

ZNANSTVENO-FILOZOFSKI ASPEKTI BOŠKOVIĆEVA DJELA I UTJECAJ NA RAZVOJ KLASIČNE I MODERNE FIZIKE

Dragan Poljak¹, Franjo Sokolić², Mirko Jakić³

¹ Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Splitu
dpoljak@fesb.hr

² Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Splitu
sokolic@pmfst.hr

³ Filozofski fakultet, Sveučilište u Splitu
mirko.jakic@ffst.hr

Primljeno: 25. 5. 2011.

U radu se razmatra Boškovićev utjecaj na razvoj znanosti. Ruder Bošković, jedan od možda posljednjih učenjaka u povijesti koji nije razdvajao znanost od filozofije, svoju teoriju filozofije prirode razvio je na temelju načela neprekidnosti primjenom geometrijskih metoda. Zastupao je točkasti atomizam i dinamizam, ali nije pružio dovoljno rigoroznu matematičku formulaciju. Njegovi temeljni znanstveni doprinosi odnose se na iniciranje promjene paradigme koja je odbacivanjem actio in distans koncepta direktno omogućila kako razvoj koncepta polja kao stvarnog fizičkog entiteta, tako i ideje da se priroda može objasniti jednim zakonom.

Ključne riječi: jedinstveni zakon sila, točkasti atomizam, dinamizam, koncept polja, elektromagnetizam, moderna fizika

Uvod

Ne poznaje se dovoljno znanost sve dok se ne poznaje njena povijest.

Auguste Comte (Sarkar i dr., 2006, 13)

Ruder Josip Bošković, jedan od najvećih znanstvenika svoga vremena, rođen je 18. svibnja 1711. godine u Dubrovniku. Školovao se na

isusovačkom kolegiju u Dubrovniku i u Rimu, zaređen je za svećenika, a kao isusovac bio je fizičar, matematičar, astronom i filozof. Ovaj predani znanstvenik dosta je putovao i ostavio traga u mnogim europskim zemljama. Zasigurno, Ruđer Bošković bio je jedan od posljednjih univerzalnih ljudi europske humanističke tradicije. U dobi od 25 godina, odnosno 1736. godine, počinje objavljivati svoje *Dissertationes* iz matematike, fizike, astronomije, za koju je bio iznimno zainteresiran, i geodezije, a 1758. godine u Beču je objavljeno njegovo kapitalno djelo *Theoria Philosophiae Naturalis, redacta as unicam legem virium in natura existentium* (*Teorija filozofije prirode, reducirana na jedan zakon sila koji postoji u prirodi*), djelo izuzetne vrijednosti, nastalo kao plod dugogodišnjeg promišljanja jednog briljantnog uma. Drugo prošireno izdanje tiskano je 1763. godine u Veneciji.

Najznačajniji dio Boškovićevog rada odnosi se na matematičku fiziku. Prvi je osmislio procedure za određivanje planetarne orbite iz tri opservacije njegovog položaja. U svom životnom djelu *Theoria Philosophiae Naturalis* Bošković svoju teoriju mahom razvija pomoću geometrijskih metoda i bavi se opažajnim fenomenima, a ne njihovim uzrocima. Bošković je zapravo kroz matematičko-logičku shemu zastupao atomizam točkastog tipa, ali bez iskazivanja jasnih kvantitativnih predikcija.



Slika 1. Ruđer Bošković, litografski portret (Dadić, 1998)

Ruđer Bošković, kao ugledan znanstvenik svojega doba, član brojnih akademija znanosti, aktivno djeluje u raznim znanstvenim instituci-

jama tadašnje Europe, neprekidno je u nekakvom pokretu, do kraja posvećen svom radu, poštovan, ali i uvijek usamljen. U 76. godini života, u osvit rađanja građanskog društva, shrvan akutnom upalom pluća, umire 13. veljače 1787. u Milanu, gdje je i pokopan. Njegov život obilježila su poznanstva s Henryjem Cavendishem, Samuelom Johnsonom, Alexisom Clairautom, Pierreom Simonom Laplaceom, Josephom Louisom Lagrangeom i drugim velikanima tog vremena. Objavio je više od stotinu rasprava, članaka i knjiga. Može se općenito kazati da je Bošković definitivno zaslužan za izgradnju jedne, u suštini kvalitativne sheme, za poimanje mehaničkih i drugih fizičkih svojstava tvari koja vodi na sasvim novo gledište na strukturu materije (Marković, 1968; Marković, 1969). Interesantno je napomenuti da je, uz Poincaréa i Helmholtza, bio između ostalog i pobornik ideje postojanja više svjetova.

Osnovne postavke Boškovićeve teorije prirodne filozofije

Svoje kapitalno djelo, *Teorija prirodne filozofije*, čija je naslovnica prikazana na slici 2 (Dadić, 1998), u okviru koje su atomi bili točke sile, nedjeljivi i bez protežnosti, Bošković, jedan od posljednjih velikana koji znanost nije razdvajao od filozofije, razvio je polazeći od ideje neprekidnosti. Sa znanstveno-filozofskog aspekta Boškovićev matematički prostor nasljednik je Newtonovog apsolutnog prostora, a Aristotelova dihotomija potencijalnog i aktualnog prožima čitavu Boškovićevu filozofiju prirode.

Za razliku od Newtonovih matematičkih principa filozofije prirode, Boškovićeva teorija prirode ne postavlja osnovne zakone ili aksiome iz kojih se sve izvodi. Svojom teorijom on prije pokušava uspostaviti novi pristup proučavanju prirode. Kako je već naglašeno, temeljni princip je kontinuiranost, a što se tiče metode, njegova teorija razvijena je geometrijski. Sam Bošković je tvrdio kako njegova teorija stoji između Newtona i Leibniza.

Što se tiče filozofskog aspekta, Bošković se odmiče od monističke filozofije tipične za Leibniza, Spinozu ili Diderota, ali mu je jednako neprihvatljiv i Descartesov dualizam duha i materije. Bošković razlikuje zamišljeni prostor što ga promatra geometrija, koji je kontinuiran i beskonačan, od fizičkog prostora koji je realan i ne postoji bez objekata.

»Danas je nekako moda među nekim fizičarima da se podsmjehuju metafiziци, kao pustoj, konfuznoj misli. Međutim, i metafizička spekulacija može biti vrijedna kad utječe na naš način promatranja fizičkih fenomena. To je bio slučaj s Boškovićevom teorijom koja je, vjerujem, imala najveći utjecaj u usmjeravanju Faradayeva eksperimentalnog rada.« (John Henry Poynting, prema: Supek, 1989, 177)

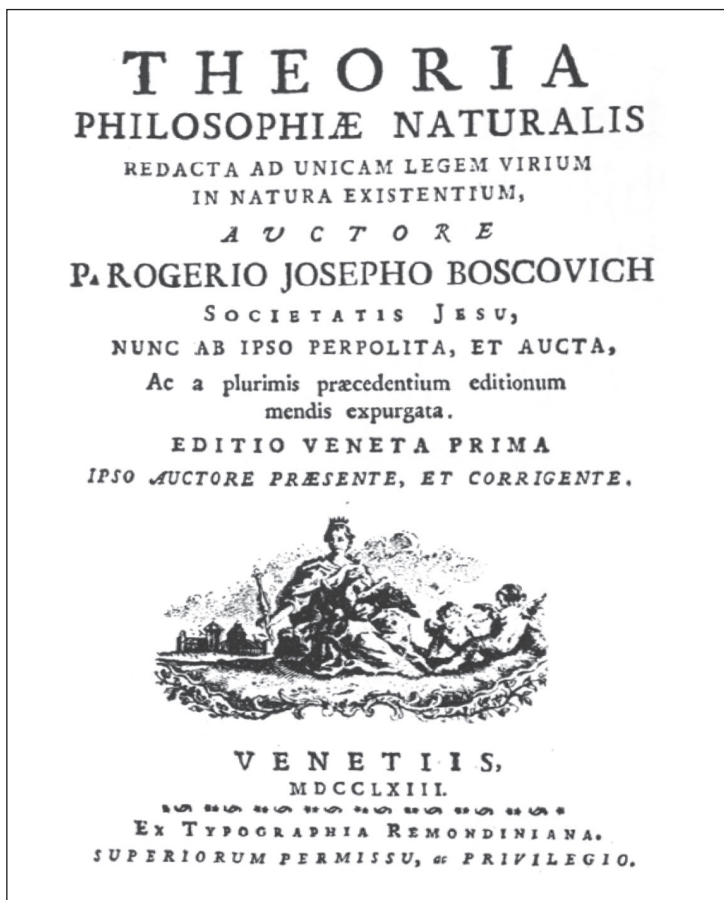
Boškovićev potencijalni prostor i vrijeme na neki način nadopunjuju stvarni prostor i vrijeme, ali ujedno predstavljaju i sjedište mentalnih procesa.

U povijesti filozofije poznat je utjecaj Leibniza na Kantovo poimanje prostora i vremena, no nešto manje se ističe Boškovićev utjecaj. Štoviše, dok Leibniz osjetilnu percepciju smatra ignorantnom spram racionalne spoznaje, Kant je, kao i Bošković, suprotnog mišljenja.

»Prostor je dakle uvjet mogućnosti pojava, a nije njima determiniran.« (Immanuel Kant, prema: Supek, 1989, 87)

Dakle, Bošković, osim stvarnog prostora koji je definiran odnosima između čestica, razmatra i prividni, matematički prostor, koji se aktualizira uslijed promjene položaja čestica. Dok su za Demokrita i Newtona atomi sićušni nedjeljivi kruti objekti koji zapremaju određeni prostor, Bošković odbacuje dualizam tvari i sile, smatrajući kako Demokritova i Newtonova predodžba atoma nije u skladu s principom kontinuiranosti te očuvanjem količine gibanja. Stoga Bošković uvodi koncept atoma koji ne zauzimaju prostor, a među njima vlada univerzalna sila, koja ima odbojni karakter na vrlo malim udaljenostima, a na velikim udaljenostima postaje privlačna, i to gravitacijskog tipa. Treba napomenuti da je apstraktni pojam točkastih centara sile usvojio, po uzoru na Boškovića, i slavni irski matematičar i fizičar William Hamilton (Coopersmith, 2010). Tako je sve pojave u prirodi Bošković pokušao objasniti univerzalnom silom između točaka. Vrijedi istaknuti kako odbojna sila raste u beskonačnost kad se atomi međusobno primiču.

Najoriginalniji dio Boškovićevog atomizma odnosi se na činjenicu da njegove čestice nemaju protežnosti u prostoru. Boškovićeve čestice su točke, sve su identične, te svaka posjeduje masu, odnosno inerciju. Na vrlo malim udaljenostima se odbijaju, za razliku od Newtonovih atoma koji se privlače. S obzirom da odbojna sila među česticama teži beskonačnosti kad njihova udaljenost teži k nuli, nemoguće je da se one dodirnu. Na srednje velikim udaljenostima njihovo međudjelovanje se izmjenjuje između odbijanja i privlačenja.



Slika 2. Naslovnica Boškovićeve *Teorije filozofije prirode* (Dadić, 1998)

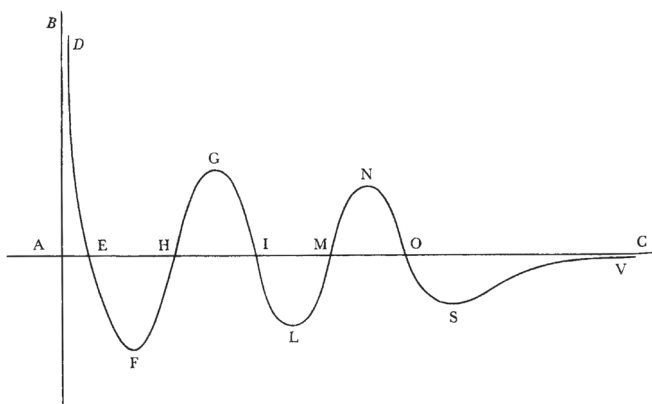
Ovakav scenarij dopušta formiranje stabilnih sustava čestica na način analogan stabilnim atomima u modernoj teoriji. Na velikim udaljenostima, kako je već istaknuto, čestice se privlače preko Newtonove gravitacijske sile.

»Što se pak tiče djelovanja na daljinu, tog se jako čuvamo, jer bi odatle jasno proizlazilo kako je moguće da svaka (fizička) točka djeluje na samu sebe.« (Ruder Josip Bošković, prema: Supek, 1989, 107)

Dakle, direktna posljedica neograničenog porasta sile u situaciji kad se atomi međusobno primiču je da su na atomskom nivou sva tijela šu-

pljkava premda to nije vidljivo na makroskopskoj razini. S druge strane, pod jakim pritiskom moguće je dovesti materiju u stanje velike gustoće.

Boškovićeve poznati dijagram s krivuljom sile u funkciji udaljenosti, prikazan na slici 3 (Gardner, 2005), nalikuje na moderni dijagram potencijalne energije.



Slika 3. Boškovićev graf privlačnih i odbojnih sila. Odbojni karakter sile, kako udaljenost između točaka pada na nulu, sprječava svu materiju da kolapsira u točku (Gardner, 2005). Horizontalna os predstavlja udaljenost između čestica, a vertikalna os prikazuje porast odbojne sile pri približavanju ishodištu koordinatnog sustava, odnosno porast privlačne sile s udaljavanjem od ishodišta. Kako se udaljenost smanjuje, odbojna sila teži u beskonačnost, a privlačne sile padaju na nulu. Efekt je obrnut kako se udaljenost povećava. U točki D na slici 3 dvije čestice se snažno odbijaju, dok je manji intenzitet odbojne sile u točkama G i N. Nadalje, dvije čestice se u točki F snažno privlače, dok je sila privlačenja manja u točkama L i S. Nakon O, privlačna sila mijenja se proporcionalno s umnoškom mase i inverzno s kvadratom udaljenosti između njih, kako je to pokazao Newton. U točkama E, H, I, M i O ne postoji niti privlačno niti odbojno međudjelovanje. Drugim riječima, na ovim udaljenostima mogu se formirati stabilni sustavi čestica poput modernih atoma, molekula, ili pak kamenja, zvijezda ili planeta.

Horizontalna os predstavlja udaljenost između čestica, a vertikalna os (koja predstavlja iznos sile) prikazuje privlačnu silu pozitivne vrijednosti, a odbojnu za negativne. Između točaka E i D sila je privlačna i opada s udaljenošću, a u ishodištu ona je beskonačna. Privlačna sila na velikim udaljenostima (između S i V) opada s udaljenošću, a na vrlo velikim udaljenostima predstavlja Newtonovu gravitacijsku silu. Točke G i N predstavljaju lokalne maksimume odbojne sile, a točke F, L i S

maksimume privlačne sile. E, H, I, M i O su nultočke sile, na tim udaljenostima sila je nula. Treba razlikovati točke stabilne ravnoteže E, I i O od točaka labilne ravnoteže H i M. Naime, ako se pomaknemo iz E na veće udaljenosti, privlačna sila nas vraća natrag, a ako se pomaknemo na manje udaljenosti, tada nas odbojna sila vraća natrag. U točki M je suprotno, pomaknemo li se na manje udaljenosti, privlačna sila će nas još više približiti, a pomaknemo li se na veće udaljenosti odbojna sila će nas udaljiti do točke I. Drugim riječima, na udaljenostima E, I i O mogu se formirati stabilni sustavi čestica poput modernih atoma, molekula, ili pak kamenja, zvijezda ili planeta.

Stabilne točke se, naravno, nalaze na površinama imaginarnih koncentričnih sfera koje okružuju česticu, koje asociraju na orbite elektrona u Bohrovom modelu atoma. Boškovićeve vizija točaka kao centara sile nedvojbeno je utjecala prvenstveno na Michaela Faradaya i Jamesa Clerka Maxwella, ali i na druge fizičare da bi se potpuno razvio klasični koncept polja u 19. stoljeću (Supek, 1990; Darrigol, 2000; Petković, 2006; Supek, 1989; James, 2004; Moritz, 1998). Osim grafičkog predočavanja svog zakona sile, Bošković također ima ideju matematičkog zapisa svog zakona preko konvergentnog reda čiji članovi opadaju s udaljenošću.

Dakle, kad se dva tijela približavaju, ona se i ne mogu dodirivati jer odbojna sila između tijela raste u beskonačnost, a brzina se tada mora mijenjati kontinuirano. Treba napomenuti kako Newton nije tvrdio da se odbojna sila s približavanjem čestica povećava neograničeno.

Važno je naglasiti kako, prema Boškoviću, njegova univerzalna sila ne predstavlja tek nasumičan skup sila nego jednu kontinuiranu krivulju koja, prema argumentaciji samog Boškovića, svjedoči o sveobuhvatnom jedinstvu prirode.

»Budući da se beskonačnim smanjivanjem udaljenosti povećava odbojna sila, postaje jasno da nijedan dio materije ne može biti u kontinuitetu vezan s drugim dijelom... Stoga odatle nužno izlazi da su temeljni elementi materije posve jednostavni.« (Ruder Josip Bošković, prema: Supek, 1989, 110)

Neprotežnost temeljnih čestica je direktna posljedica neograničenog rasta odbojne sile kad se čestice približavaju na vrlo male udaljenosti. Naime, kad bi elementarne čestice bile protežne morale bi se raspršiti jer se zbog odbojnih sila ne bi mogla održati nikakva protežna čestica, ma kako malih dimenzija.

Bošković je fenomene prijenosa topline, svjetlosti, elektriciteta, kemijske pojave i sve ostale pojave u prirodi pokušao objasniti pomoću

sila među česticama i njihovim gibanjima. Drugim riječima, Bošković je sve prirodne pojave tumačio mehanički.

Sila, u smislu mjere privlačenja odnosno odbijanja, za Boškovića je fundamentalnija od tvari, štoviše sama pojavnost tvari po njemu izraža iz manifestacije sila. Ovakvo gledište u povijesti znanosti poznato je pod nazivom *dinamizam*.

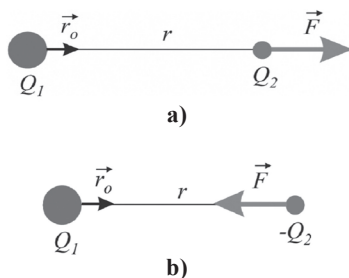
Boškovićev utjecaj na razvoj ideje polja u klasičnoj elektrodinamici

Epohalni doprinos razvoju nove ideje – pojma polja, izvire iz Boškovićeve teorije te eksperimentalnih, odnosno teorijskih dostignuća Michaela Faradaya i Jamesa Clerka Maxwella. Još preciznije rečeno, kvalitativni korijeni ove ideje proizlaze iz opće ideje neprekidnosti Descartesa, Leibniza i Boškovića, te svojevrsnom sukobu načela *djelovanja na blizinu*, odnosno *djelovanja na daljinu*.

Iako nema zakona ili jedinice koji bi u fizici nosili njegovo ime, Boškovićev pristup prirodnoj filozofiji, vezan za pojam polja sile, nadahnuo je buduće radove Faradaya, Thomsona, Maxwella i drugih velikana klasične fizike. Za Newtona, gravitacijska sila nije implicirala direktni kontakt, već je, jednostavno, djelovala trenutno na daljinu (*actio in distans*). U konačnici, pitanje uzroka gravitacijske sile i načelo *djelovanja na daljinu* ostaje i samom Newtonu nejasno.

»Uzrok za to nisam mogao pronaći, a hipoteze ne radim.«
(Isaac Newton, prema: O’Hear, 1989, 87)

Po analogiji na Newtona i njegovu silu između dvije mase, Coulomb uvodi električnu silu između dva naboja koja ovisno o predznaku naboja može biti privlačna ili odbojna, kako je prikazano na slici 4.

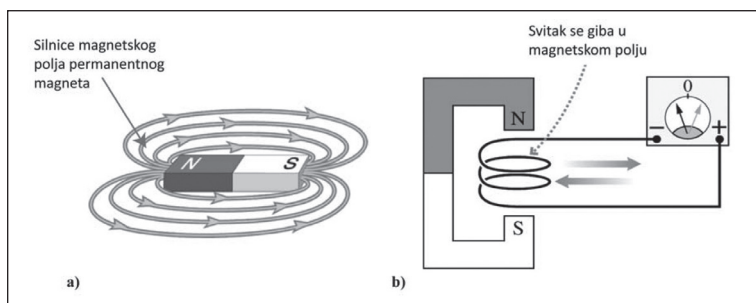


Slika 4. Djelovanje na daljinu: Coulombova sila između dva naboja: a) odbojna sila između istoimenih naboja, b) privlačna sila među raznoimenim nabojima

S druge strane, Faraday, proučavajući Boškovićeve ideje o jednom zakonu sila u prirodi, iznesene u *Teoriji prirodne filozofije*, postulira postojanje fizičkog entiteta koji djeluje između magneta i vodiča, te ga naziva *poljem*.

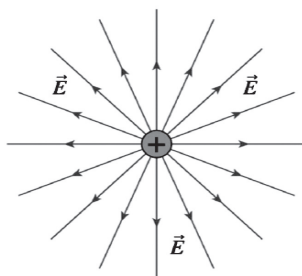
»... a u tom pogledu, čini mi se da imaju Boškovićeve atomi veliku prednost pred uobičajenom predodžbom. Njegovi atomi, ako točno razumijem, puka su središta sila ili snaga, a ne grudice tvari u kojima bi prebivale te snage.« (Michael Faraday, prema: Supek, 1989, 171)

Dakle, prema Faradayu, magnetska sila nije s magneta direktno, gotovo mistično, poskočila do žice, nego je doputovala kroz prostor preko linija sile. Slika 5a prikazuje silnice magnetskog polja, a slika 5b svitak koji se giba u magnetskom polju permanentnog magneta pri čemu, uslijed promjenljivog magnetskog toka koji obuhvaća svitak, dolazi do inducirano napona koji bilježi instrument.

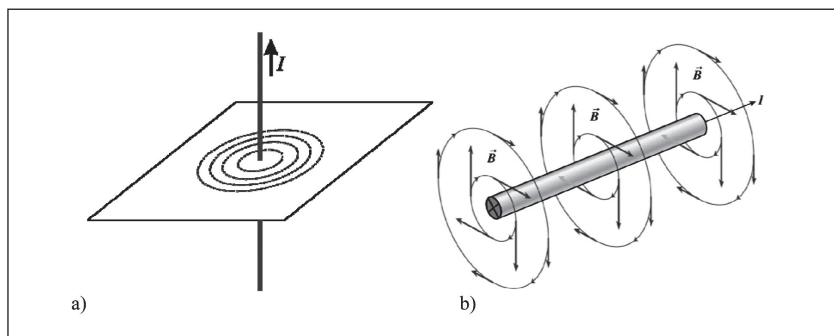


Slika 5. a) Silnice magnetskog polja, b) svitak u magnetskom polju permanentnog magneta

Može se kazati kako se Boškovićeve sile između točaka kod Faradaya poimaju kao električna (slika 6), odnosno magnetska polja (slika 7).

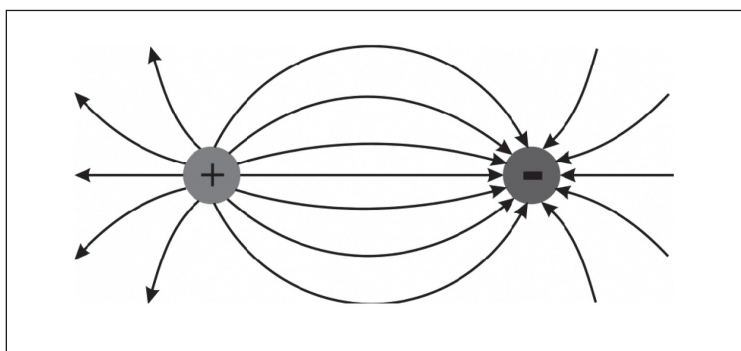


Slika 6. Električno polje točkastog naboja, prikaz silnica električnog polja



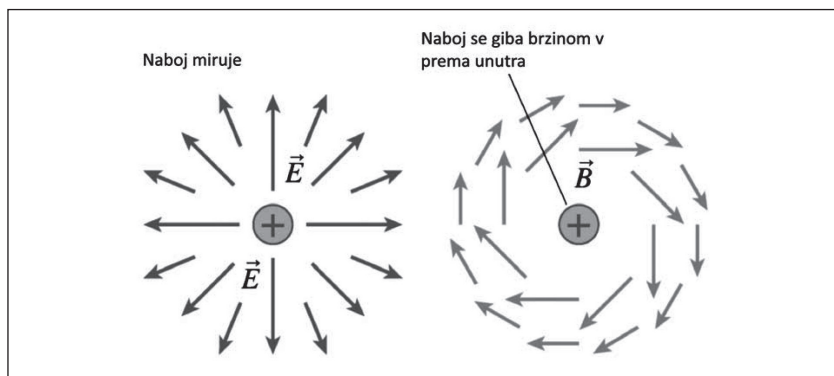
Slika 7. a) Ravni dugi vodič i željezna piljevina na staklu, b) silnica magnetskog polja predstavlja krivulju čija tangenta u svakoj njenoj točki daje smjer vektora magnetske indukcije B

Faraday u svojim razmišljanjima o ideji polja govori o linijama sile, odnosno o onome što i danas u klasičnoj elektrodinamici nazivamo silnicama. Drugim riječima, za Faradaya su električni naboji točke iz kojih izlaze ili ulaze električne silnice, kako je prikazano na slici 8, a on sam kaže kako mu je u tvorbi novog pojma pomogla Boškovićeva teorija koja uvodi sile kao primarnu realnost dok su se atomi mogli shvatiti kao uporišta ili izvori sile.



Slika 8. Silnice električnog polja za slučaj pozitivnog i negativnog naboja

Naboji u mirovanju, odnosno gibanju su dakle izvori električnog, odnosno magnetskog polja, kako je prikazano na slici 9.



Slika 9. Naboji kao izvori električnog, odnosno magnetskog polja

Poput Boškovića, i Faraday smatra sile primarnim entitetom, fundamentalnijim od tvari, odnosno za Faradaya je linija sile entitet realne fizikalne egzistencije, i tako suštinski prihvaća Boškovićev atomistički dinamizam.

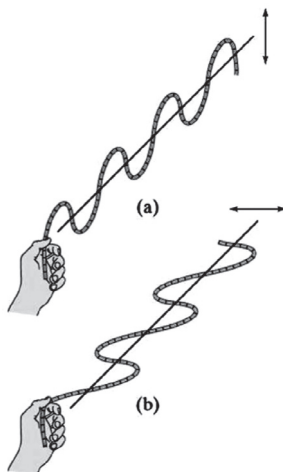
Matematičar Augustin Louis Cauchy također prihvaća Boškovićeva gledišta o neprotežnosti kako bi izbjegao proturječnosti o beskonačnoj djeljivosti tvari. William Thomson bio je među prvim fizičarima koji je Faradayeve ideje pokušao uobličiti matematički, dok će Jamesa Clerka Maxwella, za razliku od Galilea i Newtona koji su matematiku smatrali samo alatom fizike, upravo apstraktni matematički koncepti dovesti do anticipiranja stvarnih fizičkih entiteta. Tako je vektorsku analizu Maxwell smatrao ključnom za suštinu svoje teorije, a ne isključivo matematičkim pomagalom.

Maxwellova teorija neosporno je oživotvorila Faradayevu ideju polja te omogućila Maxwellu stvaranje prve potpune matematičke deskripcije svega do tad poznatog u elektromagnetizmu. Ova činjenica, međutim, sama po sebi ne dokazuje da je polje stvarni entitet i time opovrgava koncept djelovanja na daljinu. *Actio in distans* koncept je napušten budući da su Maxwellove jednadžbe predviđjele postojanje elektromagnetskog vala kojem treba konačno vrijeme da doputuje od izvora do točke promatranja, a ovo Maxwellovo otkriće proizašlo je direktno iz jezika matematike koji je on koristio u svojoj teoriji. U članku objavljenom u časopisu *Nature* 1877. godine, referirajući se na strukturu tvari Maxwell jasno zastupa stav kako je najbolje odbaciti koncept krute jezgre i umjesto nje usvojiti Boškovićev model atoma.

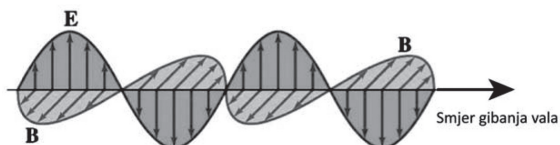
James Clerk Maxwell udahnuo je matematički život Faradayevom pojmu polja, prožetom duhom Boškovićevih ideja, dozvao pojam elektromagnetskog vala niotkud, gotovo iz Platonovog svijeta ideja, ujedinio elektricitet, magnetizam i svjetlost, te tako uglavnom i dovršio priču o onome što danas nazivamo klasičnom fizikom.

»Prema Boškoviću, materija je sastavljena od atoma. Svaki atom je nedjeljiva točka koja ima položaj u prostoru, sposobna da se giba po kontinuiranoj stazi, i koja posjeduje određenu masu pri čemu je određena stanovita količina sile potrebna da proizvede danu promjenu gibanja.« (James Clerk Maxwell, prema: Supek, 1989, 174)

Na slici 10 prikazan je val na žici za slučaj horizontalne i vertikalne polarizacije, a na slici 11 prikazan je elektromagnetski val transverzalnog karaktera kojega tvore vremenski promjenljivo električno i magnetsko polje koji titraju u međusobno okomitim ravninama.



Slika 10. Valovi na žici: horizontalna i vertikalna polarizacija



Slika 11. Propagacija elektromagnetskog vala

Postojanje elektromagnetskih valova kao stvarnog fizičkog fenomena eksperimentalno je dokazao Heinrich Rudolph Hertz krajem 80-ih godina 19. stoljeća čime je konačno potvrđena Maxwellova elektromagnetska teorija. Gigant teorijske fizike James Clerk Maxwell nažalost to nije dočekao, umro je gotovo desetljeće ranije.

Bošković i determinizam

Uz Boškovića i njegov univerzalni zakon sile često se veže i ideja o potpuno determinističkom karakteru prirodnih zakona, moglo bi se kazati svojevrsnom znanstvenom fatalizmu. Naime, u povijesti znanosti dobro je poznata činjenica da su Leibniz i Laplace razmatrali razne, pomalo zbunjujuće posljedice potpunog determinizma. Iako se uz Laplacea i njegovog sveznajućeg demona (um golemih sposobnosti koji bi poznavao položaj i brzinu svakog atoma) gotovo u pravilu i veže ideja apsolutnog determinizma u prirodi – Laplaceovog determinizma, mnogo raniji pokušaj sagledavanja potpuno determinističkog Svijeta vezan je za Boškovića koji u svojoj *Teoriji* piše:

»Sada, kad bi zakon sila bio poznat, i pozicija, brzina i smjer svih točaka u bilo kojem danom trenutku, bilo bi moguće za ovakvu vrst uma da predvidi sva nužna buduća gibanja i stanja, i da predvidi sve pojave koje bi nužno od tada proizlazile.« (Barrow, 1990, 40)

Doba je prije otkrivanja kaotičnih sustava i kvantne fizike. Rigidni, potpuni, deterministički pogled na svijet, koji je kasnija kvantna teorija otklonila, podrazumijeva svu informaciju o njegovoj strukturi sadržanu implicitno u početnim uvjetima. Međutim, čak i tada, u »predkvantnim vremenima«, egzistiranje vremena kao kategorije ostajalo je mistično i nejasno, budući da za postojanje vremena jednostavno nije bilo potrebe. Ništa se u stvari ne treba dogoditi budući da na neki način već postoji, latentno već leži u postojećim zakonima prirode i početnim uvjetima. Shvaćanje zakona prirode kao determinističkih algoritama implicira kako bilo koje sadašnje stanje, sadašnji trenutak, sadrži sve potrebne informacije da se u potpunosti rekonstruira prošlost i budućnost u odnosu na taj trenutak. Jasno je da su ovakve konzekvence apsolutnog determinizma stvarale ozbiljne probleme Darwinovoj evoluciji, ali i filozofskom pitanju o postojanju slobodne volje.

Samo najveći mislioci 19. stoljeća, poput Maxwella i Poincaréa, mogli su barem naslutiti istinsku prirodu stvari, koja je znanstvenike

onemogućavala u predviđanju aktualne budućnosti čak i kada su u rukama bili poznati precizno formulirani zakoni prirode. Maxwellova razmišljanja o problemu slobodne volje u praksi su ga dovela do zaključka kako su brojne sekvence prirodnih događaja iznimno osjetljive na dani skup početnih uvjeta. Nešto kasnije je Henry Poincaré pokušavao razumjeti osjetljivost dinamike planetarnih gibanja i stavljao naglasak na činjenicu kako se uslijed složenosti problema skup početnih uvjeta može poznavati samo približno. U ono vrijeme, bez spoznaja fizike koja datiraju iz prve polovine 20. stoljeća, Maxwell i Poincaré nisu govorili o intrinzičnoj nedeterminiranosti prirode nego o slučajnim fenomenima i statističkom pristupu, ali su svakako bili svjesni postojanja problema kod preciznog predviđanja aktualne budućnosti.

Boškovićev utjecaj na razvoj fizike dvadesetog stoljeća

Bošković na neki način anticipira modernu fiziku, kako teorije polja tako i atomistike. Njegovo životno djelo *Teorija prirodne filozofije* posthumno je prihvaćeno i na pravi način shvaćeno tek gotovo stoljeće kasnije. Nadalje, Kelvinova i Thompsonova rješenja, tumačenja pojava u unutrašnjosti atoma, temeljena na Boškovićevim idejama, potakla su Rutherfordova i Bohrova istraživanja.

Godine 1976. Phillip M. Rinard upozorio je čak na mogućnost da se neki rezultati u teoriji kvarkova mogu protumačiti Boškovićevom teorijom.

»Premda nije zauzimao prostor, imao je tromost, a to znači i masu. Boškovićev a-tom dosezao je i zahvaćao u prostor oko sebe putem sila koje su iz njega zračile. To je bilo zaista proročansko razmišljanje – kao znanje iz budućnosti!« (Lederman i Teresi, 1993, 161)

O povezanosti neprotežnih Boškovićevih čestica i kvarkova nedvosmisleno govori i nobelovac Lederman koji ga naziva *dalmatinskim prorokom* (Lederman i Teresi, 2000).

»A Bošković tvrdi, ni manje ni više, da je materija načinjena od čestica koje nemaju dimenziju! Mi smo evo, prije dvadesetak godina, pronašli česticu koja odgovara tom opisu. Nazvali smo je kvark.« (Lederman i Teresi, 1993, 134)

Philipp Lenard objašnjava veliku prodornost katodnih zraka kroz metalne ploče naslanjajući se na Boškovićevu teoriju o šupljikavosti

materije, dok je sila između čestica onda uzrokom prostorne protežnosti materije. Prema Boškoviću, sila je odbojna na malim udaljenostima, a privlačna na velikim, dok udaljenost na kojoj se odvija taj prijelaz odbijanja u privlačenje određuje razmak između atoma u čvrstom tijelu što je u korelaciji s kvantnomehaničkom interpretacijom. Dok je Bošković uveo fizičke točke, Lenard se približava dimenzijama jezgre atoma. Heisenbergovo uvođenje ključne razlike između potencijalnog i aktualnog nalazi se i u *Teoriji prirodne filozofije* Ruđera Boškovića.

»Naše štovanje svrhovitosti Boškovićeve velikog znanstvenog djela raste tim više kad shvatimo kako je znatno poslužilo utiranju puta za kasniji razvoj.«
(Niels Bohr, prema: Supek, 1989, 8)

Kako je sam Heisenberg u poznim godinama tvrdio, za razliku od objekata u svakodnevnom životu, atomi ili elementarne čestice nisu stvarni, oni formiraju svijet potencijalnosti, odnosno mogućnosti prije negoli svijet stvari ili činjenica (Kumar, 2008). Za Bohra i Heisenberga, prijelaz iz mogućeg u aktualno događa se tijekom čina opažanja te nema dublje kvantne stvarnosti koja postoji neovisno od promatrača.

»Kad se temeljna filozofska teza Boškovićeve djela želi izraziti modernim jezikom, tad se može reći da je Bošković smatrao prirodni zakon koji određuje sile između elementarnih čestica ključem za razumijevanje strukture materije. A tim shvaćanjem stoji on izvanredno blizu našem današnjem nazoru.«
(Werner Heisenberg, prema: Supek, 1989, 8)

Boškovićevo razlikovanje matematičkog i stvarnog prostora neodoljivo podsjeća na Heisenbergov atomski sustav uspoređen s virtualnim orkestrom. Može se kazati da Boškovićeve teorije prirode, zasnovane na atomističkom dinamizmu, na neki način stoji između Newtonove mehanike i fizike elementarnih čestica.

Bošković i teorija svega

Prema poznatom fizičaru Johnu D. Barrowu, Bošković predstavlja jednu od najznačajnijih i najzanemarenijih figura u povijesti moderne europske znanosti, a prvi je filozof i fizičar koji je imao znanstvenu viziju *teorije svega* (eng. *theories of everything* – TOE) (Barrow, 1990). Njegovo najpoznatije djelo *Theoria philosophiae naturalis* imalo je dubok i iznimno širok utjecaj na suvremenike, posebno u Britaniji, i to prvenstveno na Faradaya, Lorda Kelvina i Maxwella. Boškovićeve

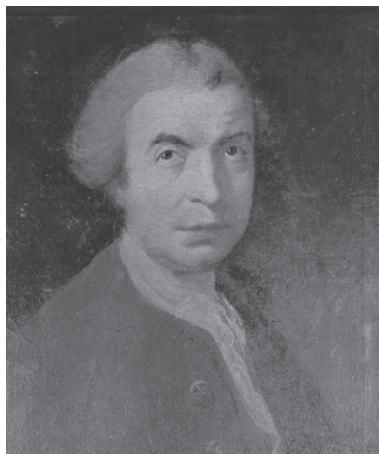
intencija bila je proširiti Newtonovu sveobuhvatnu sliku prirode u nekoliko značajnih aspekata. Posebno je važno istaknuti kako je Bošković želio izvesti sve opservabilne fizičke fenomene iz jednog zakona. U tom smislu, u svom radu na tom području uveo je više novih koncepata koji još uvijek golicaju intuiciju mnogih znanstvenika. Naime, stavljao je naglasak na pojam atomističkog smatrajući da je priroda sastavljena od identičnih elementarnih čestica, a potom mu je cilj bio pokazati da je postojanje objekata konačnih dimenzija u prirodi bila posljedica modusa interakcije njihovih elementarnih konstituenata. Ono što je rezultiralo iz posljedica načina međudjelovanja njihovih elementarnih konstituenata bila su ravnotežna stanja između suprotstavljenih privlačnih i odbojnih sila. Ovako postavljena teorija može se smatrati možda i prvim ozbiljnim pokušajem da se razumije postojanje makroskopskih krutih objekata u prirodi.

Boškovićeva kritika Newtonovog zakona gravitacije zasnivala se na nemogućnosti objašnjenja aktualnih dimenzija određenih struktura s obzirom da gravitacija nije ukazivala na neku karakterističnu skalu duljine, pri kojoj se javljaju manifestacije stanovitih efekata, a kao specijalna imala je beskonačni doseg. U svrhu objašnjenja posebnosti određenih dimenzija, bio je nužan balans između gravitacijske i nekih drugih sila.

Bošković je tako postulirao postojanje velikog jedinstvenog zakona sile koji je uključivao sve do tada poznate fizikalne efekte. Tako definirana sila iz Boškovićeve teorije prelazila je u Newtonov inverzni kvadratni zakon sile na velikim udaljenostima što je bilo diktirano opservacijama mjesečeve putanje. Ali na manjim skalama duljine, ona je ili privlačna ili odbojna, što diktiraju karakteristične duljine ugrađene u zakon sile.

Njegov kontinuirani zakon sile bio je dakle prva znanstveno obojena teorija svega. Možda je upravo renesansna univerzalnost Ruđeru Boškoviću i omogućila takav pogled na svijet.

Bošković je imao i druge grandiozne ideje. Primjerice, spekulirao je kako na velikim udaljenostima sila možda može ponovo postati odbojna, dopuštajući pri tom čitave svemire koji postoje susjedno jedan do drugog, ali bez međudjelovanja. Štoviše, ako se linije sile ne sijeku u točkama koje dopuštaju stabilnu materiju, dva ili više svemira mogu se međusobno prožimati, zauzimajući isti prostor. S obzirom da ne mogu biti u interakciji, mi bismo bili nesvjesni postojanja ovih drugih svjetova makar se čak i gibali kroz sve njih.



Slika 12. Portret Ruđera Boškovića koji je izradio R. E. Pine za vrijeme Boškovićeve boravka u Londonu (Dadić, 1998)

Ovakve spekulacije jako podsjećaju na tzv. *svijet sjena* koji se spominje u jednoj verziji *teorije superstruna* (Kumar, 2008). Spekulira se između ostalog i kako *sjenovita materija* može objasniti masu koja nedostaje u svemiru za koju astronomi vjeruju da je nužna kako bi se objasnilo formiranje galaksija, ali i druge kozmološke zagonetke.

Izuzimajući superstrune, ipak se može tvrditi kako današnja standardna teorija čestica u suštini ima boškovićevski karakter. Naime, u okviru ove teorije pretpostavlja se da je sva materija u svemiru u ovoj etapi svoje povijesti sastavljena od dvije familije čestica, kvarkova i leptona, od kojih sve predstavljaju *točkastolike* koncentracije kvantnih polja. Poput Boškovićevih atoma, i ove čestice imaju masu, odnosno inerciju, ali također imaju i neka druga svojstva poput spina, i razne vrste naboja, koja Bošković, naravno, tada nije mogao predvidjeti. Vrijedno je još napomenuti da je Boškovićev koncept čestica koje razvijaju odbojne sile u bliskoj zoni, koje sprječavaju njihovo spajanje, analogan odbojnoj sili koja pak ne dopušta fermionima da se spajaju.

Filozofijske implikacije Boškovićeve teorije

Boškovićev filozofijski doprinos treba sagledavati u okvirima filozofije znanosti, ove suvremene slijednice klasične filozofijske epistemologije. Pri tom je nužno zadržati pojam istinitosti kao temeljan

regulativan pojam svakog filozofijsko-znanstvenog promišljanja. Istinitost u znanstvenom smislu razumijevamo kao odnos činjenica i naših racionalno domišljenih, te promatranjem i pokusima provjerljivih, postavki. Činjenice razumijevamo kao teorijski opisane podatke dobivene uz pomoć pokusa i promatranja, čije uzroke i posljedice logički pokušavamo postaviti i objasniti uz pomoć objašnjujuće moći naših teorija. Pri tom samo logika i matematika ne mogu nedvojbeno jamčiti istinitost naših opisa i deduktivnih izvođenja. No u suvremenoj filozofiji znanosti logička pravila su nužan uvjet svakog uzročno-posljedična izvođenja, a matematički formalizam nužan uvjet svakog kvantitativna objašnjujućeg opisa. U ovom kontekstu metodologijskih zahtjeva filozofije znanosti, tvrdimo da je Boškovićev teorijski doprinos sagledljiv u smislu kako Popperova određenja istinolikosti, tako i Kuhnova određenja objašnjujuće moći teorija. Filozofijski rečeno: Odnos teorije i dokaza u Boškovićevoj *Theoria philosophiae naturalis* odražava njegovo shvaćanje odnosa podudarnosti logičko-matematičkoga *ratia* i fizičkoga *phaenomena*. Logičko-matematički formalizam svakako je na strani *ratia*, ali ne samo kao kvantitativan opis fizičkog *phaenomena*, nego i kao kvalitativno deduktivno objašnjenje empirijski zamijećena *phaenomena*. Za potkrjepu prethodno navedene tvrdnje važno je sagledavanje filozofijsko-znanstvenog mjesta Ruđera Boškovića kao znanstvenika i filozofa, kako u smislu filozofijsko-znanstvenih utjecaja na njegovu *Theoria philosophiae naturalis*, tako i na moguću njenu aktualnost u odnosu na suvremeni razvoj znanosti i filozofije. Njegov *dinamizam* pri tom može poslužiti kao središnja orijentacijska polazna točka. Jedna od bitnih značajki Boškovićeve dinamizma je na strani logičko-matematičkoga *ratia*. Naime, njegovo razvijanje teorijske ideje uz pomoć descartesovske geometrijske metode zadržava matematički *ratio*, ali bez Descartesova svodenja empirijski zamijećene realnosti na *res exstensa*. Tome se protivila njegova ideja kontinuiranosti i uzročno uvođenje sile kao fundamentalne u odnosu na prostorno-vremenski određene entitete osjetilima i artefaktima zamjetljive realnosti. Odnosno, obilježja same repulzivno-atraktivne sile, tog temeljna uzroka ponašanja fizičkih *phaenomena*, zahtijevao je uvođenje logičko-matematički racionalno domišljene postavke: atomizma točkastoga tipa u smislu matematičkog apstraktna određenja. Time je logički nužno i uvođenje deduktivne posljedice ovog određenja: bezdimenzionalnosti fundamentalnih atoma od kojih se potencijalno sastoji svaki realno fizički opstojeći *phaenomenon*. Uvođenjem apstraktnog matematičkog entiteta u temelj fizičke

realnosti otpala je Descartesova podjela stvarnosti na *res cogitans* i *res extensa*. No bezdimenzionalnost, koja uzrokuje ponašanje bilo koje dimenzionalnosti, zahtijevala je filozofijsku interpretaciju. Tu interpretaciju pronašao je Bošković u Aristotelovu poimanju odnosa potencijalnosti i aktualnosti. Odnosno, u Aristotelovu poimanju odnosa mogućnosti naspram zbiljnosti. U Boškovićevoj uporabi ovo Aristotelovo poimanje značilo je logičku dedukciju nedjeljivih i neprotežnih točaka sile iz ponašanja empirijski zamjetljive stvarnosti. Ponašanja koje je objašnjeno uz pomoć djelovanja atraktivno-repulzivne sile. Time je aktualnost logički i vremenski ostala prije same dedukcije uzročne potencialnosti. Utoliko Boškovićevo razlikovanje zamišljena prostora, što ga promatra geometrija a koji je kontinuiran i beskonačan, od fizičkog prostora koji je realan i ne postoji bez objekata, slijedi Aristotelovu misao o odnosu potencijalnosti i aktualnosti. Aristotelov izuzetak, tj. metafizički aspekt ovog odnosa, Bošković također slijedi. Naime, za razliku od *phaenomena*, koji je aktualiziran iz potencialnosti te uvijek reduciran aktom aktualnosti, savršenstvo je nužna i cjelovita aktualnost. Drugim riječima: uzrok dimenzionalne aktualizacije je kretanje bezdimenzionalne potencijalnosti, dok je savršenstvo bezuzročna aktualnost. Vrijeme je dakle promjena, a savršeno je nepromjenjivo. Time je otpala Leibnizova pretpostavka aktivnih supstancija i racionalizam koji se ne osvrće na podatke osjetilne percepcije. Kantovo poimanje transcendentalne apercipije kao spoznajnih umskih uvjeta *phaenomena* puno je više u skladu s Boškovićevim poimanjem odnosa logičko-matematičkoga *ratia* i fizičkoga *phaenomena* nego što je to slučaj s Leibnizovim racionalizmom kojega Kant i izrijekom odbacuje. No euklidska geometrijska apsolutnost obilježja prostora vrijedi kako za Boškovića, tako i za Leibniza, Kanta i Newtona. Naime, euklidska geometrija se je sve do pojave geometrija sfere držala logičko-matematički jedino mogućom geometrijom. Utoliko je matematički geometrijski opis realno opstojecćeg prostora sugerirao apsolutnu nepromjenjivost njegovih obilježja. Leibnizovo uvođenje apercipije kao samosvjesnog akta percepcije, te Kantovo uvođenje transcendentalne apercipije prostora i vremena kao sinteze predodžbi, utemeljeno je upravo na ovoj matematičkoj pretpostavci. Newton u apsolutni prostor i vrijeme uvodi silu gravitacije kao objašnjujući razlog međusobnih odnosa nebeskih tijela. No ne navodi joj uzrok. Daljnji razvoj matematike uspostavio je geometrije sfere, a Einsteinova teorija relativnosti i njezinu primjenu. Boškovićevo poimanje sile poseban je doprinos u ovom kontekstu. Naime, ma koliko je

Bošković slijedio matematičke pretpostavke svojega vremena, ostaje činjenica da je uz pomoć logičko-matematičkog *ratia* pokušao sa sveobuhvatnim objašnjenjem. Njegov mogući utjecaj može biti promatran sve do znanstveno-filozofske interpretacije suvremenih fizičkih *phaenomena*, poput problema crne rupe i rezultata kvantne fizike. Naime, mogućnost sažimanja tvari do velike gustoće pod pritiskom većim od međusobne čestične repulzije dovela bi do neograničenog rasta sile atrakcije. Također, činjenica da kvantne čestice međusobno »komuniciraju« nadsvjetlosno, pred logičko-matematički *ratio* postavlja problem obilježja intrinzičnog prostora kvantnog potencijala.

Ostalo je ukratko naznačiti problem slobodne volje u Boškovićevoj teoriji svega. Zasižno je da Boškovićevo odbacivanje Descartesove dihotomije i njegovo uvođenje sile kao temeljnog načela navodi na determinizam koji bi u konačnici mogao završiti negiranjem slobode. No prožetost njegove teorije Aristotelovim poimanjem potencijalnosti navodi na suprotno. Naime, treba upitati: Što je to ljudska sloboda? Prazan pojam, samovolja ili mogućnost biranja različitih putova. Bošković nikada nije odricao da je čovjek kreativno biće. Njegovo djelo to uvjerljivo i pokazuje. Tijekom povijesti čovječanstvo moguće aktualizira svoj kreativan potencijal. Možda stvori i nove teorijske izbore.

Nedostaci Boškovićeve teorije

Utjecajnost Boškovićeve teorije u ono vrijeme vidljiva je iz činjenice da je izdanje Britanske enciklopedije iz 1801. godine posvetilo čak 14 stranica njegovoj Teoriji. U vrijeme kad se pojavilo 11. izdanje ove publikacije godine 1910., njegova Teorija je do te mjere već bila napuštena da se u tom izdanju uopće ne spominje. Dio o Boškoviću tiče se samo nekih biografskih detalja, spominje se tek poneki doprinos Dubrovčanina u astronomiji i nekim drugim granama fizike.

Početkom 19. stoljeća interes za Boškovićevu silu zamire, a fizikom su zavladaile moderne teorijske metode zasnovane na infinitezimalnom računu i eksperimentalne metode. Vrijeme je to u kojem različite teorije prirodne filozofije, ali i inače filozofske rasprave kvalitativnog tipa, polako zastarijevaju. Nadalje, Bošković se u osvit građanske revolucije u Francuskoj nije dovoljno distancirao od crkvene hijerarhije, a njegova geometrijska metoda gubi korak s moćnijim, modernijim alatima u vidu matematičke analize, tj. diferencijalnog i integralnog računa. Navedene su činjenice, između ostaloga, čak uzrokom svojevrsnog Boškovićevog

padanja u nemilost kod poznatih francuskih matematičara onog vremena. Filozofske spekulacije općenito iščezavaju iz prirodne znanosti, a proračuni i mjerenja bivaju oznaka egzaktnog istraživanja.

Razvitak znanosti u 20. stoljeću više nije zahtijevao direktnu primjenu Boškovićeve teorije, iako su se nedvojbeno u brojnim teorijama osjećale nadahnutosti njegovim idejama, ponegdje nesvjesno, ponegdje naknadno, a ponegdje i svjesno. Neosporna je činjenica kako je krucijalni nedostatak Boškovićeve teorije prirode u izostanku jasne matematičke formulacije, odnosno zadovoljavajućeg kvantitativnog zapisa.

»Knjiga nije dala matematičku provedbu tih ideja. Pretpostavka takvih sila reducirala je atome na točkasta središta sile... U suvremenoj atomskoj fizici uskrsnule su te misli u konkretnom obliku.« (Friedrich Hund, prema: Supek, 1989, 113)

Možda se može kazati i kako je Bošković prerano postavio i otvorio veliki broj problema. S druge strane, iako ima elemenata spekulativnog, naslanjajući se na Newtonovu mehaniku i euklidsku geometriju, Boškovićeve teorija ipak ima posredno na taj način i empirijska uporišta.

Zaključna razmatranja

Povijest znanosti je sama znanost.

Auguste Comte (Sarkar i dr., 2006, 13)

Znanstveno-filozofska ostavština Ruđera Boškovića, jednoga među posljednjima koji nije znanost odvajao od filozofije, snažno je utjecala na Faradaya, Maxwella, Thomsona, Lenarda i mnoge druge znanstvenike. Snagu ideja i misaonih tokova iznesenih u *Teoriji prirodne filozofije* istakli su i velikani fizike 20. stoljeća poput Wenera Heisenberga i Nielsa Bohra. Pojam polja sile, koji je snažno dominirao i obilježio fiziku 19. stoljeća, nalazi se kod Boškovića stoljeće ranije, a oplodio je i kasnije fundamentalne radove, naročito Faradayeve.

Bošković postulira matematički prostor u kojem vlada potencijalnost. Sve se matematičke strukture ne ostvaruju u prirodi, sve što je potencijalno, odnosno moguće, ne postoji nužno i stvarno, tj. aktualno. Ovakva razmišljanja Ruđera Boškovića daju nedvosmisleni poveznici s kopenhaskom interpretacijom kvantne fizike.

Snovi teorijskih fizičara o iznalaženju konačne teorije svemira (teorija svega) danas su aktualni u pokušaju ujedinjenja kvantne fizike i

teorije relativnosti. Poznati fizičar i popularizator znanosti John Barrow naziva Boškovića jednom od najznačajnijih i najzapostavljenijih osoba u povijesti europske znanosti. Iako priznat od Bohra i Heisenberga, još i danas je malo poznat izvan Hrvatske. Bavio se filozofijom, matematikom, fizikom, astronomijom, geodezijom i srodnim znanostima. Želio je postaviti veliki ujedinjeni zakon sila poopćavajući Newtonov zakon. Vjerovao je u atome i elementarne čestice.

Njegov je kontinuirani zakon sile bio prva znanstvena *teorija svega*. Nije toliko važan po svojim pojedinačnim doprinosima znanosti, već po tome što je bio vizionar čije su zamisli jako utjecale na Faradaya, Boltzmana, Maxwella i Thomsona.

U 19. stoljeću postojala je borba dvije različite koncepcije o strukturi tvari, navodi se pojam atoma i obnovljena Demokritova teorija, te ideja univerzalne sile u Boškovićevoj teoriji kojoj se primjerice priklonio Maxwell.

Bošković-Faradayevo gledište može se najjednostavnije opisati iskazom da se tvar sastoji od točkastih čestica okruženih silama. Na kraju vrijedi istaknuti i da je veliki fizičar Richard P. Feynman Boškovićev atomizam prihvatio kao svoj vlastiti filozofski *credo* u fizici.

Kakvo god se stanovište zauzme, Boškovićevo je teorija prisutna u znanosti i filozofiji već više od 250 godina nakon svog prvog objavljivanja.

Literatura

- Barrow, John D. (1990), *Theories of Everything*, Oxford: Oxford University Press.
- Coopersmith, Jennifer (2010), *Energy, The Subtle Concept*, New York: Oxford University Press.
- Dadić, Žarko (1998), *Ruđer Bošković*, na engleski preveo J. Paravić, dvojezično hrvatsko-englesko izdanje, B. Valić (ur.), Zagreb: Školska knjiga.
- Darrigol, Olivier (2000), *Electrodynamics from Ampere to Einstein*, New York: Oxford University Press.
- Gardner, Martin (2005), *The New Ambidextrous Universe, Symmetry and Asymmetry from Mirror Reflections to Superstrings*, 3rd revised edition, New York: Dover.
- James, Ioan (2004), *Remarkable Physicists: From Galileo to Yukawa*, Cambridge: Cambridge University Press.

- Kumar, Manjit (2008), *Quantum, Einstein, Bohr and the Great Debate about the Nature of Reality*, London: Icon Books.
- Lederman, Leon; Teresi, Dick (1993), *The God Particle: If the Universe is the Answer, What is the Question*, Boston, MA: Houghton Mifflin Company. (Hrvatsko izdanje: Lederman, Leon; Teresi, Dick (2000), *Božja čestica: Ako je svemir odgovor, što je pitanje?*, prevela R. Jenny, Zagreb: Izvori.)
- Marković, Željko (1968), *Ruđer Bošković*, dio prvi, posebno izdanje Odjela za matematičke, fizičke i tehničke nauke, urednik dop. član V. Niče, JAZU, Zagreb: Izdavački zavod JAZU.
- Marković, Željko (1969), *Ruđer Bošković*, dio drugi, posebno izdanje Odjela za matematičke, fizičke i tehničke nauke, urednik dop. član V. Niče, JAZU, s kronološkim popisom djela R. J. Boškovića, s popisom slika, s kazalom i sadržajem, Zagreb: Izdavački zavod JAZU.
- Moritz, Helmut (1998), *Znanost, um i svemir: Uvod u prirodnu filozofiju*, Zagreb: Školska knjiga.
- O’Hear, Anthony (1989), *Introduction to the Philosophy of Science*, Oxford: Oxford University Press.
- Petković, Tomislav (2006), *Uvod u modernu kozmologiju i filozofiju*, 3. izmijenjeno izdanje, sa separatom o F. Petriću na engleskom jeziku, Šibenik: Gradska knjižnica »Juraj Šižgorić«, i Zagreb: Knjižnica Faust, Element.
- Sarkar, T. K.; Mailloux, R. J.; Oliner, A. A.; Salazar Palma, M.; Sengupta, D. L. (2006), *History of Wireless*, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Supek, Ivan (1989), *Ruđer Bošković. Vizionar u prijelazima filozofije, znanosti i društva*, posebno izdanje Razreda za matematičke, fizičke, kemijske i tehničke znanosti, V. Matković (ur.), Zagreb: JAZU.
- Supek, Ivan (1990), *Povijest fizike*, Zagreb: Školska knjiga.
- Supek, Ivan (1990), *Povijest fizike*, II. dopunjeno izdanje, Zagreb: Školska knjiga.

THE SCIENTIFIC-PHILOSOPHICAL ASPECTS OF BOSCOVICH'S WORK AND ITS INFLUENCE TO THE DEVELOPMENT OF CLASSICAL AND MODERN PHYSICS

Dragan Poljak, Franjo Sokolić, Mirko Jakić

The paper deals with Boscovich's influence to the development of science. Roger Boscovich, one of maybe last scholars in the history who did not separate science from philosophy, developed his theory of natural philosophy on the base of continuity principle by using geometrical methods. He proposed the point-like atomism and dynamism, but failed to provide enough rigorous mathematical background. His fundamental scientific contributions are related to the initiation of paradigm shift which through the refutation of actio in distans (action at a distance) concept directly provides both the development of the field concept as a real physical entity, and the idea of explaining the nature via one universal law.

Key words: *universal force law, point-like atomism, dynamism, field concept, electromagnetism, modern physics*