoma je prikazan na slici 5.

Boškovićevo shvatanje elementarnih tačaka, atoma i molekula / Boscovich's comprehension of elementary points, atoms and molecules

Po Boškoviću, najsitniji delovi materije su elementarne tačke, koje su nedeljive i bez veličine, tj. neprotežne su. Sve elementarne tačke su

istovetne, ne razlikuju se među sobom. (Tu ideju Bošković je preuzeo od Lajbnica. Tačke su zapravo Lajbnicove monade.) Boškovićeve elementarne tačke se, prema tome, razlikuju od pojma atoma grčkih filozofa, a takođe i od savremenog shvatanja pojma atoma. Stoga je pogrešno što neki autori Boškovićeve elementarne tačke nazivaju *Boškovićevim atomima*. Bošković nikada svoje tačke nije nazivao atomima.

Međutim, Bošković takođe razmatra i atome (Teorija¹, odeljak 440). Pod pojmom *atom* podrazumeva česticu koja se sastoji od delova, a ti delovi opstaju zajedno u atomu zahvaljujući sili koja je opisana njegovom krivom. Treba naglasiti da Bošković ukazuje da atomi imaju delove i to pola veka pre Daltona, koji je smatrao da atomi nemaju delove!

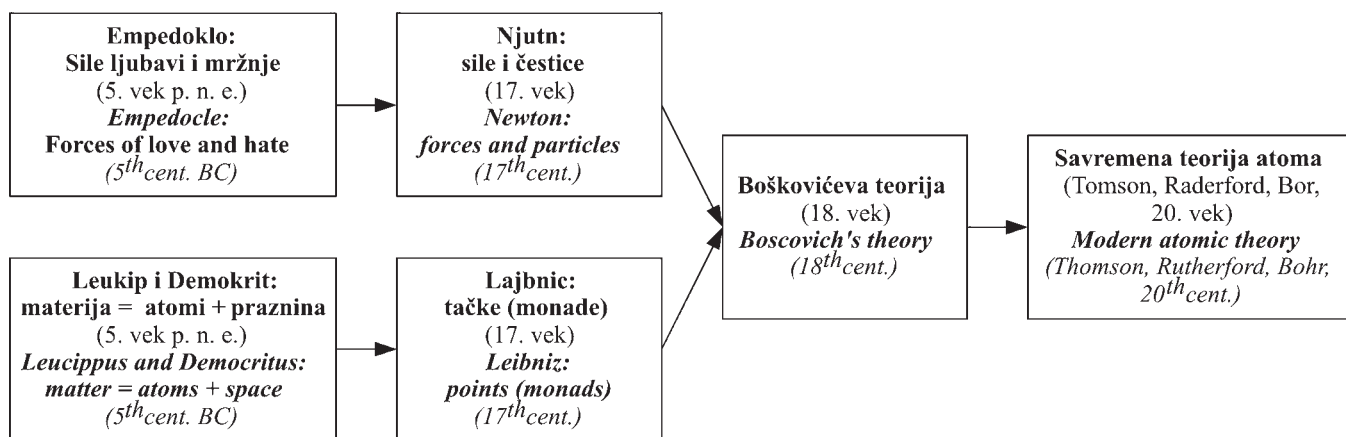
Po Boškoviću, atomi se spajaju u krupnije čestice. Ako se jedna čestica približi drugoj velikom brzinom, tad može da ... *nastaje snažna nova veza, i to bez uzajamnog odstupanja, tako da jedan uvlači svoju kvačicu u rupicu druge* Da je tu *kvačicu* jednog atoma označio kao elektron, a *rupicu* drugog atoma kao nepopunjenu atomsku orbitalu, tada bi to u potpunosti odgovaralo savremenom tumačenju hemijske veze pri spajanju atoma u molekule.

Bošković takođe koristi pojam *molekul* i ukazuje da se on može posmatrati mikroskopom (Teorija¹, odeljak 188). (Danas se zna da se čestice, koje savremena nauka naziva *molekuli*, ne mogu posmatrati optičkim mikroskopima, koji su postojali u Boškovićevu doba.) Bitno je zapaziti da je po Boškoviću molekul krupnija čestica u odnosu na atome. Tu je važno uočiti da Bošković ukazuje da postoje molekuli i to više od pola veka pre Avogadra i jedan vek pre Kanizara, kojima se obično pripisuje otkriće molekula!

Makromolekulska hipoteza Boškovića / Boscovich's macromolecular hypothesis

Danas je opšteprihvaćeno mišljenje da je Štaudinger prvi tvorac hipoteze o postojanju makromolekula (tzv. polimera) koju je predstavio 1920. To nije istina! Zapravo, Bošković je prvi još 1758. najavio mogućnost postojanja makromolekula. Ukazuje da bi se povezivanjem atoma ... *mogle oblikovati i spirale atoma čiji bi silom stegnuti zavoji mogli pokazati golemu elastičnu silu k ekspanziji* ... *Uz to smatra da bi ... neznatnom promenom pojedine udaljenosti u golemom nizu tačaka moglo doći do prilično velikog povijanja oblika, koje bi se u stvari sastojalo od mnoštva malih povijanja* ... (Teorija¹, odeljak 440)

U ovim navodima istaknuta su neka Boškovićeva shvatanja koja su detaljnije razmotrena i rastumačena u svetlu savremenih pojmova u nauci o makromolekulima^{14, 15}. Bošković ukazuje na *niz tačaka* i na *spirale atoma*. Ovo je zapravo istovetno sa savremenim shvatanjem o postojanju makromolekula kao nizu hemijski povezanih atoma. Uz to on ukazuje da



SLIKA 5 – Stvarni istorijski put otkrića strukture atoma¹⁰

FIGURE 5 – Actual historical path of atomic structure discovery¹⁰

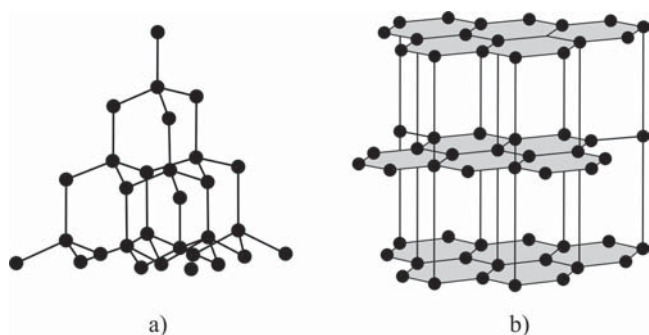
taj niz može biti *golem*. Savremenim rečnikom rečeno, Bošković ukazuje da može biti veliki stepen polimerizacije. (Pod stepenom polimerizacije se podrazumeva broj molekula koji su povezani u jedan makromolekulski lanac.) Po njemu ti nizovi atoma mogu biti *spiralnog* oblika što predstavlja konformaciju polimernog lanca. Savremenoj nauci o polimerima je poznato da neki prirodni i sintetski polimeri zaista imaju spiralnu konformaciju koja se može menjati usled *mnoštva malih povijanja* hemijskih veza atoma u lancu. U njegovom stavu da ti nizovi atoma mogu imati *golemu elastičnu silu k ekspanziji* se može prepoznati nagoveštaj visoke elastičnosti polimernih materijala, što je jedna od osnovnih odlika većine polimera.

Očigledno je da je Bošković ukazao na osnovne odlike makromolekula: lančastu strukturu kao niz atoma, visok stepen polimerizacije, mogućnost spiralne konformacije lanca, promenu konformacije usled povijanja hemijskih veza, pa čak i njihova elastična svojstva. Tako je Bošković predložio svoju makromolekulsku hipotezu skoro dva veka pre Štaundigera.

Nano-cevčice, dijamant i grafit / Nano-tubes, diamond and graphite

Bošković ukazuje (*Teorija*¹, odeljak 440) da je moguće da postoje atomi čija je kriva sila kao na slici 1b. Tada bi postojano rastojanje takvih atoma odgovaralo tački C na toj krivoj. Tu bi se mogao ucrtati niz malih kocki pri čemu bi atomi bili u svakom njihovom uglu, a takav niz bi imao veliku upornost u čuvanju svog oblika. Rečeno savremenim jezikom, to bi bila nano-cevčica kvadratnog preseka.

Ako bi čestice bile raspoređene u rogljevima pravilne piramide (tetraedra) i na rastojanju koje odgovara granici kohezije tada bi telo imalo beskonačnu čvrstoću i nesavitljivost (*Teorija*¹, odeljci 239, 363 i 419). Ako bi te čestice bile u jednoj ravni, onda bi to bio savitljiv materijal i ... *bilo bi ga moguće smotati poput starih svitaka ...* (*Teorija*¹, odeljak 362). Tvrdoća dijamanta i mekoća grafitu potvrđuju ova njegova shvatanja. Dejvi (Sir H. Davy, 1778. - 1829.) se priklonio Boškovićevoj atomistici da bi objasnio strukturu molekula, različite kristalne oblike, kao i rešio problem strukture dijamanta.² Dijamant i grafit se sastoje od istih atoma - atoma ugljenika. Ali kod dijamanta su atomi raspoređeni u rogljevima tetraedra, dok su kod grafitu u ravni (slika 6), što je glavni uzrok njihovoj različitoj tvrdoći.¹⁹



SLIKA 6 – Struktura dijamanta (a) i grafitu (b)¹⁹

FIGURE 6 – Structure of diamond (a) and graphite (b)¹⁹

Boškovićevi putokazi ka neutrinu, gluonima i kvarkovima / Boscovich's waymarks to neutrino, gluons and quarks

Bilo bi moguće pretpostaviti da neke vrste čestica nemaju nikakve sile. U tom bi slučaju supstancija jedne od tih vrsta posve slobodno prošla kroz supstanciju druge vrste bez ikakve kolizije (*Teorija*¹, odeljak 518). Još samo da je te čestice nazvao *neutrino*, onda bi ovo Boškovićevo shvatanje bilo istovetno sa savremenim shvatanjem.

Opisan je i značaj Boškovićeve teorije za savremenu teoriju elementarnih čestica^{8b} i gluona.¹⁵

Rinard¹⁶ ukazuje da se Boškovićeva teorija može povezati sa savremenom teorijom kvarkova. Štaviše, nobelovac Ledermen (L. Ledermann) je 1993. napisao da je Bošković imao ... *jednu zamisao, potpuno ludačku za osamnaesti vek (a možda i za bilo koji drugi)... Bošković tvrdi, ni manje ni više, da je materija sazdana od čestica koje nemaju nikakve dimenzije! Mi nađosmo, evo pre dvadesetak godina, jednu česticu koja odgovara tom opisu. Nazvasmo je kvark.*¹⁷

Primenljivost Boškovićeve teorije / Applicability of Boscovich's theory

Boškovićeva teorija može biti putokaz savremenim naučnicima i inženjerima za rešavanje problema u nauci i struci. Mi smo je nekoliko puta uspešno primenili: (1) pokazali smo da granice kohezije i nekohezije na Boškovićevoj krivoj odgovaraju određenim osobenim stanjima u strukturi materije; (2) protumačili smo nadmolekulsku organizaciju i slobodno radikalnu polimerizaciju komprimovanog gasovitog etilena; (3) predvideli uticaj pritiska na temperaturu topljenja polietilena i (4) objasnili strukturu tečnog metilmetakrilata i njegovu polimerizaciju.^{5,13}

Zaključak o ulozi Boškovićeve teorije / Conclusion on the role of Boscovich's theory

Otkrićem kvarkova i sve složenijih čestica (protona, neutrona, atoma, molekula, makromolekula ...) savremena nauka je potvrdila Boškovićevo shvatanje da postoji hijerarhija materije. Uz to, potvrdila je da se međudejstvo čestica opisuje nekim od oblika Boškovićeve krive.^{5,15} Ne treba se tome čuditi. Njegov zakon sila je bio *polazna pretpostavka* (hipoteza) za tumačenje strukture i međudejstva čestica materije. Kada je struktura materije spoznata i kada se teorijski i *eksperimentalno* utvrdio zakon sila koje deluju između čestica, sasvim je razumljivo da se *potvrdila polazna pretpostavka*, tj. Boškovićev zakon sila. To je uobičajeni metodološki put u istraživanju (hipoteza → logične posledice → eksperimentalna potvrda → dokazana teorija) koji savremena nauka prevale za nekoliko godina.

Međutim, izgradnja puta od Boškovićevog zakona sila do njegove potvrde je trajala vekovima. Utemeljen je Boškovićem u 18. veku, građen je i rušen, nastavljen u 19. veku. Boškovićeva teorija je puno uticala na njegove savremenike, a imala je mnoge sledbenike u 18., 19. i u prvoj dekadi 20. veka.

A onda je sve utihnulo. Muk. Niko ni da ga pomene.

Nauka je krupnim koracima napredovala. U 20. veku čovek se vinuo u svemir, sleteo je na Mesec. Zavirio je u lavirinte atoma i ćelijskog prostiranja. Uočio je i spoznao važnost DNK.

A onda je iznenada, kao feniks iz pepela, vaskrsnula Boškovićeva teorija. Mnogi gorostasi savremene nauke su u bunjištu istorije nauke zapazili taj dragulj. Uočili su da su se ovom teorijom inspirisali mnogi poznati naučnici: Amper (A. M. Ampere), Koši (A. L. Cauchy, baron), Fener (G. T. Fechner), Priestli (J. Priestly), Gej-Lisak (J. L. Gay-Lussac), Faradej, Lord Kelvin, Dž. Tomson, Mendeljejev (D. I. Mendeleev), Helmholtz (H. L. F. von Helmholtz), Henri (W. Henry), Maksvel, Lorenc (H. A. Lorentz), Dejvi... To su naučnici koji su izgradili velelepno zdanje savremene nauke - gradeći na temeljima Boškovićeve teorije. U tom zidanju su učestvovala mnoge generacije naučnika, pa se jednostavno zaboravilo šta su bili početni temelji i ko ih je postavio.

Boškovićev pojam polja sile imao je odlučujuću ulogu u razvitku fizike³ (W. Heisenberg, 1958.). Njegova teorija je imala veliki uticaj na sledeće generacije fizičara i popločala put daljem razvoju³ (Bor, 1958.). Drugi su požneli to što je on posejao dve stotine godina ranije (Gil,⁴

1941.). Bošković je kumovao nastanku strukturne hemije² (L. P. Williams, 1961.). Njegove ideje su *ključ za celokupnu savremenu fiziku* (Ledermen,¹⁷ 1993.). Boškovićeva filozofija će u celini postati filozofija 21. stoleća (Herrismann) (*Pogovor u Teoriji*¹).

Posredstvom mnogih sledbenika i pristalica, Boškovićeva shvatanja dopiru do savremenih naučnika kao eho minulih vremena, navodeći ih često da misle Boškovićevim mislima, a da toga nisu ni svesni.

Ruđer Bošković je bio veliki mislilac i naučnik svog i našeg vremena, utemeljivač savremenih naučnih zakonitosti mikro i makro sveta. Boškovićev blistav um otelotvoren kroz *Teoriju*, može biti za savremene naučnike podsticaj da spoznaju i sagledaju svet oko sebe, prepoznaju smisao dostignuća savremene nauke... i dalje da rade i grade novi svet zasnovan na prirodnim zakonitostima i univerzalnim vrednostima. Stoga, naša poruka na kraju je: *Upoznajte Boškovićevu teoriju da bi je mogli prepoznati u dostignućima savremene nauke! I da bi je mogli koristiti u svom radu!*

LITERATURA / REFERENCES

1. Bošković, R.: *Philosophiae naturalis theoria redacta ad unicam legem virium in natura existentium*, Beč, 1758. (prvo izdanje), Venecija, 1763. (drugo izdanje); *A Theory of natural philosophy*. Cambridge, M.I.T. Press, Cambridge, 1922. i 1966.; *Teorija prirodne filozofije svedena na jedan jedini zakon sila koje postoje u prirodi*, (dvojezično: latinski i hrvatski), Liber, Zagreb, 1974.
2. Supek, I.: *Ruđer Bošković - vizionar u prijelomima filozofije, znanosti i društva*, Školska knjiga, Zagreb, 2008.
3. Dadić, Ž.: *Ruđer Bošković*, Školska knjiga, Zagreb, 1987. (prvo izdanje) i 1998. (treće izdanje)

4. Gill, H. V.: *Roger Boscovich, S. J. - Forerunner of modern physical theories*, M. H. Gill and Son, Dublin, 1941.
5. Stoiljković, D.: *Ruđer Bošković utemeljivač savremene nauke*, Istraživačka stanica Petnica, Petnica, 2010. (Elektronska verzija ove knjige se može dobiti od DPG-a i od autora.)
6. Dimitrić, R.: *Ruđer Bošković*, Helios, Pitsburg-Beograd, 2006.
7. Stipanić, E.: *Ruđer Bošković*, Dečje novine, Gornji Milanovac i Prosvetni pregled. Beograd, 1984.
8. (a) White L. L., Editor: *Roger Joseph Boscovich - Study of his life and work on the 250th anniversary of his birth*, George Allen and Unwin, London, 1961.; (b) White L. L.: Boscovich and particle theory, *Nature*, 179(1957)284.
9. Stoiljković, D.: *Teorija Ruđera Boškovića kao putokaz ka kvantnoj mehanici*, Arhe, 2(2005)181.
10. Stoiljković, D.: *Ruđer Bošković - preteča savremenog shvatanja strukture atoma*, Hemijski pregled, 49(2008)3, 54-57.
11. Tomson, J. J.: *The Corpuscular Theory of Matter*, London, 1907.
12. Longair, M.: *Theoretical concepts in physics (An alternative view of theoretical reasoning in physics)*, 2nd edition, Cambridge university press, Cambridge, 2003.
13. Stoiljković, D.: *Importance of Boscovich's theory of natural philosophy for polymer science*, *Polimery*, 52(2007)804-810; kratko saopštenje u *Polimeri*, 28(2007)1, 29-31.
14. Stoiljković, D.: *Od elementarnih čestica do makromolekula - tragovima Ruđera Boškovića u povodu 225. godišnjice izdanja Boškovićeve Teorije*, *Polimeri*, 4(1983)9-10, 289.
15. Silbar, M. L.: *Gluons and Glueballs*, *Analog*, 102(1982)52.
16. Rinard, P. M.: *Quarks and Boscovich*, *Am. J. Phys.*, 44(1976)704.
17. Ledermen, L., Terezi, D.: *Božija čestica*, Sfinga, Beograd, 1998. (Lederman, L., Teresi, D.: *The God particle*, 1993.)
18. Stoiljković, D.: *Aktuelnost Boškovićeve »Teorije prirodne filozofije svedene na jedan jedini zakon sila koje postoje u prirodi«*, *Vasiona*, 53(2005)77-87.
19. Dobrozemsky, R., Goerlich, P.: *Kleine Enzyklopaedie Struktur der Materie*, VEB, Leipzig, 1982.

DOPISIVANJE / CONTACT

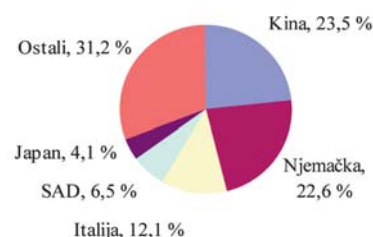
Prof. dr. Dragoslav Stoiljković
Univerzitet Novi Sad
Tehnološki fakultet
Bul. cara Lazara 1
21000 Novi Sad
Srbija
E-pošta / E-mail: dragos@uns.ac.rs

Svjetska proizvodnja strojeva i popratne opreme za preradu polimera

Priredila: Gordana BARIĆ

Ukupna vrijednost u svijetu proizvedenih strojeva i popratne opreme za preradu polimera je u 2009. iznosila gotovo 17 milijardi eura, što je 20 % manje nego u 2008. godini u kojoj su završene velike investicije u preradbene pogone. U međunarodnoj razmjeni zabilježeno je strojeva i opreme u vrijednosti od 10,8 milijardi eura, dok je u 2008. to iznosilo čak 15 milijardi eura, što je smanjenje od gotovo 30 %.

Na prvo mjesto u proizvodnji strojeve i opreme prvi put dolazi Kina, čija se količina proizvodnje nije promijenila, dok Njemačka pada na drugo mjesto zbog bitnog smanjenja proizvodnje, uz očekivanje kako će u 2010. ponovno biti zamijenjena mjesta jer se prodaja njemačkih strojeva i opreme povećava iz mjeseca u mjesec.



Udio pojedinih zemalja u ukupnoj svjetskoj proizvodnji strojeva i opreme za preradu polimera u 2009.

www.k-online.de, www.plasteurope.com