

Izvornost prirodnofilozofijskih pojmova kod Ruđera Boškovića

Kutleša, Stipe

Source / Izvornik: **Prilozi za istraživanje hrvatske filozofske baštine, 1993, 19, 75 - 114**

Journal article, Published version

Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:261:920057>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-03**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Institute of Philosophy](#)

IZVORNOST PRIRODNOFILOZOFIJSKIH POJMOVA KOD RUĐERA BOŠKOVIĆA

STIPE KUTLEŠA

(Zavod za povijest i filozofiju
znanosti HAZU, Zagreb)

UDK 101 (497.5) »501«
Izvorni znanstveni članak
Primljen: 27. 10. 1993.

Rasprava o Boškovićevim prirodnofilozofijskim pojmovima koncentrira se oko nekoliko skupina temeljnih pojmova prisutnih u sveopćoj filozofijskoj tradiciji. To su neprekinutost (kontinuitet), sila, tvar i njezina struktura, prostor, vrijeme, gibanje. Svaka od ovih skupina sadrži i druge pojmove koji su postojali i prije, ali im je Bošković dao sasvim novo značenje.

Pojmovi prirodne filozofije mijenjali su svoje značenje tijekom povijesnog razvitka filozofije. I Boškovićevo pridavanje tim pojmovima drugačijeg značenja povijesno je uvjetovano, ali i nadilazi ograničenost određenog povijesnog razdoblja ukoliko su koncepcije i ideje R. Boškovića prisutne u znanosti i filozofiji njegova doba, ali i danas.

I. Boškovićev prilog problemu neprekinutosti (kontinuiteta)

1.

Zakon neprekinutosti (*lex continuitatis*) osnova je i ishodište Boškovićeve teorije prirodne filozofije. U raspravi *De continuitatis lege* (*O zakonu neprekinutosti*, 1754) Bošković kaže da će »sama naša teorija... dobiti ovom novom obranom svoje glavne osnove (tj. zakona neprekinutosti – S. K.) nešto više autoriteta i snage«. ¹ Slično u raspravi *De lege virium* (*O zakonu sila*, 1755) reći

¹ Ruđer Bošković, *De continuitatis lege*, Romae, 1754 (=CL), br. 4.

će da »naša pak osnova nalazi se u samom zakonu neprekinutosti.«² I u komentarima Stayu Boškovićeve misao vodilja pri nastanku njegove teorije bio je zakon neprekinutosti koji »... doveo me je k mojoj teoriji; ... tim zakonom bio sam kao nekom silom privučen mojoj teoriji, koja se sva iz njega izvodi vrlo sigurnim zaključivanjem.«³ U pismu Contiju⁴ Bošković izričito kaže da je zakon neprekinutosti aprioran: »Ja ne dokazujem a-priori svaki dio moje teorije, već samo njezinu osnovu, koja se sastoji od zakona neprekinutosti.«⁵ U fizikalnoj su teoriji, prema Boškoviću, dopuštena apriorna načela, ali ona nisu metafizička.⁶

Dok je načelo (zakon) neprekinutosti »drugi putokaz u razvoju Boškovićeve stvaranja«,⁷ dotle su prvi putokaz dva načela koja se kod Boškovića gotovo uvijek pojavljuju skupa te bi se moglo govoriti o jednom načelu. To su jednostavnost i sličnoznačnost u prirodi (*simplicitas et analogia naturae*).⁸ Bošković je bio još izričitiji kada je rekao da se načelo neprekinutosti »izvodi iz analogije i jednostavnosti prirode.«⁹ Analogija i jednostavnost prirode za Boškovića su dakle još nešto fundamentalnije nego samo načelo neprekinutosti. Ta dva načela osnova su za istraživanje prirode. Tako će se u svojoj *Teoriji* Bošković izraziti o »analogiji koju u fizici jedino smatramo prikladnom za istraživanje općih zakona prirode.«¹⁰ Ili: zakon neprekinutosti »nije moguće mimoići ako se hoćemo poslužiti onom jedinstvenom sličnošću prirode...«¹¹ Bošković naziva načela jednostavnosti i sličnoznačnosti i načelo neprekinutosti »*izravnim dokazima a priori*« (*prove dirette a priori*).¹² Prema tome Boškovićeve je teorija a priori utemeljena. Postavivši osnovu iz koje se izvodi načelo neprekinutosti Bošković prelazi na formulaciju toga načela.

² Ruder Bošković, *De lege virium*, Romae, 1755 (=LV), br. 1.

³ Benedict Stay, *Philosophiae recentioris versibus traditae*, Tomus tertius, Romae, 1792 (=Stay III.), str. 426.

⁴ Boškovićevo pismo Contiju od 26. 02. 1762, u: Gino Arrighi, Ruggiero Giuseppe Boscovich. *Lettere a Giovan Stefano Conti*, Firenze, 1980, str. 45–85.

⁵ Isto, str. 77.

⁶ Usp. Salvo D'Agostino, Iz Boškovićeve dopuna spjevu Benedikta Staya, *Filozofska istraživanja*, 32–33, Zagreb, 1989, str. 1609; Salvo D'Agostino, From Bošković's Supplements to the Poem of Benedikt Stay, *Synthesis Philosophica*, 8, Zagreb, 1989, str. 646.

⁷ Usp. Željko Marković, Rude Bošković, Zagreb, 1968 (dio prvi), 1969 (dio drugi), str. 182–183, 413–419, posebno str. 415.

⁸ Isto.

⁹ Ruder Bošković, *De viribus vivis*, Romae, 1745 (=VV), br. 47, usp. isto, br. 48.

¹⁰ Ruder Bošković, *Teorija prirodne filozofije*, Zagreb, 1974 (=ThPhN), br. 28.

¹¹ ThPhN, br. 38, usp. isto, br. 31.

¹² Usp. Salvo D'Agostino, nav. dj. (bilj. 6), str. 1607–1608, i str. 644.

On je već 1745. god. u raspravi *De viribus vivis* (*O živim silama*) dao formulaciju načela neprekinutosti i opširno ga razradio u raspravi *De continuitatis lege* (1754) odakle je stavove o tome prenio u *Teoriju prirodne filozofije* i u dopune Stayevu djelu.¹³ U *De viribus vivis* 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 gibanjem preko svih međuveličina... Tako i u neprekinutom vremenu od jednog trenutka do drugog daljnijega bez prekida i skoka.«¹⁴

Da bi formulacija zakona neprekinutosti kao i njegov pojam bili jasniji, Bošković skreće pozornost *na narav neprekinute količine/veličine* (*continuae quantitatis*). U čemu je ta narav/priroda neprekinute veličine? Priroda neprekinute veličine jest u postojanju zajedničke međe među dijelovima koji se neposredno nastavljaju jedni na druge. Uzevši u obzir prirodu neprekinutog može se reći da je crta jedna od neprekidnina »jer se može uzeti zajednička međa kojom se njezini dijelovi spajaju, tj. točka.«¹⁵ Slično je crta zajednička međa/granica površina, a crta ili površina zajednička granica tijela. Ono 'sada' zajednička je međa prošlosti i budućnosti te je stoga vrijeme neprekinuta veličina. Ovi primjeri navedeni iz Aristotela pokazuju da je Boškovićevo shvaćanje neprekinutosti velikim dijelom nadahnuo Aristotelom. Ali Bošković ne ostaje samo pri tome nego nastoji stvar još pojasniti. Zato i kaže: »Tako Aristotel, a mi ćemo to obraditi malo opširnije i brižljivije.«¹⁶

Granica je dakle po svojoj prirodi nedjeljiva i kao takva ne može dodirivati drugu granicu. Naime, sve ono što je nedjeljivo mora biti ili međusobno razmaknuto ili padati u jedno. Slično, ono što je neprotežno ili se uopće ne dodiruje ili se potpuno dodiruje. Zato je za Boškovića apsurd misliti da se točke međusobno dodiruju i da je jedna smještena izvan druge. Slično je s trenucima kao granicama vremena.

To isto vrijedi i za druge neprekinute veličine jer »u čitavom pak neprekinutom nizu veličina uvijek, kao i u svakoj neprekidnini, jedincata zajednička međa spaja ono što prethodi s onim što slijedi.«¹⁷

¹³ ThPhN, str. XIX–XXI, XXV, br. 32–40, 43–72, 142–153; Stay III, str. 413–430.

¹⁴ VV, br. 45.

¹⁵ CL, br. 6.

¹⁶ Isto.

¹⁷ CL, br. 123.

Do predodžbe neprotežne točke Bošković dolazi geometrijskom analizom. Točka je sjecište dviju crta bez širine. Isto tako dolazi i do predodžbe crte bez širine kao granice površina i do predodžbe površine bez debljine kao granice tijela. Stoga točka uz točku ne može prijanjati po dužini, crta uz crtu po širini, površina uz površinu po debljini, nego se stapaju u jedno ili su razdvojene. Ono što je između granica mora imati dijelove pa prema tome i mogućnost dijeljenja. Ono se može podijeliti na dvoje, svaki od dijelova opet na dvoje i tako u beskonačnost. Pojašnjavajući prirodu neprekinutih veličina Bošković je, pošavši od svojstava granica, došao do beskonačne djeljivosti za koju je našao mnoštvo dokaza.¹⁸

2.

Bošković naglašava da se svi geometrijski dokazi koji potvrđuju beskonačnu djeljivost odnose na neprekinuti protežni prostor, a ne na tvar. Analiza pojma granice kao nečeg nedjeljivog i beskonačno djeljive crte (*segmenta*) omeđene tim granicama pruža Boškoviću ideju da problem poopći na bilo koji kontinuum. Bošković »kao da je matematički predosećao onu duboku sličnost između kontinuumata različitih dimenzija koju će tek precizno otkriti moderna teorija skupova.«¹⁹

Iz analize nedjeljivih i neprotežnih točaka daje se zaključiti da dijelovi crte nisu točke, nego male crtice. Dijeljenjem crte u beskonačnost dobiju se uvijek crte omeđene krajnjim točkama. Crta dakle ne nastaje ponavljanjem ili dodavanjem točaka, nego neprekinutim »vučenjem« točke. Ovakvi Boškovićevi pogledi na crtu proizlaze iz shvaćanja beskonačnosti koje je identično Aristotelovu shvaćanju: beskonačno postoji samo u mogućnosti, tj. kao nešto potencijalno, a ne aktualno. Nemoguće je da stvarno i u sebi određeno postoji beskonačno malo i beskonačno veliko. Jednako tako ne postoji ni najmanji dio intervala jer je svaki dio intervala opet interval koji je djeljiv u beskonačnost. Bošković naglašuje da je sam pojam 'dio' dosta neodređen i nepouzdan i prema veličini i prema broju; ne može se određeno reći o broju dijelova u nekom intervalu. Neodređeno se može reći da je taj broj 'konačan u beskonačnosti' (*numerus partium esse finitum in infinitum*). Bošković to tumači u okviru svoje teorije bez teškoća koje inače postoje prema »običnom mišljenju o neprekinutoj protežnosti tvari« (»in sententia communi continuae extensionis materiae«).²⁰ Konačno znači da ako se odredi veličina dijela samim tim je broj dijelova

¹⁸ Usp. CL, br. 19, 22–25.

¹⁹ Ernest Stipančić, Naučni i istorijski komentar, u: Ruder Bošković, O zakonu kontinuiteta i njegovim posledicama u odnosu na osnovne elemente materije i njihove sile, Beograd, 1975, str. 107.

²⁰ CL, br. 30.

konačan. Beskonačno pak označava da ako se veličina dijela može smanjiti u beskonačnost, broj dijelova može se povećati u beskonačnost. Dakle, beskonačnost postoji u smislu potencijalno ostvarive podjele.

Sličan je i Boškovićev odgovor o broju točaka u intervalu. I on je 'konačan u beskonačnosti'. Bošković posebno ističe da »u bilo kojem određenom intervalu uvijek postoji prva i posljednja točka, ali nema druge i pretposljednje.«²¹ Objašnjenje je sljedeće: između dviju točaka ne nalazi se točka, nego djeljiva crta. Ne postoji međutim točka tako bliska nekoj drugoj 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 kao moderna argumentacija 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.

Boškoviću je, dakle, zakon neprekinutosti u geometriji bio aksiom.²² Pretpostavka da je geometrijska crta neprekinuta vodi izravno na vezu sa skupom realnih brojeva. »U suvremenoj matematičkoj terminologiji, to bi značilo pretpostaviti potpunost skupa realnih brojeva, što je jezgra moderne analize.«²³

Boškovićeva točka kao granica koja ujedno i istodobno spaja i razdvaja dijelove crte prije i poslije te točke nije ništa drugo nego naslućivanje Dedekindove točke p koja pravac dijeli na dvije klase točaka, jednih koje su sve lijevo, a druge sve desno od te točke Dedekindova prereza (reza). Usporedba Boškovićeva i Dedekindova shvaćanja neprekinutosti očitoupućuje na veliku sličnost što slijedi po svojoj prilici iz iste aristotelovske inspiracije.²⁴ Razlozi, međutim, zbog kojih su Bošković i Dedekind prišli istraživanju neprekinutosti nisu isti. Do načela neprekinutosti Bošković je došao tražeći odgovor na pitanje o strukturi tvari, a uz pomoć načela sličnoznačnosti i jednostavnosti prirode. Dedekind je ostao u okvirima matematičkih razmišljanja tražeći svezu skupa točaka pravca sa skupom realnih brojeva. Bez obzira na različitost polazišta oba

²¹ CL, br. 31.

²² Usp. Frederik A. Homann, Boškovićeva filozofija matematike, *Filozofska istraživanja*, 32–33, Zagreb, 1989, str. 1515; isti, Boscovich's Philosophy of Mathematics, *Synthesis Philosophica*, 8, Zagreb, 1989, str. 561.

²³ Isto.

²⁴ Usp. Ernest Stipanić, O linearnom kontinuumu Rudera Boškovića, *Matematički vesnik*, 4(19), sv. 3, Beograd, 1967, str. 280.

su došli do istog rezultata izrečenog na njima svojstvene načine. Boškovičeva nedjeljiva granica B zajednička je i jedina za *neprekinuti dio koji joj prethodi* (*continuum praecedens* C_p) i onaj koji *slijedi* (*continuum sequens* C_s) tj. $B = (C_p/C_s)$; ona u svakoj neprekinutoj veličini istodobno i spaja i razdvaja ono što prethodi i ono što slijedi. Njoj je ekvivalentan *Dedekindov prerez* D koji dijeli klase točaka K_1 i K_2 tj. $D = (K_1/K_2)$. Ta dvostruka priroda točke, tj. da spaja i razdvaja istodobno te da je kraj prvog i početak drugog dijela polupravca, 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.

Geometrija je (ali ne samo ona) bila Boškoviću kamen kušnje za zakon neprekinutosti. Upravo su ga istraživanja geometrijskih krivulja dovela do nekih rezultata, doduše ne do kraja elaboriranih, koji su idejno bili začeci novih smjerova u matematičkim istraživanjima.

Od neizmjernog mnoštva geometrijskih crta i njihovih svojstava Bošković se ograničio samo na one slučajeve na kojima se najjasnije pokazuje načelo neprekinutosti. Polazeći od njega dolazi se do kriterija za podjelu svih vrsta krivulja. »Odatle se lako shvaća zašto se svaka neprekinuta crta savijena u krug ili vraća u samu sebe ili se nekim beskonačnim krakom vraća preko bilo kakvih granica u beskonačnosti...«²⁵ Dakle, sve su neprekinute geometrijske krivulje u sebi zatvorene, tj. vraćaju se u sebe. Razlika je jedino u tome vraćaju li se kroz granice koje su u konačnosti ili u beskonačnosti. Najjednostavnija krivulja koja se sama u sebe vraća jest kružnica. Ona, kao i druge krivulje koje se vraćaju u krug (*omnes lineae redeuntes in orbem*), nema niti svoj početak niti završetak (*nec originem habens, nec terminum*),²⁶ nego se beskonačno mnogo puta vraća u samu sebe preko granica u konačnosti, ali koje se ne daju odrediti.

Istraživanjem onih pak vrsta krivulja koje se u sebe vraćaju preko granica što se nalaze u beskonačnosti dolazi se do pojma beskonačno daleke točke i, još općenitije, do pojma beskonačnosti. Beskonačno daleka točka ravnopravna je sa svakom drugom konačnom točkom pravca. Svojstva konačne točke prenose se na beskonačnu točku. Obje se shvaćaju kao granice polupravca.

Glede ravnopravnog tretiranja konačne i beskonačno daleke točke postupio je slično kao i Bošković tvorac projektivne geometrije J. V. Poncelet (1788–1867) u djelu *Traité des propriétés projectives des figures* (1820) smatrajući beskonačno daleku točku presjekom paralelnih pravaca. Time je potvrđena ravnopravnost konačne i beskonačne točke jer obje mogu biti presjek pravaca.

²⁵ CL, br. 55.

²⁶ Usp. Ruđer Bošković, *De maris aestu*, Romae, 1747 (=MAe), br. 94.

Boškovićev pravac nije dakle više euklidski, nego »produžen na obje strane u beskonačnost svodi se na neku beskrajnu kružnicu koja se vraća u sebe stalnim i beskrajnim kruženjem.«²⁷ S gledišta neprekinutosti i glede jednostavnosti pravac nema nikakve prednosti nad krivuljama; svaka je krivulja jednako jednostavna kao i pravac. Time je dovedeno u pitanje klasično euklidsko i arhimedovsko shvaćanje pravca kao najjednostavnije krivulje. Štoviše, pravac je za Boškovića složeniji od kružnice (ili bilo koje zatvorene krivulje) jer uključuje pojam beskonačnosti. Pravac je samo jedna od beskonačno mnogo krivulja koje su sve podjednako jednostavne kao i pravac. On je najjednostavniji samo onima koji nisu prodrli u dublje tajne geometrije, kaže Bošković.²⁸ Na čemu Bošković zasniva tvrdnju o jednakoj jednostavnosti pravca i krivulje? Na neprekinutosti s obzirom na koju su i pravac i krivulja jednaki u sebi samima (*in se ipsis*). Glede pak povezanosti jednostavnosti i beskonačnosti pravac je manje jednostavan od krivulja.

Veća složenost pravca nego kružnice očituje se dakle s obzirom na pojam beskonačnosti s jedne strane i s obzirom na shvaćanje pravocrtosti kao jedine mjere za određivanje položaja s druge strane. S treće pak strane protiv najveće jednostavnosti pravca govori i jedan Boškovićev stav koji čini osnovu njegove teorije tvarnoga svijeta – to je njegova krivulja sila koja je, kako Bošković više puta naglašuje, jednostavna.

Istraživanjem transformacija geometrijskih mjesta Bošković je još egzaktnije nastojao opravdati svoje shvaćanje i pojam neprekinutosti. Često ga je to vodilo na neke probleme koji su tek kasnije razrađeni u matematičkoj analizi. Jedan od njih jest i pojam tangente i njezine povezanosti s neprekinutošću.²⁹ Boškovićeva definicija tangente geometrijski je točna.³⁰ Kao što se kod svih geometrijskih krivulja »nigdje ništa ne mijenja skokovito, već sve promjene nastaju neprekinutim gibanjem«,³¹ tako je Boškoviću očigledno da se neprekinuto mijenja i tangenta krivulje što, rečeno jezikom moderne matematičke analize, znači da su prve derivacije funkcije neprekinute, tj. Boškovićeva geometrijska krivulja je 'glatka krivulja'. On je, međutim, pomišljao u skladu sa shvaćanjem svoga vremena da svaka neprekinuta krivulja mora imati tangentu u svakoj svojoj točki iako to izričito nije spomenuto jer se to u njegovo doba naprosto prešutno pretpostavljalo.

²⁷ CL, br. 60.

²⁸ Usp. isto, br. 59.

²⁹ Usp. CL, br. 93–96; Ernest Stipanić, O nekim pitanjima diferencijalne geometrije u Boškovićevoj ideji kontinuiteta, *Zbornik radova međunarodnog znanstvenog skupa o Ruđeru Boškoviću*, Zagreb, 1991, str. 87–93.

³⁰ Usp. CL, br. 93.

³¹ Isto.

Kasnije su matematičari dokazivali da je svaka neprekinuta funkcija istodobno i diferencijalna, tj. da u svakoj svojoj točki ima tangentu. Ti su se dokazi temeljili na apsolutnoj vjeri u geometrijsku intuiciju koja se sastojala u tome da se nastanak crte shvaćao kao *tok* točke, a ne kao dodavanje točaka. Na osnovi te iste intuicije držalo se da iz neprekinutosti funkcije slijedi njezina diferencijabilnost sve dok se ta tvrdnja nije pokazala netočnom (B. Bolzano, K. Weierstrass, H. von Koch). Neprekinutost se time pokazala kao nužan, ali ne i dovoljan uvjet za diferencijabilnost funkcije. »To je slaba točka u Boškovićevu matematičkom razmišljanju. No, bez obzira na to, njegova vizija kontinuiteta matematički je djelovala kao vizija diferencijabilnosti...«³²

Istraživanja mnogobrojnih vrsta krivulja dovela su Boškovića do dvojbe da se zakon neprekinutosti u pojedinim slučajevima krši. Tako su se navodili neki primjeri narušavanja neprekinutosti kao što su šiljci ili povratne točke krivulja, promjena zakrivljenosti krivulja ili prijevojne točke, skok u kontingentnom kutu i sl.³³ Za sve te slučajeve koje susrećemo u geometriji Bošković pokazuje da ne narušavaju neprekinutost.³⁴

3.

Sve što se u prirodi događa događa se u prostoru i vremenu. A vrijeme se ubraja među neprekinute veličine jer »dijelovi vremena dolaze stalno jedni za drugima bez ikakva međuprekida.«³⁵ Zbog toga što su i prostor i vrijeme neprekinute veličine iz njihova odnosa proizlazi neprekinutost gibanja. Kod toga i takvoga gibanja točka koja se giba mijenja mjesto neprekinuto, tj. pojedinačnim vremenskim trenucima odgovaraju uvijek druge točke prostora. Potpuna uspostava analogije između prostora i vremena jasno se očituje u tome što vremenskim trenucima (*momenti temporis*) odgovaraju točke crte (*lineae puncta*), a dijelovima neprekinutog vremena (*partibus temporis continui*) dijelovi crte (*partes lineae*). Ako dijelovima vremena odgovaraju jednaki ili nejednaki dijelovi prostora, onda je riječ o jednolikom (*aequalis vel uniformis*) ili nejednolikom (*inaequalis vel difformis*) gibanju. Kod jednolikog gibanja brzina je uvijek ista i traje neprekinuto, dok se kod nejednolikog mijenja.

Kao što je na primjeru crte (i vremena) pokazao prirodu neprekinutosti, tako Bošković pokazuje i kod brzine. Već prije izrečenu tvrdnju da se crta ne

³² Ernest Stipanić, nav. dj. (bilj. 29), str. 92.

³³ Usp. CL, br. 94–99.

³⁴ Isto, br. 139–150.

³⁵ Isto, br. 33.

sastoji od točaka niti vrijeme od trenutaka koji slijede neposredno jedan iza drugoga Bošković potvrđuje još jednom obrazlažući sam pojam brzine i činjenicu da postoje različite brzine. Ako bi vrijedila tvrdnja da se crte sastoje od točaka neposredno nanizanih jednih do drugih i vrijeme od trenutaka koji slijede neposredno jedan za drugim, onda bi svakom pojedinom trenutku odgovarala pojedina točka i obratno, čime bi se ukinula svaka razlika brzina; sve bi brzine, dakle, bile jednake. Oni, dakle, koji shvaćaju crte kao niz susljednih trenutaka ne mogu objasniti različitost brzina. Po njima bi sva gibanja morala biti jednaka jer bi pojedinim trenucima (najmanjim elementarnim intervalima vremena) odgovarale pojedine točke (najmanje elementarne dužine).

Bošković je, dakle, protumačio gibanje i različitost brzina na osnovi neprekinutih beskonačno djeljivih prostora i vremena. Ako su oni beskonačno djeljivi i neprekinuti, to isto vrijedi i za gibanje. Kako jednom dijelju neprekinutog vremena može odgovarati beskonačno veći ili manji dio neprekinutog prostora i obratno, proizlazi da se i brzina gibanja može u načelu beskonačno povećati ili umanjiti. Prihvaćajući postojanje beskonačno velike brzine Bošković je ostao u okvirima klasične fizike koja načelno ne odbacuje mogućnost beskonačno velike brzine. No s obzirom na Boškovićevo mišljenje o aktualnim i potencijalnim veličinama on nikako ne bi mogao prihvatiti aktualno beskonačno veliku brzinu, nego samo konačnu premda vrlo veliku. Postavljanje gornje granice brzine rezultat je dostignuća znanosti poslije Boškovića.

Tvrdnju o različitosti brzina Bošković ilustrira geometrijski obrazlažući Zenonovu aporiju o Ahilu i kornjači. Stari su tom aporijom iznosili teškoću protiv neprekinutog gibanja. Ako se prihvati neprekinuto gibanje, onda Ahil nikada i nigdje ne bi mogao stići kornjaču iako je deset puta brži od nje. Glavni problem starih, prema Boškoviću, bio je u neodređenosti značenja izraza '*nigdje*' ('*nusquam*') i '*nikad*' ('*nunquam*') koje Bošković nastoji točnije odrediti. »Ako bi ono '*nikad*' i '*nigdje*' označavalo bilo koji trenutak, ili bilo koju točku obuhvaćenu određenom mjerom prostora ili vremena, bit će potpuno istinito da Ahil neće '*nikad*' i '*nigdje*' stići do kornjače. Ali će biti sasvim pogrešna pretpostavka, ako bi ono označavalo bilo koji određeni trenutak ili bilo koju točku uzetu u čitavom vremenu ili prostoru, što ono potpuno označava u svakodnevnoj upotrebi. Ahil će naime stići kornjaču u posljednjem trenutku onog vremena i u posljednjoj točki onog prostora kojom se tako završava ovaj niz produžen u beskonačnost, da bi se njome potpuno iscrpio.«³⁶

Boškovićevo rješenje Zenonove aporije sastoji se u svodenju na beskonačni konvergentni red. Potrebno je pojašnjenje pojmova '*posljednji trenutak*' i

³⁶ CL, br. 44.

'posljednja točka', tj. kraj opadajućih nizova. Dioba vremena i prostora moguća je u beskonačnost. Što onda Boškoviću znači kraj? U nizu nema kraja članovima niza, ali »kraj će ipak postojati ako se pod tim imenom kraj bude podrazumijevalo vrijeme ili prostor koji, doduše, iscrpljuje čitav niz promatran istodobno, ali ga ne prelazi.«³⁷ Tako shvaćen 'kraj' upućuje na sumu beskonačnog reda. Time je Bošković, premda je prihvaćao samo potencijalno, ali ne i aktualno beskonačno, zapao u protuslovlje. S jedne strane 'kraj' je ona aktualna veličina koja iscrpljuje niz, a s druge strane pojam '*čitav promatran istodobno*' (*'tota series simul considerata'*) znači da se u obzir uzimaju svi članovi niza, a njih je beskonačno mnogo.

Bošković je riješio aporiju Ahila i kornjače sačuvavši neprekinutost gibanja. Ne samo da su neprekinuti crta i vrijeme nego prije svega i ponajprije gibanje. On na više mjesta u svojim raspravama kaže da prihvaća neprekinutost samo u gibanju, dok u drugim slučajevima može doći do manjeg ili većeg narušavanja neprekinutosti, a u nekima neprekinutost nikako i ne postoji. Stoga je očito da »priroda svugdje potpuno obdržava zakon neprekinutosti ili bar nastoji da ga zadrži.«³⁸ Primjeri mnogih gibanja to pokazuju.³⁹

Dok je zakon neprekinutosti u geometriji aksiom, u fizičkom radu stvari postoji samo težnja k neprekinutosti osim u slučaju gibanja i trajanja. Bošković je »... ukinuo svaki 'supstancijalni i koegzistentni kontinuum', te... je zadržao jedino neprekidninu sile, brzine, itd.«⁴⁰ Tako je Boškovićeva ideja neprekinutosti oslobođena svake supstancijalnosti i tvarnosti. »To je posve prostorna i vremenska neprekinutost, utemeljena na primitivnim pojmovima gibanja i trajanja.«⁴¹

4.

Obrazlažući zakon neprekinutosti u matematici (geometriji) i u prirodi Boškoviću su se nametnule neke teškoće koje ga, čini se, krše. S druge strane postojali su ozbiljni prigovori uvaženih znanstvenika njegova doba glede valjanosti zakona neprekinutosti. Odgovarajući i na jedan i na drugi zahtjev Bošković je ustvrdio da se nikako ne može odreći zakona neprekinutosti.⁴²

³⁷ CL, br. 51.

³⁸ ThPhN, br. 143.

³⁹ Usp. ThPhN, br. 39, 143–152, CL, br. 138.

⁴⁰ Salvo D'Agostino, nav. dj. (bilj. 6), str. 1608 i str. 644.

⁴¹ Isto.

⁴² Usp. ThPhN, br. 31.

Zakon neprekinutosti smatrali su neki vodeći znanstvenici kao C. Maclaurin (1698–1746) i P. L. M. de Maupertuis (1698–1759) proturječnim i neodrživim te su ga zbog toga kao nepotrebnog potpuno odbacivali.⁴³ Maupertuis je upozorio na dvije nejasnoće glede zakona neprekinutosti. Jedna je u tome da nam je nepoznat način nastajanja brzine i da li se pri tome povređuje neprekinutost. Drugo, mislio je da zakon neprekinutosti u sebi samom sadrži kontradikciju koja se sastoji u zadržavanju skoka. Iz pretpostavke da ništa ne može prijeći od jedne vrijednosti veličine u drugu, a da ne prijeđe sve međustupnjeve Maupertuis je zaključio da stupnjeviti prijelazi, bilo kako maleni, narušavaju neprekinutost kao i bilo kakva iznenadna promjena. »A prijelaz najneprimjetniji od svih zar ne potvrđuje neprekinutost isto toliko koliko bi ga pokvarilo iznenadno rušenje Svemira.«⁴⁴ I Maclaurin je, prihvaćajući neposredni dodir i djelovanje impulsa u srazu, nužno došao do toga da se zakon neprekinutosti ne može sačuvati i smatrao ga je čak apsurdnim. Njegova dvojba bila je ili napustiti neposredni dodir tijela i sačuvati neprekinutost ili je odbaciti zbog neposrednog dodira. Razlog Maclaurinova opredjeljenja leži u činjenici da su svi prihvaćali neposredni dodir i nitko se nije »usudio poricati svaki neposredni dodir svih tijela.«⁴⁵ Bošković je onaj koji se radikalno odlučio za taj korak.

Nakon pojašnjenja same prirode neprekinutosti i teškoća s njom u vezi te prigovora na valjanost zakona neprekinutosti Bošković prelazi na iznošenje dokaza za valjanost tog zakona. Odbacujući načelo dovoljnog razloga u lajbnicovskoj interpretaciji Bošković navodi dva druga dokaza od kojih se jedan zasniva na metafizičkim načelima, a drugi na indukciji.

Sve proučene pojave u prirodi i u matematici, tj. geometriji navode Boškovića da zaključuje kako je lakše nabrojati sve one stvari i pojave gdje se neprekinutost održava nego naći jednu gdje neprekinutost nije sačuvana.⁴⁶

Premda su primjeri koje je Bošković naveo da bi indukcijom dokazao zakon neprekinutosti sasvim dovoljni da bi se zaključilo da on ostaje neokrtnjen/nepovrijeđen (*illaesa*), Bošković je »pronašao i drugi metafizički dokaz neprekinutosti... a proizlazi iz same naravi neprekinutosti, u kojoj, kako je to primijetio i sam Aristotel, mora postojati zajednička granica koja prethodno spaja sa sljedećim, a ona upravo zato mora biti nedjeljiva, jer to spada u svojstvo granice.«⁴⁷

⁴³ Usp. CL, br. 5; ThPhN, br. 30.

⁴⁴ CL, br. 104.

⁴⁵ ThPhN, br. 30.

⁴⁶ Usp. CL, br. 136–138; ThPhN, br. 41–47.

⁴⁷ ThPhN, br. 48.

Slično i sažeto objašnjenje naravi neprekinutih veličina daje Bošković i na primjeru vremena, ali i svake druge količine/veličine koja traje neko neprekinuto vrijeme. Za takve količine vrijedi da istodobno ne mogu postojati dvije ili više vrijednosti te veličine, tj. ne može doći do skoka ili trenutnog prijelaza iz jedne veličine u drugu, a to bi značilo da se preskoče sve druge međuveličine. Po zakonima prirode neka količina (kvantiteta) u bilo kojem trenutku može imati samo jednu vrijednost veličine ili samo jedno stanje. Tako neko tijelo koje inače može mijenjati npr. brzinu ili gustoću u pojedinim će trenucima imati samo po jednu brzinu i gustoću.⁴⁸ Ako bismo ipak dopustili skok, onda bi u tom trenutku u kojem bi se on dogodio postojale dvije veličine, naime posljednja prvog niza i prva sljedećeg niza, a to je nemoguće. Kao što stvari ne mogu postojati, a da nisu u nekom stanju, isto tako ne mogu biti u više stanja istodobno.⁴⁹ One bi, napominje Bošković, mogle imati istodobno dva ili više stanja ili dvije ili više vrijednosti veličine (npr. dvije ili više brzina ili gustoća istodobno) jedino ako bi se dogodila replikacija koju Bošković potpuno izbacuje iz prirode ostavljajući njezino moguće ostvarenje jedino Božjoj svemoći.⁵⁰ Kako tijelo ne može, a da ne bude nigdje i ne može istodobno biti, a da bude na dva (ili više) mjesta (tj. ne postoji replikacija), to je svaki skok nemoguć pa se zakon neprekinutosti ne narušava.

U metafizički dokaz zakona neprekinutosti Bošković je unio dopunu⁵¹ koja se ne nalazi u raspravi *De continuitatis lege* iz 1754, a koja se godinu dana kasnije nalazi u raspravi *De lege virium* (1755).

Bošković je naime sam bio svjestan (a možda su mu i drugi uputili takav prigovor) da bi njegov dokaz mogao imati slabu točku jer bi doveo do nemogućnosti stvaranja i uništenja. Kod stvaranja bi se moglo dogoditi da se kraj prethodnog niza (nebitak) spoji s početkom idućeg niza (bitak) pa bi i jedno i drugo (tj. i bitak i nebitak) u isto vrijeme trebali i biti i ne biti, što je proturječno. Kod nestajanja/uništenja bi se opet kraj prvog/prethodnog niza (bitak) spojio s početkom sljedećeg (nebitak) što bi vodilo na istu vrstu argumentacije istodobnog postojanja i bitka i nebitka. Kao i obično, Bošković u naizgled bezizlaznim situacijama nalazi rješenje. U tu svrhu uvodi stvarni niz sa stvarnim svojstvima. Na njemu moraju postojati stvarna početna i krajnja točka, a ne one točke koje nisu ništa. Nebitak ili Ništa nema pravih svojstava te i ne zahtijeva početnu i završnu granicu svoje vrste, dok ih stvarna bića imaju. Kao što bitak po sebi

⁴⁸ Usp. ThPhN, br. 63.

⁴⁹ Usp. CL, br. 132; ThPhN, br. 49.

⁵⁰ Usp. CL, str. 31.

⁵¹ Usp. ThPhN, br. 52, 55, 57, 62.

isključuje nebitak, tako i stvarna granica niza isključuje granice nestvarnog niza. Ako dva niza stvarnih stanja ne bi bila spojena zajedničkom granicom, onda bi u istom trenutku postojale dvije granice tih nizova, tj. dva stvarna stanja. Nestvarni niz (nebitak) ne traži krajnju granicu. Njega naprosto isključuje sam bitak. Stvar koja postoji ne može istodobno s bitkom spojiti svoj nebitak. Iz ovog je jasna razlika između prelaska jedne veličine u drugu od nastajanja/stvaranja i uništenja/propadanja ili, kako to Bošković još naziva, prelazak od imaginarne kvantitete u bitak i bitka u imaginarnu kvantitetu. U slučaju nastajanja (i nestajanja) »ne postoji granica onog što se zove ništa, ali postoji i jedna druga granica niza koji ima opstojnost.«⁵²

Svojom argumentacijom Bošković je odbacio prigovor o nemogućnosti stvaranja/nastajanja i uništenja/nestajanja budući da ne može doći do povezivanja bitka s nebitkom.

II. Sila kao jedan od najvažnijih pojmova Boškovićeve teorije

1.

Zakon neprekinutosti i načela jednostavnosti i sličnoznačnosti čine deduktivnu stranu Boškovićeve teorije. Empirijski joj je povod bila analiza sraza dvaju tijela, problem koji je vrlo zaokupljao tadašnje znanstvenike.

Na temelju svojih dokaza zakona neprekinutosti Bošković je čvrsto ostao u uvjerenju da taj zakon ostaje sačuvan. S druge strane, problem njegova kršenja pri izravnom dodiru u srazu tijela postavio je preda nj dilemu da li da ga prihvati ili odbaci. Nasuprot svima koji su zakon neprekinutosti odbacili u ime očuvanja mišljenja o dodiru tijela, Bošković ne prihvaća ono što se općenito prihvaćalo (neposredni dodir tijela), a u ime očuvanja zakona neprekinutosti koji doduše ima podlogu u iskustvu, a uz to je dobro matematički obrazložen, ali ima i nekih poteškoća glede njegova narušavanja u prirodi i matematici. Ovo je ona temeljna točka u kojoj se Bošković razlikuje od sve dotadašnje filozofske i znanstvene tradicije i koja je otvorila put u Boškovićev 'novi svijet'. Iz te temeljne opredijeljenosti da se sačuva zakon neprekinutosti proizići će tako izvorni Boškovićeви rezultati.

Očito je, dakle, da se prije samog neposrednog dodira brzine jednog ili drugog ili obaju tijela počinju mijenjati. Za tu promjenu mora postojati neki

⁵² ThPhN, br. 57.

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.«⁵³ Sila je, dakle, po svojoj prirodi takva da determinira udaljavanje jednog tijela od drugog. Zbog toga je Bošković naziva *odbojna sila* (*vis repulsiva*). Prema njegovu shvaćanju to je »određenje koje će imati bilo koja čestica tvari kada treba da se udalji od bilo koje čestice dok je prisiljena da joj se približi i to prije dodira.«⁵⁴ Ta spoznaja o postojanju odbojnih sila nije mehanički usvojena od Newtona, nego je rezultat vlastitog promišljanja prirodnih pojava. Bez obzira na izvor tih sila važno je samo to da se njihovim djelovanjem ukida dodir čestica (ili tijela) iako ga iskustveno doživljavamo, kao uostalom i neprekinutost površine tijela. To međutim Boškoviću ne smeta jer mu osjetilna spoznaja nije vrhovni kriterij istinitosti. *Same osnove Boškovićeve stava (fundamenta ipsa nostrae sententiae)* ne mogu se ni potvrditi ni poreći pokusima ni svjedočanstvima osjetila. Za Boškovića je važno »da se okrenemo općenitijem načinu istraživanja«⁵⁵ po kojemu on pravi razliku među *fizikalnim* i *matematičkim* (ili *neposrednim*) dodirom. »Fizikalnim ćemo zvati onaj dodir... u kojemu 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.«⁵⁶

Pojam dodira odnosi se po Boškoviću zapravo samo na fizikalni dodir jer o matematičkom dodiru »naša osjetila ne mogu imati pravu sliku.«⁵⁷ Ipak upotrebljava i pojam matematičkog dodira da bi izbjegao nejasnoće i dvoznačnosti.

Gdje se nalazi izvor određenosti za privlačenje ili odbijanje? Drugim riječima, gdje je izvor sile? Odgovor na to pitanje, po Boškovićevu uvjerenju, prelazi okvir mogućnosti spoznaje te ga stoga i ne istražuje. »A kad bi i htio to ispitivati, nemam nade da bih to mogao otkriti.«⁵⁸ Svakako izvor te određenosti (tj. sile) »bez djelovanja na daljinu i bez ikakva impulsa«⁵⁹ može biti »ili u samoj naravi tvari koja zahtijeva takvo odbijanje pod uvjetom takvog razmaka od

⁵³ ThPhN, br. 73; usp. CL, br. 163; VV, br. 46; LV, br. 26; MD, br. 70 (=De materiae divisibilitate et principiis corporum, Romae 1757).

⁵⁴ CL, br. 163.

⁵⁵ VV, br. 42.

⁵⁶ Isto.

⁵⁷ ThPhN, br. 130.

⁵⁸ ThPhN, br. 8; usp. VV, br. 10.

⁵⁹ CL, br. 163.

druge tvari, ili po slobodnom Božjem zakonu koji je to odbijanje učinio da postoji na toj udaljenosti.«⁶⁰

Uvodeći privlačnu i odbojnu silu Bošković nije uveo dvije vrste sila, nego se tim pojmovima koristi da bi izrazio samo određenost za privlačenje i odbijanje.⁶¹

Pokazavši da su odbojna i privlačna sila jedna vrsta sila Bošković se pita kakav je zakon po kojem djeluje ta jedinstvena privlačno-odbojna sila. Kako zakon tih sila ovisi o međusobnoj udaljenosti čestica? Bošković donosi kvalitativno vrlo jasan opis tog zakona. »Zakon pak tih sila jest takav da su one pri neznatnim udaljenostima odbojne i povećavaju se beskonačno što se te udaljenosti beskonačno smanjuju, tako da su kadre uništiti svaku, ma kako veliku, brzinu kojom bi se jedna točka mogla približavati drugoj prije negoli iščezne njihova udaljenost; a kada se pak udaljenosti povećaju, one se tako smanjuju da pri svakoj neznatnoj udaljenosti sila nestaje. Ali tada povećavanjem udaljenosti prelaze u privlačne, koje najprije rastu, a zatim padaju, iščezavaju prelazeći u odbojne i rastući na isti način, zatim opadajući, iščezavajući i prelazeći ponovno u privlačne i tako redom izmjenično na brojnim, ali još uvijek posve neznatnim udaljenostima, sve dok, nakon što su došle na nešto veće udaljenosti, ne počnu postojati trajno privlačne i približno obrnuto razmjerne kvadratima udaljenosti, i to ili da se udaljenosti beskonačno povećavaju ili bar dok ne dođu do udaljenosti koje su mnogo veće od svih udaljenosti planeta i kometa.«⁶² Sam geometrijski oblik krivulje koja predstavlja zakon sila izgleda veoma kompliciran. Kako je dotada (a i poslije sve do danas) pravac smatran najjednostavnijom »krivuljom«, očito je tako složena krivulja kao što je Boškovićeva morala izazvati osjećaj kompliciranosti. Bošković je pak na više mjesta pokazivao i dokazivao da pravac nije najjednostavnija »krivulja«, nego je to upravo njegova krivulja sila (kasnije nazvana *curva Boscovichiana*). Ona veoma zorno prikazuje zakon sila tako da ga lako mogu shvatiti i nestručnjaci, kako Bošković naznačuje u predgovoru čitatelju iz bečkog izdanja *Teorije*.⁶³

U čemu se sastoji ta jednostavnost Boškovićeve krivulje sila? U načinu na koji je tom krivuljom prikazana povezanost i ovisnost između sila i udaljenosti, a koja je krivulja takva da se »stvar može tako učiniti pristupačnom da je mogu vlastitim očima potpuno sagledati i oni koji čak nimalo ne poznaju geometriju,

⁶⁰ Isto.

⁶¹ Usp. VV, br. 41, 50.

⁶² ThPhN, br. 10.

⁶³ ThPhN, str. XIV.

samo ako im se objasni ono nekoliko pojmova.«⁶⁴ Bošković pojašnjava što predstavljaju pojedini elementi krivulje u koordinatnom sustavu.

2.

Krivulja ima tri osnovna dijela: odbojni asimptotski luk, privlačni gravitacijski luk i srednje lukove koji predstavljaju privlačne i odbojne sile.

Odbojni asimptotski luk izvorno je Boškovićev. Pomoću njega tumači nemogućnost dodira između osnovnih tvarnih točaka kao i neproničnost/neprobojnost čestica tvari. Bošković dopušta mogućnost postojanja više asimptotskih lukova. Krivulje sile između asimptota predstavljale bi svjetove za sebe koji bi međusobno bili izolirani. Svjetovi manjih dimenzija u odnosu na veće svjetove bili bi kao točka. Rečeno jezikom suvremene znanosti radi se o tzv. sužanjstvu čestica, tj. o činjenici da je svaka čestica svoj zasebni svijet koji s drugim svijetom nema nikakve veze. Kako je Bošković zazirao od aktualne beskonačnosti, u njegovoj bi teoriji bilo primjerenije asimptotske lukove zamijeniti vrlo velikim, ali ipak konačnim barijerama.

Što se tiče privlačnog gravitacijskog luka Boškovićeve krivulje sila, on je samo sličan Newtonovu zakonu gravitacije. Bošković je izrazio dvojbu u točnost promjene sile obrnuto razmjerno kvadratu udaljenosti. Ni Maupertuisovo mišljenje nije omelo Boškovića da protiv Newtonova zakona iznese svoje prigovore. Maupertuis je naime mislio da je Newtonov zakon savršen. Po Boškoviću on ne samo da nije savršen nego je posve nesavršen. Ta se nesavršenost očituje u tome što on dovodi do apsurdna za vrlo male udaljenosti, kao što su npr. narušavanje neprekinutosti, nužnost prihvaćanja beskonačnih veličina, postojanje replikacije i dr.

Bošković dopušta radikalno odstupanje od Newtonova zakona. Na vrlo velikim udaljenostima privlačni luk može ne biti asimptotski, nego može sjeći os. Tom se pretpostavkom objašnjava zašto se zvijezde stajačice ne uruše u sebe, što bi se dogodilo kad bi postojala samo privlačna sila među njima. Urušavanje se ne događa zbog toga što na tim udaljenostima postoje privlačne i odbojne sile. »Naime u tim udaljenostima sile negdje iščeznu te ponovno također prijeđu u odbojne, iz čega lako može nastati neka ravnoteža ili pak tu i tamo neznatno kretanje oko onih granica u kojima se prelazi iz privlačenja u odbijanje ili obratno...«⁶⁵ Ideja zaista podsjeća na moderne kozmološke teorije o svemiru.

⁶⁴ ThPhN, str. XIV–XV.

⁶⁵ Ruder Bošković, *De lumine pars secunda*, Romae, 1748 (=DL II), br. 19.

Boškovićeve ideje o potrebi korekcije Newtonova zakona gravitacije na velikim udaljenostima bila je nazočna i u Einsteinovu modelu stacioniranog i zatvorenog svemira. Da bi se tvar raspršena u svemiru održala u ravnoteži, Einstein je uz gravitacijsku silu uveo dodatnu odbojnu silu čija se jačina određuje tzv. kozmološkim Λ -članom.⁶⁶

Srednjim lukovima krivulje sila Bošković tumači mnoštvo drugih pojava u prirodi (čvrstoću, fluidnost, kemijske pojave itd.). Postojanje više prijelaza kod Boškovićeve krivulje sila iz privlačnog u odbojni luk (i obrnuto) činilo se W. Thomsonu neobično i suvišno. Prema njegovu mišljenju, dovoljan je samo jedan prijelaz za objašnjenje kristalografije i elastičnosti čvrstih tijela kao i termoelastičnih svojstava tijela.⁶⁷

3.

Pa ipak su mnogi filozofi prirode pod utjecajem Boškovića ili neovisno od njega došli do sličnih rezultata kakve nalazimo u Boškovićevoj teoriji. Uz filozofijsko postoji i znanstveno opravdanje Boškovićeve krivulje sila. U Boškovićevo vrijeme situacija u znanosti bila je slična današnjoj glede shvaćanja različitih vrsta sila u prirodi. Već je Newton razlikovao silu gravitacije, kohezije i fermentacije. U Boškovićevo vrijeme držalo se da u prirodi postoje četiri osnovne sile, i to gravitacija, električna sila, magnetska sila i kohezija. Fizika danas razlikuje četiri vrste sila: gravitaciju, elektromagnetsku silu, slabu i jaku silu. Gravitacijska sila uvijek djeluje među masama privlačno, i to približno obrnuto s kvadratom udaljenosti, kao što nalazimo kod Newtona. To je ustvari prvo ujedinjenje u fizici jer se tim zakonom tumače gibanja kako nebeskih tijela tako i tijela na Zemlji. Električna sila djeluje među česticama koje imaju pozitivan ili negativan električni naboj te ovisno o tome mogu biti privlačne ili odbojne, a ovisi o međusobnoj udaljenosti naboja isto kao i gravitacijska sila. Gibanje električnog naboja proizvodi magnetsku silu koja pokazuje istu zakonitost kao i električna. Ujedinjenjem električnih i magnetskih pojava, koje su se do tada smatrale neovisnim jedne od drugih, M. Faraday (1791–1867) i J. C. Maxwell (1831–1879) proveli su drugo ujedinjenje u fizici. Slabe sile djeluju među česticama i uzrokuju alfa- i beta-radioaktivnost. Ujedinjenje slabih i elektromagnetskih sila u tzv. elektroslabu silu potvrđeno je i eksperimentalno,

⁶⁶ Usp. Mladen Martinis, *Fundamentalne sile i struktura materije, Scientia Yugoslavica*, 14 (3–4), Zagreb, 1988, str. 113.

⁶⁷ Usp. William Thomson (Lord Kelvin), *On Boscovich's Theory, Nature*, Oct. 3, 1889, str. 545, usp. isti, *On the Elasticity of a Crystal according to Boscovich, Philosophical Magazine and Journal of Science*, vol. XXXVI – Fifth series, London, 1983, str. 414–430.

i to predstavlja treće ujedinjenje u fizici. Konačno, četvrta vrsta sile jesu jake sile koje djeluju među kvarkovima i leptonima, tj. sastavnim dijelovima elementarnih čestica koje se zovu hadroni. Primjer jake sile jest nuklearna sila. Ideja da su hadroni (*hadrons*, ἄδρός = jak, velik) složeni od jednostavnijih matematičkih tvorevina – kvarkova – bila je hipotetska jer slobodni kvarkovi nisu registrirani. Oni i ne mogu biti, po teoriji kvantne kromodinamike (Quantum Chromodynamics, QCD), slobodne čestice, nego samo kao vezane. Prema tome, njihova se masa određuje posredno iz mjerenja na hadronima. Pri tome valja spomenuti da kvarkovi posjeduju dvije različite mase: strujnu masu (current mass) i sastavnu masu (constituent mass).⁶⁸ Ujedinjenje elektroslabe sile i jake sile četvrto je ujedinjenje u fizici poznato pod nazivom veliko ujedinjenje (*GUT – Grand Unified Theory*). Ostaje problem ujedinjenja velike ujedinjene teorije (GUT) i gravitacije.

Još prije je bilo pokušaja ujedinjenja elektromagnetske sile s gravitacijskom silom (G. Mie, D. Hilbert, H. Weyl).⁶⁹ Tako je npr. Mie pokušao povezati elektrone s gravitacijom. Naboj elektrona u atomu uravnotežen je pozitivnim nabojem jezgre tako da atom prema vani djeluje električno neutralno. On međutim kao cjelina djeluje na gravitacijsko polje. Mie je pretpostavio da između električnih i gravitacijskih djelovanja postoje stalni prijelazi, što podsjeća na Boškovićev model tvari.⁷⁰

Međutim, jedan od prvih i svakako najradikalnijih pokušaja ujedinjenja svih poznatih sila učinio je Bošković svojim *jednim jedinim zakonom sila (lex unica virium)*. On se doduše nije posebno bavio električnim i magnetskim pojavama, ali ih je obuhvatio svojom teorijom tako da se može reći kako je njegov zakon sila prvi model unifikacije, istina proveden u okviru kvalitativnih razmatranja svojstvenih njegovoj teoriji.

Kvalitativni oblik Boškovićeve krivulje sila određen je iz istraživanja fenomena, u čemu se Boškovićevo shvaćanje potpuno podudara s Einsteinovim zahtjevom da naše znanje o empirijskom svijetu proizlazi iz pokusa. Taj oblik ima svoju potvrdu u suvremenoj znanosti. Krivulje koje prikazuju ovisnost sile o udaljenosti u slučaju atoma (atomske sile) i nuklearnih čestica (nuklearne sile) vrlo su slične Boškovićevoj krivulji. »Veliko Boškovićevo dostignuće je u tome

⁶⁸ Opširnije o tome i o kvarkovskoj građi hadrona vidi u: Tomislav Petković, *Moderna eksperimentalna fizika i spoznajna teorija*, Zagreb, 1990, str. 193–195, 281–287.

⁶⁹ Usp. Klaus Mainzer, *Symmetrien der Natur. Ein Handbuch zur Natur- und Wissenschaftsphilosophie*, Berlin–New York, 1988, str. 395–403; o ujedinjenju sila općenito usp. Tomislav Petković, nav. dj. (bilj. 68), str. 72–77.

⁷⁰ Klaus Mainzer, isto, str. 395–396.

što je uočio da su sile koje vladaju na malim udaljenostima drukčije od onih na velikim udaljenostima.«⁷¹ Isto tako, Boškovićeve ideje izoliranih svjetova realizira se danas u fizici u tzv. sužanjstvu kvarkova, čime Bošković ne bi bio iznenađen. Stoga Ph. M. Rinard izričito kaže: »Čini se malo vjerojatnim da bi Bošković bio iznenađen kvarkovskim modelom koji subnuklearne čestice gradi od 'mnoštva (swarms) mnogo manjih objekata' tako da nukleoni postaju molekule izgrađene od kvarkova.«⁷² Isto tako bi Bošković prihvatio »neobičan zahtjev« (»unusual requirement«) da sila među kvarkovima raste s povećanjem udaljenosti. Tako se može kazati da kod Boškovića postoji mnoštvo ideja koje imaju svoje paralele u današnjoj znanosti, i to je ono po čemu Bošković zaslužuje pozornost i danas.⁷³

Ali postoji i jedna razlika između nuklearnih sila i Boškovićeve sile. Bošković je držao da sila ovisi samo o međusobnoj udaljenosti čestica. Nuklearna sila ovisi međutim o nekim parametrima kao što su količina gibanja, spin, izospin. Udaljenost je za Boškovića bitna odrednica iz koje se izvode sile i svojstva tvari. »Udaljenost gdje sila prelazi od odbojne prema privlačnoj odgovorna je za osnovna svojstva tvari i može se usporediti s Heisenbergovom univerzalnom dužinom u njegovoj teoriji ujedinjenih polja.«⁷⁴ Masa je s Boškovićem definitivno prestala biti osnovno svojstvo tvari. »Bošković je prvi karakterizirao tvar isključivo pomoću udaljenosti...«⁷⁵ Kada je Heisenberg masu elektrona zamijenio operatorom koji sadrži univerzalnu dužinu, onda je bio posve na tragu Boškovićeve ideje. Stoga »ako se, jednog dana, nova konstanta temeljne dužine doda dvjema sadašnjim osnovnim konstantama (brzini svjetlosti c i Planckovoj konstanti h , onda bi bilo primjereno da nosi Boškovićevo ime.«⁷⁶

Ideja koju je Bošković postavio svojom teorijom sila još nije u znanosti ostvarena, a to je »jednostavnost i ljepota Boškovićeve teorije koja objašnjava

⁷¹ Ivo Šlaus, Sile u modernoj fizici i u Boškovićevoj »Teoriji«, *Filozofija znanosti Ruđera Boškovića, Radovi simpozija Filozofsko-teološkog instituta DI*, Zagreb, 1987, str. 95; isti, *Forces in Modern Physics and in Bošković's »Theoria«*, *The Philosophy of Science of Ruđer Bošković, Proceedings of the Symposium of the Institute of Philosophy and Theology, S. J.*, Zagreb, 1987, str. 108.

⁷² Philip M. Rinard, Quarks and Boscovich, *American Journal of Physics*, vol. 44. No 7, 1976, str. 704.

⁷³ Isto, str. 705.

⁷⁴ Ivo Šlaus, nav. dj. (bilj. 71), str. 99 (engl. izd. str. 111).

⁷⁵ Ivan Supek, Humanist i znanstvenik Ruđer Bošković, *Filozofska istraživanja*, 32–33, Zagreb, 1989, str. 1469; isti, Ruđer Bošković as a Humanist and Scientist, *Synthesis Philosophica*, 8, Zagreb, 1989, str. 519.

⁷⁶ Isto, str. 1469 i str. 520.

mnoštvo prirodnih pojava jednom jedinstvenom silom i postavlja dugoročnu strategiju istraživanja strukture materije.«⁷⁷

III. Novi uvidi u strukturu tvari

1.

Kao što je iz nepovredivosti zakona neprekinutosti došao do odbojnih sila, tako je iz zakona sila izveo svojstva osnovnih elemenata tvari. Pitanje o prvim elementima tvari javlja se prvi puta u Boškovićevoj raspravi *De lumine, pars secunda (O svjetlosti, drugi dio)* gdje se kaže da je moguće iz oblika krivulje sila objasniti sva opća svojstva tijela i mnoga od pojedinačnih svojstava.

Osnovni elementi tvari jednostavni su, neprotežni, nedjeljivi, nepromjenjivi, homogeni i nepрониčni – to su tvarne točke ili atomi tvari po Boškoviću. Pri tome on razlikuje matematičke i fizikalne točke. Fizikalne točke tvari imaju svojstva inercije i aktivnih sila bez obzira na njihovo porijeklo. One su dakle nešto stvarno.⁷⁸ Takvi tvarni elementi ne mogu zbog odbojnih sila biti susljedni, nego su međusobno odvojeni, ali ipak čine tvarnu protežnost, ali takvu koja nije matematički neprekinuta (kontinuirana), nego samo fizički, tj. diskretna. E. Cassirer bio je iznenađen Boškovićevim rješenjem. »Time stojimo pred paradoksalnim rezultatom: da je tvarni kontinuum ukinut zakonom kontinuiteta. Da bi se sačuvala neprekinutost događanja i u svojoj strogosti ispravno održala, mora se bitak raspasti na diskretne elemente.«⁷⁹

Glede protežnosti tvari gotovo svi filozofi i učenjaci baštinili su *zajednički stav (communis Philosophorum sententia)* da se za sigurno drži i dokazuje da postoji neprekinuta protežnost tvari i da o tome nema nikakve dvojbe.⁸⁰ Bošković je izrazio dvojbu u to tvrdeći: »Nijednim se dokazom uopće ne dokazuje da tvar ima neprekinutu protežnost.«⁸¹ Tvrdnju koju su prihvaćali gotovo svi filozofi o neprekinutoj protežnosti tvari Bošković naziva *čistom pretpostavkom (pura hypothesis)*. Upravo je po Boškoviću suprotno, tj. složevine nisu neprekinuto protežne, nego se sastoje od neprotežnih točaka za što postoje

⁷⁷ Ivo Šlaus, nav. dj. (bilj. 71), str. 97 (engl. izd. str. 110).

⁷⁸ Usp. ThPhN, br. 136; MD, br. 17–18.

⁷⁹ Ernst Cassirer, *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit*, Berlin, 1907, str. 396.

⁸⁰ Usp. MD, br. 1.

⁸¹ MD, br. 11, usp. isto, br. 63.

prilično valjani razlozi.⁸² Protežnost po Boškoviću proizlazi iz činjenice da se jedni dijelovi tvari nalaze izvan drugih, tj. da je tvar neprobojna.⁸³ Kako je neprobojnost izravna posljedica sila (odbojnih), može se reći da su one uzrok protežnosti. Iz same tvrdnje, dobivene iz razmatranja vjerojatnosti, da dvije ili više tvarnih točaka ne mogu istodobno zauzeti istu točku prostora Bošković zaključuje (opet iz zakona vjerojatnosti) da ne može biti dvojbe da se čestice raspršuju u sve tri dimenzije i tako dolazimo do spoznaje protežnosti u duljinu, širinu, dubinu. Vjerojatnost raspodjele u prostoru beskonačno je veća od raspodjele u dvije ili samo u jednoj dimenziji. Takva protežnost nije za Boškovića neprekinuta u matematičkom smislu, nego samo u fizičkom.⁸⁴ Razlikovanje koje on provodi između matematičke (geometrijske) i fizičke protežnosti opravdano je sa stajališta Boškovićeve teorije. Matematički je neprekinuta protežnost ona u kojoj ne postoje nikakvi *prekidi* (*interruptiones*). Kod fizičke protežnosti postoje tako mali razmaci da se ne mogu osjetilima spoznati. Matematička neprekinuta protežnost postoji po shvaćanju geometričara u svemu prostoru, a po shvaćanju fizičara samo u najsitnijim elementima tvari. Fizičku neprekinutu protežnost nalazimo u tjelesima sastavljenim od međusobno razmaknutih čestica. Primjeri takve protežnosti za Boškovića jesu staklo, mramor i druge tvari premda u njima postoji mnoštvo međuprostora koji dopuštaju prodiranje drugih tvari u te tvari. Dok su dotadašnji fizičari dopuštali i matematičku protežnost u tvari, naime u najsitnijim elementima tvari, Bošković je ne dopušta ni u najsitnijim česticama. Osnovni razlog za to jest što on prve najsitnije elemente tvari shvaća kao potpuno nedjeljive tvarne točke, dok su drugi filozofi prirode najsitnije čestice tvari još uvijek uglavnom shvaćali kao kuglice djeljive u beskonačnost. Tako su mogli od protežnih točaka koje se međusobno dodiruju dobiti matematičku neprekinutu protežnost. Za Boškovića to je nemoguće jer se njegove neprotežne tvarne točke ne mogu dodirivati, a da ne padnu jedna u drugu, tj. da kompenriraju. Zato Bošković priznaje u tvari samo fizičku protežnost. Nema dakle matematičke neprekidnine u tvari.

Stoga su mu i prigovarali da njegova fizička protežnost nije nikakva protežnost jer se sastoji od neprotežnih točaka tvari i praznine, a to je *ništa*, a ne *nešto*. Boškovićeva obrana smjera na sasvim drukčije shvaćanje. Nisu, prema njegovu mišljenju, samo točke one koje čine protežnost nego točke koje imaju relacije međusobnih udaljenosti (*sed punctis habentibus relationes distantiarum a se invicem*).⁸⁵ Te relacije međusobnih udaljenosti nisu naprosto prazni prostor

⁸² Usp. MD, br. 11.

⁸³ Usp. DL II, br. 12.

⁸⁴ Isto, br. 12–13; ThPhN, br. 392.

⁸⁵ Usp. ThPhN, br. 372.

kojeg nema, nego su to mogućnosti stvarnih lokalnih/mjesnih načina postojanja. Protežnost koju Bošković dopušta jest ona koja se shvaća kao fizički neprekinuta protežnost.

Kao što je Bošković dopuštao mogućnost postojanja više asimptotskih lukova krivulje sile, tako je razmatrao i mogućnost da krivulja sile nema ni jedne asimptote osim kroz ishodište ili da među česticama tvari uopće nema sile. Taj slučaj vodi Boškovića do zaključka koji je vrlo aktualan u današnjoj znanosti. Radi se o prolazu jedne tvari kroz drugu.⁸⁶ Bošković kaže: »U tom je slučaju posve jasno da će ta masa, kad bi joj bilo moguće utisnuti dovoljno jaku brzinu, proći kroz svaku masu bez ikakva poremećaja njezinih dijelova i bez poremećaja dijelova one druge mase.«⁸⁷ Ili u tom slučaju »...bi nam bilo moguće proći kroz zatvorena vrata i proletjeti i kroz najtvrde zidne ograde bez ikakve smetnje i bez ikakve prave kompenetracije samo kad bismo mogli sebi dati dovoljno veliku brzinu.«⁸⁸

Niti pojave u suvremenoj znanosti ne bi, čini se, iznenadile Boškovića s obzirom na tako neobičan zaključak o prolazu čestica kroz tvar. Danas je eksperimentalno potvrđen prolaz brzih čestica kroz tvar, a da im se pri tome struktura ne mijenja. Za vrlo velike brzine kakve pretpostavlja Bošković, ali ih ne određuje kvantitativno, mogla bi i veća (tj. makroskopska) tijela prolaziti kroz drugu tvar bez ikakve smetnje. O tako velikim brzinama danas se ništa ne može reći da li će se ostvariti.⁸⁹

I ovaj Boškovićev primjer pokazuje koliko je on imao znanstveničke smjelogosti odstupiti od općeprihvaćenih shvaćanja koja izviru iz iskustava makrosvijeta i u području mikrosvijeta i velikih brzina (danas bismo rekli područje relativističke kvantne fizike) uvesti sasvim druge zakonitosti. Upravo je stoga Nietzsche hvalio Boškovića »koji je prvi puta matematički pokazao da je pretpostavka *ispunjenih* atomskih točaka hipoteza za najstrožu znanost mehanike.«⁹⁰ Boš-

⁸⁶ Isto, br. 366–370.

⁸⁷ Isto, br. 366.

⁸⁸ Isto, br. 370.

⁸⁹ Usp. Dubravko Tadić, *Grada tvari i Boškovićeve ideje, Filozofija znanosti Rudera Boškovića, Radovi simpozija Filozofsko-teološkog instituta DI*, Zagreb, 1987, str. 111–112; isti, Bošković's Theories on the Structure of Matter, The Philosophy of Science of Ruder Bošković, *Proceedings of the Symposium of the Institute of Philosophy and Theology, S. J.*, Zagreb, 1987, str. 123–124.

⁹⁰ Friedrich Nietzsche, *Werke IV* (Hrsg. von Karl Schlechta), Ullstein Buch, Nr. 2910 im Verlag Ullstein GmbH, Frankfurt/M–Berlin–Wien, (III), 1212 (pismo Peteru Gastu kolovoza 1883). O Nietzscheu i Boškoviću usp. također: J. O. Fleckstein, Nietzsches berühmtes Boscovichzitat, *Actes du Symposium international R. J. Bošković 1961*, Beograd, Zagreb, Ljubljana, 1962 (= Actes II), str. 235–238; Vuko Pavićević, Nietzsche über Boscovich, *Actes II*, str. 239–241; G. J. Stack, Nietzsche and Boscovich's Natural Philosophy, *Pacific Philosophical Quarterly*, 62, 1981, str. 69–87.

kovićevo odbacivanje atoma kao grudica tvari, kao i Kopernikova tvrdnja da Zemlja ne miruje, proturječe osjetilnom iskustvu te su upravo stoga »najveći trijumf nad osjetilima koji je dosad za Zemlji postignut.«⁹¹ Upravo su zbog toga Kopernik i Bošković »dva najveća protivnika pričina. Nakon njega *ne postoji više tvar*, ona je jednostavno olakšanje. On je atomsku teoriju domislio do kraja. *Težina* sasvim izvjesno nije 'svojstvo tvari' jednostavno jer materija ne postoji. *Sila teža* je, isto kao i *vis inertiae*, sigurno pojavni oblik sile, jednostavno jer ne postoji ništa drugo nego sila.«⁹²

Upravo je u tome jedna od najvažnijih njegovih zasluga za znanost i filozofiju. On je prekinuo »... s materijalističko-korpuskularnom teorijom materije i postavio svoju i prvu pravu dinamističko-atomističku teoriju« stvorivši tako novi pojam zbiljnosti i razbijajući »osnove cijele dotadanje slike svijeta, u kojoj se objektivni svijet svagda predstavljao kao kontinuirano povezana protežna tvar, koja je slika bila primjerena osjetilnom dojmu čovjeka.«⁹³ Stoga »... glasovitom 'kopernikanskom obratu' valjalo bi svakako dodati i 'boškovićanski obrat'...«⁹⁴

Pitanje koje se nametnulo Boškoviću, a preuzeto je iz tradicije, bilo je kako od neprotežnih tvarnih točaka izgraditi neprekinuto protežni tvarni svijet. Kako su Boškovićeve tvarne (tj. fizikalne) točke obdarene silama, one mogu očuvati svoj položaj i sačiniti masu isto tako prilično postojanog oblika. Od takvih »... posve nedjeljivih točaka i, ako se hoće, posve homogenih bez ikakve stvarne neprekinute kolikoće mogu se sastaviti čestice tvari pokretne, tvrde i održive ili oblikom ustrajne, neprobojne, protežne...«⁹⁵ Takve čestice mogu dalje sastavljati veće mase, tj. tvarna tijela.⁹⁶ Da bi se pojasnilo kako tvarne točke sastavljaju čestice, a one još veće i složenije čestice i konačno veće mase, Bošković polazi od najjednostavnije prema sve složenijim kombinacijama točaka.

2.

Posebno je važan slučaj sustava od tri točke koji će Boškovića dovesti do neobično važnog zaključka kojeg ni sam Bošković nije bio do kraja svjestan iako je naslućivao njegovu važnost. Stoga on izričito i kaže da je to »krasna teorija o

⁹¹ F. Nietzsche, Werke III. (II.), 577.

⁹² Isto, IV. (III.), 1178.

⁹³ Vladimir Filipović, Ruder Bošković i njegovo značenje za suvremenu nauku i filozofiju prirode, *Tesla*, VIII/1961, str. 30.

⁹⁴ Isto, str. 31.

⁹⁵ MD, br. 55.

⁹⁶ Usp. MD, br. 26.

točki smještenoj na elipsi dok druge dvije točke zauzimaju žarišta.«⁹⁷ Ta »krasna teorija« (*elegans theoria*) može se nazvati Boškovićevim »modelom atoma«, koji potječe iz 1748. god. iz rasprave *De lumine, pars secunda (O svjetlosti, drugi dio)*, dakle deset godina prije njegova glavnog djela *Teorija*. Taj je model prethodio poznatom Bohrovu modelu atoma (1913).

Problem atomske strukture pojavio se kada je J. J. Thomson (1865–1940) otkrio elektron (1897) kao sastavni dio atoma. No kako su elektroni raspoređeni u atomu? Budući da je atom kao cjelina električki neutralan, a za elektron se pokazalo da je električki negativan, to mora 'ostatak', kasnije nazvan 'nukleus' ili jezgra atoma biti električki pozitivan. Pretpostavku da atom slični sunčevu sustavu prvi je iznio J. B. Perrin (1879–1942). On je 1901. pretpostavio da se elektroni kreću oko jezgre slično kao što se planeti kreću oko Sunca. Lord Kelvin (1824–1907) zamišljao je da je pozitivni naboj smješten u maloj kuglici oko koje se nalaze razmješteni elektroni koji su u ravnotežnim stanjima. J. J. Thomson je u početku iznio tzv. *statički model atoma* po kojem se atom zamišlja kao pozitivno nabijeni fluid u kojemu su raspršeni elektroni koji su u ravnoteži. Kako se električna struja sastoji od elektrona, a ne od električnog fluida, Thomson je postavio drugu pretpostavku po kojoj se elektroni kreću oko pozitivne jezgre (*kinematički model atoma*). Ali i taj je model imao jednu teškoću. Naime, električna čestica koja se kreće zrači čim joj se mijenja brzina bilo po iznosu bilo po smjeru te tako gubi kinetičku energiju, što rezultira približavanjem elektrona jezgri po spiralnoj stazi sve dok elektron ne padne u jezgru. Da bi izbjegao tu poteškoću, Thomson je u teoriju morao uvesti novu hipotezu koja ne bi dopuštala da se elektron tako kreće da zračeći gubi energiju. Poznavajući Boškovićevu teoriju Thomson je svoju pretpostavku izveo izravno iz Boškovićeve krivulje sila i njegova 'modela atoma' koji uvodi ideju 'dopuštenih' i 'zabranjenih' staza, što je kasnije Niels Bohr (1885–1962) uzeo kao jednu od osnova svog modela atoma. Bošković nije nikad izričito spominjao pojmove 'dopuštene' i 'zabranjene' staze, ali je ta ideja odlučujuća u njegovu opisu sustava tri točke gdje se jedna kreće po točno određenim elipsama. 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.«⁹⁸ Te stabilne staze po kojima se kreću elektroni oštro se razlikuju jedna od druge; one su kvantizirane. Stanja elektrona u tim su stazama tzv. *stacionarna stanja*. Tu Thomsonovu ideju prihvatio je Bohr uz dodatak koji je u suprotnosti s klasičnom teorijom, naime da elektron

⁹⁷ ThPhN, br. 230.

⁹⁸ H. V. Gill, Roger Boscovich, S. J. (1711–1787). Forerunner of Modern Physical Theories, Dublin, 1941, str. 21–22.

krećući se po takvoj stazi ne zrači nikakvu energiju. Atomi zrače energiju samo kada elektroni iz pobuđenog stacionarnog stanja (vanjske staze) prelaze u stacionarna stanja niže energije (unutarnje staze) pri čemu emitiraju energiju koja je jednaka razlici energija višeg i nižeg stanja.

Ako se usporedi Bohrov model atoma s Boškovićevim 'modelom atoma', onda je očita misaona tradicija koja ide od Boškovića preko Thomsona do Bohra. Boškovićevo je značenje u istraživanju mikrosvijeta toliko da H. V. Gill misli da se Boškovićevo ime treba naći uz J. J. Thomsona, »koji je svoj dug priznao svom velikom prethodniku, koji je možda bio prvi što se posvetio 'mikroskopskoj fizici'.«⁹⁹ Od Thomsonove pretpostavke do Bohrovih postulata put je bio sasvim prirodan. Stoga nije pretjerano uvjerenje H. V. Gilla »...da je Bohrov atom izravni nasljednik Boškovićevega zakona sila između čestica razmaknutih mikroskopskim udaljenostima.«¹⁰⁰ 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«,¹⁰¹ ali ih je izostavio iz razmatranja »jer mi se ni najmanje ne čini prikladnim za primjenu moje teorije.«¹⁰² To je sasvim razumljivo kada se ima u vidu tadašnje stanje istraživanja mikrosvijeta kao i eksperimentalnih mogućnosti. »Gdje je Bošković posadio prije dvjesto godina drugi su požnjeli.«¹⁰³ 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.«¹⁰⁴

Govoreći o sve složenijim česticama Bošković ispituje odakle proizlazi tako velika različnost i raznolikost među njima, a onda i među tijelima koja se sastoje od takvih čestica. »Sve se te razlike odnose na broj i raspodjelu točaka u raznim česticama.«¹⁰⁵ Riječ je dakle o unutarnjem ustroju ili strukturi čestica što je vrlo aktualno u suvremenoj znanosti. Bošković je vjerojatno prvi koji je tvrdio da skupna, tj. makroskopska (fizička, kemijska, biološka) svojstva tvari ovise o njezinoj strukturi. Ta se ideja o povezanosti strukture i svojstava tvari izričitije pojavila u 19. stoljeću kod Berzeliusa (1830) i Butlerova (1861), a u kvantificiranom obliku kod Crum-Browna i Fräsera.¹⁰⁶ Koristeći se Boškovićevom

⁹⁹ Isto, str. 26.

¹⁰⁰ Isto, str. 30.

¹⁰¹ ThPhN, br. 236.

¹⁰² Isto.

¹⁰³ H. V. Gill, nav. dj. (bilj. 98), str. 26.

¹⁰⁴ Isto, str. 30.

¹⁰⁵ ThPhN, br. 421.

¹⁰⁶ Usp. Nenad Trinajstić/Sonja Nikolić/Dražen Horvat, O prirodi kemijske strukture, *Scientia Yugoslavica*, 14(3–4), Zagreb, 1988, str. 53.

idejom već je Davy njegove bezmasne točke tvari zamijenio tvornim kuglicama s masom i volumenom i pomoću privlačnih i odbojnih sila među njima objašnjavao strukturu i svojstva tvari. Premda kritiziran zbog točkastih atoma bez mase, Boškovićev model strukture tvari predstavljao je važan stupanj u razumijevanju prirode. Na njega »valja gledati kao na model s kojim je pokušao objasniti strukturu tvari.«¹⁰⁷ Kao i na svaki model, tako se i na njega može »gledati kao na grubu, ali upotrebljivu aproksimaciju, i od njega ne treba tražiti više.«¹⁰⁸

3.

U okviru svoje teorije Bošković je raspravljao o tome kako svjetlost djeluje na tvar. Čestice svjetlosti djeluju na sitne čestice tijela dajući im neko, neznatno gibanje. Zbog takva gibanja nekolicine čestica tvari dolazi do poremećaja i u ostalim česticama tvari, što se prenosi na veći dio ili na čitavu masu.¹⁰⁹ To unutarnje gibanje proizvodi u tijelu toplinu koja može dostići takav stupanj da se tijelo može spaliti ili zažariti. To je potvrda da je Bošković, kako je upozorio Lord Kelvin, preteča termodinamike i kinetičke teorije plinova.¹¹⁰

No ne samo da svjetlosne čestice djelujući na druge čestice tvari izazivaju njihovim gibanjem toplinu nego one uzrokuju pojavu luminiscencije. Bošković kaže: »Nakon lutanja svjetlosti duž mnogobrojnih i raznolikih staza unutar neprozirnih tijela ona bar nekim svojim dijelom dolaze do površinskih čestica i zatim odleti. Odatle svakako potječe ona svjetlost mnogobrojnih fosfornih tijela koja su nama pristupačna. Ona povučena sa Sunca u tamu svijetle nekoliko sekundi, pa nam broj sekundi dozvoljava da nađemo duljinu pređenog puta u toku tolikih prolazaka i povrataka unutar nutarnjih prolaza.«¹¹¹ Na osnovi toga ruski je znanstvenik S. R. Filonović (*Luči, valni, kvanti – Zrake, valovi, kvanti*, 1978) zaključio: »Prvu zadovoljavajuću teoriju luminiscencije razvio je u XVIII. v. hrvatski učenjak Ruder Bošković.«¹¹²

Sve pojave u svezi sa svjetlošću otprije poznate Bošković je protumačio svojom teorijom. »Prema tome postoji pravi sklad u toj svjetlosnoj teoriji i

¹⁰⁷ Isto; O Boškovićevu i Davyevu shvaćanju tvari vidi: Lavo Čermelj, Humphry Davy in Rudjer Bošković, *Proteus*, 23(2), 1960–1961, str. 53–54; E. Schofield, Boscovich and Davy: some cautionary remarks, *Isis*, vol. 57, 1967, str. 236–238.

¹⁰⁸ Nenad Trinajstić i dr. (usp. bilj. 106), str. 53.

¹⁰⁹ Usp. ThPhN, br. 467.

¹¹⁰ Usp. D. Tadić, nav. dj. (bilj. 89), str. 111 (engl. izd. str. 123), usp. I. Mendoza, The Kinetic Theory of Matter 1845–1855, *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, 32(109), 1982, str. 184–220.

¹¹¹ ThPhN, br. 491.

¹¹² D. Tadić, nav. dj. (bilj. 89), str. 110 (engl. izd. str. 123).

potpuno poklapanje s mojom teorijom.«¹¹³ Bošković svoju teoriju drži obuhvatnijom od Newtonove.

Isto tako Boškovićeva teorija upućuje na neke sasvim suvremene pojave u znanosti. U najnovije se vrijeme pojavila tzv. teorija kaosa. To je, kako mnogi misle, uz kvantnu teoriju i teoriju relativnosti treća znanstvena revolucija u ovom stoljeću. O čemu se radi? Znanost s uspjehom proučava one pojave koje su pravilne, periodične. Ima međutim mnoštvo nepravilnih pojava u prirodi (i u društvu) i njih je mnogo teže proučavati i naći zakonitosti njihova ponašanja. Pravilne pojave u prirodi opisuju se matematički linearnim diferencijalnim jednažbama. Za te pojave općenito vrijedi da mali uzroci izazivaju male učinke, a veliki velike. Kod nepravilnih, neperiodičnih pojava može se dogoditi da mali uzrok izaziva veliki učinak. Ponašanje takvog sustava teško je predvidjeti i on pokazuje svojstva kaotičnosti. Matematički se opisuje nelinearnim diferencijalnim jednažbama. Slikovito rečeno, neznatni pokret krila leptira može izazvati vrlo veliki poremećaj u atmosferi. Pojava da neka zbivanja jako ovise o neznatnim promjenama početnih uvjeta naziva se općenito tzv. »leptir-efekt«.

Tu je ideju izrekao već Bošković u svojoj *Teoriji* (br. 468) i on zasigurno ne bi bio začuđen današnjom teorijom kaosa. Male promjene udaljenosti među česticama u njegovoj teoriji mogu izazvati velike sile koje uzrokuju velike promjene u makroskopskim tijelima. Bošković tu stvarnost izražava slikovito. »Ako mala ptičica na vrhu brda pokrene zrnce pijeska svojom nogom, taj će pijesak pasti i povesti za sobom manje kamenčiće, koje će pri spuštanju za sobom povući veće kamenje, zatim će ono pokrenuti konačno goleme kamene mase. Nastat će rušenje velikih razmjera i veliko gibanje, koje će, kada sve to padne u more, pokrenuti i samo more te će u njemu izazvati golemu uzburkanost i goleme valove, tako da će snažno gibanje vode dugo trajati.«¹¹⁴

IV. Prostor i vrijeme u Boškovićevoj filozofiji prirode

1.

Problem prostora i vremena zauzima posebno mjesto u okviru cjelokupnog Boškovićeva mišljenja. Potaknut kako znanstvenim tako i metafizičkim razlozima on je postao jedna od središnjih tema Boškovićeve filozofije prirode. U okviru tadašnjeg obrazovnog sustava Bošković se zasigurno susreo s proble-

¹¹³ ThPhN, br. 502.

¹¹⁴ Isto, br. 468.

matikom prostora i vremena, ali ona nije u početku privukla njegovu pozornost kao zasebna tema. Bošković je, naime, više naginjao čisto znanstvenim problemima u okviru kojih mu se ta tema sama po sebi nametnula. Njegove prve znanstvene rasprave ticale su se astronomskih, geodetskih i geometrijskih problema. U sklopu rješavanja pitanja o tome Bošković se dotakao problema prostora i vremena.

Pitanje prostora i vremena sržno je pitanje osnova prirodne filozofije. Koja je njihova narav, ne može se znanstveno utvrditi jer su prostor i vrijeme neposredno nespoznatljivi. Tu će tezu Bošković razraditi i zaokružiti u svojim dopunama Stayu gdje govori o prostoru i vremenu po sebi i o tome kakvi su za nas, tj. kako ih mi spoznajemo.

Boškovićeva teorija prostora i vremena, kao uostalom i čitava filozofija prirode, pokazuje karakteristike dvoslojnosti, što je vjerojatno ostatak iz aristotelovsko-skolastičke tradicije. Ova se tvrdnja može dokazati na više načina i s više gledišta iako ne uvijek s jednakom uvjerljivošću. Razlog tomu je i to što je sam Bošković često nedorečen. Usto je i terminološki neujednačen, što je razumljivo kada se zna da je i on sam tijekom vremena dopunjavao i dotjerivao svoje vlastite tvrdnje. Spomenimo samo to da u okviru raspravljanja o prostoru (i vremenu) Bošković govori o pokretnom i nepokretnom prostoru, o konačnom i beskonačnom te potencijalnom i aktualnom prostoru i vremenu. Raspravu o tome ovdje ispuštam.

2.

U svezi s protežnošću tvari Boškoviću se nužno nametnulo pitanje o prostoru. On ga je u svoju teoriju uveo istodobno kad je definirao neprotežnost osnovnih elemenata tvari postulirajući razmak između neprotežnih i nedjeljivih tvarnih točaka.

Postoje, za Boškovića, dva stvarna načina postojanja tvarnih točaka »... od kojih se jedni odnose na mjesto, a drugi na vrijeme. Prvi su lokalni, a drugi vremenski. Svaka točka ima stvaran jedan način postojanja, po kojem se nalazi tamo gdje jest, i drugi po kojem se nalazi u vrijeme kada postoji. Po mom su mišljenju ti stvarni načini stvarno vrijeme i prostor. Mogućnost tih načina, koju mi neodređeno spoznajemo, jest po mom mišljenju prostorni vakuum i, da tako kažem, vremenski vakuum ili pak imaginarni prostor i imaginarno vrijeme.«¹¹⁵ Stvarni prostor i vrijeme nisu naprosto nešto što po sebi postoji, nego su stvarni načini postojanja nečega, tj. tvarnih točaka. Ti su načini osnova stvarnog lokal-

¹¹⁵ ThPhN, Dopuna I., br. 4.

nog odnosa udaljenosti (tj. među dvjema točkama) i vremenskog odnosa udaljenosti (tj. između dva događaja). S obzirom na lokalni (mjesni) red te načine Bošković naziva stvarnim točkama mjesta lišenim protežnosti, a s obzirom na vremenski red trenucima (*momenta*) bez trajanja. I neprotežne točke i bestrajni trenuci nedjeljivi su.

Zbiljski se načini opstojnosti mijenjaju za svaku stvarnu tvarnu točku. Oni postoje kada i gdje ih tvarna točka posjeduje; oni nestaju kada ih točka napusti. Glede vremena oni uspostavljaju odnose prijašnjeg i kasnijeg, glede mjesta bližeg i daljeg, a glede prostora odnos udaljenosti i prostornog položaja. Mijenjanjem udaljenosti i položaja mijenjaju se i načini (modusi) postojanja. Od mnoštva mogućnosti koje može imati jedna točka s obzirom na drugu točku sve se one reduciraju na dvije vrste odnosa među točkama: prostorni i vremenski.

3.

Svojstva prostora i vremena što ih je Bošković iznio u vidu dva zbiljska načina postojanja pripadaju prostoru i vremenu kakvi su po sebi te ih ne možemo izravnim putem preko osjetila razlučiti jedna od drugih. Kako udaljenosti i položaji među česticama ili događajima ovise o tim načinima, to mi apsolutno ne možemo spoznati ni udaljenosti ni položaje točaka. To je zato jer bezbrojni parovi zbiljskih načina postojanja točaka mogu stvoriti odnose jednakih međusobnih udaljenosti i sličnih položaja da ih nikako ne možemo razlikovati. »Ako bi one točke i mi i sva tijela unaokolo promijenili stvarna mjesta, ali tako da sve udaljenosti ostanu jednake i paralelne s prijašnjima, imali bismo posve iste ideje, dapače bismo ih imali i onda kada bi, ako ostanu iste veličine udaljenosti, svi pravci skrenuli svoj smjer pod istim kutom, pa bi jedan prema drugome bio jednako nagnut kao i prije. Ako bi se smanjile sve te udaljenosti, ali tako da kutovi ostanu isti i da ostane isti njihov međusobni odnos, te ako se sile zbog te promjene udaljenosti ne bi promijenile, iako je posve pravilno došlo do promjene one skale sila, tj. do promjene one krivulje čijim su ordinatama iskazane sile, ne bi došlo ni do kakve promjene u našim idejama«. ¹¹⁶

Neprepoznatljivost prostornih i vremenskih odnosa vodi Boškovića do nespoznatljivosti gibanja koje nam je zajedničko s gibanjem svijeta. »Ako bi sav ovaj vidljivi svijet paralelnim gibanjem krenuo na bilo koju stranu i ako bi se u isto vrijeme okrenuo za isti kut, ne bismo osjetili ni to gibanje ni taj zaokret. Moglo bi se dogoditi da se čitav ovaj vidljivi svijet isto tako iz dana u dan steže

¹¹⁶ ThPhN, Dopuna II., br. 18.

ili produžuje i da se skala sila isto tako steže ili produžuje. Kad bi se to dogodilo, u našem umu ne bi došlo ni do kakve promjene ideja, pa ne bismo ni osjetili nikakvu promjenu.«¹¹⁷

Promjena se međutim uočava kada se mijenjaju načini postojanja bilo naših organa bilo vanjskih objekata, ali da se pri tome ne očuva jednakost udaljenosti i položaja. Ideje se mijenjaju bilo da su vanjski objekti bilo naši organi bilo i jedno i drugo podložni promjeni. Pri tome ideje ukazuju na razliku prijašnjeg i novoga stanja, a ne na apsolutnu promjenu. U skladu s tim Bošković upozorava na opasnost koja se često javlja. Naime, u nedostatku sigurnosti da se mi mijenjamo (ili naši organi) mi svaku promjenu pripisujemo izvanjskim predmetima. Isto tako, skloni smo smatrati vanjske stvari nepromjenjivima ako tu promjenu osjetilima ne zapažamo. Iz toga proizlazi metoda međusobnog uspoređivanja veličina.

Problem mjerenja fizikalnih veličina Boškoviću se nametnuo pri bavljenju drugim problemima, npr. astronomije, geodezije, a pogotovo pri mjerenju veličine meridijanskog stupnja. Na tim su problemima dozrijevale Boškovićeve ideje o prostoru.

Mjerenja i uspoređivanja veličina prostornog razmaka zasniva se na pretpostavci apsolutne nepromjenjivosti stvari ili barem takve male promjenjivosti koja nam je osjetilima nedokučiva da držimo da promjene uopće nema. Mjera ili uzorak prema kojemu mjerimo druge stvari morao bi biti nepromjenjiv.

Bošković uzima neku šipku (drvenu ili metalnu naprimjer) i smatra je mjerom. Tu mjeru nanosi proizvoljan broj puta na neki razmak tako da se s njim u potpunosti poklapa. Ista mjera nanese se isti broj puta na neki drugi razmak pa iz navedenih načela slijedi jednakost tih dvaju razmaka. Mjerenje (tj. uspoređivanje razmaka sa zadanom mjerom/mjericom) bilo bi besprijevano i mjerilo bi se moglo smatrati stalnim/nepromjenjivim ako bi se sastojalo od neprekinute i čvrste tvari (*ex materia prorsus continua, et solida*). No u Boškovićevoj teoriji (*in mea... sententia*) nemoguće je postojanje takvog stalnog mjerila zbog toga što »naime udaljenost se uspostavlja upravo s onim stvarnim načinima postojanja koji se vječno mijenjaju.«¹¹⁸ Kako se konfiguracija diskretnih silnosnih točaka (*Kraftpunkte*) nikada ne ponavlja, to je identitet dvaju mjerila samo apstrakcija.¹¹⁹ Prenosjenjem mjerila na drugo mjesto mijenjaju se mjesni načini postojanja točaka. Sile među točkama tvari isto se tako mijenjaju jer se promijenio položaj točaka prema svim ostalim točkama u svijetu, a kao

¹¹⁷ Isto, br. 19.

¹¹⁸ Isto, br. 21.

¹¹⁹ Usp. E. Cassirer, nav. dj. (bilj. 79), str. 401–402.

posljedica toga mijenja se duljina samog mjerila. Kako su te promjene neznatne za naša osjetila, smatramo kao da se nisu ni dogodile te duljinu mjerila držimo istom bez obzira na promjenu njegova mjesta u prostoru.

S obzirom na njegovu tvrdnju da je nemoguće da njegove tvarne točke miruju može se zaključiti da se mjesni načini točaka mijenjaju uvijek, pa čak i onda kada šipka miruje. Dakle, duljina mjerila općenito bi se mijenjala bilo da se mjerilo prenosi s mjesta na mjesto bilo da miruje. Ovaj se zaključak međutim ne nalazi u Boškovićevim raspravama. Znači li to da je on smatrao da se promjena duljine događa samo pri prenošenju s jednog mjesta na drugo? Ako je to tako, bilo bi prirodno očekivati da promjena duljine ovisi na neki način o tom mijenjanju mjesta, dakle o brzini prenošenja mjerila (ili možda o njegovu ubrzanju). Bošković, međutim, nije izričito na to ukazao. Da jest, bi bio izričito izrekao tvrdnju koju je tek nedvosmisleno iskazao H. A. Lorentz (1853–1928), jedan od izravnih prethodnika teorije relativnosti. On je, nastojeći protumačiti negativan rezultat Michelsonova pokusa (1881), uveo neobičnu pretpostavku da se tijela skraćuju u smjeru gibanja (*kontrakcija dužina*) prema tijelima koja miruju, i to u omjeru $(1 - v^2/c^2)^{1/2} : 1$, gdje je v brzina gibanja tijela, a c brzina svjetlosti. Glede toga pitanja Lorentz je pošao od pretpostavke postojanja apsolutnog prostora i apsolutnog gibanja, a kontrakcija tijela u smjeru gibanja objektivna je, zbiljska promjena, dok poprečne dimenzije ostaju nepromijenjene. Prema tome, što je brzina gibanja tijela veća, to je veće i skraćenje u smjeru gibanja. Lorentzovo skraćenje u smjeru gibanja nije posljedica bilo kakvog otpora, nego je posljedica samog gibanja. Zbog translacije mijenjaju se sile među molekulama tijela što rezultira promjenom dimenzija. Kontrakcija se, dakle, događa kao posljedica molekularnih sila.

Usporedimo li Boškovićevo stajalište glede promjene dimenzija tijela pri prenošenju s jednog mjesta na drugo s Lorentzovim, možemo upozoriti na neke sličnosti ali i razlike. Lorentz polazi od pretpostavke postojanja apsolutnog prostora. I u pozadini Boškovićeve stava leži ista ideja. Dok Lorentz skraćenje pripisuje izričito gibanju tijela, zbog čega se mijenjaju sile među česticama tijela, Boškoviću su isto tako promjene sila među tvarnim točkama odgovorne za promjene mjesnih načina postojanja, a ove pak izazivaju promjene dimenzija. Kod Boškovića nema izričito govora o tome da ta promjena ovisi o brzini niti to da dolazi samo do skraćenja; po Boškoviću su moguće promjene u smislu skraćenja i produženja tijela. Isto tako, on izričito ne govori o tome da li se mijenjaju poprečne dimenzije tijela ili ne. Za pretpostaviti je da se i one mijenjaju. No budući su neznatne promjene u duljini šipke, to će još neznatnije biti one u širinu i visinu šipke pa ih Bošković prešućuje.

Iako je teško reći da je Bošković u tome smislu izravni preteča teorije relativnosti, kao što se voli često isticati, ipak ne treba zanemariti činjenicu da

je on, čini se, prvi koji je iznio takvu ideju koja se i samom Lorentzu činila čudnom. Bošković je stoljeće i pol prije Lorentza zastupao promjenu dimenzije tijela u svezi s prenošenjem s jednog mjesta na drugo. Nemajući nikakve eksperimentalne podloge on nije mogao svoju ideju bolje znanstveno utemeljiti, već je ostao na razini čiste refleksije. Utoliko je njegova važnost još i veća.

Još bi se vrijedilo osvrnuti na jednu neizrečenu tvrdnju Boškovićevu, naime na mogućnost da bi se dimenzije tijela mijenjale i onda kada tijelo miruje. Zbog stalnog gibanja tvarnih točaka i stalne promjene zbiljskih mjesnih načina postojanja nužno bi se mijenjale i dimenzije tijela. No kako je tijelo u mirovanju, statistički gledano podjednaka je vjerojatnost da su promjene sila među točkama u svim smjerovima podjednake te rezultanta ostaje ista. Premještanjem u jednom smjeru očito su promjene sila među tvarnim točkama najintenzivnije upravo u tom smjeru što izaziva i najveću promjenu dimenzije u tom istom smjeru.

Često se smatra da promjena dimenzija nije ni bilo. Dva su razloga za to: ili su promjene tako neznatne da ih osjetilima ne možemo registrirati ili se s promjenom dimenzije tijela mijenjaju i naša osjetila te se promjene dimenzija tijela ne mogu uočiti. Bošković radije prihvaća prvu tvrdnju kad kaže: »Medutim u svakom slučaju ipak dolazi do neznatne promjene zato što sile koje povezuju međusobno one točke tvari s obzirom na promjenu položaja prema svim točkama ostalih dijelova svijeta ipak doživljavaju neku promjenu.«¹²⁰ Pa ipak se drži da se promjena ne događa. To je mišljenje puka (*vulgus censet*). I oni koji pak tu promjenu uviđaju mjerilo drže istim bez obzira na njegov pomak u prostoru ili slično kao što se dva paralelna pravca mogu smatrati jednim istim pravcem.

Boškovićev zaključak ide u smjeru oštrog razlučivanja običnog mišljenja puka od mišljenja filozofa koje je mjerodavno da se izrekne sud o stvarnosti. Taj sud je glede neposredne spoznatljivosti apsolutne udaljenosti negativan. Stoga Bošković zaključuje: »Iz svega toga proizlazi da mi nikako ne možemo neposredno spoznati apsolutne udaljenosti niti ih među sobom usporediti zajedničkim mjerilom, već možemo samo procijeniti veličinu prema idejama kojima spoznajemo te veličine i držati za mjere ona opća mjerila za koja obični puk smatra da ne doživljavaju nikakvih promjena. Filozofi pak tu promjenu moraju priznati, ali, kako ne znaju uzroka koji vidljivom promjenom krnji jednakost, oni tu promjenu smatraju nečim što jednako biva.«¹²¹

¹²⁰ ThPhN, Dopuna II, br. 21.

¹²¹ Isto, br. 22.

Slična razmatranja i zaključci kao za prostor vrijede i za vrijeme »... u kojem isto tako nemamo nikakvu određenu stalnu mjeru.«¹²² Kao što u prostoru ne postoji takva mjera koja bi bila neprekinuta i čvrsta da se apsolutno ne bi mijenjala, tako nema posve jednolikog gibanja. Kako se mjera vremena izvodi iz gibanja, proizlazi da nema stalne mjere vremena već samo smatramo neku mjeru vremena za istu zbog pretpostavljenog jednolikog gibanja koje ustvari nije potpuno jednoliko. Nestalnost vremenske mjere Boškoviću je toliko prihvatljiva da i običan puk misli da se ista mjera vremena ne može prenijeti od jednog vremena do drugog. Pogotovo to misle filozofi. Vremenska mjera može se smatrati istom ako se uspoređuje s nekom pretpostavljenom mjerom koja joj je jednaka. Bošković međutim priznaje jednakost obiju mjera, ali ne i njihovu istost.¹²³

Više je puta spomenuto da Bošković mnogo drži do analogije prostora i vremena. »U mojoj teoriji postoji u svakom slučaju ista analogija između prostora i vremena.«¹²⁴ Iz nje se može zaključiti da se neposredno ne mogu spoznati apsolutni vremenski razmaci niti ne mogu uspoređivati s nekim zajedničkim mjerilom. Drugim riječima, kao što svaki sustav (dio prostora) ima svoje udaljenosti među česticama, tako ima i svoja vremena među događajima. Bošković se dakle približio onim pojmovima koji će kasnije u teoriji relativnosti dobiti atribute relativnih prostornih dimenzija mjesnog (lokalnog) vremena. Drugim riječima, svaki sustav ima svoje vlastito vrijeme i prostor.

Razlika između Boškovićeve shvaćanja i teorije relativnosti glede odnosa apsolutnog i relativnog prostora i vremena ipak postoji. Dok teorija relativnosti apsolutni prostor i vrijeme potpuno odbacuje kao nešto zbiljsko, Bošković ne odbacuje postojanje opstojnosti apsolutnog prostora i vremena; on odbija samo mogućnost njihove apsolutne spoznatljivosti. Prema teoriji relativnosti svi sustavi (tj. svi prostori i sva vremena) jednakopravni su. Bošković se ne izjašnjava o međusobnom odnosu »lokalnih« vremena i prostornih odnosa niti o njihovu odnosu prema apsolutnom prostoru i vremenu. Jednako tako Bošković je nedorečen glede vrste promjene mjere vremena kada se prenosi iz jednog vremena u drugo; on naime ne govori kako se vrijeme mijenja, tj. da li se produžuje ili skraćuje jedinica vremena. Ne dovodi ni promjenu vremena u svezu s brzinom ukoliko se ne pretpostavi da »prenijeti« (*transferri*) već u sebi ne sadrži neku brzinu, o čemu Bošković izričito ne govori.

Iz Boškovićevih razmatranja o jednakosti prostornih i vremenskih mjera te o uspoređivanju prostornih i vremenskih razmaka s tim mjerama (mjerilima)

¹²² Isto, br. 24.

¹²³ Isto.

¹²⁴ Isto.

proizlazi da nema i da ne može biti jednakosti koja bi se zasnivala na poklapanju/kongruenciji. Jednakost se pretpostavlja iz uzroka koji ovise o silama i njihovim vezama među česticama tijela. Glede vremena neka se vremenska jedinica (npr. jedan sat) iz nekog prošlog vremena (naprimjer jučer) uspoređuje s istom vremenskom jedinicom u kasnijem vremenu (naprimjer danas). Njihova se jednakost isto tako zasniva na spomenutim uzrocima. »Medutim ni taj sat ne možemo nikako otrgnuti s njegova mjesta niti ga prenijeti iz jednog dana na drugi. Sve to prije spada u metafiziku...«¹²⁵

Ove Boškovićeve tvrdnje, premda ne do kraja eksplicirane, jasno pokazuju bliskost njegovih shvaćanja o prostoru i vremenu sa shvaćanjima teorije relativnosti uza sve postojeće razlike. S tim u svezi zanimljivo je spomenuti Boškovićev navod o nekoj drugoj vrsti prostora koji bi imao četiri dimenzije.¹²⁶ Govoreći o određivanju rezultantne sile u slučaju kada na neku točku djeluje proizvoljan broj drugih točaka Bošković uočava teškoću da jednadžbe (s tri promjenjive veličine ako se radi o sustavu samo tri točke) neće biti dovoljne »... pa i čitava geometrija neće biti kadra da općenito izrazi taj zakon, a analiza će zahtijevati jednadžbu s četiri promjenjive veličine.«¹²⁷ Problem koji se pri toj analizi nametnuo, a u svrhu zadovoljenja zakona sila (točnije krivulje zakona sila) vodio je Boškovića na to da uvede četvrtu dimenziju. On kaže: »Stoga bi svakoj točki na bilo kojem mjestu odgovarala njezina rezultantna sila, a bila bi potrebna i neka četvrta strana ili dimenzija pored dužine, širine i dubine da bi se mogle povući iz svih točaka prostora dužine razmjerne onim silama, a vrhovi kojih bi dužina predstavljali kontinuirano mjesto koje određuje zakon sila. Ali ono što ne postiže geometrija postiže neka zamišljena četvrta dimenzija.«¹²⁸ I nastavlja: »Stoga bi se tražile tri takve dimenzije u prostoru koji je četverodimenzionalan ili koji ima četvrtu kvalitetu...«¹²⁹ Ostaje otvoreno pitanje koja su svojstva toga prostora i koji je njegov odnos prema našem prostoru. Bošković nije na to odgovorio.

Čini se da je Bošković uveo još jednu drugu vrstu (dapače mnogo vrsta) prostora za koju izričito kaže da s ovim našim prostorom ne bi imali nikakva odnosa.¹³⁰ Iako se izričito ne kaže, treba pretpostaviti da bi i taj prostor (odnosno ti prostori) bio trodimenzionalan. Njegovo moguće postojanje Bošković izvodi iz pretpostavljene različite vrste supstancija i sila među tvarnim točkama,

¹²⁵ ThPhN, br. 374.

¹²⁶ ThPhN, br. 209 (bilj o).

¹²⁷ Isto.

¹²⁸ Isto.

¹²⁹ Isto.

¹³⁰ Usp. ThPhN, br. 581.

a koje bi se sile razlikovale od zakona sila koji postoji u našem svijetu. Moguće su i supstancije čijim točkama ne bi uopće postojale sile. U oba bi slučaja postojalo mnogo izoliranih svjetova u istom prostoru. A moglo bi se dogoditi da su točke među kojima djeluju sile smještene u »drugoj vrsti prostora« (»in aliquo alio spatii genere«) za koji mi doduše ne znamo, ali ne znači da ne može postojati. Bošković kaže: »Nalaze li se pak neke druge vrste točaka ovdje u ovom našem prostoru ili drugdje na ma bilo kojoj udaljenosti, ili, ako se to u sebi ne protivi, možda postoji u nekoj drugoj vrsti prostora koja nema nikakva odnosa s ovim našim prostorom, u kojem bi mogle postojati točke bez ikakva odnosa udaljenosti od točaka koje postoje u ovom našem prostoru, eto, to mi uopće ne znamo, jer iz prirodnih pojava nismo mogli zapaziti da postoji nešto takvo...«¹³¹

Ovdje se još jednom možemo uvjeriti u Boškovićev, uvjetno nazvan, ali ne i potpuno opravdan, relativistički stav po kojem postoji mogućnost i drugih prostora koji s našim nemaju nikakve veze. Pri tome Bošković, naime, ne negira postojanje apsolutnog prostora. Kad V. Varićak za Boškovića kaže da je on »potpun relativista«,¹³² onda se to može odnositi samo na spoznajnu dimenziju, a nipošto ne na relativnost u smislu teorije relativnosti, tj. potpunog odbacivanja apsolutnosti prostora, vremena i gibanja. Na to je već upozorio Stanko Hondl raspravljajući o Boškovićevu i Stayevu gledanju na pitanje o apsolutnosti gibanja.¹³³ I kod samog Varićaka nailazimo da je sam Bošković »... bio duboko uvjeren, da mi apsolutno gibanje nikada ni na kakav način ne možemo razlikovati od relativnoga.«¹³⁴ Da se relativnost kod Boškovića tiče prije svega naše spoznaje prostora, vremena i gibanja, slijedi iz teksta *De spatio, et tempore ut a nobis cognoscuntur*.¹³⁵

Bošković dakle nije relativist u smislu teorije relativnosti. »Ne trebamo od Boškovićevih riječi očekivati ma koje predviđanje Einsteinove teorije relativnosti izuzev Galilejeve klasične relativnosti jer u njima nema bilo koje točne matematičke formulacije novih principa kao u Einsteina, a niti ikakvog izravnog pojmovnog obrata klasičnih principa kao npr. u Macha. Naprotiv, one su samo kritički osvrtili... na teškoće takvog newtonovskog poimanja apsolutnog prostora i kretanja i na njihov protuslovan karakter gledano s fizičkog stajališta, što ih čini fizički neprimjenjivima. Bošković međutim nikad ne upućuje na zamjenu

¹³¹ Isto.

¹³² Usp. Vladimir Varićak, Matematički rad Boškovićev, dio I., Zagreb, 1910, 1911, 1912, str. 12.

¹³³ Usp. Stanko Hondl, Stay i Bošković o apsolutnom gibanju, *Glasnik matematičko-fizički i astronomski*, Serija II., T. S, br. 1, Zagreb, 1950, str. 32.

¹³⁴ V. Varićak, nav. dj. (bilj. 132), str. 16.

¹³⁵ Usp. ThPhN, Dopuna II., br. 18–24.

takvih pojmova novim pojmovima. On, zapravo, kreće od klasičnih pojmova i razvija ih samo u širem kritičkom kontekstu, no tek poslije će drugi tu kritiku pretvoriti u formulaciju novih principa i pojmova.«¹³⁶

Postoje međutim i drukčija mišljenja prema kojima se Boškovića može smatrati relativistom u smislu teorije relativnosti. Tako H. V. Gill misli da Bošković nije samo insistirao na relativnosti spoznaje nego na osnovnom pojmu iz kojeg se razvila teorija relativnosti – promjena dužine zbog promjene položaja.¹³⁷ Svoju tvrdnju Gill potkrepljuje činjenicom da su moderni pogledi na te probleme ništa drugo nego reprodukcije pojmova o kojima je već Bošković raspravljao.¹³⁸

Boškovićeve »znamenita i teška teorija prostora i vremena«, kako je naziva E. Cassirer, pokušala je razriješiti protuslovlje idealnog i realnog na taj način da se shvati njihov odnos prema zbiljskim fizičkim predmetima.¹³⁹

4.

Iz Boškovićeve modela prostora i vremena proizlazi i svojevrsno shvaćanje samog gibanja. Kada je u *De viribus vivis* uveo dvije vrste brzina i sila (potencijalnu i aktualnu), onda mu se nametnulo pitanje uz koju je od tih vrsta vezano gibanje i što je ono zapravo. Iz samih definicija potencijalne i aktualne brzine zapaža se da tijelo ima samo jednu aktualnu brzinu, naime da u određenom vremenu stvarno prijeđe određenu udaljenost; potencijalna brzina, međutim, predstavlja skup mogućnosti. Ova dvoslojnost Boškovićeve filozofije prirode, tj. odnos stvarnog i mogućeg, nije se isticala u tumačenju Boškovićeve shvaćanja. I. Supek je naglasak stavio upravo na tu činjenicu kao bitnu crtu Boškovićeve pristupa prirodi.¹⁴⁰

Ono što potencijalnost prevodi u aktualnost jest, za Boškovića, sila. Znajući da je Bošković i silu shvaćao *dvoslojno* (*potencijalna – vis potentia* i *aktualna, djelatna – vis activa*), nameće se pitanje koja je sila uzrok stvarnog gibanja? Dok

¹³⁶ Arcangelo Rossi, Boškovićeve filozofije prostora, *Filozofska istraživanja*, 32–33, Zagreb, 1989, str. 1600; isti, Bošković's Philosophy of Space, *Synthesis Philosophica*, 8, Zagreb, 1989, str. 636–637.

¹³⁷ H. V. Gill, nav. dj. (bilj. 98), str. 37–47.

¹³⁸ Isto, str. 47.

¹³⁹ Usp. E. Cassirer, nav. dj. (bilj. 79), str. 402.

¹⁴⁰ Usp. Ivan Supek, Ruder Bošković. Vizionar u prijelomima filozofije, znanosti i društva, Zagreb, 1989, str. 87, 113, 128.

je *vis potentia* uzrok gibanja, *vis activa* se očituje u stvarnom ubrzanju. »Ovakvo proširenje Newtonove sile bilo je strano tadašnjim fizičarima koji su posve odbacili Aristotela...«¹⁴¹ Dakle, sila bi bila za Boškovića ono što stvara iz potencijalnog (što se može označiti uvjetno kao »ništa« iako Bošković, kao što je već navedeno, to »ništa« ne smatra pukim ništa) slično kao što Bog stvara svijet »iz ništa« (*ex nihilo*). »Blisko je stoga nagadati da je Ruđer u svojim slobodnim meditacijama vidio Boga kao svoju univerzalnu silu...«¹⁴², ali se ne može reći »Bog je sila«¹⁴³ jer Bošković to jednostavno nigdje nije izričito spomenuo.

S druge strane, Bošković je uvodeći prostorne i vremenske načine postojanja i naznačavajući njihova svojstva kazao da oni nastaju i nestaju kada tvarne točke promijene svoja mjesta. Iz toga izravno proizlazi pojam gibanja. Apsolutni (matematički) prostor jest potencijalnost u Aristotelovu smislu, što je isto što i pojam virtualnosti u terminologiji kvantne fizike ili imaginarnosti u Boškovićevoj izvornoj terminologiji. Stvarne točke-atomi (mjesne točke) koje čine stvarni diskontinuirani prostor i stvarni trenuci nastaju i nestaju, što predstavlja gibanje tih atoma. Ta u Boškovićevo vrijeme vrlo čudna i smiona predodžba postala je u naše vrijeme razumljiva s virtualnim česticama u suvremenoj znanosti. »Realni prostor i vrijeme kao skup atoma-točaka u jednom trenutku iskaču iz virtualnog (imaginarnog) prostora i vremena pa je 'gibanje mijenjanje realnih mjesnih točaka na osnovi stanovite veze među mjestom i vremenom.' Prema Boškoviću mora se zamisliti da se virtualni prostor i vrijeme neprestano pretvaraju u realni položaj i vrijeme njegovih točaka, a to se onda javlja kao gibanje. U prvi mah takvo je gibanje vrlo komplicirano i mutno. Međutim, kvantna teorija polja iznijela je sličnu predodžbu povezujući gibanje elektrona s tvorbom, odnosno poništenjem para virtualnog pozitrona i elektrona. Zamislimo li prema jednom starom aristotelovcu virtualni prostor kao mrak koji bljesne u mjesnu točku kad je zauzme Boškovićev atom, tad se kretanje javlja kao uzastopno svjetlucanje i trnjenje. Pri gibanju se potencijalni prostor i vrijeme aktualiziraju u kontinuirani slijed diskretnog rasporeda stvarnih točaka i trenutaka.«¹⁴⁴

¹⁴¹ Isto, str. 113.

¹⁴² Isto, str. 128.

¹⁴³ Franjo Zenko, *Fundamentalno-filozofijski horizont Boškovićeve »teorije«?*, *Filozofija znanosti Rudera Boškovića, Radovi simpozija Filozofsko-teološkog instituta DI*, Zagreb, 1987, str. 187; isti, *A Fundamentally Philosophical Horizon of Bošković's »Theory«?*, *The Philosophy of Science of Ruđer Bošković, Proceedings of the Symposium of the Institute of Philosophy and Theology, S. J.*, Zagreb, 1989, str. 192.

¹⁴⁴ I. Supek, nav. dj. (bilj. 140), str. 87.

U Boškovićevu razvijanju Aristotelova razlikovanja aktualnog i potencijalnog I. Supek vidi genijalnost njegove dinamike.¹⁴⁵ Ta je dvoslojnost kod Boškovića često prevedana da bi se potvrdila kao vrlo bitna u vraćanju suvremene znanosti (kvantne fizike) na tu dvoslojnost aktualnog i potencijalnog.

To aktualiziranje potencijalnog ne može se prikazati vezama uzroka i učinka, tj. deterministički, nego statistički. Upravo je tu bitna razlika između kvantne teorije i Boškovića koji se strogo držao principa kauzalnosti. Kad je u pitanju duša, onda ona kao slobodna nije podvrgnuta principu kauzalnosti. Raspravljajući o njezinu sjedištu Bošković je ustvrdio da ona nije u stvarnom prostoru točaka tijela, ali nije potpuno ni odvojena od tvari. Ona je u cijelom potencijalnom (matematičkom, virtualnom) prostoru. To je potpuno nov način shvaćanja interakcije između fizičkog i psihičkog, što Bošković nije do kraja razradio. Ta njegova izvorna slutnja rješenja problema duše i tijela još je uvijek veliki izazov kvantnoj teoriji i psihologiji. Ova tema međutim izlazi iz okvira ovih raspravljanja.

5.

Iz svega rečenog proizlazi da je mnogim pojmovima filozofije prirode, preuzetim iz postojeće tradicije, Bošković pridao drugačije značenje. Iako nije do kraja razradio pojedine teme i pitanja, on je sigurno zacrtao put kasnijem razvitku znanosti i filozofije prirode. Stoga su mnogi njegovi koncepti došli do izražaja tek u ovom stoljeću tako da se često govori o Boškovićevu naslućivanju ili anticipaciji teorije relativnosti, kvantne teorije itd. Bilo bi ipak pretjerano izvlačiti takve radikalne zaključke. Ostaje međutim nedvojbeno da ga je njegovo ispravno razmišljanje (*recta ratiotinatio*) vodilo i dovelo do nekih, za to doba, neobičnih ideja koje je Bošković prihvatio, a koje su se tek kasnije pokazale opravdanima. U tom je smislu doista Bošković pravi sijač ideja, a žeteoci su došli iza njega. Stoga nije neopravdano neke pojmove, ideje, modele u filozofiji prirode nazvati Boškovićevim imenom.

¹⁴⁵ Usp. Ivan Supek, Francuski enciklopedisti i Ruder Bošković u svjetlu moderne znanosti, u: *Suvremena znanost i enciklopedije*, Radovi Leksikografskog zavoda »Miroslav Krleža«, sv. 1, Zagreb, 1991, str. 59–62.

IZVORNOST PRIRODNOFILOZOFIJSKIH POJMOVA KOD RUĐERA BOŠKOVIĆA

Sažetak

U radu se nastoji pokazati izvornost ideja Ruđera Boškovića i u području filozofije prirode. Pozornost se posvećuje središnjim pitanjima filozofije prirode kao što su neprekinutost (kontinuitet), sila, tvar, prostor, vrijeme, gibanje.

Uza sve teškoće koje su ukazivale na to da se zakon neprekinutosti krši Bošković je ostao pri uvjerenju da je on očuvan i u geometriji i u prirodi, za što donosi dokaze. To ga je dovelo do toga da izričito izrekne tvrdnju o kontinuumu realnih brojeva što je tek kasnije učinio njemački matematičar Dedekind, ali matematički egzaktnije. Isto tako ga je neprekinutost dovela do drukčijeg shvaćanja jednostavnosti krivulja, do mogućnosti geometrija drukčijih od euklidske, od pojma beskonačno daleke točke koju je tvorac projektivne geometrije J. V. Poncelet kasnije smatrao presjekom paralelnih pravaca.

Očuvanje zakona neprekinutosti vodilo je Boškovića do nužnosti uvođenja odbojne sile. Boškovićev zakon sila prikazan krivuljom sila (*curva Boscovichiana*) jedan je jedini zakon kojim se tumače sve pojave u prirodi. Ta ideja jednog zakona aktualna je u suvremenoj znanosti u težnji ujedinjenja svih poznatih sila i svodenja na jednu stvarnost.

Iz Boškovićeve krivulje sila slijedi da su osnovni elementi tvari jednostavni, nedjeljivi, neprotežni, nepрониčni. Bošković je radikalno negirao postojanje dodira, što je proturječilo dotadašnjoj filozofijskoj tradiciji i iskustvu. Isto tako, tvar mu nije kontinuirano protežna, nego diskretno protežna. Sastavljanje tvarnih točaka u složenije strukture dovelo ga je do tzv. Boškovićeva modela atoma (1748) koji je utjecao na kasnija shvaćanja o strukturi tvari i koji je vrlo sličan Bohrovu modelu atoma (1913). Ni najnovija dostignuća u znanosti kao što su kvarkovski model i teorija kaosa ne bi za Boškovića bili iznenađenje.

Zanimljive su velike sličnosti između Boškovićevih shvaćanja promjene dimenzija tijela prilikom gibanja sa shvaćanjima teorije relativnosti. Jednako tako gibanje je u mikrosvijetu, kako ga shvaća Bošković, vrlo blisko shvaćanju gibanja u kvantnoj teoriji.

Mnogi pojmovi filozofije prirode imaju kod Boškovića izvorno, katkad posve drugačije značenje nego što su imali u filozofijskoj i znanstvenoj tradiciji pa bi ih stoga bilo opravdano nazvati Boškovićevim imenom.

THE ORIGINALITY OF NATURAL PHILOSOPHY TERMINOLOGY IN RUĐER BOŠKOVIĆ

Summary

The author aims to show the originality of Bošković's ideas in the field of natural philosophy. Special attention is paid to the central issues of natural philosophy, such as continuity, force, matter, space, time, and motion.

In spite of all the difficulties that indicated that the law of continuity would be violated, Bošković stood firm in his belief that the law remained valid in both nature and geometry, providing proof for his thesis. This had brought him to express his thoughts on the

continuum of real numbers, confirmed much later in a mathematically exact way by the German mathematician Dedekind. Continuity had also led him to a different understanding of the simplicity of curves, as well as to the possibility of non-Euclidean geometries, and to the concept of an infinitely distant point which J. V. Poncelet, the founder of projective geometry, later interpreted as the intersection of parallel lines.

Retention of the law of continuity made it necessary for Bošković to introduce the concept of a repellent force. Bošković's law of forces, represented by the curve of forces (*curva Boscovichiana*), is the one and only law that explains all the natural occurrences. The idea of a single law is increasingly important in modern science in view of the intentions to unite all the known forces and as regards the reduction to a single reality.

The Bošković's curve of forces implies that the fundamental elements of matter are simple, indivisible, nonspatial and nontransparent. Bošković radically denied the existence of contact, contradicting the earlier philosophical tradition and experience. In the same way, his matter is not continually spatial, but discreetly spatial. Joining material points into compound structures introduced the so-called Bošković's model of atom (1748) which influenced later views on the structure of matter and which is quite similar to Bohr's (1913). The most recent achievements, such as the quark model and the theory of chaos, would not have been a surprise to Bošković.

There are interesting similarities between Bošković's views on the changes in dimensions of bodies in motion and the views of the theory of relativity. Motion in micro-world, as understood by Bošković, is likewise similar to the understanding of motion in quantum theory.

Many terms in natural philosophy assume original, sometimes entirely different meanings in Bošković than in philosophical and scientific tradition, so it would be appropriate to name them after Bošković.