

Tomislav Petković¹, Tomislav Petković, ml.²

¹ Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zavod za primijenjenu fiziku, Unska 3, HR-10000 Zagreb

² Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zavod za elektroničke sustave i obradu informacija,
Unska 3, HR-10000 Zagreb
tomislav.petkovic@fer.hr, tomislav.petkovic.ml@fer.hr

Boškovićevo djelo u filozofiji prirode u razvoju moderne fizike čestica

O 300-toj obljetnici Boškovićevog rođenja

Sažetak

R. J. Bošković (1711–1787) je sredinom 18. stoljeća, u Maxwell–Einsteinovoj pred-epohi fizike, po prvi puta povezoao metode mišljenja Newtona, Descartesa, Spinoze i Leibniza, sintetizirajući ih u novu metodu mišljenja Prirode. Ona se može izreći epistemološkom formulom $\text{more geometrico sive mathematico} - \text{more rationali} - \text{more empirico} - \text{more theologico}$, kao četiri uporišta znanosti, filozofije i religije što su ujedinjeni zajedno Boškovićevim mišljenjem. Boškovićeva Teorija prirodne filozofije o točkama–atomima kao konačnim sastojcima materije s jednim jednim zakonom sila u prirodi, fundamentalna je za građu i čestičnu fenomenologiju prirode u modernoj znanstvenoj slici svijeta, sve do naših dana. Bošković je rodonačelnik izvorne dinamičke predodžbe (hipoteze) atoma odnosno modernog pojma subatomske čestice (od elektrona, protona, neutrona, ... do kvarkova) u 20. stoljeću, sve do očekivanih predviđenih novih čestica i objekata u 21. stoljeću. Na tome tragu su Bohr, Heisenberg i Lederman prigodno veličali Boškovića, ali pravi interes je pokazivao Richard P. Feynman koji je Boškovićevu atomistiku prihvatio kao svoj filozofski credo 200 godina poslije. U članku povezuje, epistemički-efektivno, genijalne Boškovićeve apercepcije točaka i čestica s više od 200 godina kasnije nadolazećim genijalnim Feynmanom, s preciznom partonsko-kvarkovskom fizikom u standardnome modelu. Boškovićeva teorija dobila je veličanstveni uzlet otkrićem atomske jezgre i nuklearnog modela atoma 1911. u Manchesteru. Znanstveno-filozofska kompatibilnost teorije Dubrovčanina Boškovića i E. Rutherforda, zasjala je u Rutherfordovu članku iz 1911. kroz tri prosudbe: atomska jezgra kao Boškovićeva točka – točkasti izvor kulonske sile, α -čestica je također točka, te parametar sraza u sudaru α -čestice i jezgre zlata ima narav udaljenosti poput one u Boškovićevoj krivulji. Modernom epistemičkom analizom, povrh ortodoksnog povijesnog pristupa, najzanimljivije nasljeđe Boškovićevu stablu odbijanja i privlačenja pronašli smo, ponajviše, u stablu – razinā nuklearnih sila u suvremenoj fizici na niskim energijama. O 300-toj obljetnici Boškovićevog rođenja, u svjetlu proglašene »godine Ruđera Boškovića« u 2011. u Hrvatskoj i svijetu, pokazujemo da je Bošković domislio izvornu apercepciju točaka (atoma) u filozofiji prirode s jedinstvenim zakonom sile između njih. Boškovićevo nasljeđe s najnovijim tumačenjima njegovog životnog djela Teorija prirodne filozofije (Beč, 1758. te Mletci, 1763.) u svjetlu moderne čestične slike prirode, važni su nam napose zbog aktualnih epistemičkih izazova 'nove fizike' s očekivanjem novim objektima i/ili česticama na najvišim energijama, te globalnoj interferenciji suvremene znanosti i kulture.

Ključne riječi

Ruđer Josip Bošković, filozofija prirode, fizika čestica, točke, dinamizam, stablo silā, Richard P. Feynman, partoni, apercepcija, unifikacija

1. Uvod

Velike fizičko-matematičke prirodne teorije u 17. i 18. stoljeću organizirane su na nekoliko aksioma, iz kojih se teoremi i dokazi izvode geometrijskim

konstrukcijama. Ovakva geometrijska metoda kao srž teorije, koju *per def.* resi klasična matematička logika *a priori* te karakteristični stil i znanstveni (latinski) jezik, širi se u opći prirodoznanstveni pogled na pojave u prirodi, eksperimente i svakodnevno iskustvo. Promišljanje matematičko-logičkog utemeljenja i razvoja znanosti u takvim teorijama spaja povijesni i epistemološki pristup, put istraživanja pod imenom *povijesne epistemologije*. Ona je važna radi istraživanja ogromne znanstvene tradicije ili povijesti same fizike, ponajviše u mehanici, toplini, optici,... do kozmologije, što se povezuje s velikim fizičarima i filozofima prirode u tim disciplinama. Ipak, problematiziranje i istraživanje razmeđa (*borderland territory*) između fizike i filozofije, koje se često puta čini mutnim – kao da tinja, najveći je izazov u mišljenju uopće. Takvo gledište zastupao je fizičar i filozof Sir J. H. Jeans u svome djelu *Physics and Philosophy* (1943). Svojim izvornim refleksijama fizičara na odabrane probleme filozofije, dao je vrijedne zajedničke odgovore »Što su fizika i filozofija?«, kao i one pojedinačne: »Što je fizika?« i »Što je filozofija?« [13]. Polazeći od metafore o malim pomacima znanosti u magli, gdje i otkrivači najistančanijih uvidā ponekad mogu vidjeti tek nekoliko koraka unaprijed, Jeans razvoj znanosti opisuje modelom *kaleidoskopskog razvrstavanja* fragmenata znanja što se uobličuju na do tada neobičajan način: tada zajedno hode i napreduju fizika i filozofija. Ponekad se dogodi i *udar* u znanstvenim prilagodbama koji se širi u druge discipline znanosti, a rijetko se promijeni i sveukupni tok dosadašnjeg mišljenja, što je kasnije Th. Kuhn nazvao znanstvenim revolucijama ili mijenama paradigme [21]. Prema Jeansovom filozofskome modelu, znanost i fizika u njoj se povijesno odlikuju fazama (mogli bismo reći i epohama), a koje pak ne moramo uvijek precizno kronološki poredati. Karakteristične faze fizike (u zagradama komentari, te imena vodećih filozofa, fizičara ili matematičara) su:

- *pozitivizam* s hijerarhijom matematike, astronomije i fizike (A. Comte, H. von Helmholtz i njegovi učenici ili sljedbenici H. Hertz, R. Mayer, G. R. Kirchhoff,... do genijalnih matematičara K. F. Gaussa, B. Riemanna, D. Hilberta,... sve do neopozitivizma, nove logike i analitičke filozofije);
- *fizikalno znanje* (*Physical Knowledge*) iz osjeta, percepcije, ideja, činjenica ili podataka (D. Hume, Th. Hobbes, G. W. Leibniz, H. Poincaré,...);
- *slikovno predočivanje* (*Pictorial Representation*) fizike (R. J. Bošković, M. Faraday, J. C. Maxwell u mehaničkom prikazu-crtežu etera za elektromagnetsku teoriju);
- *geometrijsko tumačenje prirode* (*Geometrical Explanations of Nature*): grčko-mediteranska faza, Descartes, Bošković, Einsteinova geometrijska formulacija teorije relativnosti.
- *mehanička tumačenja prirode* (Platon, Newton, Euler, Huygens, Bošković,...);
- *matematički opis prirode* (Pitagora, Leibniz, Kronecker, Hilbert,...).

U ovome *ad hoc* prikazu faza fizike, Boškovića smo uključili tri puta u tri različite faze. Svojim priložima razvoju fizike, Bošković je najviše pridonio kao predstavnik slikovne reprezentacije, zatim mehaničkim poimanjem prirodnih zakona, te na kraju geometrijskim tumačenjem veza i odnosa u prirodi. Boškovićeva *Teorija* bila je sinteza novih pogleda na strukturu i fenomenologiju prirode krajem 18. stoljeća, koja se temeljila, kako je sam govorio »na jednom jedinom zakonu silā koji postoji u prirodi«.

Između brojnih povijesno-znanstvenih studija našega vremena o Boškoviću, izdvajamo precizno istraživanje znanstveno-tehničkog, kulturnog i politič-

kog konteksta rada i razvoja velikog europskog/dalmatinskog univerzalnog znanstvenika R. J. Boškovića, iz pera suvremenog njemačkog fizičara (čvrstog stanja) i filozofa H. Ullmaiera. Ova studija [14], dugogodišnjeg aktivnog njemačkog *boškovićologa*, razlikuje se od ostalih biografsko-znanstvenih portreta R. Boškovića velikom povijesno-epistemološkom tablicom [36, 5] koja u 36 redaka donosi kronološki poredane životni put i djela R. Boškovića (najvažnije postaje) u prvome kompaktnom stupcu tablice. U ostalim stupcima su prirodnoznanstvena i tehnička *otkrića/događaji* toga razdoblja, zatim prateći *kulturni događaji*, te povezani glavni *politički događaji/razvoji*. U studiji su *prikazom kruga* razvrstani i brojem izraženi Boškovićevo radovi po znanstvenim ili stručnim područjima, kroz 7 kružnih isječaka čije su površine proporcionalne broju publikacija. Najveći je isječak fizike (teorija i primjene) s 21 radom, astronomije (15 radova), čiste matematike (14),... do putopisa (2 rada). U našem istraživanju Boškovićevo sabranih radova, povodom 300-te obljetnice njegovog rođenja, spektar radova razvrstali smo u osam komponentata i *preliminarno* nabrojali oko 100 radova: više od standardnih prikaza (ukupnog broja) do sada. Naši scientometrijski prethodni podaci prikazani su na slici 1. Radove smo razlučivali i bibliografski dodavali prema objavljivanju na latinskom, talijanskom, francuskom, engleskom i njemačkom jeziku, jednostavno kao prinovak u sabranom broju radova. Recimo, poznatu raspravu *O težištu (De Centro Gravitatis Dissertatio, 1751)*, brojali smo dvostruko: prvi puta kao djelo predano *Rim. kol. Dr. Isusove* veličine 27 stranica i tablicom slikā, te drugi puta kao drugo popravljeno i prošireno izdanje obujma 56 stranica i dvije tablice slikā.

2. Boškovićevo prva jedinstvena teorija *sile* (dinamizma) u prirodi i njezini utjecaji u modernoj znanosti

2.1. M. Jammerovi povijesni pojmovi *sile*

M. Jammer (1915–2010)¹ u *Pojmovima sile (Concepts of Force, 1957)* te u »Predgovoru«
Doverovu izdanju (1999) toga kapitalnog djela [8], briljantno i kratko se uključuje u moderne rasprave o naravi silā: da li *sile* bilo koje vrste postoje ili ne postoje? Jesu li one, tek, dogovor (konvencija)? Treba li ih drukčije poimati i konstruirati u horizontu suvremenog standardnog modela fizike čestica, modela baždarnih teorija, ili pak kvantne kromodinamike (koji obuhvaća elektroslabu i kromodinamičku temeljnu silu). Njutnovski pojam sile u 2. aksiomu, koji se zasniva promjenom/izmjenom količine gibanja (*change of motion/exchange of momentum*) odnosno formulom $F = m \cdot a$ (prema L. Euleru, najvećem sljedbeniku i promotoru Newtonove fizike), zamjenjuje se manje ontološki zahtjevnim pojmom *interakcije* ili *međudjelovanja* između samih čestica. Interakcije se prenose dodatnim česticama koje karakteristično prijenose promatranu interakciju. Ono što se danas u modernoj fizici naziva *četiri fundamentalne prirodne sile* nisu više *sile* u tradicionalnome smislu. Suvremena fizika čestica podupire gledište, što je već započelo s Einsteinovom općom relativnošću, da se pojam sile primiče svome životnom kraju, kao da se primjene toga pojma potiskuju u novim temeljnim otkrivanjima u fizici

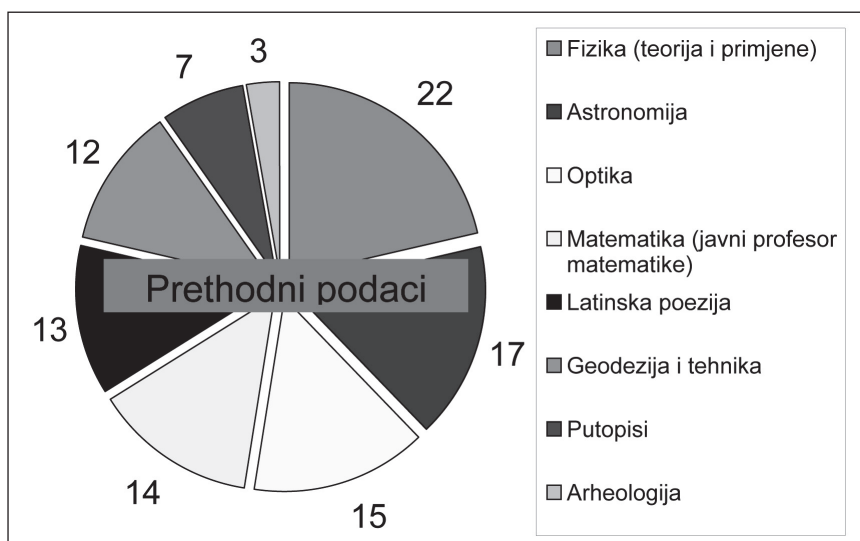
¹

Max (Moshe) Jammer (13. travnja 1915., Berlin – 18. prosinca 2010., Jeruzalem), pripada najuglednijim svjetskim povjesničarima fizike 20. stoljeća. Poznat je po nizu knjiga o pojmovima prostora, mase, sile, istodobno-

sti, filozofiji i pojmovnim temeljima kvantne mehanike, Einsteinovu životu, djelu i religiji. Jammer je bio najpoznatiji tumač i promotor Boškovićevo djela i utjecaja Boškovićevo *Teorije* u fizici u svijetu.

čestica i kozmologiji. S druge strane, termin *sila* ostaje i traje u znanstvenome nazivlju, barem u smislu promjene ili prijenosa količine gibanja (*momentum transfer*).

Boškovićeva je teorija sile bliža suvremenim međudjelovanjima između čestica te Einsteinovim tenzorskim jednadžbama gravitacijskog polja negoli Newtonovoj klasičnoj definiciji da sila uzrokuje akceleraciju. M. Jammer u *Concepts of Force* [8] navodi i komentira Boškovića 9 puta, te posebno u velikome bloku na 8 stranica svoje knjige koji je posvećen Boškovićevoj dinamizmu. Jammerova knjiga sadrži najbolja tumačenja, komentare i prosudbe Boškovićeve *Teorije* i drugih njegovih radova na engleskome jeziku uopće, napose u 9. poglavlju.²



Slika 1. Sabrani radovi Ruđera J. Boškovića (preliminarni podaci, 2011). Sabrana djela R. J. Boškovića, razvrstana u 8 komponenta. Djela i djelca. *Pribilježbe* u djelima drugih. Godišnje javno *obranjene rasprave*. Članci u: spomenici *Bolonjske akademije* i drugi spomenici, predane rasprave *pariškoj Akademiji*, rimski znanstveni časopis *Giornale de' Letterati*, *Philosophical Transactions (Royal Society)*. Poezija, *putopisi*, komentari i *pjesmice*. Radovi na *latinskom, talijanskom, francuskom, engleskom i njemačkom jeziku*.

2.2. Boškovićeve zakon silā i fizika u Teoriji – moderni dosezi i epistemička tumačenja

Boškovićeve *Teorija (Theoria philosophiae naturalis)* [1,6] jest koherentno djelo napisano prirodno-filozofskim i govorničkim stilom pisanja (»upućeno čitaocu«), koje počiva na djelima i preciznome navođenju drugih autora: Newton, Leibniz, Mac-Laurin, ... Nadasve počiva na velikoj filozofskoj pozadini i matematičkim (geometrijskim ili algebarskim) dokazima s primjenama u fenomenologiji različitih pojava i pokusa u fizici toga vremena. *Teorija* [1] jest briljantni primjer djela u filozofiji prirode uopće te djelo-međaš za epohu moderne fizike. Glavna pretpostavka, koja daljnjim razvojem u djelu postaje načelom ili zakonom, jest da se ništa ne događa-zbiva *skokovito (per saltum)*, nego prema načelu neprekinutosti odnosno zakonu kontinuiteta, što je već prethodno obradio u raspravi *De Continuitatis Lege* (Coll. Romanum, 1754.) [7]. U povijesnome sagledavanju, Bošković je slijedio G. W. Leibnizovo (1646–1716) matematičko i filozofsko mišljenje, napose njegov nauk o monadama (1714) kao nedjeljivim i neprotežnim točkama, koje kod njega

resi spiritualnost i nematerijalnost na crti duša–tijelo dualizma iz Descartesove metafizike. Bošković je načelom neprekinutosti i krivuljom silā (*curva Boscovichiana*), izgradivši velebnu koherentnu teoriju prirodnih pojava i procesa, prvi u povijesti filozofije prirode »nagrizao« (napao) spornu Newtonovu predodžbu djelovanja na daljinu. Newton je prvi izvršio ujedinjenje silā u filozofiji prirode u okviru klasične mehanike, svodeći nebesku dinamiku Mjeseca oko Zemlje i slobodni pad tijela (*jabuke*) na jedan opći zakon gravitacije. Poteškoće tome zakonu na blizinu i/ili daljinu, popularno se u tumačenjima razrješavaju, manje ili više, kako je Newton pripisao Božjoj volji izvorište (narav) gravitaciji. S druge strane, Bošković je umjesto Newtonove privlačne sile (gravitacije), zatim kohezije i fermentacije, uveo u fiziku neprekinutu privlačno-odbojnu geometrijsku krivulju, s odbojnom silom na malim udaljenostima. Kako aproksimativno uspoređivati Boškovića, Newtona i Leibniza? Umjesto tri aksioma i opće sile privlačenja u gravitaciji i kozmologiji kod Newtona u *Principia* [9], Bošković je uveo jedan zakon silā u Prirodi (*Law of Forces*). Na slici 2 prikazani su izvorni Boškovićeve geometrijski crteži silā (*Teorija*, 1. Dio, [1]), gdje se vide odbojni i privlačni lukovi, asimptote i limesi važni u dinamičkoj primjeni jednog (izvornog) zakona silā. Boškovićeve odbojni ili privlačni lukovi na ordinati opisuju sile koje dinamički opisuju odbojna ili privlačna djelovanja između njegovih točaka. Napose su važna temeljna tumačenja karaktera presjecištā (nultočaka) sile s udaljenosti na osi apcisa. Presjecište u kojem sila prelazi iz odbojne u privlačnu (poput nultočke E u fig. 1., na slici 2. u ovome tekstu) jest *limes* ili *granica kohezije 1. vrste* (*limites cohaesionis, prioris generis*). Mali pomaci udesno ili ulijevo su »stabilni« jer sile djeluju povratno oko točke E. Presjecište u točki G na istoj slici, gdje sila iz privlačne prelazi u odbojnu, jest *limes* ili *granica nekohezije 2. vrste* (*limites non cohaesionis, secundi generis*). Ako se Boškovićeve točka ili element nalazi u presjecištu G, mali njeni pomaci udesno ili ulijevo su »nestabilni« jer je sila udaljavaju od presjecišta G. Stoga limes nekohezije jest »nestabilno« presjecište (nultočka) u dinamičkim primjenama sile. Pojmovi i jasna tumačenja granica 1. i 2. vrste su napose pod brojevima 180 i 181 (*Teorija*, 2. dio, str. 82–83, [1]). Vladanje i veličina (ploština) lukova odbojnih i privlačnih silā su kod Boškovića krucijalni za gibanja i titranje čestica između njih, što nam omogućuje pravo poimanje pojava i zakona materije u fizici: npr. fermentaciju (vrenje), isparivanje, konflagraciju (izgaranje), deflagraciju (spaljivanje plamenom), eksploziju, do emisije svjetlosti. Na tome tragu je Bošković, napose u pogledu vrlo jakih oscilacija, uz granice 1. i 2. vrste uveo i *prolaz kroz beskonačnost* (vertikalne asimptote) da bi »osigurao« neprekinutost krivulje. Primjeri asimptota su fig. 12, na slici 2. u ovome tekstu, a prolaz kroz beskonačnost (*transitus per infinitum cruribus asymptoticis*) u fig. 14. na istoj slici. Zahtjevni pojam prolaska kroz beskonačnost, Bošković je zorno obradio u brojevima 185–187 (*Teorija*, 2. dio, str. 84–86, [1]). Bošković upotrebljava spektar značenjā pojmu sile, kad jedinstvenu silu primjenjuje na prirodne pojave: *vis inertiae* (ustrajnost tijela u mirovanju ili stanju jednolikog gibanja po pravcu), *vires activas* su vanjske sile koje uzrokuju stanje mirovanja ili promjenu brzine, *vis motrix* odgovara Newton-Eulerovoj definiciji produkta mase i akceleracije, te *vis acceleratrix* kao jednostavno ubrzanje (npr. gravitaciju ili slobodni pad). Sile što fenomenološki uzrokuju gibanje, ubrzanje ili usporavanje, te zakrivljenost, Bošković najčešće tumači

2

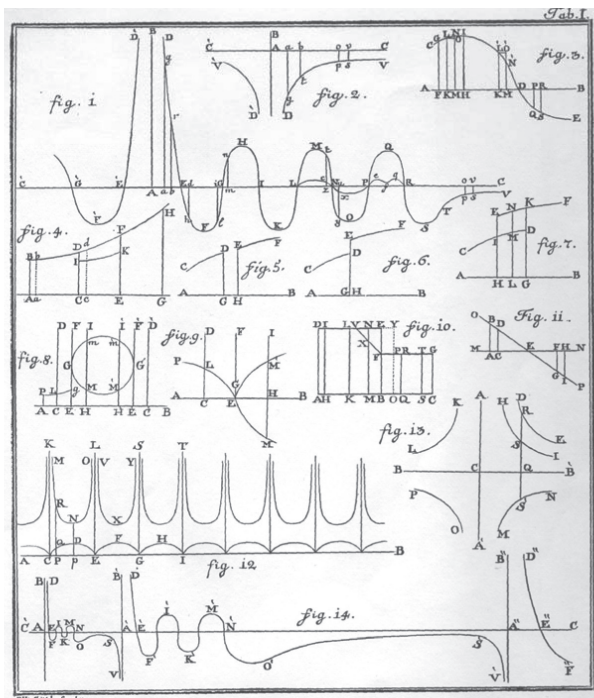
Jammer je koristio prijevod Boškovićeve *Teorije* iz 1922.: *A Theory of Natural Philosophy*,

Put Forward and Explained by Roger Joseph Boscovich, S.J.; Latin-English Edition [6].

jedinstvenim dinamičkim imenom *vis*, što se, zapravo, slaže s 2. i 3. Newtonovim aksiomima. Valja podsjetiti da su Boškovićeve točke bez volumena i bez mase: prema tome, nisu striktno podložne mehanizmu 2. Newtonovog aksioma pri njegovim integro-diferencijalnim raspisivanjima. U formuli, faktor proporcionalnosti između sile koja djeluje na česticu i akceleracije jest baš masa čestice m koja je neovisna o sili i vremenu. Boškovićevoj čestici mase m konceptualno odgovara stanoviti broj njegovih točaka prema njegovoj teoriji (vidi u pogl. 4).

U primjeni teorije (*Teorija*, Dio III., [1]), napose na fiziku krutog tijela (nepрониčnih tjelesa), kod Boškovića tijela imaju: protežnost, nepрониčnost, elastičnost (podatljivost oblikovanju), te inerciju i gravitaciju. Kontinuitet materije (sile) treba promatrati i na problemima klasičnog tijela ili problemima teorije sraza. Tijelo je rastavljeno (*diskretum*), a ne kontinuirano. Time dolazimo do važnog izvornog Boškovićevog temeljnog zakona (aksioma) o *impenetrabilnosti* ili *nepronicičnosti* u njegovoj *Teoriji* (BTI – zakon):³ dvije (tvarne) Ruderove točke se ne mogu stopiti u jednu istu, prostornu (lokalnu) točku istodobno. Kod Boškovića su to euklidsko-ontološke točke: obdarene samo *inercijom* i *silom*. Sila kod Boškovića po zakonu jest *određenje* (*determinatio*) između dvije točke, dvije stvarne točke ili elementa koji se približuju ili udaljavaju. Osnivač elektromagnetske teorije J. C. Maxwell (1831–1879), čije 4 temeljne jednadžbe polja nose njegovo ime, kritizirao je Boškovićevu ideju i zakon o nepronicičnosti. U članku *Atom* (*Encyclopaedia Britannica*, 1877) Maxwell je ocijenio da je to »neodgovorni ustupak (pristajanje) priprostome (vulgarnome) mišljenju«. Maxwell je očito, kao i B. Russell (1872–1970) nakon njega, bio štovateljem i zagovornikom Leibniza i njegovih ideja, a da Newtona i ne spominjemo. Bošković kao isusovac univerzalno gleda na svoj zakon silā koji se dinamički i kvalitativno primjenjuje na sve prirodne pojave, dok pogreške ili prilagodbe u pokusima i opažanjima nemaju odlučujuću ulogu. Takvo božansko gledanje na fiziku, nakon Boškovića je kasnije naročito zagovarao Einstein u tumačenju zadaće i uloge suvremene teorijske fizike.

Dvojica velikih kvantnih fizičara i filozofa, Bohr i Heisenberg, 1958. prigodno su komentirali Boškovićeve doprinose fizici [10]. Bohr je ocijenio da je Bošković razradio predodžbe Newtonove mehanike na temelju interakcije *masa–točke* pomoću centralnih sila, dok je Heisenberg naglasio da je Boškovićeve *pojma sile* došao do izražaja kasnije – sile između čestica postale su ključ za poimanje strukture materije. Heisenberg u svojim izvornim radovima, izgleda, nije spominjao Boškovića, osim u neobjavljenom rukopisu izvornog njemačkog govora povodom dodjele naslova počasnog doktora na Sveučilištu u Zagrebu 1969. godine [18]. U tome govoru je Bošković »veliki filozof i istraživač atoma u atomnoj teoriji« (str. 6 govora) ili »veliki matematičar, fizičar i astronom Bošković« (str. 8 govora) koji je prije 200 godina postavio i otkrio (prepoznao) prvu jedinstvenu teoriju atoma u prirodi, što je odlučujuće utjecala na kasniji tijek razvoja prirodnih znanosti. Također dva nobelovca u 20. stoljeću, Heisenberg i Lederman, svaki u duhu svog znanstveno-kulturnog obzora (njemačkog i američkog), uporište modernoj fizici čestica u 20. stoljeću najbolje i najpreciznije vide u Boškovićevoj *Teoriji*. Ledermanov naziv za Boškovićeve *a-tom* (prema grč. *átomon*, lat. *atomus*, hrv. *átom* ili *nedjeljiv* odnosno *nerazdjeljiv*) u popularnoj *Božjoj čestici* na jednoj strani, a na drugoj Heisenbergov *Atom* = *Unteilbare* te brojni njegovi ogledi i komentari u poljima *Atomlehre*, *Atomphilosophie* ili *Atomforschung*. Veliki američki fizičar L. M. Lederman⁴ navodi i komentira Boškovićeve teoriju na 4 mjesta u svjetski



Slika 2. Boškovićevo geometrijsko ili slikovno predočivanje (*Pictorial Representation*) silā u *Teoriji*. Prva jedinstvena teorija silā u prirodi: neprekinute krivulje sila, npr. fig. 1. u *Teoriji*, 1. dio, str. 6–8 [1]. Uz slikovnu, Bošković uvodi i post-Newtonove pojmove i tumačenja u fizici. Tako npr. pod br. 33 (*Teorija*, 1. dio, str. 13, [1]), uz pojam trenutka (*momentum*) uvodi još finiju veličinu *tempusculum* = sitni vremenski razmak, mogli bismo reći *vremenčić*. Dijelovi neprekinutog vremena odgovaraju dijelovima crte, trenuci se geometrijski mogu predočiti točkama, dok krajnje neznanat djelić vremena jest *tempusculum*, što je Boškoviću važno za poimanje dinamike sraza dvaju tijela u mehanici.

poznatoj popularnoj knjizi *Božja čestica: ako je svemir odgovor, što je pitanje?* [22]. U prvome navodu (str. 137, prema hrv. prijevodu, *Izvori*, 2000.) Lederman izdvaja *dalmatinskog proroka* Boškovića (Hrvata *Dubrovcānina*), koji je prvi uočio kako Newtonov zakon gravitacije u slučaju klasične granice – na malim ili velikim udaljenostima – nije više sveopće i precizno valjan. Potreban je drugi zakon sile (*lex virium*) za drukčije sitne gradivne sastojke svemira, a to je prema Ledermanu Boškovićev *a-tom* (točkasti atom) umjesto klasične Newtonove mase. Na str. 160 i 161, Lederman ponovo naglašava Boškovićev točkasti atom (Boškovićev *a-tom*) okružen silama, koji Faradayu omogućuje poimanje

3

Uvodimo u članku i notaciju prema standardnoj notaciji za istraživanje i tumačenje Newtonovih *Principia* [9] u povijesti znanosti i tehnologije, napr. poput kratice NPI: Newton *Principia Inertia*, kada se govori o 1. Newtonovu aksiomu inercije (ustrajnosti ili tromosti) u *Principia* odnosno o sili inercije (*vis insita* odnosno *innate force of matter*) u definiciji 3 u sklopu Newtonovih definicija, što prethode aksiomima u *Principia*. Kratice za istraživanje i recepciju Boškovićevih zakona, dokaza, dopuna dokazu, ideja, rješenja, korolara, do fizikalnih pojmova u njegovoj

Teoriji, koristimo kraticu B (Bošković) i T (*Teorija*) s početnim slovom elementa koji se konkretno koristi, napr. BTI: Bošković *Teorija* Impenetrabilnost.

4

L. M. Lederman je boravio u Zagrebu (predavanje o budućoj fizici na Tevatronu u Fermilabu) kao prvi predavač na IV EPS seminaru: *International Research Facilities*, 17.–19. ožujka 1989., Zagreb, u organizaciji Instituta Ruđer Bošković i European Physical Society.

njegovih slavnih pokusa, otvarajući nove horizonte u rađanju elektromagnetizma. Boškovićevo konceptijom *a-toma*, naposljetku smo i na tragu poimanju i otkriću *Božje čestice* (Higgsovog bozona). Na str. 180 Lederman naglašava Boškovićeve točke koje su »izvor polju sile«, kao fundamentalnu razliku prema matematičkim točkama. Na str. 197 Boškovićeve teorija dobila je veličanstvenu afirmaciju kroz Rutherfordov pokus 1911. u Manchesteru. Konačno, Lederman pokušava u svojoj knjizi popularno odgovoriti na pitanje *Što je atom?* u modernom standardnome modelu, primjenjujući pseudo-Sokratovu metodu dijaloga između Demokrita i Ledermana. Demokrit misaono dolazi (nakon 2400 godina) u Fermilab u suvremenu kontrolnu sobu za nadzor i uzimanje podataka (DAQ), među doktorande i poslijedoktorande u pokusima na hadronskome ubrzivaču Tevatron, da bi raspravljao temeljna ontološka pitanja.

E. Rutherford (1871–1937), otkrivač atomske jezgre i nuklearnog modela atoma u Manchesteru 1911. godine [27], izvrsno je protumačio H. Geigerove i E. Marsdenove podatke o raspršenju monoenergetskih α -čestica na listonosnoj zlatnoj meti (*gold-foil*, *zlatni listak*). Rutherford je briljantno povezoa njutnovsku matematiku i J. J. Thomsonovu teoriju pojedinačnog ili višestrukog raspršenja čestica prolaskom kroz materiju, te Boškovićevo teoriju o *točkastim* izvorima sile. Autor ovoga članka je po prvi put u Manchester 'donio' posebni poster o znanstveno-filozofskoj kompatibilnosti Boškovića i Rutherforda, u sklopu Rutherfordove stoljetne konferencije o nuklearnoj fizici 2011. na Sveučilištu u Manchesteru [28]. Nasljeđe Boškovićeve teorije u Rutherfordovu članku istaknuto je u posteru s tri prosudbe: središnji (pozitivni) naboj atomske jezgre jest Boškovićeve *točka* – točkasti izvor kulonske sile (i), α -čestica je također *točka* (ii), te *parametar sraza* u sudaru α -čestice i jezgre zlata, kao ključni parametar u Rutherfordovoj teoriji, ima narav udaljenosti poput one u Boškovićevoj krivulji (iii). Nasljeđe Boškovićeve krivulje je dugotrajno i široko u fizici, napose u nanofizici i nuklearnoj fizici, modernoj kemiji i biologiji, do primijenjenih istraživanja novih materijala i heterospojeva u elektronici i informacijskoj tehnologiji.

3. Pitanje *apercepcije* čestica u filozofiji prirode. Bošković – izvorni atomist?

Fundamentalni je san atomista otkrivanje konačnih identičnih sastojaka materije u Prirodi ili u Svemiru. Na tome tragu, započela je početkom 20. stoljeća era fizike elementarnih čestica. Napose je o tome pisao Heisenberg (*kleinste Bausteine der Materie, Elementarteile der Materie*) u svojim izvornim radovima o odnosu fizike i spoznaje [18, 19]. Prirodnofilozofska ideja o konačnim sastojcima koji moraju biti apsolutno nedjeljivi, zasigurno je navodila filozofe prirode prema stajalištu da bi to neprijeporno mogle biti geometrijske točke – bez ikakva proširenja. Budući da je takva ideja gotovo nepredodivna, smatrala se preuranjenom za njene provedbe u fizici i kemiji čak i u 19. stoljeću. U kronološkom tumačenju povijesnog razvoja znanosti i tehnologije, prema DHST-periodizacijama,⁵ moderno razdoblje u znanosti i tehnologiji započinje nakon 1800. godine. Sredinom 18. stoljeća, doista preuranjeno – prema razdjelnici 1800. godine, rođena je prva prirodno-filozofska i matematička teorija o točkama kao konačnim sastojcima materije s jednim zakonom sila u Prirodi, na latinskom jeziku. Rodonačelnik ove teorije jest Ruđer Josip Bošković (1711–1787), jedan od najvećih hrvatskih i svjetskih znanstvenika svih vremena, filozof prirode, matematičar, fizičar, tehničar, pjesnik, isusovac, diplomat. Svestrano se bavio problemima astronomije, optike, mehanike, geodezije, graditeljske tehnike. Njegovo životno djelo *Teorija prirodne filozofije*

bila je uspon (*der Aufstieg*, u skladu s Einstein-Infeldovim pojmom za razvoj znanosti) novih pogleda na građu tvari. U tome opisu uzlaznog razvoja fizike, Einstein i Infeld [12] previdjeli su ubrojiti Boškovića među atomiste, premda su analizirali približavanje (*Anziehung*) i odbijanje (*Abstossung*) dviju čestica pomoću pojma sile, čime se Bošković posebno bavio u svojoj *Teoriji* (*Teorija*, I. dio, [1]).

U povijesnoj recepciji i tumačenju Boškovićevo djela i mišljenja u hrvatskoj znanosti i kulturi, napose u fizici, nemamo koherentnu ili jedinstvenu interpretaciju. Ivan Supek, jedan od najuglednijih teorijskih fizičara, povjesničara i filozofa znanosti te osnivač instituta R. Bošković u Zagrebu, smješta Boškovićevo teoriju između Newtonove mehanike i moderne fizike elementarnih čestica, ali bez matematičke podloge koja resi Newtonovu fiziku, Maxwellovu elektromagnetsku teoriju ili Heisenbergovu kvantnu teoriju. Koristeći kapitalno djelo matematičara i povjesničara Željka Markovića *Ruđe Bošković* [3–4], koje kronološki i na izvorima donosi razgranatu Boškovićevo aktivnost, Supek je pokušao vrednovati Boškovićevo ulogu na razmeđu filozofije, znanosti i društva u knjizi sintetskoga naslova [10]. Prema toj Supekovoj evaluaciji, Bošković se ne može uvrstiti među najveće znanstvenike novoga svijeta, uz bok Descartesu, Galileiju, Gilbertu, Huygensu, Newtonu, Leibnizu ili Euleru. Međutim, Supek drži da se Bošković ipak uzdiže među najveće zbog njegovih »genijalnih anticipacija« moderne fizike, podjednako teorije polja (sile) i atomistike, koje su do izražaja došle tek stoljeće kasnije. Supekova konačna prosudba jest da je Bošković bio »vizionar« koji je živio i stvarao u prijelomno doba filozofije i znanosti, te da je bio jednim od posljednjih velikana discipline filozofije prirode, koja zapravo završava njegovim kapitalnim djelom *Teorijom prirodne filozofije*. Mi pokazujemo, u ovome članku, da je Boškovićevo mjesto u povijesti znanosti osigurano njegovom *monističkom* teorijom (zakonom) sila, te nasljeđem i utjecajem u razvoju moderne teorije polja i čestične slike prirode u fizici, od 18. stoljeća do naših dana. Boškovićeve ideje uvažavali su Priestley, Faraday, Maxwell, lord Kelvin, J. J. Thomson, Lenard i drugi. U kontekstu tumačenja modernog razvoja znanosti, treba naglasiti temeljna otkrića i međaše tijekom 19. i 20. stoljeća. Novi sustav kemijske filozofije postavio je J. Dalton (1808) s nekoliko vrsta atoma (*Daltonian atoms*), dok D. I. Mendeljejev postavlja prvi regularni periodni atomski sustav 1869. godine. Elementarne čestice u atomu i jezgri, kao konačni gradivni sastojci, najprije su bile elektron, proton i neutron, otkriveni u atomskoj i nuklearnoj fizici prvih 20-ak godina 20. stoljeća. Kvantnu teoriju elektrona briljantno stvara P. A. M. Dirac (1928), kao temelj razvoja relativističke kvantne fizike. H. Yukawa uvodi međudjelovanje elementarnih čestica (1935), predviđajući novu česticu (pion) u međunukleonskim djelovanjima u jezgrama. Godine 1964. M. Gell-Mann uvodi nove sub-elementarne čestice (*sub-elementary particles*) poznate pod imenom kvarkovi [11, 20, 26, 32]. Baš na crti razvoja fizike elementarnih čestica, valja suditi o Supekovoj prosudbi o Boškoviću – vizionaru, nasuprot našoj prosudbi o Boškoviću – originalnome atomistu? One nisu istovjetne, a njihova validacija u godini Ruđera Boškovića ipak više naglašava alternativu o Boškoviću kao izvornom atomistu [17, 22, 25–26, 31, 33]. Želimo još naglasiti da je Boškovićevo prirodno-filozofska metodologija i danas važan istraživački problem u povijesti i filozofiji znanosti.

5

Međunarodno udruženje Division of the History of Science and Technology (DHST) = Dio za povijest znanosti i tehnologije, kao sastavni dio šireg Međunarodnog društva za

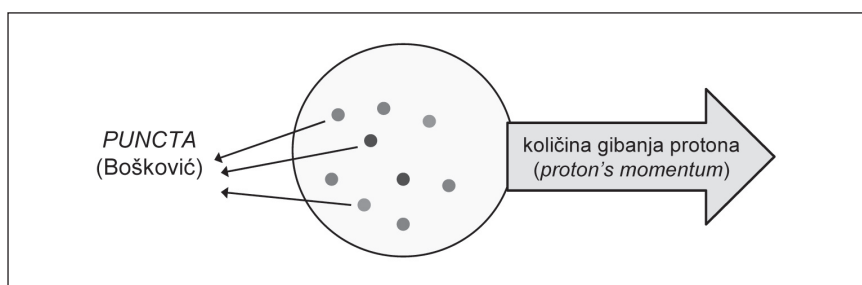
povijest i filozofiju znanosti (IUHPS = International Union of History and Philosophy of Science).

U filozofiju ili uže u spoznajnu teoriju *apercepciju* je nasuprot *percepcije* prvi zacrtao G. W. Leibniz (1646–1716), polazeći od suprotnosti i razlike između svjesnog (*bewusst*) i nesvjesnog (*unbewusst*). Apercepcija⁶ označava svjesno opažanje ili poimanje, nasuprot percepciji kao nesvjesnom koja više do izražaja dolazi u polju psihologije. Apercepcija je usvajanje gomile nejasnih i mutnih osjetilnih dojmova dobivenih percepcijom, u jasne i razgovijetne svjesne sadržaje doista onako kako je formulirao Leibniz. U svojoj spoznajnoj teoriji, I. Kant (1724–1804) učinio je korak više: razlikuje *empirijsku* ili *psihološku* nasuprot *transcendentalne* ili *čiste* apercepcije. Ona se odnosi na usklađivačke, uspoređivačke i povezujuće *jedinstvene* sposobnosti razuma i uma u spoznaji. Refleksiju svih sadržaja zamjedbi provodi *ja* kao subjekt mišljenja i spoznavajuće svijesti: transcendentalna apercepcija jest čista samosvijest (*reines Selbstbewußtsein*). *Ja mislim* (*Ich denke* ili *Cogito*) jest uporišna spoznajno-teorijska točka čije jedinstvo jamči da se sve ostale predodžbe (dojmovi), mislećim i spoznavajućim subjektom, njime mogu (sve)obuhvatiti. U sve?-obuhvaćanju, znak upitnika u Kantovu modelu i opisu spoznaje uklonio je i zorno pokazao baš njegov suvremenik R. J. Bošković djelom *Theoria philosophiae naturalis*. To su njegove apercepcije o točkama kao najmanjim ontološkim sastojcima materije (*puncta* ili *pointlike particles*) u njegovoj teoriji sredinom 18. stoljeća. Bošković je tvorac najranije predodžbe o elementarnim česticama, rođenim kasnije u eksperimentima i teoretskoj fizici na pragu 20. stoljeća. Boškovićev pojam *particulae primigeniae* u njegovoj *Teoriji* vrlo je sličan Heisenbergovim *primariis particulis novimus* – o elementarnim česticama koje grade naš svijet i svemir [19].

4. Feynmanov *partonski* model i Boškovićeva *apercepcija točaka*

U šezdesetim godinama 20. stoljeća, fundamentalna ideja M. Gell-Mannove i G. Zweigove simetrije (1964) pokazala je da su ondašnje elementarne čestice složene građe, da imaju supstrukturu od elementarnijih (*subelementarnih*) sastojaka – kvarkova. Novoj fenomenološkoj, eksperimentalnoj i teorijskoj grani fizike, pravi otkrivački zamah dao je R. Feynman, nazvavši briljantno nove elementarnije sastojke materije *partonima* (1969). Kvarkovi su partonski ugrađeni u barione (čestice izgrađene iz tri kvarka) i mezone (sastavljene iz kvarka i antikvarka), a takva kvarkovska slika materije nezaobilazna je osnovica u tumačenjima rezultata suvremenih pokusa fizike visokih energija (VHS = veliki hadronski sudarivač [od engl. *Large Hadron Collider*] (kao u Lit. [24]), CERN, odnosno Tevatron, hadronski sudarivač u Fermilabu, Chicago [Lit. 24]). Zašto su proton i protonski sudari na visokim energijama važni, u jednostavnoj fenomenološkoj slici takvih sudara? Protonu na visokim energijama tijekom ubrzanja uzbude se njegovi konstituenti. Svaki konstituent ima svoju količinu gibanja (engl. *momentum*) uglavnom u smjeru količine gibanja samog protona. Da bi neki konstituent zadobio visoku količinu gibanja transverzalno na smjer protona, takvu količinu gibanja mora izmijeniti s drugim konstituentom. To se događa baš u trenucima sudara protona. Međutim, protoni, čiji se snopovi sudaraju, kompaktne su hadronske čestice čija vezana stanja opisuje *jaka sila*. U reakcijama (sudarima) za koje smo najviše zainteresirani uključuju se *slabe interakcije* između protonskih konstituenata. To su dva pogleda ili dva sloja (dvije prirodne sile) u znanstvenoj slici istoga događaja: visokoenergijskog sudara dvaju protona. Za fiziku LHC-a oba pogleda se moraju razumjeti i uzeti u obzir u teorijskim predviđajima ili simulacijama, te u stvarnim mjerenjima i analizi brojnih fizičkih objekata

ili čestica u događajima sudara. U jednostavnome partonskome modelu protona što ga je uveo R. P. Feynman, proton je *skup* bezmasenih kolinearnih konstituenata (partona). Količinu gibanja protona preuzimaju pojedini partoni (*kvark* ili *gluon*) u protonu, u skladu odgovarajuće funkcije gustoće razdiobe vjerojatnosti protonske količine gibanja (vidi sliku 3). Dakle, monokromatski *pp*-snopovi na LHC-u gledaju se kao snopovi gluona i kvarkova sa širokim pojasom energija, s partonskim međusobnim djelovanjima. R. Feynman, jedan od najvećih američkih i svjetskih fizičara u pogledu novih otkrića u fizici kao i predavanjima (sveučilišnome odgoju) fizike, prihvatio je Boškovićevo teoriju o *točkama-atomima* kao elementarnim sastojcima materije kao svoj filozofski credo. O tome svjedoči stranica 39 u poznatoj knjizi iz 1992. o geniju R. Feynmanu, iz pera Jamesa Gleicka [20]. Prosudbe iz Gleickove knjige, kao glasnogovornika i pouzdanog Feynmanova suradnika, potvrđuju američku recepciju Boškovićevo nasljeđa, moderne epistemološke utjecaje i suvremena tumačenja njegove *Teorije prirodne filozofije* na američkome tlu. Slika 3 geometrijski i pojmotvorno prikazuje Boškovićevo nasljeđe – nauk o *točkama i česticama* kao gnoseološku podlogu Feynmanovu *partonsko-kvarkovskome* utemeljenju moderne fizike čestica. Vremenski razmak jest oko 200 godina. Valja naglasiti da su Boškovićeve apercepcije domišljene u filozofiji prirode i bez pokusā, za razliku od Feynmanovog modela koji je izravno povezan s pokusima i čestičnom fenomenologijom modernog doba.



Slika 3. Epistemičko-efektivno povezivanje prirodnofilozofske Boškovićeve teorije iz sredine 18. stoljeća i preciznog Feynmanovog partonskog modela u drugoj polovici 20. stoljeća. Proton na visokim energijama (predočen jednostavno krugom) odgovara *particuli 1 – reda* u Boškovićevoj teoriji.

5. Nasljeđe Boškovićeve krivulje sile u modernoj nuklearnoj fizici: *stablo – razinā* nuklearnih sila na niskim energijama

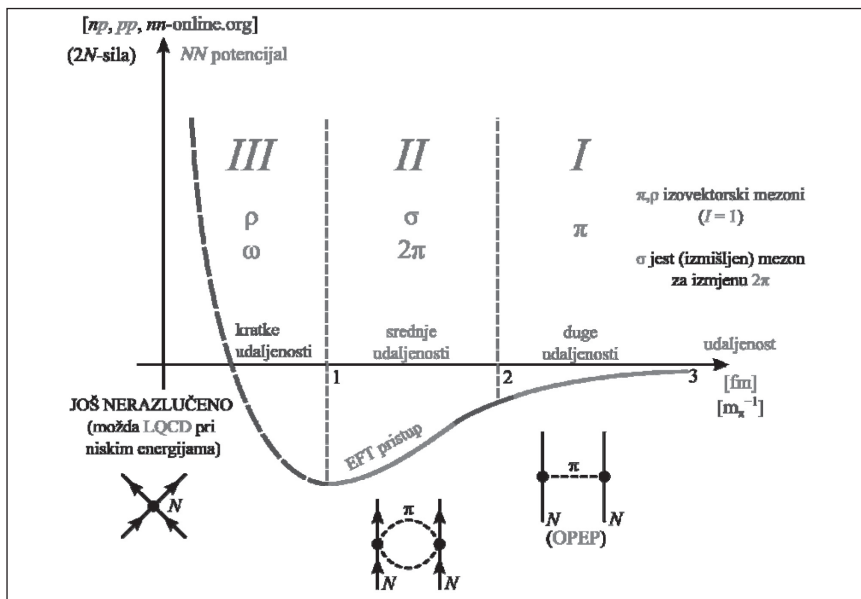
Pravo Boškovićevo nasljeđe u svjetskoj znanosti očituje se u modernoj slici nuklearnih silā (potencijala) na *stablu razina* (*tree – level picture of nuclear forces*), kada se one istražuju na kratkim–srednjim–dugim udaljenostima. To je poznato stablo na temelju Boškovićeve krivulje odbojne i privlačne sile koje postoji u standardnim udžbenicima iz fizike, kemije i biologije, ali koje se na žalost često puta ne pripisuje Boškoviću. Bošković je nacrtao i utabličio 75 znanstvenih geometrijskih slika u četiri tablice u *Teoriji* [1]. Dvije slike, fig. 1 i fig. 14 u Tablici I, ponajbolje odgovaraju modernom epistemičkom pogledu na stablo sila u suvremenoj nuklearnoj fizici na niskim energijama. U tim Boškovićeve crtežima valja uzeti u obzir samo početni i završni luk krivulje te za-

6

Prema novo lat. *adpercipere* ili njem. *hinzuwahrnehmen* (*k + za – zamjećivanje*) = *nadzamjećivanje*.

nemarniti ostale odbojno-privlačne lukove između. Naš moderni pogled, fizičke veličine i skale u nuklearnoj fizici na koordinatnim osima, jednostavni pridruženi dijagrami nukleon-nukleon potencijala (silā) s izmjenama čestica, s kratkim komentarima, prikazujemo na slici 4. Na osi y su proizvoljne jedinice [a.u.] koje se kvalitativno odnose na Nukleon-Nukleon potencijal (NN) odnosno dvonukleonski izvor sile ($2N$ -force).⁷ Na osi x su karakteristične nukleon-nukleon udaljenosti (d_{NN}) na femtometarskoj skali [$1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m}$]. Često puta se na osi x postavlja skala recipročne mase piona [m_{π}^{-1}], čestice koja prenosi jaku nuklearnu silu pri dugom doseg u jezgri. Vidimo da Boškovićevo stablo silā izranja dubokim strmim korijenom odbijanja na najkraćim udaljenostima, potom se zaobljuje (visokim algebarskim redom potencije udaljenosti) u krošnju privlačenja na srednjim udaljenostima, te dugosežno privlači (priljubljuje) u karakteristični vrh stabla prema osi x . Slika Boškovićevo stabla nije puka stvar akademskog povijesnog nasljeđa, već je odlikuje *vade mecum* svojstvo: učenici, studenti, nastavnici i znanstvenici mogu je uvijek imati kao predodžbu u svome istraživačkom poslu. Zbog logičke ljepote i znanstvene jakosti u njoj, koja traje i u suvremenoj znanosti, kao što je slučaj u nuklearnoj fizici. Pridružujemo stablu i Boškovićevo marginalnu zabilješku broju 101 koju u našem čitanju i epistemičkoj obradi smatramo najizdašnjom u njegovoj *Teoriji*. Riječ je o bilješci 101 koja glasi: »Legem virium non inducere actionem in distans, nec esse occultam qualitatem«/»Zakon sila ne uvodi djelovanje na daljinu i on nije neko skrovito svojstvo« (*Teorija*, 1. dio, br. 101, str. 46, [1]). Današnji fizičari čestica i kozmolozi kao *vade mecum* imaju sofisticiranu knjižicu Particle Data Group (PDG booklet), s brojnim utabličanim podacima i svojstvima čestica. Ne bi bilo loše pridodati i listić/sliku Boškovićevo stabla silā u PDG-knjižicu, tim prije što ona karakteristično baštini duh Boškovićevo dinamizma iz sredine 18. stoljeća. Boškovićevo nasljeđe u modernoj fizici razumijeva se obratno: stablo se promatra od dugog privlačnog dosega (razina I) na Yukawinim udaljenostima, preko privlačenja na srednjim udaljenostima (razina II), do razine III na kratkim udaljenostima, gdje isprekidanom krivuljom sile predočavamo još nerazlučenu odbojnu jezgru međudjelovanja (površina iza krivulje do ishodišta). Njezino tumačenje očekuje se iz kvantno-kromodinamičkih računalnih proračuna na rešetki (LQCD = Lattice QCD) pri niskim energijama do 3 GeV. Jednostavni dijagram opisuje kako su vrlo teška precizna izračunavanja u tome području. Pogledajmo razinu I stabla na slici 4. Yukawina škola nuklearne fizike počiva na slici izmjene jedne čestice (piona) između dvaju nukleona (OPEP), kao što prikazuje jednostavni dijagram na slici, na Yukawinim udaljenostima oko 1 fm do 2,5 fm.⁸

U području srednjih udaljenosti na razini II stabla, od 1 do 2 fm na slici 4., vlada centralno privlačno djelovanje između nukleona. Teorijski proračuni se zasnivaju na efektivnoj teoriji polja (Effective Field Theory = EFT) koja počiva na izmjeni mezonā. Nuklearna NN dinamika temelji se, zapravo, na mezonskoj izmjeni.⁹ Potencijal odnosno sila u razini II stabla na srednjim udaljenostima povijesno se pripisuje nizozemskom fizičaru J. D. van der Waalsu (1837–1923), poznatom po privlačnim silama u atomsko-molekularskoj fizici te jednadžbi stanja realnih plinova. Štoviše, u suvremenoj nuklearnoj fizici vrlo je poznata centralna privlačna sila za dva piona (2π) na srednjim udaljenostima, koja nosi ime *Van der Waalsova – slična sila (Van der Waals – like force)*. Dijagram za van der Waalsovu – sličnu silu, s izmjenom dva piona (nema σ bozona) lijepo se vidi na slici 4 ispod centralnog privlačnog potencijala na srednjim udaljenostima.¹⁰ Ovakav tip sile (potencijala) geometrijski je crtao R. J. Bošković stotinu godina prije Van der Waalsa. Bošković je i algebarski opisivao centralne sile privlačenja između njegovih *točaka*, ali



Slika 4. Boškovićevo stablo silā u suvremenoj nuklearnoj fizici. Nasljeđe Boškovićeve krivulje sile na niskim energijama: *stablo – razinā* nuklearnih sila s tri razine, sa suvremenim skalama, podacima i komentarima. Slika počiva na Boškovićevu stablu odbojne i privlačne sile koje se navodi u standardnim sveučilišnim udžbenicima, ali se često puta Bošković kao njegov tvorac zaboravlja. Fenomenološko razumijevanje stabla, te fizikalno-matematička objašnjenja i suvremeno nazivlje su navedeni u tekstu.

se njegovo ime u suvremenoj nuklearnoj fizici, nažalost, ne spominje. Izvanrednu matematičku raspravu Bošković je, kao treću u skupu od šest *Dopuna (Supplementa) Teoriji*, posvetio algebarskom prikazu sile, pod naslovom: »III. Analitičko rješenje problema koji određuje narav zakona sila« (*Teorija, Dopune, III.*, str. 277–288, [1]). Odbojnu silu u razini III stabla nacrtali smo isprekidano, suprotno Boškovićevoj neprekinutoj povijesnoj krivulji, jer je u

7

Podsjetimo da su *sila i potencijal* matematički povezani: u nekoj točki prostora sila je jednaka negativnom gradijentu potencijala u toj točki, dok se potencijal dobiva pravovaljanim integriranjem sile.

8

Posebno mjesto u povijesti fizike, za sva vremena, zauzima Hideki Yukawa (1907–1981). Jedna od epohalnih hipoteza u fizici uopće, bila je Yukawino predviđanje (1935) o čestici bez spina srednje mase (*mezon*) veličine između elektrona i protona. U Yukawinoj kvantnoj teoriji nuklearnih sila na udaljenostima $R \cong 1 \text{ fm}$ unutar jezgre, nuklearnu silu između protona i neutrona prenosi baš *mezon* – kvant nuklearne sile, čija masa hipotetski iznosi:

$$mc^2 = \frac{\hbar c}{R} \cong 100 \text{ MeV}.$$

Predviđeni Yukawin mezon otkriven je 1947. u kozmičkim zrakama, pod imenom pion (mase $m_\pi \cong 140 \text{ MeV}/c^2$, spin 0). Na Yukawinim udaljenostima, u su-

vremenoj nuklearnoj fizici koristi se formulacija o izovektorskoj tenzorskoj sili između nukleona u jezgri, odnosno izovektorskom tenzorskom NN potencijalu.

9

Na slici 4. su mezoni π i ρ laki nestrani izovektorski mezoni (izospin, $I = 1$), relativno teži jest ω mezon ($I = 0$). Mezon σ je izmišljeni mezon za parametrizaciju izmjene dvaju piona (2π) čime se uspostavlja privlačni potencijal, na srednjim udaljenostima u dijagramu.

10

Van der Waalsov centralni potencijal, na srednjim udaljenostima koji seže i do većih udaljenosti, ima moderni algebarski zapis:

$$V_c(r) \propto \frac{e^{-2m_\pi r}}{r^6} P(m_\pi r),$$

gdje su konstante vezanja i normiranja ispred samog izraza izostavljeni u ovom zapisu.

suvremenim proračunima i pokusima to još uvijek *terra incognita*. U najnovijim pokusima pokušava se *reskim* ili *prodornim* elektronskim snopom (*incisive beam*), poput snopa u JLabu u Newport Newsu u Virginiji, otkrivački »zasjeći« u tvrdu jezgru jake interakcije. Najsvježija otkrića baš potvrđuju postojanje jakih odbojnih sila u strukturi jezgre, na kratkim udaljenostima (~ 1 fm). Radi se o preciznim opažanjima kratkosežnih korelacija (Short Range Correlation = SRC) između dvaju nukleona unutar jezgre. Boškovićeva odbojna krivulja je neprekinuta te on sredinom 18. st. misaono lako ulazi u međudjelovanje (silu) na tim udaljenostima. Štoviše, točke E (fig. 1.) ili E' (fig. 14.) u njegovoj *Teoriji* [1], kao presjecišta u kojima sila prelazi iz odbojne u privlačnu, kao *limesi kohezije* kvalitativno opisuju 'stabilne pomake', što smo već objasnili u odjeljku 2.2.

6. Zaključak i gledišta

Bošković je veliki europski znanstvenik u povijesti filozofije i znanosti jer je prije Maxwell-Einsteinove epohe fizike, domislio jedinstvenu temeljnu silu koja tumači prirodu: od temeljnih entiteta (*točke*) u njoj, do zakonitosti i fenomenologije fizike na svemirskoj skali toga vremena [1–2]. Osnivač je teorije polja u fizici u otkrivačkome nizu: Bošković–Faraday–Maxwell–Hertz–Heavyside [25–26, 31–33]. Na kraju uvodne riječi u *Teoriji* [1] stoji njegov izvorni etički postulat: »uživaj u našem trudu i živi sretno«, što je sastavni dio njegove škole mišljenja u filozofiji prirode. Newton (17. stoljeće) je bio prvi i jedan od najvećih *sintetičara* (*synthesisers*) i *ujedinjitelja* (*unifiers*) prirodnih zakona [23, 25], ali Boškovićeva *Theoria* (18. stoljeće) daje savršeniju dinamičku sliku jedinstva prirode. Newton, Leibniz, Bošković, Maxwell, Poincaré, Einstein, te brojni suvremeni fizičari čestica, vjeruju u jedinstvo prirode, svejedno radi li se o znanstvenom i/ili religijskom uvjerenju. Bošković je teologiju, matematičke dodatke, te koncepte virtualnog i stvarnog u matematici i fizici, dodao u *Teoriju* na kraju svog životnog djela. Njegova je *Teorija* prirodno-filozofska prethodnica modernoj fizici čestica koja traga za jednom silom (*suvremena teorija svega*), kojom bi sve četiri poznate sile bile njezini različiti vidovi [17, 32]. Bošković je veličanstveno unio optimizam u filozofiju prirode, koji živi i danas na ulazu u svijet najvećih energija na Zemlji (LHC, CERN) [24, 26]. Mnogima će se, možda, učiniti nekonzistentnom, dodamo li i prosudbu da se Boškovićeva *Teorija* može povezati i s Hegelovim (1770–1831) briljantnim postavljanjem filozofije kao »misaonog promatranja stvari« (*die denkende Betrachtung der Gegenstände*).

O 300-toj obljetnici Boškovićevo rođenja u 2011. godini [25–31], pokazali smo da je Bošković imao *apercepcije točaka* (atoma) i njihove svekolike prirodne sile [25, 28, 33]. U povijesno-epistemološkom povezivanju fizike i filozofskog mišljenja, još je Anaksagora, prema Platonu, prirodu (svijet) tumačio uzorom mehaničkog stroja (*machinae*) gdje se svaka čestica (dio) giba uslijed gibanja druge čestice (dijela). Anaksagorin sustav čestica je Aristotel nazvao *homeomerijama* ili *istodjelnicama* (*homoiomérea* = istodjelnice), kojih ima onoliko koliko i jednostavnih stvari u iskustvu. Jedna je, ipak, najlakša i najfinija, nestvorena i nepropadna, nadosjetilna i umna tvar *nūs* (*νοῦς*). Izvornim samogibanjem, Anaksagorin *nūs* pokreće druge čestice na skladan i uređen način. Vrlo bi zanimljivo bilo istraživanje lanca u mišljenju o temi sile i dinamizma u prirodi s primjenama u tehnici: od Anaksagore (istodjelnica) preko Boškovića (sila i prirodno-filozofski dinamizam – uzorom na *nūs*) do Einsteinovog sna o teoriji ujedinjenog polja [28, 32]. Sve do standardnog modela čestica i očeki-

vanja nove fizike naših dana, iznad (*beyond*) standardne fizike na najmanjim udaljenostima oko 10^{-18} m.

U ovome članku nagovaramo i za suptilnim ispravkama u pogledu znanstvenog nazivlja, koje se gdjejad javlja u hrvatskome prijevodu pojmova u *Teoriji prirodne filozofije*. U pogledu zahtjevnog algebarskog prikaza geometrijske krivulje sile, Bošković matematički lijepo primjećuje da su moguće i *transcendentne funkcije* (*transcendentes*, one koje nisu algebarske). Nažalost hrvatski prijevod pod br. 113 (*Teorija*, 1. dio, str. 51, [1]) netočno (nezgrapno) navodi *transendente* krivulje (manjka znak *c* u prijevodu). Dugosežni cilj ovoga oglada (projekta) je širenje djela i mišljenja R. J. Boškovića izvan Hrvatske. Vrlo je važno sudjelovanje što većeg broja hrvatskih znanstvenika i filozofa, napose povjesničara znanosti, tehnologije i medicine na 24th *ICHSTM* u Manchesteru 2013. godine (*M = Medicine*, iznimno dodana *medicina uz znanost i tehnologiju* za kongres u Manchesteru), s novim radovima i izvornim priložima o R. Boškoviću, njegovim dostignućima, nasljeđu i suvremenoj recepciji u svijetu. Tim više što je glavna tema (moto) kongresa u Manchesteru: *Knowledge at Work (Znanje na djelu)*, kojim se žele obuhvatiti spoznaje iz rada na svim meridijanima. Kratkoročni je cilj uvrštenje natuknice (*entry*) o Boškoviću u novo digitalno izdanje SEP (*Stanford Encyclopedia of Philosophy*), napose nakon »godine R. Boškovića« u Hrvatskoj i svijetu. Tim više što postoji iscrpna natuknica o Frani Petriću, renesansnome velikanu filozofije i znanosti iz 16. stoljeća (<http://plato.stanford.edu/entries/patrizi/>) iz pera F. Purnella (2004). Bošković se spominje u većim člancima o atomizmu ili Newtonovoj filozofiji, ali natuknice o njemu još nema. Na tragu takvih nepovoljnih činjenica, epistemičko tumačenje i širenje uloge stabla Boškovićeve sile u suvremenoj nuklearnoj fizici u japanske akademske krugove [33], može se ocijeniti pozitivnim događajem.

Literatura i zabilješke

- [1] R. J. Bošković, *Teorija prirodne filozofije*, priredio i pogovor napisao V. Filipović, s latinskog preveo J. Stipišić, stručna redakcija Ž. Dadić, priređeno u Institutu za filozofiju Sveučilišta u Zagrebu, pretisak latinskog izdanja prema uzorcima u NSK (sign. 20 020 – A i B), dvojezično latinsko-hrvatsko izdanje, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 1974.
- [2] *Rogerii Josephi Boscovich Opera pertinentia ad opticam, et astronomiam maxime ex parte nova, et omnia huicisque inedita in quinque tomos distributa Ludovico XVI Galliarum Regi ... dicata*. Bassani, prostant Venetiis apud Remondini, 1785. *Opera pertinentia ad opticam, et astronomiam / Apartenants principalement a l'optique, et a l'astronomie*, francusko-latinsko izdanje, 1785.
- [3] Ž. Marković, *Ruđe Bošković*, dio prvi, posebno izdanje Odjela za matematičke, fizičke i tehničke nauke, urednik dop. član V. Niče, JAZU, Izdavački zavod JAZU, Zagreb, 1968.
- [4] Ž. Marković, *Ruđe Bošković*, dio drugi, posebno izdanje Odjela za matematičke, fizičke i tehničke nauke, urednik dop. član V. Niče, JAZU, s kronološkim popisom djela R. J. Boškovića, s popisom slika, s kazalom i sadržajem, Izdavački zavod JAZU, Zagreb, 1969.
- [5] Ž. Marković, O dvjestagodišnjici Boškovićeve *Philosophiae naturalis Theoria*, predavanja održana u JAZU, sv. 19, urednik akademik Josip Goldberg, JAZU, Zagreb, 1959.
- [6] *A Theory of Natural Philosophy*, Put Forward and Explained by Roger Joseph Boscovich, S.J.; Latin-English Edition, From the text of the first *Venetian Edition* published under the personal superintendence of the author in 1763; with *A Short Life of Boscovich*; Chicago London, Open Court Publishing Company, 1922; Printed in Great Britain by Butler & Tanner, Frome, England. Translated and Preface by J. M. Child,

- Manchester University, December, 1921. Preface »Life of Roger Joseph Boscovich« by Branislav Petroniević.
- [7] R. J. Bošković, *De continuitatis lege / O zakonu neprekinutosti*; uvod, kritičko izdanje latinskoga teksta, prijevod na hrvatski, komentar, dodaci i kazala Josip Talanga, ur. B. Valić, dvojezično latinsko-hrvatsko izdanje, Školska knjiga, Zagreb, 1996.
- [8] M. Jammer, *Concepts of Force: A Study in the Foundations of Dynamics*, Dover Publications, Inc., New York, 1999. Published in 1957 by Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. Preface to the Dover edition copyright © 1999 by Max Jammer.
- [9] Sir Isaac Newton, *Mathematical Principles of Natural Philosophy and His System of the World*, prijevod Andrew Motte 1729., popravljani prijevod s povijesnim dodacima i komentarima Florian Cajori, Vol. One: The Motion of Bodies and Vol. Two: The System of the World, University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London, 1934.
- [10] I. Supek, *Ruđer Bošković. Vizionar u prijelazima filozofije, znanosti i društva*, JAZU, posebno izdanje Razreda za matematičke, fizičke, kemijske i tehničke znanosti, urednik V. Matković, Zagreb, 1989.
- [11] I. Supek, *Povijest fizike*, II. dopunjeno izdanje, Školska knjiga, Zagreb, 1990.
- [12] A. Einstein, L. Infeld, *Evolution der Physik*, Paul Zsolnay Verlag, Wien/Hamburg, 1950.
- [13] Sir J. H. Jeans, *Physics and Philosophy*, Dover Publications, Inc., New York, 1981, first co-published in 1943 by Cambridge University Press and the Macmillan Company.
- [14] H. Ullmaier, »Ruđer J. Bošković und sein Einfluß auf die Entwicklung der Physik«, u Zborniku simpozija *DALMATIEN als europäischer Kulturraum: Beiträge zu den Internationalen wissenschaftlichen Symposien »Dalmatien als Raum europäischer Kultursynthese«* (Bonn, 6.–10. Oktober 2003) und »Städtische Kultur in Dalmatien. Die Genese eines europäischen Kulturraums« (Bonn, 9.–13. Oktober 2006); Philosophische Fakultät in Split – Abteilung für Geschichte, Split 2010, str. 509–546.
- [15] Ž. Dadić, *Ruđer Bošković*, na engleski preveo J. Paravić, dvojezično hrvatsko-englesko izdanje, ur. B. Valić, Školska knjiga, Zagreb, 1998.
- [16] F. Zenko, *Aristotelizam od Petrića do Boškovića. Oglеди o starijoj hrvatskoj filozofiji*, Biblioteka Globus, ur. I. Županović, Izdavač ČGP Delo – Globus, Zagreb, 1983.
- [17] D. Tadić, »Boškovićeve hipoteze i suvremene predodžbe o građi tvari«, prilog u: *Hrvatski znanstveni zbornik*, Tečaj 2 Broj 1, str. 7–25, Matica hrvatska, gl. i odg. ur. T.-M. Šercar, Zagreb, 1993.
- [18] W. Heisenberg, *Gesammelte Werke*, Herausgegeben von W. Blum, H.-P. Dürr und H. Rechenberg, Abteilung C: Allgemeinverständliche Schriften, Band V: Wissenschaft und Politik: »Rede bei der Verleihung des Ehrendoktorgrades an der Universität Zagreb (1969)«, R. Piper GmbH & Co. KG, München, 1989., str. 427–432.
- [19] W. Heisenberg, »The Nature of the Elementary Particles«, *Commentarii. Pontificia Academia Scientiarum I*, Nr. 11, 1–4 (1963).
- [20] J. Gleick, *Genius: The Life and Science of Richard Feynman*, Pantheon Books, New York, 1992.
- [21] Th. S. Kuhn, *Struktura znanstvenih revolucija*, prijevod i lektura M. Zelić, pogovor V. Afrić, Naklada *Jesenski i Turk* i Hrvatsko sociološko društvo, Zagreb, 1999.
- [22] L. M. Lederman, D. Teresy, *The God Particle: If the Universe is the Answer, What is the Question*, 1993.; L. Lederman i D. Teresy, *Božja čestica: ako je svemir odgovor, što je pitanje?*, prijevod R. Jenny, *Izvori*, Zagreb, 2000.
- [23] C. N. Yang, »Albert Einstein: Opportunity and Perception«, plenary lecture, 22nd ICHS 2005 (*Globalization and Diversity: Diffusion of Science and Technology throughout History*), 24.–30. srpnja 2005., Peking, Kina.
- [24] T. Petković, »Nova fizika na LHC-u i nova filozofska istraživanja«, *Filozofska istraživanja* 117–118, God. 30 (2010), sv. 1–2 (193–209).
- [25] T. Petković, »Boškovićeve Teorija o jednoj sili i apercipije čestica u filozofiji prirode. Oględ o 300. obljetnici rođenja«, *Simpozij: V. Mediteranski korijeni filozofije. Uz 300.*

- obljetnicu rođenja Ruđera Boškovića*, 24.–26. ožujka 2011., Knjiga sažetaka, Hrv. fil. društvo i Odsjek za filozofiju Fil. fak. Sveučiliša u Splitu, Split, 2011., str. 50–51.
- [26] T. Petković, *Eksperimentalna fizika i spoznajna teorija*, uključuje Tumač akronima i glosarij, sažetak knjige na hrvatskom i engleskom jeziku te kazala imena i pojmova, Školska knjiga, Zagreb, 2005., 3. promijenjeno izdanje, 2011.
- [27] E. Rutherford, »The Scattering of α and β Particles by Matter and the Structure of the Atom«, By Professor E. RUTHERFORD, F.R.S., University of Manchester, *Philosophical Magazine Series 6*, vol. 21, May 1911, str. 669–688.
- [28] T. Petković, P. 6 – A development of hypernuclear precision spectroscopy by the HKS – HES experiment at the JLab; *E05–115* (HKS-HES) Collaboration. *Rutherford Centennial Conference on Nuclear Physics 2011*, 8–12 August 2011, The University of Manchester, UK. <http://rutherford.iop.org>, *Book of Programme and Abstracts*, IOP Institute of Physics, str. 107–108. T. Petković, P. 36 – The Achievement of R. J. Boscovich in Physics; On the occasion of the Three Hundredth Anniversary of the Boscovich's Birth; A scientific (philosophical) connection between Boscovich and Rutherford.
- [29] S. Kutleša, *Ruđer Josip Bošković*, dvojezično hrv.-engl. izd. (pr. N. Jelencić i F. Jelencić, Tehnički muzej Zagreb, Zagreb, 2011.
- [30] I. Martinović, *Ruđer Bošković: ponovno u rodnom Dubrovniku : Hrvatska slavi svog genija povodom 300. obljetnice rođenja*. Katalog izložbe: Knežev dvor, Dubrovnik, 18. svibnja–18. rujna 2011. Dvojezično hrv.-engl. izd. (pr. G. McMaster), DU'M Dubrovački muzeji, Dubrovnik, 2011.
- [31] *From Ruđer Bošković to Today: Contribution of Croatian Scientists to the Worlds Scientific Heritage*, International Scientific Symposium, May 29–June 2, 2011, Dubrovnik. Organizers: City of Dubrovnik, Ruđer Bošković Institute, Diocesan Secondary School Ruđer Bošković in Dubrovnik.
- [32] I. Picek, *Fizika elementarnih čestica*, Hinus, Zagreb, 1997.
- [33] T. Petković, »The Achievement of R. J. Boscovich for the Development of Modern Particle Physics Picture of Nature«. Predavanje/seminar za nastavničku jezgru i doktorande 21. veljače 2012. u Odjelu za fiziku, Sveučilište Tohoku, Sendai, Japan. Seminar dokumentiran u GCOE programu Sveučilišta Tohoku: »Tkanje znanstvene mreže iznad hijerarhije čestica-materija« (»Weaving Science Web beyond Particle-Matter Hierarchy«), na adresi: <http://www.scienceweb.tohoku.ac.jp/public/?p=2408>. Plod ovog seminara jest i verifikacija Boškovićeveg stabla silā (moderni pogled) obraden u ovome članku.

Tomislav Petković, Tomislav Petković, ml.

**R. J. Boscovich's Achievement in Natural Philosophy
for the Development of Modern Particle Physics**

On the Occasion of the 300th Anniversary of the Boscovich's Birth

Abstract

R. J. Boscovich (1711–1787) was the first in history of philosophy to combine Newton, Descartes, Spinoza, and Leibniz's method of thought in the middle of the 18th century before the Maxwell-Einstein era of physics, synthesising them into his new method of thought on Nature. His method may be expressed by the epistemological formula more geometrico sive mathematico – more rationali – more empirico – more theologico, as the four fundaments of science, philosophy and religion unified by Boscovich's thought. Boscovich's A Theory of Natural Philosophy on points-atoms as the ultimate building-blocks of matter is based on a single law of forces existing in nature. The Theory itself has been fundamental for the modern scientific picture of the world and the basic concepts of nature to date, due to the structure of nature and the phenomenology of particles it brings. Boscovich is the father of the original pictorial representation of the atom (dynamism hypothesis), important both for the modern concept of subatomic particles (from electrons, protons and neutrons to quarks) of the 20th century, and the predicted and expected new particles and objects of the 21st century. Accordingly, N. Bohr, W. Heisenberg and L. Lederman did indeed praise Boscovich's Theory. However, it was Richard P. Feynman

who showed keen interest in Boscovich's atomism, having accepted it as his metaphysical credo 200 years later. Using an effective epistemic approach, the paper links Boscovich's ingenious apperception of points and particles with Feynman more than two centuries later and his ingenious and precise parton-quark physics of the Standard Model. Boscovich's theory was launched brilliantly on a new path by the discovery of the atomic nucleus and the nuclear model of the atom in 1911 in Manchester. The scientific-philosophical compatibility of the Dubrovnik-born thinker with E. Rutherford was put into the limelight by Rutherford's paper from 1911 by way of three statements: the atomic nucleus as Boscovich's point – a point source of Coulomb force, an α particle is also a point, and the impact parameter in an encounter between an α particle and a gold nucleus has the character of distance resembling the one in Boscovich's curve. In a modern epistemic analysis, going beyond an orthodox scientific approach, the paper shows that the most interesting legacy of Boscovich's tree of repulsion and attraction lies chiefly in the tree-level picture of nuclear forces in contemporary low-energy physics. On the occasion of the 300th anniversary of Boscovich's birth, and in the light of 2011 having been declared the year of Boscovich in both Croatia and the world, the paper shows that, in the philosophy of nature, Boscovich conceived the original apperception of points (atoms) with a single universal law of forces between them. In the light of the modern particle physics picture of nature, Boscovich's legacy – including the most recent interpretations of his epoch-making work A Theory of Natural Philosophy (Vienna 1758, and Venice 1763) – is particularly important due to the current epistemic challenges of 'new physics' dealing with new objects and/or particles at high energies, as well as for the global interferences between contemporary science and culture.

Key words

Roger Joseph Boscovich, philosophy of nature, particle physics, points, dynamism, tree of forces, Richard P. Feynman, partons, apperception, unification