

DOPRINOS RUĐERA BOŠKOVIĆA FILOZOFIJI PRIRODE I ZNANOSTI

STIPE KUTLEŠA
Zavod za povijest i filozofiju znanosti
HAZU Zagreb

UDK: 929 R. Bošković
Izvorni znanstveni članak

Primljeno: 15. X. 1993.

U radu se nastoji pokazati da je opravdano govoriti o idejama, pojmovima, metodama i znanstvenim dostignućima Ruđera Boškovića. Spomenut je samo ukratko Boškovićev doprinos nekim znanstvenim područjima (posebno geoznanostima) i opširnije je izložen njegov doprinos oblikovanju prirodno-filozofijskih pojmova. Veći broj njegovih zamisli i pojmova formuliran je na izvoran način i drukčije od dotadašnje znanstvene i filozofske tradicije. U nekim njegovim idejama mogu se prepoznati kasnija i suvremena dostignuća u znanosti i filozofiji prirode (npr. ideja neprekinutosti skupa realnih brojeva, novi stav o jednostavnosti pravca i mogućnosti drukčijih geometrija od euklidske, beskonačno daleka točka, uvođenje odbojne sile i Boškovićeva krivulja sila, isključenje dodira, drukčije shvaćanje tvari, prostora i vremena, Boškovićev model atoma, ujedinjenje sila u prirodi i dr.).

1.

Nepotrebno je ponavljati već općepoznat životopis Ruđera Boškovića. Ipak samo jedan detalj iz njegova bogatog života vezanog uz Zadar. Boraveći veći dio svog života izvan domovine jednom je na nekoliko mjeseci došao u Dubrovnik. Pri povratku u Rim išao je preko Zadra o čemu izvješćuje brata Božu u svojim pismima. Stigavši u Zadar 20. listopada 1747. godine, javlja se bratu u Dubrovnik pismom pisanim 24. listopada. Taj kratki boravak u Zadru Bošković je iskoristio između ostalog i za motrenje nekih prirodnih pojava. Putovanje od Zadra do Rima bilo je naporno o čemu svjedoče njegova pisma bratu upućena iz Loreta 30. listopada i Rima 15. i 21. studenog te godine. Po povratku u Rim čekale su ga svakodnevne dužnosti.

Bošković je svojim znanstvenim radom dao izvorne i svjetski zapažene rezultate u nekoliko znanstvenih područja. Neka su njegova dostignuća manje poznata.

U području geodezije Bošković se ubraja među nekoliko najznačajnijih znanstvenika u povijesti te znanstvene discipline.¹ Istražujući oblik Zemlje, došao je do zaključka da Zemlja ima nepravilan oblik koji je kasnije nazvan geoid. Pri geodetskim mjerenjima sam je konstruirao naprave od kojih su tronožni stalci bili novost koja je tek kasnije uvedena u praksu. Nazvani su Gaussovi stalci, a zapravo bi ih trebalo zvati Boškovićeви stalci. Da bi rezultati mjerenja bili što pouzdaniji, Bošković je iznašao izvornu metodu izravnavanja pogrešaka koju je poznati matematičar i astronom Laplace nazvao genijalnom metodom. Ipak se Gaussa smatra osnivačem teorije pogrešaka.

Što se strukture Zemlje tiče, Bošković je postavio teoriju izostatske kompenzacije do koje su drugi došli nezavisno od Boškovića čitavo jedno stoljeće kasnije. S Boškovićem, zapravo, počinje razvitak spoznaja o strukturi Zemlje. Vrhunac tih spoznaja i znanstvenih rezultata dostiže se otkrićem plohe diskontinuiteta Andrije Mohorovičića poznate pod nazivom Moho-sloj ili Mohorovičićev diskontinuitet.

I u drugim područjima Boškovićeви su rezultati znatni. Neke ideje, pojmovi, metode i pronalasci izvorno su Boškovićeви a poneki od njih nose Boškovićevo ime kao npr. Boškovićeв dalekozor s vodom, Boškovićeв optički mikrometar, potencijalna energija prema Boškoviću, Boškovićeв kvadrant, Boškovićeва metoda određivanja staza kometa i dr. Bošković je poznavao zakon rasvjete prije Lamberta iako on nosi naziv Lambertov zakon rasvjete. Na osnovi Boškovićeve teorije presjeka stošca Lalande je Boškovića smatrao jednim od najvećih matematičara XVIII. stoljeća. Moglo bi se još navesti važnih znanstvenih rezultata Ruđera Boškovića. Ovdje ću se ograničiti prvenstveno na Boškovićeв doprinos filozofiji prirode, tj. na njegovu teoriju sila i strukture tvari po čemu je on ipak najpoznatiji.

2.

U izlaganju svoje teorije, tj. svoje filozofije prirode Bošković polazi od njezinih osnova i ishodišta (kako sam kaže) ili od dva putokaza, kako ističe

1 K. ČOLIĆ, Ruđer Bošković - veliki geoznanstvenik napose sjajan geodet i dijelom geofizičar, *Hrvatski znanstveni zbornik*, Tečaj 2, broj 1, Zagreb 1993., str. 151-174.

Željko Marković.² Prvi putokaz su načela jednostavnosti i sličnoznačnosti prirode (*simplicitas et analogia naturae*), a drugi zakon ili načelo neprekinutosti (*lex sive principium continuitatis*) kojeg Bošković »izvodi iz analogije i jednostavnosti prirode«. ³ Za zakon neprekinutosti Bošković više puta ističe da je on osnova i ishodište njegove teorije iz čega se ona »... izvodi vrlo sigurnim zaključivanjem«. ⁴

U čemu se sastoji zakon neprekinutosti? Preuzimajući već poznate tvrdnje o neprekinutosti od Aristotela sve do Leibniza Bošković kaže: »Mnogima je već zajednički stav da se u prirodi ništa ne događa skokom, nego se, kao i u geometrijskim mjestima i u algebarskim formulama, događa da što god se povećava ili smanjuje, povećava se ili smanjuje neprekinuto, tako da se od jedne veličine do druge prelazi stalno neprekinutim kretanjem preko svih međuveličina.« ⁵ Priroda neprekinute veličine je, dakle, u postojanju zajedničke granice ili međe (Bošković koristi oba naziva, tj. terminus i limes) među dijelovima koji se neposredno nastavljaju jedni na druge. ⁶ Tako je točka zajednička granica dijelova crte, crta zajednička granica površina, površina zajednička granica tijela, ono »sada« zajednička granica prošlosti i budućnosti. Pojam granice kod Boškovića slaže se s tim pojmom kod Aristotela. Kod neprekinute veličine treba razlikovati granice i dijelove čega su to granice. Granice su nedjeljive, a ono između granica djeljivo je u beskonačnost.

Iako nastavlja na Aristotela i Leibniza Bošković o neprekinutosti izlaže »... malo opširnije i brižljivije«. ⁷ Iz analize nedjeljivih i neprotežnih granica Bošković zaključuje da dijelovi crte nisu točke nego male crtice koje se opet mogu dijeliti u beskonačnost. Od kako god malog dijela uvijek može postojati još manji. ⁸ Pojam »dio« po Boškoviću je dosta neodređen i nepouzdan i prema veličini i prema broju. Ne može se, naime, određeno reći o broju dijelova u

2 Usp. Željko MARKOVIĆ, *Rude Bošković*, Zagreb 1968. (dio prvi), 1969. (dio drugi), str. 182-183, 413-419, posebno str. 415.

3 R. BOŠKOVIĆ, *De viribus vivis dissertatio* (=VV), Romae 1745, br. 47, usp. isto br. 49.

4 Benedict STAY, *Philosophiae recentioris versibus traditae*, Tomus tertius, Romae 1792. (=Stay III), str. 426, usp. R. BOŠKOVIĆ, *De continuitatis lege*, Romae 1754, (=CL), br. 4 i R. BOŠKOVIĆ, *De lege virium in natura existentium dissertatio*, Romae 1755. (=LV), br. 1.

5 VV, br. 45, usp. CL, br. 103, LV, br. 3.

6 Usp. CL, br. 6.

7 *Isto*.

8 Usp. R. BOŠKOVIĆ, *Theoria philosophiae naturalis*, Venetiis 1763., *Teorija prirodne filozofije*, Zagreb 1974. (=ThPhN), Dopuna I (Supplementum I) (=Suppl. I), br. 7.

nekom intervalu. Neodređeno se pak može reći da je njihov broj »konačan u beskonačnosti«. Konačno znači ako se odredi veličina dijela - samim tim je broj dijelova konačan. Beskonačno pak znači ako se veličina može smanjivati u beskonačnost - broj dijelova se povećava u beskonačnost. Slično Bošković odgovara na pitanje koliki je broj točaka u intervalu. On je isto tako konačan u beskonačnosti. Naime broj točaka koje stvarno postoje u sebi je određen i konačan »... ali se on sam može uvijek povećati bez ikakve granice«. ⁹ Bošković posebno ističe da »u bilo kojem određenom intervalu uvijek postoji prva i posljednja točka, ali nema druge i pretposljednje«. ¹⁰ Objašnjenje je slijedeće: između dviju točaka ne nalazi se točka nego djeljiva crta. Ne postoji međutim točka tako bliska nekoj točki da ne bi postojale i druge točke koje bi joj bile još bliže. Ne može se prema tome reći da postoji druga (a isto tako i pretposljednja) točka. Boškovićeva je argumentacija ista modernoj argumentaciji matematičke analize kojom se dokazuje da je skup realnih brojeva (skup točaka pravca) »gust skup«.

Iako u Boškovićeva doba nije izričito bio izrečen sud o skupu realnih brojeva kao neprekidnini (kontinuumu), premda se šutke pretpostavljala korespondencija između geometrijskog linearnog kontinuuma (tj. pravca) i skupa realnih brojeva, Bošković je izričito izrekao tvrdnju o kontinuumu realnih brojeva i to više od sto godina prije Dedekinda i Cantora. ¹¹ Dalekosežnost ovih tvrdnji pokazuje se kasnije. »U suvremenoj matematičkoj terminologiji, to bi značilo pretpostaviti potpunost skupa realnih brojeva, što je jezgra moderne analize.« ¹² Boškovićeva dakle točka kao granica koja ujedno i spaja i razdvaja dijelove crte prije i poslije te točke nije ništa drugo nego naslućivanje Dedekindove točke koja pravac dijeli na dvije klase točaka, jednih koje su sve lijevo, a druge sve desno od te točke Dedekindova presjeka ili reza. Ta dvostruka priroda točke, tj. da spaja i razdvaja te da je kraj prvog i početak drugog dijela dužine čini bit neprekinutosti za Aristotela, Boškovića i Dedekinda samo što je ovaj posljednji to matematički strože i jasnije definirao. No time se značenje Boškovića glede neprekinutosti nipošto ne umanjuje. ¹³

9 CL, br. 31.

10 *Isto*.

11 CL, br. 149.

12 Frederik HOMANN, Boškovićeva filozofija matematike, *Filozofska istraživanja*, 32-33, Zagreb 1989., str. 1515.

13 Usp. Ernest STIPANIĆ, Kontinuitet linije kod Boškovića i Dedekinda, *Filozofija*, br. 3-4, Beograd

Bošković je iz svojih razmatranja izvukao još jedan dalekosežan zaključak kada je rekao da se nijednoj crti ne može oduzeti samo prva ili samo posljednja točka nego se oduzimanjem crtice oduzima beskonačan broj točaka. Kada bi se oduzele samo prva ili samo posljednja točka crte, ona bi i dalje ostala ograničena novim granicama koje bi bile prva i posljednja granica. To bi bile naime one točke koje su prije oduzimanja prve i posljednje točke bile druga i pretposljednja a to je nemoguće. Time je Bošković dotakao pojam zatvorenog područja što će ga tek razraditi moderna matematička analiza topološkim pojmovima otvorenog i zatvorenog područja, unutarnje i granične točke područja, okoline točke itd.¹⁴

Bošković je zakon neprekinutosti nastojao potvrditi u geometriji tako da mu je on postao kriterijem za podjelu krivulja. Sve su krivulje u sebi zatvorene i vraćaju se u sebe kroz konačnost ili beskonačnost. U svezi s beskonačnim krivuljama je i pojam beskonačno daleke točke kao granice koja je ravnopravna s bilo kojom granicom u konačnosti. U tom je smislu Bošković prethodio J. W. Ponceletu (1788.-1867.) tvorcu projektivne geometrije koji je beskonačno daleku točku smatrao presjekom paralelnih pravaca.

Pravac se sve do Boškovića smatrao najjednostavnijom »krivuljom«. Bošković međutim, smatra pravac složenijim od npr. neke zatvorene krivulje. Razlog za to je što se on na obje strane proteže u beskonačnost. On se može svesti na kružnicu beskonačnog polumjera te tako nema više obilježja euklidskog pravca.¹⁵ S obzirom na neprekinutost ne postoji nikakva jednostavnost pravca koja bi bila veća od jednostavnosti bilo koje druge krivulje; sve su krivulje jednako jednostavne kao i pravac. Time je Bošković doveo u pitanje klasično euklidsko i arhimedovsko shvaćanje pravca kao najjednostavnije krivulje.

Važenje zakona neprekinutosti kako u geometriji tako i u prirodi Bošković je dokazivao induktivno i metafizički¹⁶ usprkos osporavanju da se taj zakon očuvava i da ga treba odbaciti (C. Maclaurin (1698.-1746.) i P. L. M. de Maupertuis (1698.-1759.)).¹⁷

1961., str. 25-34, posebno 32.

14 Usp. Ernest STIPANIĆ, O linearnom kontinuumu Ruđera Boškovića, *Matematički vesnik* 4(19), sv. 3, Beograd 1967., str. 277-292.

15 CL, br. 60.

16 CL, br. 124-157.

17 CL, br. 104, ThPhN, br. 30.

Iz očuvanja neprekinutosti slijedile su posljedice koje su Boškovića uvele u njegov »novi svijet«, tj. u njegovu teoriju sila i strukture tvari.

3.

Dok načelo jednostavnosti i sličnoznačnosti te načelo neprekinutosti čine deduktivnu stranu Boškovićeve teorije, problem sruza je empirijska strana iz koje izrasta Boškovićeve teorija. Analiza sruza elastičnih tijela dovela je u pitanje neprekinutost promjene brzine pri srazu. Brzina bi se, naime, pri dodiru morala promijeniti skokovito a ne postupno, čime bi se zakon neprekinutosti kršio. Jedni su ga stoga odbacivali a drugi su ga nastojali zadržati. Pri tome se, da bi se zadržala neprekinutost, moralo odbaciti nešto što se u čitavoj dotadašnjoj tradiciji smatralo nepobitnom činjenicom - neproničnost tijela i pretpostaviti da je moguće da tijela proniču (kompentriraju) jedno u drugo. Drugi su, držeći se opće prihvaćene tvrdnje da se tijela neposredno dodiruju i da su tvrda, morali odbaciti zakon neprekinutosti.

Na temelju svojih dokaza zakona neprekinutosti Bošković je čvrsto ostao u uvjerenju da taj zakon ostaje sačuvan. Iz te temeljne opredijeljenosti proizići će izvorni Boškovićeve rezultati. Svjestan činjenice da mu to otvara put u »novi svijet« Bošković kaže: »Pa stoga, zadržavši ga, došao sam do uvjerenja da treba ukloniti samu mogućnost neposrednog dodira pri sudaru tijela.«¹⁸ Očito je, dakle, da se prije samog neposrednog dodira brzine jednog ili drugog ili obaju tijela počinju mijenjati. Za tu promjenu mora postojati barem neki uzrok. »Uzrok pak koji mijenja stanje tijela s obzirom na kretanje ili mirovanje naziva se silom. Prema tome postojat će neka sila koja proizvodi učinak također i onda kada ona dva tijela još nisu došla u neposredni dodir.«¹⁹ Bošković tu silu naziva odbojnom silom (*vis repulsiva*) jer je ona po svojoj prirodi takva da determinira udaljavanje jednog tijela od drugog prije nego je došlo do dodira tijela.²⁰ Ona je uvijek toliko velika da poništi svaku, ma kako veliku, razliku brzina. Pri smanjivanju udaljenosti prema nuli ona raste u beskonačnost.

Uvođenjem odbojne sile sačuvana je i neprekinutost i neproničnost (*impenetrabilitas*), a istodobno je ukinut neposredni dodir iako ga iskustveno

18 ThPhN, br. 31.

19 ThPhN, br. 73, usp. CL, br. 163, VV, br. 46, LV, br. 26.

20 Usp. CL, br. 163.

osjećamo kao nešto što se ne može osporavati. Ono što mi osjećamo kao dodir samo je privid. Osjetila ne mogu biti vrhovni kriterij istinitosti. Stoga Bošković naglašava važnost »da se okrenemo općenitijem načinu istraživanja«²¹ po kojem on pravi razliku između fizikalnog i matematičkog dodira. »Fizikalnim ćemo zvati onaj dodir... u kojem dva tijela dolaze do udaljenosti koja se ne može opaziti nikakvim ljudskim osjetilom i na kojoj je odbojna sila toliko velika da je nikakva ljudska sila ne može svladati. Matematičkim i neposrednim dodirom zvat ćemo onaj u kojem je razmak u sebi jednak nuli.«²²

Matematički se dodir isključuje uvođenjem odbojnih sila, a isto tako i skok u promjeni brzine. Obojna sila ulazi u osnove Boškovićeve teorije ali ne tako da bi bila odbačena Newtonova privlačna gravitacijska sila nego tako da su privlačna i odbojna sila samo dvije različite manifestacije jedne jedine Boškovićeve privlačno-odbojne sile bez obzira na njezin izvor. Po Boškoviću su moguća dva odgovora na pitanje gdje je izvor sile. Ontološko tumačenje kaže da je izvor sile u samoj tvari, a metafizičko-teološko u samoj volji Božjoj.

Zakon sila Bošković prikazuje krivuljom koja je već u njegovo doba bila poznata kao Boškovićeve krivulja (curva Boscovichiana) i po kojoj se i danas prepoznaje Boškovićeve doprinos svjetskoj znanosti. Uz to je zakon sila opisan tom krivuljom jedan jedincati zakon koji omogućuje tumačenje svih pojava u prirodi a sama krivulja je jednostavna, iako se na prvi pogled ne čini takvom. Očito je da i pojam jednostavnosti kod Boškovića prima drukčije značenje. Argument za jednostavnost krivulje leži u tome što se njome prikazuje ovisnost između sile i udaljenosti a krivulja je takva da se »... stvar može tako učiniti pristupačnom da je mogu vlastitim očima potpuno sagledati i oni koji čak nimalo ne poznaju geometriju, samo ako im se objasni ono nekoliko pojmova.«²³

Usporedi li se Boškovićeve krivulja sila s Newtonovom gravitacijskom silom onda se uočava da se ona sastoji od tri dijela: odbojni asimptotski luk, privlačni asimptotski luk i srednji lukovi. Privlačni asimptotski luk odgovara približno Newtonovu zakonu gravitacije. Bošković dopušta mogućnost da i taj krak na vrlo velikim udaljenostima siječe os, tj. sila prelazi iz privlačne u odbojnu. Odbojni asimptotski luk je izvorna Boškovićeve zamisao i on predstavlja neproničnost/neprobojnost čestica. Načelno je moguće više takvih

21 VV, br. 42.

22 *Isto*.

23 ThPhN, str. XIV-XV.

asimptotskih odbojnih lukova što bi značilo da je nemoguće izaći iz dijela omeđenog tim asimptotama. Ti bi dijelovi bili svjetovi za sebe koji bi od drugih takvih svjetova bili posvema izolirani.²⁴ Ta ideja, izričito izrečena kod Boškovića, vrlo je bliska ideji sužanjstva kvarkova u suvremenoj fizici, čime Bošković ne bi bio iznenađen. Kod njega postoji mnoštvo ideja koje imaju svoje paralele u današnjoj znanosti i po tome Bošković zaslužuje pozornost i danas.²⁵ Srednji luk krivulje sila može više puta presijecati os apscise. Postoje dvije vrste presjecišta koja čine ravnotežna stanja i to su granice kohezije i granice nekohezije. Čvrstoća tih granica ovisi o nagibu krivulje prema osi. Tim se dijelom krivulje sila tumače mnoga fizikalna i kemijska svojstva tijela.

Boškovićeva krivulja, kako je rečeno, predstavlja jedan jedini zakon sila koji postoji u prirodi (unica lex virium in natura existentium). To je prvo veliko ujedinjenje svih sila. Naime, u Boškovićevo doba smatralo se da postoje u prirodi gravitacijska, električna, magnetska, kohezijska i fermentacijska sila. Svojim zakonom sila Bošković je sve te vrste sila ujedinio u jednu jedinstvenu Boškovićevu silu. U suvremenoj znanosti postoji slična situacija. Danas se razlikuju četiri vrste sila: gravitacijska, elektromagnetska, slaba i jaka sila. Newtonovim zakonom gravitacije, koji djeluje tako da se mase međusobno privlače, i to obrnuto s kvadratom njihove udaljenosti, učinjeno je, u stvari, prvo ujedinjenje u fizici jer više ne postoji razlika između nebeskog i zemaljskog područja nego u čitavom svemiru vlada jedinstveni zakon gravitacije. Do Faradaya i Maxwella smatralo se da su električne i magnetske pojave dvije različite vrste pojava. Spoznajom da su u stvari to jedna vrsta pojava - elektromagnetske pojave, provedeno je drugo ujedinjenje u fizici. Slabe i jake sile djeluju u mikrosvijetu. U najnovije vrijeme uspjelo je ujediniti slabe i elektromagnetske sile u tzv. elektroslabe sile, što predstavlja treće ujedinjenje u fizici. Ujedinjenje elektroslabe i jake sile bilo bi četvrto ujedinjenje poznato pod nazivom teorija velikog ujedinjenja (TVU) (Grand Unified Theory - GUT). Konačno bi trebalo ujediniti gravitaciju s GUT-om u supergravitaciju (SUGRA). Suvremena znanost još uvijek pokušava ostvariti cilj koji je kao ideju postavio R. Bošković.

24 ThPhN, br. 171.

25 Philip M. RINARD, Quarks and Bosovich, *American Journal of Physics*, vol. 44, No 7, 1976., str 705.

4.

Kao što je iz nepovredivosti zakona neprekinutosti došao do odbojnih sila tako je iz zakona sila Bošković izveo svojstvo osnovnih elemenata tvari.

Prvi elementi tvari posve su jednostavni, što proizlazi iz same biti odbojne sile koja se dopušta da jedan dio tvari bude vezan uz drugi. Stoga su prvi elementi tvari još i nedjeljivi i neprotežni.²⁶ Istina, iz jednostavnosti prvih tvarnih elemenata ne bi nužno slijedila njihova neprotežnost. Moguće bi bilo da se prvi elementi, premda jednostavni i nedjeljivi, protežu po svem prostoru. To je skolastička ideja virtualne protežnosti koju Bošković odbacuje. Prema tome u Boškovićevoj teoriji jednostavnost i neprotežnost osnovnih tvarnih točaka idu skupa.²⁷ Ideju neprotežne točke teško je dobiti putem osjetila ali zato je možemo oblikovati refleksijom (*efformare per reflexionem*). Pri tome Bošković razlikuje matematičke točke od fizikalnih ili tvarnih točaka koje imaju svojstva inercije i obdarenosti privlačno-odbojnim silama.

Iz neprotežnosti Boškovićevih tvarnih točaka proizlazi mogućnost načelno beskonačne velike gustoće, što potvrđuje i suvremena znanost koja je dokazala postojanje vrlo velikih gustoća tvari.

Među osnovna svojstva tvarnih točaka spada i neproničnost. Njezin uzrok je u odbojnoj sili, tj. u činjenici da se zbog te sile dvije čestice ne mogu naći na istom mjestu prostora istodobno a to znači da ne može doći do kompenetracije. Ta bi se vrsta neproničnosti mogla nazvati dinamička neproničnost. Bošković govori i o drugoj vrsti neproničnosti koja proizlazi iz nemogućnosti (ili beskonačno velike nevjerojatnosti) da se tvarna točka vrati na isto mjesto prostora.²⁸ Takvu bi se neproničnost moglo nazvati statističkom neproničnošću. Ni za jednu ni drugu vrstu neproničnosti Bošković ne koristi spomenute nazive.

U slučaju da među česticama ne postoje sile (što Bošković smatra jednom od mogućnosti) događa se da jedna čestica može proći kroz tvar bez ikakvog poremećaja unutarnje strukture tvari. Uz dovoljno velike brzine mogli bismo, kaže Bošković, proći kroz zatvorena vrata ili najtvrdere zidove

26 R. BOŠKOVIĆ, *De lumine II*, Romae 1748. (=DL II), br. 8, usp. LV, br. 28, CL, br. 27, ThPhN, br. 7.

27 Usp. Gino ARRIGHI, *La inestendibilità de' primi elementi della materia nella teoria Boscovichiana*, *Physis*, V, 1963., str. 96.

28 Usp. DL II, br. 11.

bez ikakve smetnje.²⁹ To je ideja opet bliska suvremenim znanstvenim spoznajama.

Ostaje, međutim, pitanje kako od takvih neprotežnih tvornih točaka sačiniti tijela za koja su svekolika filozofijsko-znanstvena tradicija i obično iskustvo smatrali da su neprekinuto protežna.³⁰ Bošković to smatra čistom pretpostavkom (pura hypothesis). Razlikuje matematičku i fizičku protežnost. Kod matematičke protežnosti nema nikakvih prekida, a kod fizičke postoje razmaci među tvornim točkama. No što je onda uopće fizička protežnost? Nju čine, po Boškoviću, ne samo stvarne točke nego i razmaci između njih. Ti razmaci nisu puko ništa nego mogućnosti lokalnih načina postojanja tvornih točaka. Osjetila nam daju predodžbu o neprekinuto protežnoj tvari ali je to tek zabluda osjetila. Tvarna stvarnost nije neprekinuto protežna nego diskretna. »Time stojimo pred paradoksalnim rezultatom: da je tvorni kontinuum ukinut zakonom kontinuiteta. Da bi se sačuvala neprekinutost događaja i u svojoj strogosti ispravno održala, mora se bitak raspasti na diskretne elemente.«³¹

Negiranje neprekinute protežnosti tvari jedno je od temeljnih postavki na kojoj počiva Boškovićeva teorija. Upravo je u tome jedna od najvažnijih Boškovićevih zasluga za znanost i filozofiju: rušenje dotadašnje slike stvarnosti i klasičnog shvaćanja tvari. Taj bi rezultat valjalo smatrati »boškovićanskim obratom«.³² Izravna posljedica tog »obrata« urodila je plodom koji je tek u našem stoljeću prepoznat kao jedno od fundamentalnih otkrića ne samo našeg vremena nego cjelokupne znanosti. Radi se o tzv. Boškovićevu »modelu atoma« (1748.).

Bošković je svojom teorijom objašnjavao kako se od neprotežnih tvornih točaka sastavljaju složenije čestice tvari pa sve do makroskopskih tijela. Od svih slučajeva koje je analizirao najzanimljiviji je slučaj tri stvarne točke koje se nalaze na udaljenostima granica kohezije ili nekohezije. Utvrdio je da se stvarne točke mogu gibati samo po određenim eliptičnim stazama. Time je u prirodu uvedena diskretnost (kvantiziranost) staze, a taj Boškovićev

29 Usp. ThPhN, br. 370.

30 Usp. R. BOŠKOVIĆ, *De materiae divisibilitate et principis corporum dissertatio*, Lucca 1757., br. 1.

31 Ernst CASSIRER, *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit*, Berlin 1907., str. 396.

32 Usp. Vladimir FILIPOVIĆ, *Ruder Bošković i njegovo značenje za suvremenu nauku i filozofiju prirode*, *Testa*, VIII/1961., str. 31.

model je prvi kojim se ulazi u mikrosvijet (H. V. Gill) i kojim se tumači ponašanje u mikrosvijetu. On je imao utjecaja na kasnije modele i teorije. Poznavajući Boškovićevu teoriju, engleski fizičar J. J. Thomson (1856.-1940.) svoju je pretpostavku o gibanju elektrona u atomu izveo izravno iz Boškovićeve krivulje sila i njegova »modela atoma« koji uvodi »dopuštene« i »zabranjene« staze što je kasnije Niels Bohr (1885.-1962.) uzeo kao jednu od osnovnih ideja svog modela atoma. Bošković nikad nije izričito spominjao pojmove »dopuštene« i »zabranjene« staze ali je ta ideja odlučujuća u njegovu opisu sustava tri točke tvari. Služeći se Boškovićevim modelom, Thomson je došao do konstatacije da »teorija kružnih staza pokazuje, međutim, da samo pod nekim uvjetima ove staze mogu biti stabilne i da postoje u sustavu.«³³ Te stabilne staze po kojima se kreću elektroni oštro se razlikuju jedna od druge, one su kvantizirane. Stanje elektrona u tim stazama su tzv. stacionarna stanja. Tu Thomsonovu ideju prihvatio je N. Bohr uz dodatak koji je u suprotnosti s klasičnom fizikom, naime da elektroni gibajući se po stazama ne zrače nikakvu energiju. Oni zrače energiju samo kada prelaze iz jednog stanja u drugo stanje niže energije.

Ako se uspoređi Bohrov model atoma s Boškovićevim »modelom atoma« onda je očita misaona tradicija koja ide od Boškovića preko Thomsona do Bohra. Stoga nije pretjerano uvjerenje H. V. Gilla »... da je Bohrov model izravni nasljednik Boškovićeve zakona sila između čestica razmaknutih mikroskopskim udaljenostima.«³⁴ Bošković je, dakle, već davno započeo ali nije nastavio istraživanje mnoštva problema koji su mu se nametali. On je u njima vidio tek prigodu »za vježbanje u geometriji i analizi«³⁵ ali ih je izostavio iz razmatranja. To je sasvim razumljivo kada se ima u vidu tadašnje stanje istraživanja mikrosvijeta kao i tadašnjih eksperimentalnih mogućnosti. »Gdje je Bošković posadio prije dvjesto godina drugi su požnjeli.«³⁶ Upravo stoga Gill zaključuje: »Kada se bude pisala povijest atomske teorije pravo je da se uloga koju je igrao otac Ruđer Bošković ne bi smjela previdjeti.«³⁷

Ispitujući sve složenije čestice tvari Bošković je utvrdio da je velika raznolikost tijela i njihovih svojstava rezultat unutarnje strukture. To je jedno

33 H. V. GILL, Roger Boscovich, S. J. (1711-1787). *Forerunner of Modern Physical Theories*, Dublin 1941., str. 21-22.

34 *Isto*, str. 30.

35 *ThPhN*, br. 236.

36 H. V. GILL, *nav. dj.*, str. 26.

37 *Isto*, str. 30.

od najvažnijih dostignuća kemije prošlog stoljeća a zasniva se na matematičkoj disciplini koja se zove topologija. Neki znanstvenici među kojima je A. S. Dreiding, tvorac tzv. Dreidingovih molekularnih modela, smatraju Boškovića, uz L. Eulera (1707.-1783.), utemeljiteljem topologije jer je njegov model točkastih atoma i njihovih odnosa prototip topološkog prostora. Isto se tako Boškovićeve teorije može držati prvim modelom stereokemije. Ona je i prikladan model kojim se može doći do zakona očuvanja energije, do čega Bošković nije došao.

Još je jedan od osnovnih pojmova filozofije prirode (i znanosti) kojeg Bošković određuje na drukčiji način od svojih prethodnika i suvremenika. To je pojam mase. Ona je za Boškovića broj tvarnih točaka koje pripadaju tijelu.³⁸ No problem je odrediti taj broj, kao i to što sve spada u sastav tijela. Zato mu je pojam mase mutan i neodređen i kao takav ne može mu biti osnovna veličina kao što se uzimalo i prije a i poslije Boškovića.³⁹ Tvar nije određena bitno masom nego nečim »netvarnim«, naime temeljnom dužinom među tvarnim točkama. Masa nije unutarnje svojstvo tvarne točke. Takvo shvaćanje stvari potkopalo je materijalističko shvaćanje stvari kao nečega temeljnog. Da bi opisao stvarnost, Boškoviću nisu potrebne mase. Umjesto toga, razmak među tvarnim točkama fundamentalno je obilježje Boškovićeve teorije. To je u skladu i sa suvremenim nastojanjima u znanosti koja svoj izraz imaju u Heisenbergovoj ideji jedinstvenog polja u kojoj ideji ta osnovna dužina ima odlučujuće značenje.

Od velikog su značenja i Boškovićeve razmišljanja o svjetlosti, toplini i kemijskim promjenama stvari. Iako su neke njegove ideje o tim stvarima daleko od suvremenih znanstvenih spoznaja, druge su opet toliko slične da se u njima može Boškovića prepoznati kao prethodnika teorije luminiscencije (S. R. Filonovič), termodinamike i kinetičke teorije plinova (Lord Kelvin), stereokemije, teorije polja i nekih ideja o kvantnoj teoriji.

U najnovije se vrijeme u znanosti pojavila tzv. teorija kaosa, nova revolucija u znanosti, jedna, kako mnogi misle, od tri znanstvene revolucije u ovom stoljeću (teorija relativnosti, kvantna teorija, teorija kaosa). U čemu se sastoji teorija kaosa? Znanost je do sada postigla velike uspjehe u proučavanju mnogih pojava koje se prikazuju pravilnim gibanjima. Mnoštvo onih pojava kojima je svojstveno nepravilno gibanje još su uvijek slabo

38 Usp. ThPhN, br. 387.

39 Usp. ThPhN, br. 381.

razjašnjena (atmosferske pojave, turbulentne pojave u tekućinama, kemijske reakcije, rad srca i mozga, predviđanje društvenih i političkih primjena itd.). Dok za pravilne periodične pojave u prirodi, koje se matematički opisuju linearnim diferencijalnim jednažbama, vrijedi da mali uzroci izazivaju male učinke, a veliki velike, dotle kod nepravilnih, neperiodičnih pojava, koje se matematički opisuju neliearnim diferencijalnim jednažbama, može se dogoditi da mali uzrok izaziva veliki učinak. Ponašanje takvog sustava teško je ili nemoguće predvidjeti. On pokazuje svojstva kaotičnosti. Tako npr., slikovito rečeno, neznatan pokret krila leptira može izazvati veliki poremećaj u atmosferi. Pojava da neka zbivanja jako ovise o neznatnim promjenama početnih uvjeta naziva se tzv. »leptir-efekt«.

Tu je ideju izrekao već R. Bošković u svojoj Teoriji (br. 468) i uopće ne bi bio začuđen današnjom teorijom kaosa. Male promjene udaljenosti među česticama u njegovoj teoriji mogu izazvati velike promjene i velike sile. Bošković slikovito kaže da mala ptica na vrhu brda pokretom noge pokrene zrnce pijeska koje onda uzrokuje kotrljanje sve većih komada da bi nastalo vrlo veliko obrušavanje kamenja i padom u more nastaju velike i trajne promjene u gibanju tekuće mase.

5.

Glede pojmova prostora i vremena Bošković je među prvima prekinuo s newtonovskom tradicijom. On nije zabacio pojmove apsolutnog prostora i vremena ali ih je drukčije interpretirao, tako da se njegov pojmovni sustav prostorno-vremenskih odnosa razlikuje od Newtonova. Dok je Newton dokazivao postojanje apsolutnog prostora, vremena i gibanja te apsolutne sile inercije, Bošković je svojom kritikom došao do toga da se ne može razlikovati apsolutno od relativnog prostora, vremena i gibanja. Njegova tvrdnja o postojanju samo relativne sile inercije dovela je do odbacivanja pravocrtnosti i apsolutno pravocrtnih gibanja i do naznake principa koji je kasnije nazvan »Machov princip«. U svezi s problemom pravocrtnosti je i Boškovićevo naslućivanje drukčijih prostora od prostora euklidske geometrije. Kod njega postoji mogućnost »pravocrtne« i »zakrivljene« geometrije koje su zasnovane na pojmovima pravocrtnosti i krivocrtnosti. Sve ovo pokazuje da Bošković

nije daleko od modernih neeuclidskih svhaćanja.⁴⁰ Bošković izričito spominje vrstu prostora koji bi imao četiri dimenzije.

Boškovićevo uvođenje zbiljskih načina postojanja (modusa postojanja) prostora i vremena (mogli bismo ih nazvati Boškovićeve modusi postojanja) koji su nam nepoznatljivi vodi do nepoznatljivosti samih gibanja. Bošković nije relativist u smislu teorije relativnosti (iako je došao do nekih rezultata vrlo bliskih teoriji relativnosti) nego prije svega u spoznajnoteorijskom smislu. Mi ne možemo spoznati apsolutni prostor, vrijeme i gibanje nego samo relativni prostor, vrijeme i gibanje.⁴¹

S obzirom na to ne može se utvrditi apsolutna promjenjivost stvari. Ona bi, naime, jedino mogla biti pretpostavka za mjerenje i uspoređivanje veličina prostornih i vremenskih razmaka. Kako se prostorni i vremenski načini postojanja (s)tvari mijenjaju (jer po Boškoviću nema apsolutnog mirovanja) moraju se mijenjati i dimenzije tijela.⁴² Do sličnog je rezultata došao H. A. Lorentz (1853.-1928.) kada je postavio ideju o kontrakciji dužina u smjeru gibanja. Postoji, međutim, bitna razlika između njegova i Boškovićeve shvaćanja promjene dimenzija tijela zbog gibanja. Bošković ne govori izričito o skraćanju kao Lorentz nego samo o promjeni. Isto tako ne kaže ovisi li promjena (i kako) o brzini (ili ubrzanju) prenošenja tijela s jednog mjesta na drugo. Iz Boškovićeve bi se teorije mogla izvući tvrdnja, koju Bošković nije izrekao, da bi se dimenzije tijela u načelu mijenjale neovisno o tome giba li se tijelo ili ne. Sva ova razmišljanja Bošković je izrazio kvalitativno, što njegovu teoriju čini manje egzaktnom od kvantitativnih teorija.

Govoreći o gibanju u mikrosvijetu, a u svezi s razlikovanjem potencijalnog (matematičkog, apsolutnog, imaginarnog, virtualnog) od stvarnog (fizičkog, relativnog) prostora i vremena, Bošković dolazi do ideje gibanja koja je neprestano pretvaranje potencijalnih (virtualnih) položaja i vremena u zbiljske. Ta je predodžba vrlo slična onoj koju je iznijela kvantna teorija polja povezujući gibanje elementarnih čestica s tvorbom (ili poništenjem) virtualnih parova.

Što se, dakle, filozofije prirode tiče opravdano je neke pojmove i ideje pripisati R. Boškoviću jer nose izvorni pečat Boškovićeve mišljenja.

40 Usp. H. V. GILL, *nav. dj.*, str. 52.

41 Usp. ThPhN, Dopuna I, br. 18-24.

42 Usp. ThPhN, Dopuna II, br. 21-23.

*Stipe Kutleša: RUDER BOŠKOVIĆ'S CONTRIBUTION TO
PHILOSOPHY OF NATURE AND SCIENCE*

S u m m a r y

This paper tries to justify speaking of ideas, concepts, methods and scientific achievements of Ruder Bošković. His achievements to some scientific fields have been briefly mentioned (especially to geo-sciences), and more extensively his contribution to forming natural philosophical concepts. A considerable number of ideas and concepts had been formulated originally regardless of scientific and philosophical traditions of his time. In some of his ideas we can recognize the modern achievements of our times (such as the idea of continuous group of real numbers, a new attitude of simplicity of a direction and possibility of geometries, different from Euclidean's, endlessly distant points, introducing a repulsive force, and Bošković's curve of forces, exclusion of the touch, different comprehension of substances, space and time, Bošković's model of atoms, uniting the forces in nature and so on).

