

# USPOREDBA BOŠKOVIĆEVE FILOZOFIJE PRIRODE S DESCARTESOVOM I NEWTONOVOM

*Genoveva Slade*

Za Descartesa je temeljno ontološko određenje svijeta protežnost (*res extensa*). Ona u isti mah konstituira prostornost, a ova je pak konstitutivna za fenomen svijeta. Problem svijeta reducira se na problem prirode, a problem prirode na problem tjelesne stvari (*res corporea*). Ontološko određenje tjelesnosti ovisi o shvaćanju supstancije, tj. supstancijalnosti ovog bića kao jedne supstancije. Supstancija je naziv za bitak onog bića koje bivstvuje samo po sebi. Pojam supstancije u Descartesa je dvoznačan jer ju shvaća i ontički i ontološki. Pod supstancijom se misli kako bitak bića koje bivstvuje poput supstancije, dakle supstancijalnost, tako i biće samo, dakle supstanciju. Supstanciju se može u njezinoj vlastitoj supstancijalnosti shvatiti, jer su supstancije spoznatljive po svojim atributima, a svaka se supstancija odlikuje jednim svojstvom na kojem se može odgonetnuti supstancijalnost određene supstancije. S obzirom na tjelesnu stvar to je svojstvo protežnost. Pravi bitak tjelesne supstancije sačinjava protežnost. Ona je oznaka bitka tjelesnog bića. Ova osobitost protežnosti proizlazi iz toga što ona mora biti prije svih drugih određenja bitka, kako bi ta druga određenja bitka uopće mogla biti. Protežnost karakterizira supstancijalnost svijeta, a to se dokazuje na taj način što se pokazuje da se sva druga određenja ove supstancije kao oblik, veličina i gibanje npr. mogu shvatiti jedino kao modi protežnosti, dok se protežnost suprotno tome može shvatiti i bez svojih moda. Gibanje se može shvatiti samo prostorno, tj. bez pitanja o sili koja ga je prouzročila. Gibanje se kao svojstvo tjelesne stvari može spoznati u svom bitku samo iz bitka tjelesne stvari, tj. iz protežnosti, a to znači kao puku promjenu mjesta. Sila nije dovoljna za određenje bitka ovog bića. Protežnost se u svakom od svojih moda, oblika, veličine i gibanja, mijenja ali se u svim promjenama održava i ostaje. A ono što stalno ostaje, jedino se za to

može reći da je uistinu biće po sebi. Takvom se pak obilježava supstancijalnost supstancije. Ideja bitka koju se pretpomišlja u supstancijalnosti jest stalna opstojnost. Ono što stalno ostaje najpristupačnije je matematičkoj spoznaji ili, ono što je na biću matematički pristupačno to sačinjava njegov bitak. Descartes stoga prebacuje tradicionalnu ontologiju na novovjekovnu matematičku fiziku. Ne određuje ontologiju svijeta matematika, već temeljna ontološka usmjerenost na bitak kao stalnu opstojnost, jer takvo shvaćanje matematička spoznaja može na izuzetan način zadovoljiti. S radikalnim uspostavljanjem protežnosti kao pretpostavke za svako određenje tjelesne stvari, utro je Descartes put k razumijevanju jednoga apriori-ja, čiji će sadržaj potom Kant snažnije utvrditi. U *Principia philosophiae* aprioristički se izvode iz načela spoznaje načela prirode a iz ovih sve fizičke pojave. Budući da se protežnost poistovjećuje s prostornosti, prostor je nužno shvaćen kao plenum. Vakuum nije dopušten. U plenumu stvari su jedna pokraj druge i dodiruju se. Stoga je svako djelovanje moguće jedino po dodiru a gibanje je moguće jedino kao lokalno.

Newton postavlja, za razliku od Galleja i Descartesa, zakon ustrajnosti na sam vrh fizike. On ga uzdiže do prvoga aksioma svojih matematičkih principa prirodne filozofije. Prema tradicionalnoj aristotelovskoj fizici gibanje je sačinjavalo bit stvari, a samo tijelo je bilo počelo gibanja, arhe kineseos. Sila, dynamis, ili moć gibanja bila je u naravi tijela. Uzrok gibanja smatralo se da je u tijelu samome, u njegovoj biti, tj. u njegovu vlastitome bitku, pa se stoga smatralo da način gibanja proizlazi iz načina bitka. Prema Newtonu, svako tijelo ako je samome sebi prepušteno, tj. ako na njega ne djeluje nikakva sila iz vana (vis impressa), giba se jednolično po pravcu. On se kod utemeljenja gibanja ne pita za uzrok gibanja, već tomu suprotno — gibanje se pretpostavlja, a pita se za uzrok promjene pretpostavljenoga jednoličnog stanja gibanja u pravcu. Sila djeluje izvana, pa se problem sile javlja tek kao problem otklona od jednolikog gibanja u pravcu. Pravocrtno gibanje u novovjekovnoj filozofiji zadobiva prednost pred kružnim, koje tek valja utemeljiti sa silom teže (gravitacijom). Gibanje više ne određuju sile tijela, već obrnuto, bit sile određuje se iz osnovnog zakona gibanja, iz zakona ustrajnosti. Sila je stoga ono što uzrokuje otklon s jednolikog gibanja u pravcu. S tim u vezi mijenja se pojam prirode. Priroda više nije unutrašnji princip iz kojega proizlazi gibanje tijela, već je ona način mnogostrukosti promjenitih položajnih odnosa tijela, način na koji su ona prisutna u jednom od njih nezavisnom praznom prostoru (vakuumu) i vremenu. Zakon je ustrajnosti, temeljni matematički aksiom iz kojega proizlaze sve tvrdnje. On govori o stvari koju nikakvo iskustvo i nikakav eksperiment ne mogu pružiti i zahtijeva predodžbu jedne stvari

koja svakoj običnoj predodžbi protuslovi. U takvom zahtjevu počiva matematičko. Matematičko postavlja jedno određenje stvari koje ne crpi iskustveno iz same stvari ali koje svakom drugom određenju stvari leži u temelju, omogućava ga i tek mu stvara prostor. Mišljenjem u duhu zahvaća ono što je određuje za svako tijelo kao takvo, dakle za tjelesnost tijela ili za stvarnost stvari. Matematičko je nabačaj stvarnosti stvari koji preskače stvari i otvara prostor u kojem se tek stvari, tj. činjenice mogu pokazati. U tom nabačaju utvrđuje se za što stvari valja držati i unaprijed određuje kakvima ih valja opažati. Nabačaj je aksiomatski. Za Newtona je temeljno određenje stvari gibanje; ono sačinjava stvarnost stvari. Zakoni gibanja su stoga aksiomi. Na temelju matematičkoga experientia postaje eksperiment u novovjekovnom smislu. Eksperimentirajuća težnja k činjenicama nužna je posljedica prethodnog matematičkog preskoka svih činjenica. Sama je matematika moguća tek na temelju matematičke osnovne crte mišljenja. Matematičko postavlja svoju vlastitu bit temeljem sebe same i sveg znanja. Filozofija prirode tako postaje matematičkom. Newton i sa silama postupao matematički, a ne fizički. On ne pravi razliku između privlačnosti i impulsa, odnosno između sila koje djeluju u daljinu i sila koje djeluju dodirno. Ne opredjeljuje se u pitanju da li su sile koje djeluju između tijela tjelesne ili bestjelesne, tvarne ili netvarne. Ne daje čak ni fizičko objašnjenje sile teže niti njezin uzrok. Izvjesni su samo uvjeti koje svaki uzrok mora zadovoljiti.

Bošković izvodi svoju filozofiju prirode iz samo jednog principa, svog jednog jedinog zakona sila. Svemirska je tvar sastavljena od konačnog broja neprotežnih točaka. Privlačne i odbojne sile, koje su samo funkcija udaljenosti, djeluju između tih točaka po ovom zakonu sila. Načelo neprotežnosti i zakon sila dvije su temeljne hipoteze Boškovićeve teorije, ali oni nisu aksiomi, već su izvedeni iz zakona neproničnosti i neprekidnosti. Zakon se sila koje djeluju u daljinu izvodi iz zakona kontinuiteta i neproničnosti, jer iz njih proizlazi da nema impulzivne kontaktne djelatnosti među gibajućom se tvari, a iz toga se izvodi zaključak da su jedine sile koje djeluju u prirodi one koje djeluju na udaljenost. Prema Boškoviću bit tvarne stvarnosti je sila. Iz nje izvodi i gibanje i neprotežnu tvar. Tvar se sastoji od ograničenog broja prvih elemenata koji niti se dodiruju niti su protežni, već su jednostavni i istovrsni. Između tih točaka-elementa uzajamne sile djeluju na daljinu pravocrtno povezujući parove elemenata. Veličina tih sila samo je funkcija udaljenosti. Na malim udaljenostima djeluju odbojne sile, a na velikim privlačne. Svojim zakonom uzajamnih sila učinio je fizički princip djelovanja u daljinu suštinom svoje fizičke teorije. Nacrt Boškovićeve opće teorije i njegova objašnjenja posebnih prirodnih pojava svjedoče o tome da je on potpuni pristaša dinamičke teo-

rije. Dok se u mehaničkim teorijama neproničnost tvari smatra temeljnim svojstvom tvari koju se ne može dalje objasniti, u dinamičkim teorijama neproničnost nije temeljno svojstvo, već je ona izvedena kao učinak iz temeljnih sila tvari. Tako prema **Boškoviću** ne može postojati proničnost između dvije točke tvari, jer čim se one približavaju jedna drugoj, sila kojom se uzajamno odbijaju pojačava se u beskonačnost. Kada ne bi bilo ove sile odbojnosti, sve točke svemira pale bi u jednu jedinu.

Descartes je prikazao znanstvenom svijetu svog vremena sustav svijeta koji je bio smion i jasan u općim crtama, ali ipak često nejasan u detaljima. Do objavljivanja Newtonovih *Principia mathematica* 1687, Descartesovi *Principia philosophiae*, koji su prvi put objavljeni 1644, najznačajniji su pokušaj sedamnaestog stoljeća da se izloži potpuna i sustavna fizikalna teorija. Descartesovi *Principia* podijeljeni su u četiri dijela. Prvi se dio bavi općim načelima ljudskog znanja. Ovdje su izložena poznata Descartesova epistemološka gledišta. Počinje se sa sumnjom u sve, ali ona implicira istinu naše opstojnosti: cogito, ergo sum. Odavle se prelazi na dokaz o opstojnosti Boga uz ontološku argumentaciju. Zajedno s egzistencijom Boga, mogu se znati izvjesni njegovi atributi, kao i da je on stvoritelj svijeta i svega što je u njemu. Kao posebno značajna dedukcija iz toga slijedi da ideje koje znamo jasno i razgovijetno ne mogu biti krive, jer bi bilo protivno Božjoj naravi da nas vara. Neka ideja ili zamjedba jasna je kad je prisutna i očita nekom pažljivom umu. Ona je razgovijetna kad nije samo jasna, već u sebi sadrži točno ono što je čini različitom od svih drugih ideja i zamjedbi. Preostatak prvoga dijela je dokazivanje da ako se bavimo samo idejama koje su jasne i razgovijetne, onda je mnoga tradicionalna pitanja o naravi supstancije, razlike između duha i tijela, naravi zablude itd. lako utemeljiti s izvjesnošću. U drugome dijelu područje iskazivanja suženo je na opća načela tvornih stvari koja se mogu spoznati jasno i razgovijetno. U ovome dijelu uspostavljen je niz općih propozicija o naravi tijela, opstojnosti atoma, zakona gibanja itd. Ukratko ovaj dio sadrži prva načela ili zakone prirode.

Treći dio ima naziv *O vidljivome svijetu* i bavi se s onim što bismo danas nazvali glavnim predmetom astronomije i astrofizike. U središtu su pažnje narav nebesa i zvijezda stajačica, gibanje planeta i kometa, i narav svjetla. *O zemlji* naziv je četvrtoga dijela u kojem se raspravlja o zemaljskim pojavama: o naravi vatre, vode, zraka, zemlje, topline, teže, svjetlosti i magnetizma. Naročito u druga dva dijela *Principia*, odlomci u kojima se razmatraju prirodne pojave protumačeni su nejasno. Za problem djelovanja u daljinu relevantan je drugi, treći i četvrti dio. Da bi se taj problem mogao smjestiti u Descartesov sustav,

valja započeti s nekim njegovim temeljnim idejama o tvari i gibanju. Descartesov sustav nastoji opisati i objasniti fizikalni svijet samo s pomoću pojmova protežnosti i gibanja. Temeljna oznaka tvari ili tijela jest protežnost jer je svojstvo protežnosti jedina jasna i razgovijetna ideja tijela što se može imati (*Principia*, I, 54, 63, II, 1). Tvar kao protežnina nerazlična je, pa se postavlja pitanje kako se može objasniti različenost i raznovrsnost tijela. To se objašnjava pomoću gibanja. Sve razlike u tvari ili njenim oblicima ovise o gibanju (*Principia*, II, 23).

Višestruka analiza gibanja Aristotelova i skolastička pobija se. Prema Descartesu postoji jedna vrsta gibanja, a to je »lokalno gibanje, jer ne mogu zamisliti nikakvu drugu vrstu, a i ne treba zamišljati neku drugu vrstu u prirodi« (*Principia*, II, 24). Definicija gibanja glasi: »premještaj jednog dijela tvari ili jednog tijela iz blizine onih tijela koja su u neposrednom dodiru s njim, a koja motrimo kao da miruju, u blizinu drugih« (*Principia*, II, 25). U svjetlu ove definicije istaknuto je da se takvim gibanjem u pravom smislu može smatrati samo ono koje se odnosi na ona tijela koja dodiruju ono što se giba, odnosno koje je pokrenuto (*Principia*, II, 28). S ovom redukcijom pojma tijela na geometrijsku prostornost, kao i sa svojom čisto relacijskom definicijom gibanja, Descartes je suzio formalni razvitak fizike na kinematiku. On kaže: »Razmotrivši općenito sve jasne i razgovijetne pojmove o tvarnim stvarima koje mogu biti u našem razumu, i ne našavši nikakve druge nego one oblike, veličine i gibanja, i pravila u skladu s kojima se te stvari mogu razlikovati jedna od druge, koja pravila su načela geometrije i mehanike, prosudilo sam da sve znanje koje ljudi mogu imati o prirodi nužno mora biti izvedeno samo iz toga; jer svi drugi pojmovi koje imamo o osjetnim stvarima, budući da su zbrkani i nejasni, ne mogu nam dati znanje ni o čemu izvan nas« (*Principia* IV, 203, II, 64, IV, 199). Potrebno je ukratko ispitati dokle je njegov nacrt pojmovno razrađen. Količina gibanja određuje se kao proizvod veličine tijela i njegove brzine (samo skalarno). Nekad se mislilo da je s tim Descartes definirao ono što se obično motri kao moment, ali to je pogrešno, jer on je imao vlastiti pojam mase. Njegovo često upućivanje na veličinu i obujam tijela ukazuje potpuno jasno da je on držao količinu gibanja proizvodom veličine i brzine, te je ovu posljednju veličinu pogrešno zamišljao kao skalarnu. Veličina što ju određuje potpuno je beskorisna; on misli da je ona očuvana, što i najobičniji pokusi opovrgavaju. Ipak, ona ima dvije prednosti: dosljedna je i sukladna s njegovim kinematičkim gledištem i otvara put prema točnoj definiciji momenta. Tom sustavu dodan je kinematički pojam sile. Sila je jednostavno količina gibanja. Ova definicija ne daje se izričito i formalno, ali ju je lako izvesti iz česte upotrebe tih riječi u izvjesnim kontekstima (*Principia*, II, 47—52).

»Nakon što smo istražili narav gibanja, potrebno je razmotriti njegov uzrok« (*Principia*, II, 36). Ovdje se javlja dinamika u općenitom smislu. Međutim, pojam uzroka u toj svezi nije raščlanjen. Descartes izričito zahtijeva da posebni uzroci budu jasni i razgovijetni, ali prešutno pretpostavlja da je sam pojam uzroka jasan i razgovijetan. To važi i za dinamičke pojmove sile i djelovanja. Posebne sile moraju biti jasne i razgovijetne, ali dinamički pojam sile kao uzrok gibanja nije formalno razmotren. Smisao riječi »sila« u kinematičkom značenju može se lako izvesti iz konteksta u kojem se javlja (*Principia*, II, 25, 26, 37, 43, 57, 58, 59, 60, 61, 63). U tom smislu »sila« je istoznačna s »fizikalnim uzrokom gibanja«. Descartes ograničava fizikalne uzroke nejednolikog gibanja na sudar tijela. Kako »silu« tako i »djelovanje« upotrebljava u običnom »zdravorazumskom« značenju (*Principia*, II, 25, 26, 29, 49, 53, 56; IV, 15—28). Posljedica toga jest da Descartesov prijelaz iz kinematike u dinamiku nije dovoljno određen, ali ga se može utvrditi iz sklopa u kojemu se određeni dinamički pojmovi više ili manje kradomično uvode. Kad bi zbiljski razvitak njegove teorije bio ograničen na kinematiku, onda bi problem djelovanja u daljinu poprimio osebujno značenje. Međutim budući da on upotrebljava dinamičke pojmove sile i djelovanja u njihovom običnom fizikalnom značenju, problem dobiva u njegovoj teoriji tradicionalno značenje. Njegov odgovor na taj problem dobro je poznat i već je ukazano, ali da bi se vidio puni smisao njegova odgovora potrebno je objasniti temeljna spoznajna razlikovanja između II i III dijela *Principia*. Descartes u svojoj teoriji jasno postavlja razliku između tvrdnji a priori i tvrdnji a posteriori, ali nije izričito odredio razliku između analitičkih i sintetičkih sudova. On postavlja niz apriornih načela pa se javlja problem da li ih misli kao analitičke ili sintetičke. U pravilu *XIV Regulae ad directionem ingenii* na jednom mjestu Descartes razlikuje iskaz kao što je »Petar je bogat« i iskaz »tijelo je protežno«. Pri tom napominje kako su u prvom dvije različite ideje, a u drugom samo jedna. Očita je sličnost s Kantovom analizom suda »sva su tijela protežna« kao analitičkoga.

S druge strane, u *Meditationes de prima philosophia*, naročito u drugoj i četvrtoj, tamo gdje raspravlja o jasnim i razgovijetnim idejama zajedno s istinom i zabludom, nema znaka da on smatra nijekanje iskaza koji sadrži samo jasne i razgovijetne ideje protuslovnim u sebi. To važi i za sva upućivanja na jasne i razgovijetne ideje koja daje u I dijelu *Principia*. Zacijelo dokazi koje daje za tvrdnje a priori u II dijelu upotrebljavaju iskaze koji se ne čine analitičkima u bilo kojem običnom tumačenju. Na primjer, valjanost stava da je količina gibanja u svijetu očuvana logički proizlazi iz naravi Boga, te njegova jednostavnog i nepromjenljivog načina djelovanja. Unatoč tome valja

odmah dodati da su navedeni razlozi vrlo uvjerljivi, što ima svrhu da se pokaže kako su te tvrdnje prirodne teologije za Descartesa analitičke. Glavni je argument jednostavno da one logički slijede iz tvrdnje »cogito, ergo sum« a jači dokaz jest da Descartes drži nijekanje te tvrdnje samoprotuslovnim. Bolje je napustiti upotrebu razlikovanja analitičkih i sintetičkih iskaza u ispitivanju Descartesove teorije, jer bi bilo povijesno pogrešno ustrajati na toj razlici, s obzirom da ona nije bila prihvaćena u filozofiji sve do slijedećeg stoljeća.

S druge strane suprotstavljanje načela iz II i III dijela, i njihovog epistemološkog statusa dovodi pred odluku o tome da li Descartes susreće problem djelovanja u daljinu na apriornim ili aposteriornim temeljima.

Opća načela tvarnih stvari, koja sadrži II dio, sva su apriorna, a njihov je broj začuđujuće velik.

Narav tijela je protežnost. Vakuum nije u prirodi moguć. Nedjeljivi atomi ne postoje u prirodi. Protežnost svijeta je beskonačna. Zemlja i zvijezde iz iste su tvari. Tri zakona prirode što pripadaju gibanju razložena su, a jedan od njih je tromost. Sedam pravila je dano za određivanje gibanja sudara tijela. Narav krutih i tekućih tijela je objašnjena. Za valjanost ovih brojnih načela nije potrebno pribjegavati iskustvu. U stvari, valja biti na oprezu od obmane osjetila, jer osjetilna zamjedba ne uči o onome što je stvarno u stvarima, već jedino o tome po čemu su ove korisne ili škodljive sastavljenoj ljudskoj naravi (*Principia*, II, 3).

Postupak je, pouzdati se i služiti jedino umom da bi se njegova narav istražila, jer se samo u njemu samome nalaze prvi pojmovi ili ideje o prirodi (*Principia*, II, 3). Rezultati II dijela počivaju na jasnim i razgovijetnim idejama pa su stoga izvjesni (*Regulae*, II, IX; *Meditationes*, 1, 2).

Nikakvi dokazi osjetila ne mogu ih opovrći, nikakvi pokusi ne mogu ih pobiti. U posljednjem članu (64) II dijela izjavljuje da nikakvo načelo nije primljeno u njegovu fiziku koje se ne bi moglo također upotrijebiti u matematici i geometriji. Međutim u III dijelu kada uzima u razmatranje vidljivi svijet, Descartes dopušta da čista dedukcija iz izvjesnih principa koju je razvio u II dijelu nije dovoljna za objašnjenje stvarnih pojava iskustva, u ovom slučaju posebno, za gibanje nebesa. Naročito u članu 4. III dijela Descartes dopušta da su načela iz II dijela nužna ali nedovoljna za objašnjenje tih pojava, jer se iz tih općih načela može izvesti mnogo više stvari od onih što se mogu vidjeti u svijetu ili čak zamisliti. Jasno promišljanje pojava ili pokusa, skretanje s pukog racionalizma na barem djelomični empirizam, nužno je stoga za objašnjavanje prirodnog svijeta u tančine i pojedinosti. Snagom čistog uma ne može se znati dijelove na koje

je podijeljena tvar, ni brzinu tih dijelova, ni njihove putanje. Te je stvari Bog mogao odrediti na tisuću različitih načina. Sustav apriornih načela nije kategoričan. Samo kroz iskustvo, kroz iskustveno istraživanje svijeta može se spoznati te stvari. Da bi se moglo objasniti svijet onakav kakav se sad pojavljuje, slobodno je činiti hipoteze o tome kako je Bog izvorno uredio različne dijelove. Od takovih se hipoteza samo zahtijeva da njezine konsekvence budu podudarne s iskustvom (*Principia*, III, 46).

Može se znati da su hipoteze pogrešne, zbog objave religije, ali to ne sprečava da one budu korisne i funkcionalne kao da su istinite, kad se radi o tome da se prirodne uzroke tako podese da mogu proizvesti željene posljedice (*Principia*, III, 44, 47). Kao posebnu temeljnu hipotezu za objašnjenje pojava vidljivog svijeta Descartes uvodi svoju znamenitu vrtložnu teoriju. Njezine su glavne pretpostavke: 1) na početku bijaše red a ne kaos; 2) sve čestice tvari jednake su i ograničene po veličini i brzini; 3) svaki dio ima dva gibanja, okretanje oko vlastitog središta i gibanje zajedno s drugim dijelovima oko nekog čvrstog središta, kao što su to poslije bile zvijezde stajačice na primjer. Gibanje oko čvrstih središta određuje jedinu makroskopsku nejednakost u jednom inače izotropskom svemiru (*Principia*, III, 46, 47).

Ako je Descartesova opća teorija tvari i gibanja nepobitna po iskustvu, te ako su s druge strane rezultati vrtložne teorije pobitni, na kojem se mjestu pobija djelovanje u daljinu? Da li je Descartesovo načelo djelovanja dodikom dio racionalnog, nesumnjivog znanja svijeta dobivenog samo umom, ili je ono dio vrtložne teorije i stoga podvrgnuto iskustvu? Odgovor glasi da je ono dio apriornog znanja nespontanog varavom evidencijom iskustva. Nema u *Principia* mjesta na kojem Descartes izriječkom odbacuje mogućnost djelovanja u daljinu. U stvari se izraz »actio in distans« i ne pojavljuje ni u jednom od četiri dijela. Upućivanje na djelovanje u daljinu javlja se u nekim drugim spisima. Descartes je nastojao objasniti težu izbjegavajući bilo kakvo razjašnjenje koje bi se pozivalo na tajne sile, bilo da se radi o prirodnoj privlačnosti između dva udaljena tijela ili o djelovanju sličnom duševnom. U jednom pismu iz 1638. god. on ispituje tri moguća objašnjenja teže i izriječkom odbacuje privlačnost kao nedopustivu (*Oeuvres de Descartes*, Adam & Tannery, Paris 1897, II, 223—4). U jednom drugom pismu iz 1643. tvrdi da teža, toplina i dr. nisu supstancije koje bi se razlikovale od tijela, te da ne vidi stoga kako bi privlačnost mogla djelovati kao mehanizam (Ibid., III, 667). U jednom pak pismu tvrdi da uzrok teži nije neki stvarni kvalitet niti neka privlačnost zemlje (Ibid., I, 324). Na drugom mjestu opet kaže da bi dvije čestice obdarene moći djelovanja u daljinu bile »vraiment divines« (Ibid., IV, 396). Izričito pobijanje djelovanja u daljinu u sustavu *Principia*



valja stoga izvesti. Otkrivši tri zakona prirode što su a priori, Descartes se naime potpuno obvezao za sudarne sile i tako jasno iako prešutno odbacio mogućnost djelovanja u daljinu. Prvi zakon tvrdi da svako tijelo ustraje u istom stanju tako dugo dok je to moguće i da se ono mijenja samo ako se sudari s drugim tijelima (*Principia*, II, 37). S tim se pobija svaka vrsta djelovanja u daljinu. Taj se zakon zna a priori jer je Bog nepromjenljiv i uvijek djeluje na isti način. Osjetilna očevidnost koja pobija ovu izvjesnu istinu, prijeverna je i lažna. Drugi je zakon prirode da sva tijela što se gibaju ustraju u svom pravocrtnom gibanju. To biva prekršeno samo onda ako ona susretnu druga tijela na svojoj putanji (*Principia*, II, 39). Ovaj je zakon, kao i prvi, izveden iz nepromjenljivosti Boga, a pretpostavka da on održava gibanje tvari najjednostavnije je moguće rješenje. Ovaj zakon također zahtijeva a priori odbacivanje svake privlačne ili odbojne sile što bi djelovala u daljinu i uzrokovala otklon tijela iz stanja jednolikog gibanja, jer takve sile nisu one sraza ili sudara kakve zakon zahtijeva. Treći zakon tvrdi da ako jedno tijelo sretne drugo tijelo koje ima veću količinu gibanja, ono ne gubi ništa od svoga gibanja, ali ako ono sretne jedno što ima manju količinu gibanja, ono gubi toliko gibanja koliko ga prenosi na drugo (*Principia*, II, 40). Descartes nastavlja dalje da su svi pojedinačni tjelesni uzroci koji mijenjaju stanje tijela obuhvaćeni tim zakonom, pa je tako opet svako djelovanje u daljinu isključeno, jer takvo djelovanje ne bi predstavljalo slučaj sudara tijela i ne bi moglo stoga biti podređeno tom pravilu.

U članu koji neposredno slijedi iza dokazivanja trećeg zakona Descartes izjavljuje da se sila svakog tijela sastoji naprosto od tromosti svakog tijela što nastoji ostati u istom stanju gibanja (*Principia*, II, 43). Kroz silu tromosti tijelo može djelovati na drugo srazom i, obrnuto, može se oduprijeti sudaru s drugim tijelom. Descartes naglašava da se sila tijela sastoji samo od svojstva tromosti (inercije); ono nema nikakve djelatne privlačne ili odbojne moći bilo kakve vrste. Naposljetku je vidno da je Descartes dodao svojoj kinematici a priori samo jednu vrst sile, onu sudara. Valja napomenuti da je Descartes bio u predaji ozbiljno kritiziran zbog toga što nije objasnio kako može tijelo što posjeduje samo svojstvo protežnosti odolijevati sudaru. U *Principia* ne daje objašnjenje. Ali u prepisci s Henryjem Moreom odgovara na njegova kritička pitanja o tome kako je moguće izvesti nepronichnost iz protežnosti: »Neshvatljivo je kako jedan dio neke protežne stvari proniče u drugu jednaku njoj bez da središnji dio te protežnine bude pri tom razoren ili uništen; ali ono što je razoreno ne prodire u drugu; i tako, prema mom sudu, dokazano je da nepronichnost pripada biti protežnosti, a ne potječe od neke druge stvari« (*Oeuvres*, V, 378). Svaku promjenu u stanju gibanja tijela valja objasniti srazom tijela. Djelovanje

dodirom kod sudara jedini je jasni i razgovijetni način djelovanja među stvarnim stvarima. Ako se dopusti da je pojam uzroka jasan i razgovijetan zajedno s pojmovima oblika, veličine i gibanja, onda je Descartesova apriorna mehanika vjerna njegovu programu, jer je jedini dinamički uzrok gibanja što je uveo mišljen iz pojmova oblika, veličine i gibanja tijela. Descartes to naglašava tvrdeći da je količina te trome sile tijela funkcija obujma tijela, površine koja ga dijeli od drugih tijela, i brzine gibanja.

Moglo bi se nabrojiti i druge Descartesove argumente a priori prema kojima je logički nužno odbaciti djelovanje u daljinu, ali ovi sabrani oko tri zakona gibanja pokazuju u potpunosti da je on prihvatio načelo djelovanja dodirom na temeljima a priori. Slijedi da tumačenje svake pojave bez izuzetka mora biti izvedeno iz smisla mehanizma djelovanja dodirom. Tumačenje gravitacije, svjetlosti, magnetizma, gibanja nebeskog svoda, pače sunčanih mrlja mora u svakom slučaju uključivati mehanizam sudara ili potiska. Svaka hipoteza zamišljena za tumačenje bilo koje od ovih pojava mora upotrijebiti djelovanje po dodiru, a posljedice usvajanja takvih apriornih načela prirodne spoznaje nigdje se ne vide jasnije nego u Descartesovim detaljnim objašnjenjima spomenutih vrsta fizičkih pojava. Specificirana objašnjenja pojedinosti moraju zadovoljiti zahtjev da budu jasna i razgovijetna te da izbjegnu sve što je skrovito (okultno). Tumačenja zavise od specifikacije veličine, oblika i gibanja čestica. Gotovo sve nabrojene detaljnosti nisu motrivo. Izloženo je mnoštvo pomoćnih i dopunskih hipoteza koje razlažu pojedinosti i detaljnosti. Kad bi te pojedinosti bile analitičke posljedice apriornih načela i jedne ili dviju temeljnih hipoteza, kao vrtložne na primjer, onda bi Descartesov sustav svijeta ostao barem logički dosljedan kad već nije empirički valjan. Ali većina detaljnosti ovisi o pomoćnim individualnim hipotezama, koje su dođuše u skladu s apriornim načelima i vrtložnom hipotezom, ali logički ne proizlaze iz njih. Iako valjanost hipoteza (aksioma) koje se ne mogu izravno provjeriti ostaje otvoren problem, ipak postoje izvjesni ograničeni zaključci s kojima se je moguće složiti. Za tumačenje prirodnih zbivanja traže se empirički zakoni jer neprovjerene hipoteze nisu dostatne. Teorije koje tumače zakone moraju imati samo mali broj hipoteza opće naravi da bi bile valjane i uporabljive, a uvođenje hipoteza ad hoc nikada nije prihvatljivo, s tim više kad su one poput Descartesovih pune nemotrivih pojedinosti.

Dok je Descartes učinio načelo djelovanja po dodiru apriornim, Newtonovo je stajalište manje jasno i složenije. Prema službenom stavu koji zauzima u pogledu gravitacije i optičkih pojava, čini se da ignorira taj problem, jer mu nije nuždan

u njegovu matematičkom eksperimentalnom radu. Međutim, ne-sluzbeno, kao što se vidi iz njegove korespondencije i pitanja iz djela *Opticks*, Newton pretežno primjenjuje načelo djelovanja po dodiru u rješavanju problema gravitacije, ali je uzimao u obzir i druge dvije mogućnosti: da prihvati načelo djelovanja u daljinu i da uvede duhovne sile kao objašnjavajuće uzroke. Stavovi su mu slični i kod rješavanja problema optičkih pojava, s možda više sklonosti prema upotrebi općenitih hipoteza o prirodi svjetlosti. Nije uvijek moguće razdvojiti te stavove i jasno razlikovati njegov pristup optičkim i gravitacionim pojavama. Valja razlikovati izjave za koje je Newton smatrao da su samo nagađanja koja se ne mogu na odgovarajući način iskustveno potvrditi od onih za koje je smatrao da su čvrsto utvrđene pokusom i opažanjem. Primjer takvog razlikovanja može se naći u predgovoru prvog izdanja njegovih *Philosophiae naturalis principia mathematica* (1687). Poslije opisivanja sadržaja treće knjige, koja se bavi astronomskim pojavama kaže: »Želio bih izvesti ostatak prirodnih pojava iz mehaničkih principa istim načinom zaključivanja, jer mene su mnogi razlozi potakli da sumnjam kako one vjerojatno ovise o izvjesnim silama, čiji su uzroci do sada nepoznati, zbog kojih su čestice tijela ili međusobno tjera- ne jedna prema drugoj i prijanjaju u jednoličnim likovima, ili se odbijaju i udaljavaju jedna od druge«. Gibanje planeta, ko- meta, mjeseca i mora može se izvesti iz zakona gibanja i zakona opće gravitacije, a predviđanja koja iz njih slijede slažu se s iskustvom. Tako se ne mogu izvesti i ostale prirodne pojave, ali Newton vjeruje da je i to moguće. Vidi se razlika između New- tonova nagađanja i strogog znanja. Velik broj Newtonovih su- vremenika nije shvatilo ovu razliku pa je uslijed toga krivo tu- mačio njegov rad, a isto važi i za neke kasnije komentatore, za- interesirane za njegovu »metafiziku«. Newtonove »službene« iz- jave o teži mogu se naći u *Principia*, i njegov je stav u tom dje- lu, uz jedan izuzetak, ujednačen i dosljedan. On ne poznaje fi- zički uzrok teže, ne može ga pobliže objasniti i ne pravi nikakve hipoteze da bi opravdao svoj način tumačenja. On se ograđuje i postupa sa silama više »matematički« nego »fizički«.

U Knjizi I, u primjedbama poslije VIII definicije, Newton izričito tvrdi da sa silama postupa matematički a ne fizički i da ne pravi razlike između impulsa i privlačnosti, tj. između sila koje djeluju dodirno i sila koje djeluju u daljinu.

»Nazive privlačnost, impuls, ili sklonost prema središtu u- potrebljavam bez razlikovanja, naizmjenice, razmatrajući te sile ne fizički već matematički. Stoga čitalac ne treba za- mišljati da ja s ovim riječima pokušavam razjasniti vrst i način djelovanja, razloge ili fizičke uzroke ili da pripisujem sile, u istinskom fizičkom smislu, stanovitim središtima (koja

su samo matematičke točke) kad govorim o središtima kao privlačnim ili obdarenim privlačnim snagama.«

Na tom je mjestu jasno iznesen Newtonov službeni stav prema kojem ignorira problem djelovanja u daljinu i izrazito pokazuje nesklonost da se obveže u bilo kojem smislu. U vezi s tim problemom, odlučne su riječi »nazive upotrebljavam naizmjenice«. Gotovo istu stvar kaže u kratkom uvodu XI odjeljku knjige I:

»Zato ću sada nastaviti objašnjavati gibanje tijela koja se uzajamno privlače motreći centripetalne sile kao privlačnosti, iako bi one strogo fizički uzeto morale biti nazvane impulsima. Ali ove tvrdnje valja uzimati matematički, i zbog toga izostavimo sva fizička razmatranja i upotrijebimo bliski naziv kako bi nas matematički čitalac lakše razumio.«

Kao što se vidi, na ovome mjestu Newton upotrebljava nazivlje djelovanja u daljinu, ali u isti mah tvrdi da bi nazivlje djelovanja po dodiru moglo biti točnije. Međutim, to pitanje dalje ne razrađuje, već napominje da njegove izjave valja smatrati matematičkima, što svjedoči o službeno neodređenom stavu. U skoliju istog odjeljka ponovno kaže:

»Riječ privlačnost ovdje upotrebljavam općenito za svaki pokušaj tijela da se približe jedno drugome, bilo da taj pokušaj izvire iz djelovanja samih tijela koja jedno drugome teže ili s pomoću međusobnog pokretanja isijavajućih duhova, bilo da proizlazi iz djelovanja etera, zraka ili bilo kakvog drugog medija, tjelesnog ili bestjelesnog, koji u njemu ploveća tijela na neki način nagoni jedno prema drugome. U istom općenitom smislu upotrebljavam riječ impuls, ne definirajući u ovoj raspravi vrste ili svojstva sila nego ispitujući matematičke veličine i razmjere tih sila kao što sam to razložio u definicijama.«

Ovdje Newton generalizira svoju neutralnost, te se ne opredjeljuje ni u pitanju da li su sile koje djeluju između tijela tjelesne (fizičke) ili bestjelesne. Riječi »privlačnost« i »impuls« upotrebljava na isti način, jer je za njegove potrebe matematika djelovanja po dodiru i djelovanja u daljinu jednaka. U Općenitom skoliju čitavom djelu dva tri puta izričito poriče da pruža ili da je u stanju pružiti fizičko objašnjenje teže. Newton izjavljuje da u ovom djelu nije odredio uzrok teže. Sigurnost postoji samo o uvjetima koje svaki ovakav uzrok mora zadovoljiti. Sila teže potječe od uzroka što prodire do samog središta tijela i mora biti razmjerna s količinom tvari (mase) više nego s količinom površina tijela. Također se mora smanjiti obrnuto s kvadratom udaljenosti između tijela. Ovi su uvjeti svakako zadovoljavajući za razvitak Newtonova sustava svijeta, ali oni ne pružaju fizičko objašnjenje teže. Svaki od ovih uvjeta predstav-

lja formalni, matematički uvjet, koji je ravnodušan prema pitanju na koji se fizički način rasprostire sila teža. Newton oprezno priznaje nepoznavanje uzroka »svojstava teže« uz glasovito očitovanje: »hypotheses non fingo«.

»Ali dosada nisam uspio izvesti uzrok tih svojstava teže iz pojava, a ja ne smišljam hipoteze. Jer sve što se ne izvede iz pojava valja nazvati hipotezom, a hipotezama, bile one metafizičke ili fizičke, mehaničke ili one skrivenih kvaliteta, nema mjesta u eksperimentalnoj filozofiji. U ovoj se stavovi izvode iz pojava, a uopćavaju se indukcijom. Na taj su način neprodornost, gibanje, impulzivna sila tijela, zakoni gibanja i teže otkriveni. Dovoljno je da teža postoji, da djeluje u skladu sa zakonima koje smo prikazali i da je u stanju razjasniti sva gibanja nebeskih tijela i mora.«

Budući da je uobičajeno Newtonov zakon opće gravitacije tretirati kao hipotezu iskustvom potvrđenu, umjesno je primijetiti da sam Newton o tome tako ne misli. On ga izvodi iz Keplera tri zakona, koja su izravno potvrđena promatranjem planeta, pa ga tek onda na svu tvar uopćava, slijedeći pri tom svoj uzor indukcije: »stanovite propozicije su izvedene iz pojava i naknadno indukcijom uopćene«. Za taj postupak hipoteze nisu potrebne. Kao što se u povijesti pokazalo, lako je pogrešno shvatiti Newtonovu upotrebu izreke »hipoteze ne smišljam«. Nju se tumačilo kao opći proglas protiv upotrebe hipoteza bilo gdje i na bilo koji način u znanosti. Međutim, ta je izreka stvorena u vezi s osobitim i neshvatljivim problemom teže kao službena izjava prilikom tumačenja rezultata istraživanja. Ne odnosi se na postupak »pronalaženja« empiričkih zakona već na formalnu i empiričku valjanost takvih zakona. Ma kako potrebna hipoteza bila kao putokaz u istraživanju, Newton je ne pripušta u formalnu strukturu fizičke teorije. »Glavni posao prirodne filozofije jest da zaključuje iz fenomena, a hipoteze da ne smišlja, i da izvodi uzroke iz učinaka ...« (*Opticks*, 28. pitanje). Newton dakle izjavljuje da ne zna uzrok teže i da je sama njena opstojnost dostatna za njegova iskustvena istraživanja. U sklopu *Principia* on stoga ostaje ravnodušan prema djelovanju po dodiru ili djelovanju u daljinu. Međutim, može se naći jedan izuzetak ovom presavjesnom stavu i to u posljednjem članu *Principia*. Ovdje on izjavljuje, da postoji duhovna supstancija, »stanovit vrlo istančan duh (spiritus)«, čija sila i djelovanje objašnjavaju težu, elektricitet i svjetlost, ali napominje kako »nema dovoljno pokusa, da bi se moglo točno odrediti i dokazati zakone prema kojima ova opća duhovna supstancija djeluje ...«

Začudujuće je prividno potpuno prihvaćanje suptilnog duha (spiritus), unatoč tome što se ne može otkriti način njegova djelovanja. U ovom je članu Newton metafizičar nadvladao Newtona matematičara i eksperimentalnog fizičara. Ako se i uzme u

obzir ova iznimka, njegov stav prema djelovanju u daljinu ostaje ipak neutralnim, jer način na koji taj suptilni duh djeluje nije dovoljno opisan da bi mogao riješiti problem ili obvezati Newtona na bilo koji način.

Iako je Newton bio dosljedan svom službenom stavu i bio oslobođen hipoteze od svog prvog spisa u 1672, do svoje smrti 1727, kao što prethodni navodi pokazuju, ipak je stvorio nekoliko nagađajućih hipoteza o prirodi svjetlosti. U stvari, ponekad je upotrebljavao hipotezu u formalnom i eksperimentalnom dokazu neke tvrdnje u vezi s optičkim pojavama. Npr., on upotrebljava hipotezu tjelešaca u dokazivanju zakona loma zraka, što izjavljuje u šestoj poziciji prve knjige *Opticks*, jer u dokazu upotrebljava pretpostavku, da je brzina svjetlosti veća u prozirnom mediju nego u vakuumu, što je zaključak teorije tjelešaca, koja nije bila niti potvrđena niti pobijena eksperimentiranjem u njegovo vrijeme. Valja ukratko ispitati hipoteze kao nagađanja da bi postalo razumljivim kakvo je bilo Newtonovo neslužbeno stajalište u pogledu problema djelovanja u daljinu kod optičkih pojava.

Sva nagađanja, učinjena prije *Pitanja* iz djela *Opticks*, izgleda, da su zadovoljavala principe djelovanja po dodiru i neslužbena umovanja o težu. U odgovoru Huygensu 1673, on se osvrće na uzajamno djelovanje tjelešaca i na »prianjajući eterički medij«. U svom pismu Oldenburgu od 10. siječnja 1675. kaže da je možda njegov jedini dug Hooku u oblikovanju vlastite hipoteze upotreba njegova pojma »sklonost etera da titra«. U jednom drugom pismu Oldenburgu od 21. prosinca 1675, on opet razmatra svoja raspravljanja s Hookom, i ukazuje na to kako Hook drži da je svjetlost vibracija etera, i dok se on slaže s tim da je eter osjetljiv na vibracije, za vibracije same po sebi ne misli da su svjetlost. U priopćenju Kraljevskom društvu u prosincu 1675, tijekom čitave rasprave o svojoj hipotezi pretpostavlja neki oblik etera. Slično u pismu Boylu od 28. veljače 1678/1679, opisuju pojave optičkog prelamanja svjetlosti na pretpostavci da tjelešca svjetlosti uzajamno djeluju s eterom promjenljive gustoće koji okružuje tijelo. On pretpostavlja da je eter rjeđi u tijelima nego izvan njih, i da je odmah iza njihova vanjskog obujma prelazni pojas između gušćeg i manje gustog etera. Taj stupanj gustoće svodi pojave lomljenja svjetla na posebni slučaj loma zraka, uz napomenu da je jedini dokaz za usmjerivanje ovog stupnja gustoće pravac koji čini da pojave prelamanja svjetla zadovoljavaju zakon lomljenja zraka. Iz ovih se pet primjera vidi da on oblikuje nagađanja tako da bi odgovarala i zadovoljila načelo djelovanja po dodiru. Eter je određen da ispuni prostor i da uzajamno djeluje s tjelešcima. Na taj se način mogu pojave koje se opažajno čine da su slučajevi djelovanja u daljinu, kao što je lom svjetla, objasniti a da se ne povrijedi načelo dje-

lovanja po dodiru. Ovo načelo Newton upotrebljava kao glavno u razdoblju razmatranja gravitacijskih i optičkih pojava. On službeno i dalje ignorira problem djelovanja u daljinu i ograničava se na iskustvene podatke i matematičke zakone povezane s njima. U svakom od spomenutih pet primjera, jednako pomno ukazuje na to kako se radi o nedokazanim hipotezama, koje leže izvan njegova prvobitnog područja zanimanja i za koje ne preuzima nikakvu odgovornost.

Newton pokušava na nekoliko mjesta pobiti valnu hipotezu prema kojoj se svjetlo sastoji od periodičkih vibracija etera.

U vezi s gravitacijskim i optičkim pojavama valja razmotriti trideset jedno Pitanje dodano *Optici*, jer izražavaju »osobna« gledišta Newtona. U predgovoru Pitanjima kaže da budući da nije mogao završiti eksperimentalni rad, kao što je to nakanio, ova pitanja valja smatrati samo nagađanjima, konjunkturama, a ne utvrđenim propozicijama. Glavna je tema Pitanja problem djelovanja u daljinu i centralnih sila, ali točno ustanoviti, koja su Newtonova posljednja uvjerenja i kakav je njegov stav prema tom problemu nije lako. Riječi koje upotrebljava pretežno su riječi teorije djelovanja u daljinu. Tako npr. u prvom Pitanju: »Da li tijela djeluju na svjetlost u daljinu, i svojim djelovanjem svijaju njezine zrake. I nije li to djelovanje najjače na najmanju udaljenost?« Međutim, iz posebnih zaključaka i napomena koje dodaje ne može se sa sigurnošću reći, da ove riječi djelovanja u daljinu znače da je Newton napustio princip djelovanja po dodiru (kao glavni princip) zbog principa djelovanja u daljinu. U prvom i četvrtom Pitanju govori se nedvosmisleno i izravno o djelovanju u daljinu. Zatim u Pitanjima 18—21 ponovno uvodi rijedak »eterički medij«, da bi s njim objasnio različite pojave koje prividno pretpostavljaju djelovanje u daljinu. Napadna je kod tog medija, međutim, njegova krajnja rijetkost i elastičnost. U tom je pogledu potpuno različit od kartezijanskih vrtloga. Prvenstveno na temelju elastičnih odbojnih sila postuliranih između izvanredno malih čestica toga medija, Newton objašnjava lom zraka (Pitanje 19), prelamanje svjetla (20), težu (21), vid (23), također »gibanje životinja« (24). Newtonovo prvo i četvrto Pitanje lako može i zavarati, jer je on objasnio sve navedene pojave s pomoću elastičnog etera, iako u Pitanju 21. kaže da zapravo ne zna što je uistinu taj eter. U Pitanju 28. pobija kartezijansku hipotezu etera i raspravlja protiv valne teorije svjetlosti, jer se valovi ne mogu pravocrtno širiti u fluidu, jer ona ne može objasniti osebujno lomljenje zraka kod islandskog kristala, jer ne može pokazati »kako zrake mogu naizmjenično biti u naletima odbijanja i propuštanja«, i napokon, jer bi jednolično, ustrajno gibanje planeta bilo usporeno u jednom takvom mediju. Pri završetku hvall misao drevnih atomista koji su postulirali vakuum.

Newton je nastojao razlikovati svoj eter od kartezijanističkih varijanti, i među njima postoje dvije bitne razlike. Svrha kartezijanskih vrtloga (Descartesovih ili Huygensovih) jest omogućiti mehaničko objašnjenje pojava, u smislu da se pojave objašnjavaju aktualnim gibanjem čestica etera. Newton tomu suprotno upotrebljava svoj eter, da bi dao dinamičko objašnjenje pojava. Ono što uistinu objašnjava težu, prelamanje svjetla i dr. nije aktualno gibanje čestica ovog rijetkog etera, već njihove elastične sile. Newton je sveo više neobjašnjenih pojava na djelovanje samo jedne skrivene sile umjesto njih više. Elastične sile čestica etera isto su tako skrivene i mehanički neobjašnjive u kartezijanističkom smislu kao i djelovanje teže. Kant je kasnije ovaj kartezijanistički prigovor pobijao s protuprigovorom da je kartezijanističko shvaćanje neproničnosti, nužno za mehanizam sudarnih sila, također samo jedna *qualitas occulta*, jer ona prema kartezijanizmu proizlazi iz puke opstojnosti tvari (*Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*). Sa stajališta kartezijanizma etersko nazivlje koje je uveo Newton također zavarava, jer se na odbojne sile elastičnih čestica etera mora motriti kao na sile koje djeluju u daljinu. Promjena je jedino u tome što su one sile koje djeluju na neposrednu blizinu odbojne za razliku od privlačnih sila koje djeluju na velike daljine. One međutim imaju teoretsku prednost što daju jedinstveno objašnjenje mnogih prividno različitih vrsta privlačnih i odbojnih sila. Ako su jedine sile između čestica etera odbojne, onda je svaka vrsta djelovanja po dodiru među njima potpuno isključena, osim slučajnih sudara, a njihove mase su tako male (zbog toga da bi se izbjegle poteškoće koje implicira kartezijanistički eter) da se sve slučajne sudarne sile mogu zanemariti u usporedbi s uvijek prisutnim osnovnim odbojnim silama elasticiteta. Na toj osnovici izgleda da je princip djelovanja u daljinu fundamentalan za Newtonovo shvaćanje etera. Put prvog i četvrtog Pitanja nije dakle put varke. U daljnjim Pitanjima problem postaje zamršenijim. U 29. Pitanju teorija tjelešaca svjetlosti sagrađena je na osnovici prema kojoj se tjelešca smatraju malim tijelima između kojih djeluju privlačne sile, ali se te sile objašnjavaju upućivanjem na 18. do 20. Pitanje u kojima je izložena teorija elastičnog etera. Pitanje 31. počinje ovim riječima: »Nemaju li male čestice tijela stanovite snage, vrline, ili sile po kojima djeluju u daljinu, ne samo na zrake svjetlosti da bi ih odbijale, lomile i savijale, već i uzajamno, da bi proizvele veliki dio prirodnih pojava?«

Ali zatim kaže: »Kako ove privlačnosti mogu biti proizvedene, ovdje ne razmatram. Što nazivam privlačnošću može se proizvesti impulsom ili nekim drugim putom meni nepoznatim. Ovdje upotrebljavam ovu riječ da samo općenito označim svaku silu zbog koje tijela naginju jedno prema drugom, ma kakav bio



tome uzrok. Jer moramo naučiti od prirodnih pojava koja se ti-  
jela međusobno privlače i koji su zakoni i svojstva tih privlač-  
nosti, prije nego što istražujemo uzrok koji privlačnost proizvo-  
di.« Prema ovim riječima čini se da se napuštaju prijašnja raz-  
matranja o elastičnom eteru i vraća stavu iz *Principia*, prema  
kojemu pitanje o fizičkoj naravi sila valja ignorirati. Kako su  
Pitanja samo konjektуре, možda je oprezna izjava poput ove u-  
vrštena u Pitanja samo zato da bi upozorila na to kako se u stva-  
ri ne znaju uzroci tih privlačnosti, bez obzira na nagovještaj koji  
pruža teorija elastičnog etera. Nakon tog upozorenja Newton  
istražuje primjere bitne za privlačne i odbojne sile (bez obzira  
na njihov posljednji uzrok) u prirodi. On navodi niz primjera za  
pojave, većinom kemijske naravi, koje, čini se, uključuju takve  
sile. Posljednje pitanje glasi posve različito. Gibanje je vječno  
u propadanju u svijetu, a pasivni princip zakona ustrajnosti, od-  
nosno vis inertiae nije dovoljan ni za njegovo rađanje (stvara-  
nje) ni za njegovo održanje. Nužni su aktivni principi takve na-  
ravi kakva je opisana u prikazanim primjerima. Čini se vjero-  
jatnim da je Bog stvorio svijet od krutih atomskih čestica ras-  
prostranjenih kroz čitav prostor tako da bi najbolje poslužile  
posljednjoj svrhi. Ovi aktivni principi glavni su zakoni prirode,  
koji proizvode i upravljaju gibanjem tih čestica. Bog može pro-  
izvesti različite vrste čestica i aktivnih principa i može, štoviše,  
»stvoriti svjetove različitih vrsta u različitim dijelovima svemi-  
ra.« Posljednji je spekulativni zaključak da posljednji objašnja-  
vajući principi nisu nužno skup mehaničkih principa, već »akti-  
vni« principi koje je Bog odabrao. Nagovještaj, da su aktivne  
sile prirode izvorno netvarne, česta je tema Newtonovih speku-  
lacija. U istom duhu završavaju i *Principia*. U pismu od 25. ve-  
ljače 1692. Bentleyju piše da pitanje da li je uzrok teže »tva-  
ran ili netvaran« prepušta čitateljstvu.

Jedan od najzanimljivijih paradoksa Newtonovog rada i  
njegova utjecaja predstavlja polemika o mehaničkim i dinamič-  
kim objašnjenjima. Njegov je »javni« stav neutralan, ali u svo-  
jim »osobnim« stavovima, općenito se pridržava kartezijskog  
mehaničkog ideala. On je, naravno, pobio kartezijsku teoriju  
vrtloga, ali njegovo neprestano suzdržavanje u *Principia* da ne  
zna uzrok teže pokazuje da nije bio sklon do kraja prihvatiti  
dinamičku teoriju tvari. Njegova pisma Bentleyju pokazuju ko-  
liko je bio daleko od konačnog prihvaćanja teorije sila koje dje-  
luju u daljinu, a u predgovoru drugom izdanju *Optike* skanjuje  
se da postulira privlačne sile koje djeluju u daljinu kao priro-  
đeno svojstvo tvari. Iz nekih Pitanja dodanih *Optici* vidi se da  
se pred kraj života udaljio od svog mehaničkog ideala, bez obzi-  
ra na to da li se prihvati mehanički eter ili »aktivne« principe  
kao alternativu. Međutim, postoje i snažni dokazi za to da je  
Newton bio uvjeren kako svako zadovoljavajuće fizičko objaš-

njenje pojava mora biti povezano sa sudarom i aktualnim gibanjima tvornih čestica. U posljednjem Pitanju (31) čini se da je stigao do zaključka kako se ne može doći do potpunog i zadovoljavajućeg mehaničkog objašnjenja prirodnih pojava, ali njegov konačni prijedlog da se uvedu aktivni, netvarni principi nije pretpostavka za jednu sustavnu, dinamičku teoriju tvari, već povlačenje iz naturalističke fizike u metafiziku.

Paradoks je u činjenici što su se njegovi sljedbenici Bošković i Kant pozivali na Newtonove principe kao na glavno uporište svojih vlastitih dinamičkih teorija. Golem uspjeh Newtonove primjene mehaničke teorije centralnih sila na astronomiju Sunčeva sustava, učinio je da su kasnije generacije prihvatile ove sile kao određene. Bošković postavlja razborito pitanje. Zašto mehaniku ograničiti samo na sile sudara? Kant pokušava dokazati kako se nijedna fizika, koja izbjegava puke pretpostavke ne može razviti bez dinamičkih sila privlačnosti. Ne može se zanijekati da matematička fizika *Principia* kad joj se da fizički značaj prirodno vodi prema jednoj više dinamičkoj nego mehaničkoj teoriji tvari. Kant je ustvrdio da je konflikt između velikih pozitivnih rezultata *Principia*, koji pouzdano vode do dinamičke teorije tvari, i nesklonosti Newtona i njegovih suvremenika prema principu djelovanja u daljinu prouzročio da Newton sam sa sobom nije bio u skladu (*Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*, str. 66).

U tom sklopu raspravljanja o problemu djelovanja u daljinu javlja se radikalna fizička teorija Josipa Ruđera Boškovića. Analiza se ograničava na djelo *Theoria philosophiae naturalis*, tiskano najprije u Beču god. 1758, a potom u ispravljenom i nadopunjenom obliku u Veneciji god. 1763.

Prije nego što se prikaže njegova teorija i odredi mjesto koje u njoj ima problem djelovanja u daljinu, mogle bi se učiniti neke opće usporedbe s Descartesom, Newtonom i Leibnizom. Metodološki, Boškovićevo je *Teorija* u mnogočemu sličnija Descartesovim *Principia* nego Newtonovim, iako je fizikalno i prirodno-filozofijski Bošković bliži Newtonu nego Descartesu. Ta sličnost Descartesu u cilju i metodi proizlazi iz Boškovićevo uvjerenja, da se sve fizičke pojave mogu izvesti iz sila položaja i gibanja točaka tvari. Kao i u Descartesu, Boškovićevo objašnjenja mnogih posebnih pojava više su kvalitativna nego kvantitativna. Uvodi mnoštvo neprovjerenih ad hoc hipoteza, da bi mogao sve što dobro poznate iskustvene pojave pod jednu opću teoriju. S druge strane, ima i mnogo različitosti od Descartesu. S obzirom na jedno plodno stoljeće u fizici, 1650—1750, koje ima Bošković iza sebe, njegovo je raspravljanje znatno više matematičko i egzaktno od Descartesova, i manje spekulativno. Bošković ne vjeruje da je moguće iz božanskih atributa izvesti bilo kakve istine a priori o svijetu, kao što to misli Descartes u prvom i dru-

gom dijelu svojih *Principa*. Bošković korjenito odvađa znanstveno od metafizičkog znanja. On smatra da je Descartesova zamisao plenuma puka umna fikcija te da Descartesova zamisao materijalnih mehanizama pravi automate i od živih bića.

U prvih šest članova svoje *Teorije* Bošković utvrđuje u čemu je sličnost njegove teorije s Newtonovom i Leibnizovom, a u čemu razlika, i zbog čega je njegova vlastita teorija nadmoćnija od njihove. Njegove su neprotežne točke slične Leibnizovim monadama, a uzajamne sile, koje među njima djeluju proširenja su Newtonovih ideja. On se razlikuje od Leibniza po tome, što svoje točke smatra homogenima ili istovrsnima i što poriče principium identitatis indiscernibilium kao i načelo dovoljnog razloga. Kaže da se razlikuje od Newtona u tome što upotrebljava odbojne sile isto tako kao i privlačne (iako je već Newton nagadao o opstojnosti takvih sila). U posljednjem Pitanju u *Optici* Newton kaže da bi »... izvesti iz pojava dva ili tri opća principa gibanja i zatim reći kako svojstva i djelovanja svih tjelesnih stvari proizlaze iz tih jasnih principa bio velik napredak u prirodnoj filozofiji, iako uzroci tih principa još nisu otkriveni ...« Bošković misli da je možda njegovo najveće dostignuće, kojim je nadmašio Newtona, u tome što je sve pojave sveo na samo jedan princip, svoj jedan jedini zakon sila, koji je općenitiji i snažniji nego ikoli od Newtonovih principa. Međutim, Bošković svagda ističe da znanstveno najviše duguje Newtonu i Leibnizu, dok se prema dekartovcima uglavnom negativno odnosi.

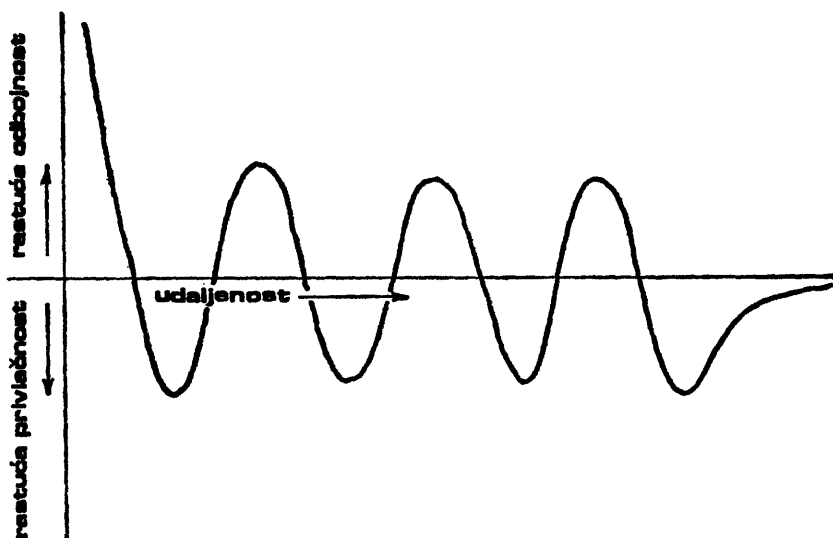
Boškovićeve je *Teorija* podijeljena u tri dijela. U prvom dijelu izlaže opću fizičku teoriju. U tom dijelu razvija svoju opću teoriju tvari i sila. Drugi dio započinje prikazivanjem svoje teme: »U ovom drugom dijelu razmotrit ću upravo neke opće zakone ravnoteže i gibanja — i točaka i masa. Ti zakoni spadaju u mehaniku i daju način da bi se iz jednog principa, primjenjujući uvijek istu metodu dokazale mnoge od onih stvari koje se općenito iznose u osnovama mehanike« (*Theoria*, 166).<sup>\*</sup> Ovaj drugi dio matematički razvija opće principe izložene u prvom dijelu. Razni poučci logičke su posljedice njegovih osnovnih principa. Ovaj dio sadrži primjenu opće teorije u mehanici. U trećem dijelu teorija je primijenjena u fizici. »Ponajprije ću raspravljati o općim svojstvima tjelesa koja sva potpuno obuhvaća onaj zakon sila što sam ga iznio na početku prvog dijela. Tada ću iz tog zakona izvesti neke osobite razlike koje pokazuju razne vrste tijela i promjene koje kod njih nastupaju. Konačno, izložiti ću njihove izmjene i preoblikovanja« (*Theoria*, 358).

Jezgra Boškovićeve teorije može se ukratko sažeti. Svemirska je tvar sastavljena od konačnog broja neprotežnih točaka.

\* Navodi prema izdanju Libera, 1974, u prijevodu Jakova Stipišića.

Privlačne i odbojne sile, koje su samo funkcija udaljenosti, djeluju između tih točaka prema jednom jedinom zakonu sile. Sve opažajne pojave prirode mogu se razjasniti samo na temelju rasporeda i gibanja ovih točaka i sile koje među njima djeluju. »Tvar je raspršena po vakuumu i pliva u njemu« (*Theoria*, 7). Bošković grafički prikazuje svoj opći zakon sile.

Na apscisu postavlja međusobnu udaljenost dviju točaka (tvari), a na ordinatu sile između njih kao funkcije udaljenosti. Odbojne sile smješta na jednu stranu osi, a privlačne sile na drugu stranu. Zakon sile onda daje slijedeću vrstu krivulje. Kada udaljenost između dviju točaka postaje gotovo jednaka nuli ili ništici, krivulja se približava ordinati asimptotički na odbojnoj strani apscise. U drugoj krajnosti, kad udaljenost između dviju točaka teži beskonačnosti, krivulja se približava apscisi kao asimptota s privlačne strane. Između te dvije krajnosti krivulja presijeca apscisu više puta, neprekidna je, i nema daljnjih asimptota. Krivulja grafički izgleda ovako:



Međutim, određenost ove krivulje ne proračunava činjenice. U stvari, ne zna se koliko puta i u kojim razmacima krivulja presijeca apscisu. Čak niti općeniti oblik lukova se ne zna, jer »to daleko nadilazi ljudsku moć shvaćanja i jer to u isto vrijeme ima pred očima jedino onaj tko je sazdao svijet« (*Theoria*, 102). Štoviše, ne zna se sigurno da li sile ostaju privlačne asimptotički približavajući se osi kad se udaljenosti približavaju beskonačnosti, ali se zna zbog empiričke valjanosti Newtonova za-

kona gravitacije da to važi za udaljenosti veće od onih Sunčeva sustava (*Theoria*, 10). Bošković se također nije spreman do kraja izjasniti je li ova krivulja algebarska (vrlo visokog reda) ili transcendentna. Čak ni sasvim približna formula se ne može dati. Ukoliko se njegova teorija bavi razmatranjem opće naravi te krivulje, jasno je da je njegovo metodološko motrište bliže Descartesu i njegovoj kvalitativnoj teoriji nego Newtonovim matematičkim zakonima gibanja.

Načelo neprotežnosti tvari i zakon sila dvije su temeljne hipoteze Boškovićeve teorije, ali one nisu iskazane kao aksiomi iz kojih se izvode provjerive posljedice. Umjesto toga izvodi ih iz bliskih i općenito prihvaćenih zakona neprodornosti i neprekidnosti. Ova pak dva zakona sama ne uzima kao posljednju istinu, već ih utvrđuje na empiričkoj i metafizičkoj podlozi, a zakonu kontinuiteta pri tom posvećuje naročitu pažnju. Bošković tvrdi da je došao do svoje teorije god. 1745, kad je razmatrao protuslovlje između dodirnog impulzivnog djelovanja i zakona kontinuiteta, za koji je vjerovao da je nesumnjivo valjan (*Theoria*, 16—18). Prije nego što se započne ispitivati ovo protuslovlje koje dovodi do srži njegove teorije, valja razmotriti »dokaz« tog zakona. Prema Boškoviću »zakon kontinuiteta ... sastoji se u tome da svaka količina dok prelazi iz jedne veličine u drugu mora prijeći sve međuveličine iste vrste« (*Theoria*, 32). Empirički dokaz ovog zakona dobiva se indukcijom u Newtonovom smislu. Najprije pruža geometrijsko tumačenje njegove primjene, ali i dio indukcije vodi k zaključku da geometrija »nigdje ne pozna nikakva skoka« (*Theoria*, 39). Može se također promotriti lokalno gibanje, u kojem se prijelaz iz jednog mjesta u drugo uvijek odvija na kontinuiran način. Proširenom indukcijom mogu se obuhvatiti sva gibanja koja proizlaze iz gravitacije, elastičnosti i magnetske sile. Kontinuitet je sačuvan u ovim gibanjima jer ga i sile što ih proizvode također čuvaju, što je naročito jasno kod zakona gravitacije, koji je funkcija udaljenosti. Konačno, svaka fizička pojava koja se može zamisliti čuva kontinuitet, i ne može se naći slučaj za koji on ne bi važio (*Theoria*, 39).

Na taj način Bošković induktivno ustanovljava zakon kontinuiteta, a kod zaključivanja pažljivije od Newtona objašnjava što i kakva prema njegovu mišljenju indukcija mora biti. On razlikuje potpunu i nepotpunu indukciju. Da bi dokaz bio snažan odnosno da bi logički izvod bio strog, indukcija mora biti potpuna tj. ona mora uzeti u obzir svaki mogući slučaj. Takvoj indukciji, tvrdi Bošković »nema mjesta u utvrđivanju prirodnih zakona« (*Theoria*, 40). Indukciju koja je umjesna opisuje ovako:

»Ima neka indukcija u širem smislu koja, da bi se mogla primijeniti, mora biti takva da se prije svega takav zakon otkrije u svim onim slučajevima koje možemo postaviti na

vagu radi ispitivanja da li se on zaista održava, a da takvih slučajeva ne bude. Zatim je možemo primijeniti i na ostale slučajeve koji na prvi pogled sadrže suprotnosti, ali koje su takve da ih, nakon što smo stvar pomnijivije sagledali, možemo potpuno uskladiti s takvim zakonom, makar nije moguće neposredno saznati mogu li se njime dovesti u sklad. Ako postoje ti uvjeti, indukcija se mora smatrati pogodnom za utvrđivanje zakona« (*Theoria*, 40).

Tome dodaje uvjet da se u proširivanju indukcije i preko granica osjetilnog opažanja mora razlikovati između apsolutnih svojstava tjelesa, kao što su neproničnost i protežnost, i relativnih svojstava, kao što su npr., veliko i malo. Samo se apsolutna svojstva mogu proširivati i na nezamjetljivo. Na nešto kraći način prikazana je ista vrsta induktivnih dokaznih razloga, pri utvrđivanju valjanosti zakona neproničnosti tvari (*Theoria*, 40—42).

Daje se i metafizički dokaz zakona kontinuiteta, ali ne i zakona neproničnosti. Dokaz izgleda po prilici ovako: za dodirne isječke neprekinutih nizova ima samo jedna zajednička granica, npr. »točka koja dijeli dva isječka neprekinute crte ne posjeduje nikakvu dimenziju. Ne postoje dvije susljedne kontinuirane točke od kojih bi jedna bila završetak prvog, a druga početak slijedećeg isječka, jer dvije susljedne kontinuirane nedjeljive i neprotežne točke ne mogu postojati a da ne dođe do međusobne kompenetracije i nekog stapanja u jedno« (*Theoria*, 48). Slično, vrijeme je primjer takvog kontinuiranog niza. Zato »između prethodnog kontinuiranog vremena i onoga koje za njim neposredno slijedi postoji samo jedan trenutak koji je nedjeljiva granica jednog i drugog« (*Theoria*, 49). Treći važan primjer je ona vrsta količina koja ne može imati dvije različite veličine u isto vrijeme, jer za ove količine ne može biti nagle promjene koja bi narušavala kontinuitet. »Naime, u onom trenutku u kojem bi trebalo doći do skoka i do prekida niza nekim trenutnim prirastom morale bi postojati dvije veličine, i to posljednja prethodnog i prva slijedećeg niza« (*Theoria*, 49). Ta razmatranja također objašnjavaju zašto se lokalno gibanje mora zbiti po kontinuiranoj crti. Ako se uzme da je gibanje po crti prekinuto na nekoj točki, može se pretpostaviti da taj prekid dijeli put gibanja u dva dijela. Onda vremenski trenutak kad je gibajuće tijelo na početku drugog dijela crte koji slijedi neposredno iza prekida mora biti ili iza ili u isto vrijeme ili prije vremenskog trenutka u kojem se tijelo nalazi na posljednjoj točki prvog dijela. U prvom slučaju, to zahtijeva da postoji ograničeno vrijeme, u kojem tijelo nije nigdje, što je protuslovno. U drugom slučaju, tijelo bi trebalo imati dva različita gibanja u istom trenutku, što je također nemoguće. A u trećem slučaju, tijelo ne bi imalo samo dva različita gibanja u istom trenutku,

nego i u ograničenom razmaku vremena, što je svakako nemoguće. Zbog toga lokalno gibanje tijela mora biti po kontinuiranoj crti, prilagođavajući se time zakonu kontinuiteta (*Theoria*, 50).

Očito, metafizički dokaz zakona kontinuiteta nije opća, apstraktna dedukcija, već se sastoji u pokazivanju da on mora vrijediti na temeljima a priori za važne fizičke količine. Što znače ovi pojedinačni dokazi? Svrha im je da se pokaže da prema definiciji ovih različitih količina logički proizlazi da one neprekidno variraju. To pravi zakon kontinuiteta analitičkim, premda sam Bošković izriječkom ne pridaje važnost razlici između analitičkog i sintetičkog suda. Ovim definicijama pripisuje metafizički status.

Definicija »lokalnog gibanja«, npr. nije nominalna definicija koja se bavi značenjem, već realna definicija koja otkriva narav gibanja. Što Bošković zapravo misli kad upotrebljava riječ »metafizički«? Ako se porekne valjanost realnih definicija, onda njegovi metafizički dokazi propadaju.

Kakav spoznajnoteorijski položaj ima zakon kontinuiteta? Induktivni dokaz pravi ga empiričkim zakonom, ali ne želi li mu Bošković dati viši položaj time što se pobrinuo i za metafizički dokaz? Bošković nedovoljno razjašnjava odnos između ova dva dokaza. U članu 63. kaže: »zakon kontinuiteta čvrsto se oslanja na indukciju i metafizički dokaz«. Čini se da on ne misli da jedan dokaz poništava drugi. U određenom trenutku upotrebljava onaj koji je uvjerljiviji i prikladniji. Ali ne daje izriječkom metafizički dokaz za svoj zakon sila.

Argumenti upotrijebljeni da bi se izveo zakon sila koje djeluju u daljinu iz zakona kontinuiteta i neproničnosti promišljeni su i vjerodostojni. Bošković najprije ustanovljava da ako postoji aktualno djelovanje po dodiru među gibajućim se dijelovima tvari, onda se krši ili zakon kontinuiteta ili zakon neproničnosti. Evo primjera u kojem objašnjava svoj postupak zaključivanja:

»Zamislimo, dva jednaka tijela, koja se gibaju na istom pravcu u istom smjeru. Neka ono koje prethodi ima stupanj brzine od 6, a ono što ga slijedi stupanj brzine od 12. Ako posljednje neizmijenjenom brzinom dođe u neposredni dodir s prvim, bit će nužno da u onom trenutku u kojem dolazi do dodira posljednje tijelo umanju svoju brzinu, a prvo da je poveća, i to jedno i drugo skokovito, tako da jedno promijeni brzinu od 12 na 9, a drugo od 6 na 9 bez ikakva postupnog prijelaza brzine od 11 i 7, 10 i 8 i 9 1/2 i 8 1/2 itd.« (*Theoria*, 18).

U svakom takvom slučaju djelovanja po impulsu ili dodiru zakon kontinuiteta bio bi prekršen, u koliko ne bi bilo došlo do kompenetracije, jer bi se proizvela ograničena brzina i gubi-

tak ograničene brzine u istom nedjeljivom trenutku vremena. Kompenetracije ne može biti jer je zakon nepronikivosti dokazan indukcijom i gotovo svi fizičari priznaju valjanost ovog zakona. Proizlazi da ako zakoni kontinuiteta i neprodornosti vrijede, onda nema impulzivne kontaktne djelatnosti među gibajućim se dijelovima tvari. Pošto su ta dva zakona utvrđena, izvodi se zaključak, da su jedine sile koje djeluju u prirodi one koje djeluju na udaljenost.

Ti se dokazi pojačavaju i proširuju od člana 63. nadalje. Indukcijom i razmatranjima u raspravljanju o zakonu kontinuiteta ustanovljeno je da tijelo u određenom trenutku može imati samo jednu brzinu, nikako dvije. Iz toga se pomno izvodi da djelovanje po impulsu među tijelima povređuje zakon kontinuiteta (*Theoria*, 63—72). Zatim se ispituju posljedice pobijanja djelovanja po dodiru. Osnovna posljedica jest to da se brzine dvaju tijela koja se približavaju jedno drugome na bilo koji način moraju početi mijenjati prije dodira. To znači promjenu u stanju gibanja u bar jednom od tijela, a uzrok ove vrste promjene zove se silom (*Theoria*, 73). Sa stajališta zakona kontinuiteta dovoljno je da samo na jedno tijelo djeluje sila, ali je novom indukcijom dokazano da djeluju uzajamne i suprotno usmjerene sile. Iz te indukcije proizlazi princip jednake akcije i reakcije (*Theoria*, 74).

Takva uzajamna suprotno usmjerena sila po svojoj naravi sama od sebe utječe na tjelesa da se uzajamno povlače jedno od drugoga. Takva sila zove se odbojnom.

Valja izvesti zakon što upravlja tim silama. Prema navedenom primjeru može se povećati brzina drugog tijela od 12 do svakog većeg broja. Da bi se izbjegao prekid u kontinuitetu, odbojna sila među dva tijela mora beskonačno porasti kad se udaljenost između njih smanji. Tako je utvrđeno da se krivulja sila asimptotično približava »osi sila« u smjeru rastuće odbojnosti kad se udaljenost između oba tijela približava ničtici (*Theoria*, 77). S druge strane, empirički uspjeh zakona gravitacije dokazuje da sile među tjelesima ne ostaju odbojne kad se udaljenost među njima poveća. Ukratko, na velikim udaljenostima postoji privlačna sila među tjelesima. Barem za udaljenosti na ljestvici našeg Sunčevog sistema poznato je da se krivulja sila približava apscisi (»osi udaljenosti«) asimptotično na privlačnoj strani. Opstojnost tih dviju asimptota na suprotnim stranama apscise dokazuje da krivulja sila mora sjeći apscisu bar jednom da bi se izbjeglo kršenje kontinuiteta (*Theoria*, 78). Na udaljenostima za koje je zakon gravitacije bio empirički potvrđen zna se i približni oblik krivulje. To je hiperbola trećeg stupnja, s ordinatama u obrnutom razmjeru s kvadratima udaljenosti (*Theoria*, 78). Kvalitativno razmatrajući mnoge pojave kao što su isparavanje tekućina, ključanje, fermen-



tacija i sagibljiost mekanih tvari kao što je vosak, Bošković pokušava pokazati kako krivulja mnogo puta siječe apscisu, tj. velik broj puta, iako se točan broj ne može odrediti (*Theoria*, 79, 80). Opis ovog dijela krivulje uvijek je nejasan i kvalitativan, ali u drugom dijelu *Teorije* Bošković ispituje opću dedukciju, koju se može izvesti ako se zna pod kojim kutom krivulja siječe os, relativna strmina lukova i relativna površina koje su obuhvaćene raznim lukovima. U trećem dijelu, ova se opća razmatranja primjenjuju na objašnjavanje posebnih fizičkih pojava. S tim u vezi valja ponovno naglasiti kako je Bošković uvjeren da je ova krivulja sile dovoljna da prikaže sve sile u prirodi. Kad se razmatraju kombinacije točaka, što vodi do velikih matematičkih komplikacija, svaka motriva sila može naći svoje mjesto negdje uzduž komplicirane krivulje sile što se nalazi između tih točaka. Ta pretpostavka da su sve sile posebni slučajevi sila ili kombinacija sila datih krivuljom, čini sve sile u prirodi slučajevima djelovanja na daljinu.

Ovaj pak problem vodi izravno k problemu osnovnih elemenata tvari. Neposredni zaključak Boškovićev jest da se dijelovi tvari ne dodiruju i da su osnovni elementi tvari jednostavni, jer kad bi bili složeni, beskonačno velike odbojne sile rastjerale bi njihove dijelove.

»Budući da se, beskrajinim umanjivanjem udaljenosti, odbojna sila povećava, postaje posve jasno da nijedan dio materije ne može biti u kontinuitetu vezan s drugim dijelom, jer ona odbojna sila udaljuje jedan od drugoga. Stoga odatle nužno proizlazi da su temeljni elementi materije posve jednostavni i da nikako nisu složeni ni iz kakvih kontinuiranih dijelova. To neposredno i nužno proizlazi iz biti onih sila koje su pri vrlo sitnim udaljenostima odbojne i rastu u beskonačnost« (*Theoria*, 81).

Treći zaključak o prvim elementima tvari više je jedinstven Boškovićev vlastiti zaključak nego prva dva. Bošković naime zaključuje da su prvi elementi tvari neprotežni. On to ovako obrazlaže. Budući da su ovi elementi jednostavni, oni ne mogu biti protežni na običan način, pa se postavlja pitanje mogu li oni imati ono, što skolastici nazivaju »virtualnom protežnošću«. Virtualna protežnost u usporedbi s aktualnom protežnosti objašnjava se na slijedećim primjerima. Bog koji je savršeno jednostavan, ipak je posvudan. Na isti je način duša jednostavna, a ipak se virtualno proteže kroz čitavo tijelo. Bošković kaže da se ideja virtualne protežnosti oslanja na analogiju između prostora i vremena. Virtualna protežnost je spoj jednog trenutka vremena s neprekidnim nizom točaka prostora, kao što je mirovanje spoj točke prostora s neprekidnim nizom trenutaka vremena. Bošković dozvoljava da je metafizički moguće da prvi

elementi tvari posjeduju takvu virtualnu protežnost, odnosno, ne može se na metafizičkim apriornim temeljima dokazati da je ne posjeduju (*Theoria*, 83). Unatoč tomu na empiričkim temeljima s upotrebom principa indukcije može se pokazati da ne posjeduju virtualnu protežnost. Da virtualna protežnost ima svojstva tjelesa zametljive veličine, mogla bi se opažati. »Nadalje, to je svojstvo po svojoj prirodi takvo da ga možemo naći i u veličinama koje su nadohvat naših osjetila i u veličinama koje su ispod granice naših osjetila« (*Theoria*, 84). Stoga, budući da nije opažena u prvom slučaju, može se induktivno izvesti zaključak da je nemaju ni prvi elementi tvari, koji se ne mogu izravno opažati (*Theoria*, 84).

Neizravni dokazi također podupiru zaključak da su prvi elementi tvari neprotežni. Pretpostavka da su prvi elementi neprotežni ne povređuje kontinuitet u prelaženju iz praznog prostora, gdje je gustoća jednaka ničtici, u prostor u kojem ima tvari, pa je i gustoća konačne veličine. Čitav prostor je kontinuirani vakuum. »... Jedna točka tvari zauzima samo jednu jedinu točku prostora, a ta je točka prostora nedjeljiva granica između prethodnog i slijedećeg prostora« (*Theoria*, 88). Povrh toga u teoriji krutih protežnih elemenata, javlja se problem da »se gustoća tijela može umanjivati u beskonačnost, ali da se ne može povećavati osim do određene granice, pri kojoj se zakon porasta nužno mora napustiti. Ponajprije iz toga proizlazi da se ista neprekinuta čestica može dijeliti u bezbroj manjih čestica, koje se stoga mogu raspršiti po prostoru ma kako velikom, tako da ne bude nijedne od njih za koju ne bi postojala neka druga koja bi bila makar i neznatno od nje udaljena. Na taj način, ako je obujam u kojem je ista masa raspršena povećan, i to u bilo kojem omjeru, gustoća se smanjuje u istom omjeru ma kako velikom. Jasno je zatim i drugo: čim sve čestice dođu u dodir, gustoća se ne može dalje povećavati« (*Theoria*, 89). Premda, ako su prvi elementi neprotežni, ne dolazi do takvog prekida (diskontinuiteta), jer se gustoća danog obujma može povećavati u beskonačnost dodavanjem prvih elemenata, a budući da su ovi neprotežni, svaki konačni obujam može sadržavati više njih nego bilo koja određena konačna gornja granica. Osim toga, teorija neprotežnosti je također prikladna »da se svaki koegzistentni kontinuum eliminiira iz prirode, zbog kojeg su se, da ga protumače, filozofi dosad i te kako naznojili, i to gotovo uzaludno. Stoga niti će se moći u beskonačnost izvoditi ikakvo stvarno dijeljenje bića, niti će ostati u zraku pitanje je li broj dijelova stvarno razdijeljenih ili koji se mogu dijeliti konačan ili beskonačan, niti će više biti drugih bezbrojnih pitanja koja su dosad mučila filozofe u vezi sa složenosti kontinuumu. Ako su naime temeljni elementi materije posve neprotežne i nedjeljive točke, koje su međusobno odije-

ljene nekim razmakom, u svakoj će masi biti određen broj točaka: sve će naime udaljenosti biti ograničene» (*Theoria*, 90).

U raspravama *De natura et usu infinitorum ac infinite parvorum* (1741) i *De lege continuitatis* (1754) Bošković je pokušao pokazati da nema određenih infinitezimalnih razmaka i da su svi aktualno postojeći razmaci konačni, a iz toga slijedi da je broj točaka u određenoj masi konačan.

Dalje u prvom dijelu, u članovima 131—143. Bošković nastavlja obranu svoje teorije o neprotežnosti tvari. U tim članovima on pobija razloge onih koji smatraju da njegova teorija protuslovi svjedočanstvu osjetila, koja nalaze da je svaka tvar protežna i djeljiva. On pokušava pokazati bespredmetnost tih razložbi i u vezi s tim opet brani upotrebu principa indukcije. Naročito želi dokazati da je ideja o neprotežnoj tvari savršeno jasna i nedvojbeno shvatljiva, dakle dokazuje njenu istinitost a ne opstojnost. On pruža još više podrobnosti u vezi sa svojom teorijom tvari i zakonom kontinuiteta, pokazujući kako upotrebljava kontinuitet samo u gibanju. Zakon se upotrebljava u vezi onih količina koje mijenjaju svoju veličinu, ali elementi tvari niti mijenjaju svoju veličinu, niti su u bilo kom pogledu promjenljivi, i prema tome, zakon niti je potreban, niti je prekršen od samih elemenata. Razlaže kako se na taj način izbjeavaju razni paradoksi o aktualnim infinitezimalima i beskonačnostima kod elemenata tvari. Daljnji je zaključak o osnovnim elementima tvari da su oni istovrsni ili homogeni. Bošković navodi razloge koji podupiru taj zaključak od kojih su neki negativna pobijanja tvrdnje da su elementi raznovrsni ili heterogeni. Jedan argument ovisi o zakonu sila. Krivulja sila je jednaka u svojim dvjema asimptotičnim granama za sve elemente, jer su svi jednako nepronični i pod utjecajem gravitacijskog djelovanja. Postoji bezbroj puta više krivulja »koje se, budući da se razlikuju u ostalim dijelovima, razlikuju veoma i u ovim krajnjim, negoli onih koje se tako tijesno poklapaju samo u posljednjim« (*Theoria*, 92). Zbog toga Bošković tvrdi da je beskonačno vjerojatnije da se krivulje podudaraju u svim svojim dijelovima nego da se razlikuju među istovjetnim krajnostima. Još se jedan dokaz izvodi iz sličnosti tjelesa. Budući da se raspodjela elemenata (točaka) u prostoru za različita tjelesa razlikuje, da i sami elementi nisu slični, tjelesa ne bi mogla biti tako slična kao što jesu. Leibnizovski prigovori istovrsnosti na temelju načela dovoljnog razloga i raznolikosti (*principium identitatis indiscernibilium*) pobijaju se s obrazlaganjem. Uzima se slikovita analogija s knjigama, riječima, slovima i točkama, da bi se zaokružili razlozi za ovaj zaključak. Može se zamisliti postupak tiskarstva po kojem se tiska svako slovo kao niz sitnih, sličnih, crnih točkica. Sve riječi u knjizi oblikovane su od dvadeset i četiri slova abecede. Tako se go-

lema raznolikost što se nalazi u knjigama može razjasniti samo kroz raspored mnogih sličnih crnih točaka. Analogija se prikazuje ovako: knjige odgovaraju krupnim tjelesima.

Razne supstance pronađene kemijskom analizom odgovaraju riječima. Daljnja kemijska analiza otkriva nekoliko osnovnih čestica koje odgovaraju slovima. I konačno točke od kojih su sastavljena slova odgovaraju jednostavnim, istovrsnim prvim elementima tvari.

To upotpunjava opću sliku Boškovićeve teorije. Od zakona kontinuiteta i nepрониčnosti izveo je izravnim načinom opsežnu teoriju fizičkih pojava. Tvar se sastoji od ograničenog broja prvih elemenata koji niti se dodiruju niti se protežni, već su jednostavni i istovrsni. Između tih točaka-elemenata uzajamne sile djeluju na daljinu pravocrtno povezujući parove elemenata. Veličina tih sila samo je funkcija udaljenosti.

Postoji velika sličnost između Boškovićeve i Descartesova općeg programa. Povijesno, Descartesova je filozofija prirode izvornija od Boškovićeve, ali je teorijski Boškovićeve filozofija jača. Jasnija je, jednostavnija i dosljednija. Descartes započinje teorijom fluida, zatim prelazi na teoriju čestica. Njegove su čestice redovito opisane kao analogije krutih makroskopskih tjelesa. Bošković, suprotno tome, počinje s teorijom čestica i ne napušta je do kraja. Iako su mnoga njegova objašnjenja posebnih pojava površna i beskorisna, nikada ne pribjegava teoriji fluida. Descartes uvodi beskrajne dopunske hipoteze u vezi s oblikom svojih čestica. Boškovićevi temeljni elementi ostaju jednostavni i neprotežni. Građu čestica tumači iz prostorne raspodjele točaka-elemenata od kojih se one sastoje. Dok Descartes formalno ograničava svoju teoriju na kinematiku, iako u stvari uvodi sile, Bošković izričito čini svoju teoriju dinamičkom i time povećava njenu moć objašnjavanja. Spoznajnoteorijski, Bošković je znatno više empiričan nego Descartes. On upotrebljava i metafizičke argumente ali se to ne može prisposobiti s Descartesovim utemeljivanjem cjelokupne filozofije svijeta na istinama a priori. Naročito tamo gdje Descartes uzima principe djelovanja po dodiru a priori, Bošković pokušava pokazati da je princip djelovanja na daljinu izvediv od zakona koji su empirički potvrđeni indukcijom. Koje mjesto zauzima načelo djelovanja na daljinu u Boškovićevu sustavu? Očito je da je to načelo temeljni zaključak izveden iz zakona nepрониčnosti i kontinuiteta. Prema Boškoviću oni filozofi prirode koji smatraju da se sve pojave moraju objasniti impulsom i neposrednim dodirom, izražavaju predrasudu koja ima izvor u naivnom pouzdanju na svjedočanstvo osjetila. Takvi filozofi pogrešno ne priznaju sile koje djeluju na daljinu kao nemehaničke i prema tome nedopustive. Zbog tih razloga odbili su

Newtonovu teoriju opće gravitacije i u tome pogriješili. Ne može se navesti ni jedan fenomen na kojem bi se moglo apsolutno dokazati da je djelovanje impulsom istinita mehanika gibanja.

»što se tiče objašnjenja pojava neposrednim impulsom, ja sam ranije napomenuo, koliko je uspješnije bez njega Newton objasnio astronomiju i optiku. Malo niže bit će objašnjenje s koliko se više uspjeha mogu protumačiti sve pojave bez ikakva neposrednog impulsa. I u tim i u ostalim primjerima veoma se preporučuje ona metoda objašnjavanja pojava koja se služi silama što djeluju na udaljenost. Neka takvi pokažu bar jedan primjer kojim bi se pozitivno moglo dokazati da se preko neposrednog impulsa prenosi gibanje u prirodi. Međutim takav primjer nikada neće pružiti, jer se ne mogu poslužiti svjedočanstvom očiju da bi isključili one posve neznatne udaljenosti na koje se odnosi prvi odbojni luk i zavoji krivulje oko osi, koje nužno izmiču zapažanju očiju; a ja sam naprotiv, strogim dokazom isključio svaki neposredni dodir i pozitivno dokazao da ga nigdje nema gdje neki hoće da ga ima« (*Theoria*, 128).

Bošković nastavlja s pobijanjem tvrdeći da mehanika niti u predaji nije bila ograničena na djelovanje impulsom, kao što se to vidi iz Arhimedova rada na ravnoteži, Galilejeva na slobodnom padu, Huygensova na centralnim silama u kružnoj putanji nebeskih tijela i centrima oscilacije i, naravno, Newtonova na gravitaciji. Mehanika je zamišljena kao raščlamba sila koje proizvode gibanje i promjene gibanja prema općim zakonima, i velika je pogreška poistovjetiti mehaničko djelovanje s impulzivnim djelovanjem. Sile što djeluju na daljinu su isto toliko shvatljive i razgovijetne i nisu nimalo tajanstvenije od onih neposrednog dodira (*Theoria*, 129).

Tako Bošković nedvosmisleno pobija stav koji je još i Newton zastupao u svom znamenitom pismu od 25. veljače 1692. Richardu Bentleyju u kojemu je izjavio, da je vjerovanje u djelovanje na udaljenost vrhunac filozofske besmislice.

Bošković ipak pravi razliku između »matematičkog dodira« i »fizičkog dodira« (*Theoria*, 130). Matematički dodir između dva dijela događa se kad je udaljenost među njima jednaka apsolutnoj nuli. Fizički se dodir zbiva kad je udaljenost među njima premala da bi se mogla zamijetiti osjetilima, a odbojna sila dosta velika da spriječi svako daljnje približavanje. Boškovićev je stav prema ove dvije vrste dodira jasan. On odbija mogućnost bilo kakvog matematičkog dodira između bilo koja dva dijela tvari, a dopušta ne samo mogućnost već i opstojnost fizičkog dodira među tijelima. Ovu razliku uvodi da bi se mogao poslužiti riječima uobičajenima u praksi, ma kako one bile neegzaktne u fizičkim istraživanjima. Ali ovaj ustupak ne utječe na njegov osnovni stav da se krajnja prvobitna počela tva-

ri ne dodiruju, a to je za kartezijanske mehaničare mogao biti samo privid, a ne stvarnost.

Koje mjesto zauzima načelo djelovanja u daljinu u Boškovićevoj teoriji? Što znači pitanje u rubnom naslovu članu 102? Kako da se ovdje izbjegne djelovanje u daljinu («quo pacto evitetur hic actio in distans»)? Bošković postavlja to pitanje zbog dva razloga: prvo, da se ne bi do kraja obvezao u odgovoru na pitanje koji je posljednji način djelovanja sila u prirodi. To je u duhu Newtonovih *Principia*. Drugo, da bi opovrgao da su njegove sile, koje su samo funkcije na udaljenost, kao sile koje djeluju u daljinu, izraz skrovitih svojstava. U vezi s prvim razlogom, on kaže u članu 9, kad određuje smisao u kojem upotrebljava riječ »sila«, da se to ne odnosi na način djelovanja, nego samo na sklonost točaka da budu privučene ili odbijene kad su u stanovitoj udaljenosti od ostalih točaka. Moglo bi izgledati da je jednostavno uzeo riječ »sklonost« za »djelovanje« i s tim malo postigao. Ali u prethodnom članu (8) također spominje ovu sklonost i tvrdi da ne poznaje njezin uzrok i da je beznadno tražiti ga. On kaže: »Zavisi li ona od slobodnog zakona višnjeg Tvorca ili od same naravi točaka ili pak od nekog njihova svojstva, ma kakvo ono bilo, to ja ne ispitujem; a kad bih i htio to ispitivati, nemam nade da bih to mogao otkriti. To isto mislim i o onom zakonu sila na koji sada prelazim.« Pri kraju trećeg dijela u članu 516. neodređeno se odnosi prema metafizičkom objašnjenju svog zakona sila i izjavljuje da se sam zakon može protumačiti i lajbnicovskom i kartezijanskom i skolastičkom filozofijom, ali se daljnji odgovor na to pitanje ne može naći u empiričkim pojavama.

»Je li taj zakon sila unutarjni ili takav da spada u bit nedjeljivih točaka, ili je nešto supstancijalno, ili nešto što im je pridodano kao akcidentalno, onako kao što su forme peripatetika supstancijalne ili akcidentalne, ili je li to slobodan zakon Začetnika Prirode, koji upravlja svim gibanjima po zakonu koji je sam po volji uspostavio, to ja ne pitam i to nam neće otkriti ni prirodne pojave koje su iste u svim teorijama. Treće se odnosi na okazionalne uzroke i u skladu je s mišljenjem kartezijanaca, dok drugo može poslužiti peripateticima . . . Čini se da prvo mišljenje zastupaju moderniji učenjaci, koji, kako se čini, smatraju neproničnost i aktivne sile, koje također prihvaćaju i sljedbenici Leibniza i Newtona, za primarna svojstva tvari, a leže u samoj njezinoj biti. Moguće je moju teoriju primijeniti u svim tim načinima filozofiranja i prilagoditi je posebnom načinu mišljenja svakog od njih.«

Bošković kaže da nije nikad uspio shvatiti što Newton misli svojom riječi »spiritus«, i ističe, kako je i sam Newton priznao da mu je način djelovanja tog »duha« nepoznat (*Theoria*,

409). U pogledu drugog razloga, Bošković kaže u članu 101. »Protiv uzajamnih sila obično prigovaraju neki da su one neko skrovito svojstvo i da one uvode djelovanje na daljinu. Te će zadovoljiti ono što je rečeno o pojmu sila u broju 8 i 9. Osim toga ovdje nadodajem jedino to da su posve očite one o kojima je ideju vrlo lako oblikovati, čija se opstojnost dokazuje pozitivnim dokazom, čije mnogostruke učinke neprestano očima zapažamo.«

Razmatranje djelovanja u daljinu snažnije je u članu 102, s marginalnim protuslovnim naslovom:

»Što se pak tiče djelovanja na daljinu, toga se obilno čuavamo, jer odatle jasno proizlazi da je moguće da svaka točka djeluje na samu sebe i da bude determinirana na smjer djelovanja i energiju od neke druge točke ili da kao Bog, prema slobodnom zakonu koji je on postavio pri sazdanju prirode, proizvede gibanje u jednoj i drugoj točki. Za mene je očito da ništa više nije skrovito i teže da se protumači i shvati proizvođenje gibanja tim silama koje ovise o određenoj udaljenosti negoli je nastajanje gibanja, kako se ono obično shvaća, preko posrednog impulsa.«

Kao što se razabire iz ovog i prethodnih navoda, nema prigovora protiv djelovanja na daljinu u prilog djelovanju dodikom. Bošković više prigovara impulzivnom djelovanju nego djelovanju na daljinu. Prigovor je više djelovanju na daljinu zamišljenom kao nekom posljednjem metafizičkom načinu djelovanja ili kao nekom okultnom svojstvu, koje ne podliježe nikakvom općem zakonu i kojim je svaka točka stvari obdarena na jedan jedinstven, različit i slobodan način. Prigovara da bi to bio posljednji metafizički način djelovanja, jer se metafizički način djelovanja ne može odrediti empirički iz pojava koje promatramo, a skrovitim okultnim svojstvima prigovara jer bi njihova opstojnost učinila zadaću prirodne filozofije nemogućom. Opstojnost takvih skrovitih svojstava, kao djelotvornih sila, pobijena je otkrićem pravilnosti u prirodi.

Kad Bošković upotrebljava izraz »sile koje djeluju na daljinu« u pozitivnom smislu, on obično misli »sile koje su samo funkcije daljine«. Nadalje smatra da odrediti uzajamne sile kao funkcije  $f(r)$  jest toliko koliko možemo znati o njima empirički i fizički. Jedno daljnje objašnjenje koje bi ležalo s onu stranu njegova zakona sila ne bi moglo biti empiričke naravi. Tražiti posljednji način djelovanja sila nađenih u prirodi, za njega je metafizička neempirička zadaća. Njegov je stav o tome potpuno jasan u III Dodatku *Teoriji*. U njemu kaže da: ako netko pita zašto u prirodi postoji njegov zakon sila, odnosno ako netko traži općenitiju teoriju iz koje bi se taj zakon mogao izvesti i razjasniti, on ne može na to pitanje odgovoriti na empirički način. Sve što se može reći jest da je to

osobit način na koji je Tvorac Prirode saznao svijet, iz čiste slobode. Jedna jedinstvena opća teorija tvari i sila granica je do koje se može doći u objašnjavanju prirodnih pojava u fizici.

Međutim, postoje dvije nedosljednosti u Boškovićevim iskazima o pitanju naravi sila. Ponekad se vraća Newtonovu stavu prema kojem sile koje su poznate samo kao funkcije daljine ne mogu biti shvaćene u fizičkom smislu. Tako u članu 9. kad raspravlja o privlačnosti i odbojnosti šiljaka elastičnog pera, šiljci se privlače kad je pero nategnuto a odbijaju kad je pero stegnuto, pri zaključku kaže:

»Međutim ja se ovdje neću zaustavljati na fizičkom uzroku te pojave. Zaustavit ću se samo na primjeru nužnosti približavanja i udaljavanja, koja nužnost pri različitim udaljenostima pokazuje različitu težnju i prelazi iz jedne u drugu.«

Pod nazivom »fizički uzrok« izgleda da pomišlja nešto empiričko, a ne neku drugu referenciju na nemogućnost spoznaje posljednjeg metafizičkog načina djelovanja. Druga se nedosljednost sastoji u iskazu suprotnome prvom, tj. ta nedosljednost počiva u tvrdnji da znati sile kao funkcije udaljenosti  $f(r)$  znači znati ih u potpunom smislu fizički. Kao što se razabire iz člana 102, Bošković, čini se, želi reći da nije empiričko nego metafizičko pitanje upit da li jedan dio tvari izravno proizvodi učinak na drugi kroz prazan prostor. On želi reći da je dovoljno znati da su sile po kojima dva dijela tvari međusobno djeluju jedan na drugi dane kao funkcije udaljenosti  $f(r)$ . Nedosljedno je zauzeti takav stav, a u isti mah iz zakona sila izvoditi da su prvobitni elementi tvari neprotežni. Iskaz da su osnovni elementi tvari organizirani po broju i neprotežni prvotno je mišljen tako da bude empirički iskaz o fizičkoj konstituciji svijeta. Svijet se sastoji od ovih prvobitnih elemenata koji lebde u praznom prostoru. Ničega drugog nema. Iz ovog stava, međutim, nužno proizlazi da sile s kojima elementi djeluju jedan na drugi nisu samo sile matematičkog oblika  $f(r)$ , nego su one iste na čijim se empiričkim temeljima konstituira tvar, dakle sile koje fizički djeluju u daljinu. Misli se slijedeće: A izravno utječe na gibanje od B, A i B se ne dodiruju, a pod »izravnim ili neposrednim« misli se da nema mogućnosti da se ovo djelovanje svede na niz djelovanja po dodiru. Usprkos tome što je Boškovićeva glavna zasluga njegov stav o djelovanju u daljinu, on se vrlo oprezno i neodlučno izjašnjava o fizičkoj naravi temeljnih uzajamnih sila tvari. Bošković samo na dva mjesta izrijeком govori o silama koje djeluju na daljinu u empiričkom fizičkom smislu (*Theoria*, 103, 128). Nasuprot tome, o uzajamnim silama koje ovise samo o udaljenosti, govori na mnogim mjestima. Na bezbroj mjesta međutim govori o tome da ne postoje dva dijela tvari koja bi



se dodirivala. To je možda nedosljedno, jer je njegov stav o fizičkom sastavu tvari nedvosmislen. Zbog njegova naglašavanja da je prema njegovoj teoriji tvari tvar sastavljena od konačnog skupa neprotežnih točaka, ova se nedosljednost može zanemariti i istaći da Bošković upotrebljava fizički princip djelovanja u daljinu. Ukratko, ako se dijelovi tvari ne dodiruju i ako u svemiru nema ničeg drugog osim tvari, kako mogu sile koje se nalaze u prirodi biti išta drugo nego sile koje fizički djeluju u daljinu? Tradicionalno shvaćanje prema kojemu je fizičko djelovanje u daljinu središnje načelo Boškovićeve teorije u potpunosti je opravdano i, nakon što se razmotre dvije spomenute nedosljednosti, Kant će tek poslije Boškovića odlučno i do posljednjih konsekvenci zastupati stav o fizičkoj zbilji djelovanja u daljinu.

Kako Bošković upotrebljava svoju teoriju tvari i sila u tumačenju posebnih pojava, može se vidjeti na primjerima teže, svjetla i elektriciteta. Osobito u slučaju svjetla Bošković vjeruje da je pružio mehaničko objašnjenje svih glavnih optičkih pojava.

Kad raspravlja o teži Bošković se služi Newtonovom teorijom gravitacije u oblikovanju svog zakona sila koje djeluju na velikim daljinama. Ali nastoji pokazati da može logički izvesti teoriju teže i iz svoje teorije. Za daljine u rasponu od onih što ih imaju na zemlji tijela koja padaju sve do onih veličina Sunčeva sustava, njegov se zakon sila podudara s Newtonovim zakonom gravitacije. U tom rasponu zakon se može iskustvom provjeriti i podudaran je s istraživanjima Galileja, Huygensa i Newtona (*Theoria*, 403). Međutim, Bošković ne misli kao Newton da je zakon apsolutno točan. Postoje dokazi da najudaljenije točke od Sunca, apheli planeta, nisu sasvim nepomične, a o njihovu slabom gibanju još nema spomena u Newtonovoj teoriji (*Theoria*, 122, 399). Osim toga ima empiričkih dokaza da odbojne a ne privlačne sile djeluju na malim daljinama kod rastezljivih plinova (*Theoria*, 121). Prema tome, zakon sila je generalizacija iz koje se može izvesti Newtonov zakon kao poseban slučaj za one pojave koje obuhvaća. Može se zamisliti kao alternativa zakon gravitacije kao opći zakon sila koji djeluje na sve daljine i dodati mu zakon repulzije koji prevladava u malim udaljenostima. Sastav krivulja koje prikazuju ta dva zakona mora se poklapati s Boškovićevom krivuljom. Bošković ističe da se takva vrst rastavljanja i sastavljanja može izvesti na neizmjereno mnogo načina, ali je najvažnije pri tom da postoji samo jedan zaključni zakon sila, onaj koji je on dao (*Theoria*, 119, 120, 399). Na izvjestan kvalitativan način, Boškovićeve teorija prethiće Einsteinove generalizacije Newtonove teorije, ali činjenica što to čini samo kvalitativno slaba je točka njegove teorije. Jedini dio njegove krivu-

lje za koju se mogu odrediti kvantitativni odnosi jest upravo onaj dio koji odgovara Newtonovom zakonu, što znači, da njegova generalizacija nema određeno empiričko značenje, budući da on iz nje ne izvodi nikakve kvantitativne odnose.

Zanimljiva je Boškovićeva obradba jednog spekulativnog problema teorije gravitacije. U osamnaestom su stoljeću neki mislioci smatrali da nepomičnost zvijezda stajačica dokida univerzalnost Newtonove teorije gravitacije, jer po ovoj teoriji ne bi li trebale ove zvijezde prilaziti jedna drugoj i s vremenom se sasvim stopiti u jednu masu? Jedan je odgovor na to da se svemir beskonačno širi u svim pravcima, i da je zato zvijezda stajačica jednako privlačena u svim pravcima, ali Bošković to pobija, jer se ne može zamisliti da apsolutna beskonačnost aktualno postoji, kao što bi to zahtijevala hipoteza o beskonačnom širenju tvarnog svemira. On se slaže s onima koji odgovaraju na tu poteškoću da su daljine zvijezda stajačica goleme, pa je nemoguće promatrati njihova gibanja čak i »nakon golemog niza vjekova« (*Theoria*, 404). Zbog uopćavanja problema zvijezda stajačica tvrdilo se da je jedna od posljedica Newtonovog zakona ta da će svemir biti uništen stapanjem u jednu bezobličnu masu. Bošković rješava taj problem na nov način, priznavajući pri tome da je njegovo rješenje samo spekulativno. Pretpostavimo da u nekoj udaljenosti, mnogo većoj od bilo koje unutar našeg Sunčevog sustava, krivulja opet prijeđe os prema odbojnoj strani i nastavi se omotavati oko nje u beskonačnost. U tom bi slučaju svemir bio podijeljen na različite sustave koji se nikada ne bi mogli približiti jedan drugome i problem uništenja svemira bi bio riješen (*Theoria*, 405). Ma koliko takvih zvjezdanih sustava postojalo, tvarni svemir je prema Boškoviću uvijek konačan, jer je broj točaka-elemenata tvari konačan.

U pitanju svjetlosti Bošković, naravno, prihvaća korpuskularnu teoriju svjetlosti i sustavno je pokušava uklopiti u svoju opću teoriju. Kao što kaže: »zaista je čudesno kako u vezi s teorijom o emanacijskom istjecanju upravo iz moje teorije tako sjajno proizlaze svakolika svojstva svjetlosti« (*Theoria*, 471). U članu 472. Bošković ispituje glavna svojstva svjetlosti koja su bila poznata polovicom osamnaestog stoljeća, a zatim u članovima 473—502. nastoji pokazati kako se ta svojstva mogu objasniti njegovom teorijom. Ova mehanička objašnjenja svojstava svjetlosti prvenstveno su kvalitativna, ali su rezultati primjene njegove teorije možda najzanimljiviji. U drugom dijelu *Theoriae* Bošković je primijenio svoju teoriju na mehaniku i iznio velik broj općih rezultata temeljitog proučavanja svog zakona sila. Primjena ovih općih rezultata na optičke pojave predstavlja srž njegovih objašnjenja. Svjetlosna tjelešca

smatraju se vrlo sitnim česticama, sastavljenim od ograničenog broja točaka tvari, a različitim prostornim raspodjelama točaka odgovaraju različite vrste svjetlosti i njihova svojstva lomljivosti zraka (*Theoria*, 493). Razlika u brzinama također utječe na razliku lomljenja zraka. Među teorijama svjetlosti koje se pozivaju na djelovanje u daljinu, Boškovićeva je jedinstvena u tome što tvrdi ne samo da ima sila koje djeluju u daljinu na tjelešca, nego uvodi takve sile i u unutarnje ustrojstvo tjelešaca, da bi njima objasnio njihova svojstva. U teorijama koje pripisuju određenu protežnost i masu prvim počelima (elementima) tvari, to se ne može učiniti zbog krajnje male veličine tjelešaca, što se može zaključiti iz njihove goleme brzine i neznatnog momenta, tj. tjelešca su bila veličine samih prvih počela, i obično su bila smatrana jednim od počela u osamnaestom stoljeću.

Razmatranja Boškovićevih objašnjenja isijavanja svjetlosnih čestica iz tjelesa i pravocrtnog širenja svjetlosti kroz prozirni homogeni medij, otkrit će njegovu metodu. Svjetlost se smatra proizvodom vatre, vatra se smatra unutarnjom fermentacijom tjelesa, a ta fermentacija se smatra brzom oscilacijom čestica tijela, ili barem izvjesnih vrsta čestica tijela. Različite vrste oscilacija i gibanja unutarnjih čestica tijela izvode se iz grane krivulje sila koja pokriva manje udaljenosti od one minimalne udaljenosti kod koje teža postaje jedinom znatnom silom. U ovoj se grani krivulja stalno ovija oko osi, dajući odbojne sile, zatim privlačne, naizmjenično. Postojana oscilacija odgovara jednoj vrsti skladnog gibanja. Čestica je odbijena od središta, ali kad se njezina udaljenost od središta poveća, ona doseže neki privlačni luk krivulje i ubrzana je u suprotnom smjeru od svog gibanja dok joj se gibanje ne promijeni; sad se ona približava središtu, ali kako se udaljenost od središta smanjuje, ona se vraća odbojnom luku i opet postaje negativno ubrzana. To se može ponavljati u beskonačnost. Čestica može biti i tako smještena da su odbojni lukovi mnogo veći nego privlačni, i onda ako dopre do odbojnog luka s dovoljnom brzinom, bit će i dalje dovoljno ubrzana da svlada drugi privlačni luk i stigne do slijedećeg odbojnog luka. Na taj način oscilacija može postati nepostojanom, a čestica može biti odbačena iz tijela. Naravno, krivulja sila koja prikazuje pravila oscilacija mnogo je složenija od one jednostavne za dvije točke tvari, jer predstavlja sastav uzajamnih sila, koje djeluju između velikog broja točaka tvari, zapravo svih točaka svemira, iako je većina njih previše udaljena, a da bi sastav njihovih uzajamnih sila bio znatan. Isijavanje svjetlosti jednom približno jednoličnom brzinom, umjesto velikim brojem slučajnih brzina, objašnjava se na slijedeći način:

»Izlazak iz velikog odbojnog luka s golemim brzinama koje se, čim se stigne do golemih udaljenosti, vrlo malo međusobno razlikuju i osjetljivo ne mijenjaju pri velikim razmacima, predstavljat će emisiju i jednoliko širenje svjetlosti te gotovo istu brzinu svake zrake iste vrste, bilo da je riječ o zvijezdama, Suncu, bilo o vatri uz neznatnu razliku između zraka različite boje« (*Theoria*, 199).

Smisao ovog objašnjenja jest da su razlike u početnim uvjetima neznatne zbog vrlo visokih ubrzanja čestica. Do vremena kad su čestice dovoljno udaljene da mogu doprijeti do gravitacijske grane krivulje, proizvedena privlačna sila toliko je relativno slaba da se može zanemariti, pa će, prema tome, njihove brzine kao slobodnih čestica ostati relativno postojane (*Theoria*, 75).

U vezi s teorijom isijavanja, pristaše valne teorije svjetlosti neprestano su postavljali pitanje, kako sunce npr. može nastavljati odašiljati tako mnogo čestica a da uslijed toga znatno ne smanji svoju masu. Bošković ima na to pitanje odgovor (*Theoria*, 473). Budući da je broj točaka mase konačan, ne može se dopustiti beskonačnu djeljivost tvari, već je valja nadomjestiti principom koji je jednakovrijedan za sve svrhe objašnjavanja prirodnih pojava (*Theoria*, 395). To je njegov princip beskrajne sastavljivosti koji tvrdi da nema gornje granice broju točaka-elemenata tvari koje se mogu staviti u zadani obujam (*Theoria*, 394). Primjenom principa sastavljivosti može se pretpostaviti da je omjer gustoće svjetlosti prema gustoći Sunca vrlo malen, i može se učiniti tako malenim da se masa Sunca neće smanjiti ni za »debljinu prsta« za tisuće i tisuće stoljeća.

Uz potpunu eliminaciju dodirivanja, pravocrtno širenje svjetlosti u prozirnom, homogenom mediju lako se objašnjava Boškovićevom teorijom. Postoji prividna, ali ne i stvarna, proničnost tvari kod te pojave. Svjetlosne čestice prolaze kroz masom zauzet obujam, ali stvarno ne prodiru ni u jednu od konačnog broja točaka-elemenata tvari, od kojih je masa sastavljena. Uzajamne sile točaka medija ne odbijaju svjetlosne čestice zbog njihove male mase i velike brzine. Bošković upotrebljava dokaz vjerojatnosti da bi pokazao kako točke svjetlosnih čestica mogu s beskonačnom nevjerojatnosti sresti točku-element tvari medija na svom pravocrtnom putu. Dokaz se zasniva, kao i ranije, na usporedbi između konačnog broja točaka tvari medija i svjetlosnih čestica, i beskonačnosti točaka prostora u obujmu koji zauzimaju. »Zbog toga u bilo kakom dugom vremenskom razmaku prema mojoj teoriji ne smije postojati slučaj u kojem bi neka točka svjetlosti bila usmjerena ravno prema nekoj drugoj točki bilo svjetlosti, bilo ma koje supstancije tako da bi na nju nužno naletjela. Zbog toga ni na-

srtajem ni neposrednim naletom nikakva točka svjetlosti neće zaustaviti svoje gibanje ili ga skrenuti s puta» (*Theoria*, 475).

Boškovićeva je obradba elektriciteta i električnih pojava površna. Za objašnjenje ovih pojava u potpunosti prihvaća Franklinovu teoriju električnog fluida i s odobravanjem često navodi njegovo djelo. Ta je teorija učinjena sastavnim dijelom njegove teorije po kojoj se gibanje fluida može pripisati uzajamnim privlačnim i odbojnim silama. Čestice fluida su jednostavno točke-elementi tvari razmještene u prostoru na izvjestan način, a u elektrificiranim tijelima nalazi se veliki višak takvih čestica (*Theoria*, 511, 512).

Začuđuje upotreba fluidne teorije elektriciteta, ali kad se razmotri na kojoj je temeljnoj razini Bošković uveo djelovanje u daljinu, čuđenje iščezava. U njegovoj su naime teoriji svi fluidi sastavljeni od čestica nedodirnih točaka, a svojstva fluida objašnjavaju se prostornom raspodjelom točaka i njihovih uzajamnih sila. S toga ostaje on dosljedan i kad se pridržava fluidne teorije elektriciteta, jer je njegov električni fluid isto tako ovisan o uzajamnim silama koje djeluju na daljinu kao i svaki drugi fluid.

Da bi se moglo rezimirati Boškovićevu primjenu principa djelovanja na daljinu u obliku njegova zakona uzajamnih sila, valja proširiti neke usporedbe s Newtonom. Ako se strogo razlikuje između znanstvenih i spekulativnih stavova, čini se da je Newton »znanstveniji« od Boškovića. Newton vrlo oprezno bilo što zaključuje i odrješito dijeli empirički provjerene zaključke od nepoduprtih i nepotvrđenih hipoteza. Bošković također smatra da je većinu opsežnog materijala koji je prikazao u svojoj *Teoriji* znanstveno utemeljio. Program dedukcije svih prirodnih pojava iz mehaničkih principa, koji je Newton nagovijestio u svom Predgovoru prvog izdanja *Principia*, a zatim rekao da ga ne može ispuniti zbog nedovoljnog znanja, taj isti program Bošković, čini se, vjeruje da je ispunio. Newton bi nesumnjivo odobrio da stožerom dedukcije bude zakon uzajamnih sila matematičkog oblika  $f(r)$ . Jer Newtonova je jedina konjektura u spomenutom Predgovoru, da dedukcija može ovisiti o »izvjesnim silama po kojima su čestice tijela zbog do sada nepoznatih uzroka, ili međusobno tjerane jedna prema drugoj i prijanjaju u pravilnim likovima, ili se odbijaju i udaljuju jedna od druge«. Ali Newton se nipošto ne bi s tim složio da je Bošković uspio podrobno izvršiti ovaj program. Boškovićeva su izvođenja samo kvalitativna i obiluju nedokazanim hipotezama. Pozivajući se na svoj zakon uzajamnih sila, on daje njegov parametrični oblik samo u već empirički dobro potvrđenom slučaju teže. Ni jedan od njegovih općih izvoda ne pruža mogućnost odgovarajućeg kvantitativnog predviđanja ili objašnjenja konkretnih pojava. Metodološki upravo naznačena objašnjenja

teže, elektriciteta i svjetlosti bliža su raspravljanjima iz trećeg i četvrtog dijela Descartesovih *Principia* nego trećoj knjizi Newtonovih *Principia*. Nema obradbe u Boškovićevoj *Teoriji* koju bi se moglo usporediti s klasičnom obradbom Sunčeva sustava u Newtonovoj trećoj knjizi. Spekulativno Bošković nadilazi Newtona. Newton je ostao pri stavu da se uzročna objašnjenja sila za koje se čini da djeluju u daljinu mogu i moraju tražiti, a spekulativnim mišljenjem pokušao je i naći pouzdani putokaz za takvo objašnjenje. U usporedbi, Bošković je bio uvjeren da je za jednu fundamentalnu teoriju dovoljno poznavati matematički zakon sila i četiri bitna svojstva prvobitnih elemenata tvari, i da je svako daljnje traženje uzroka ili posljednjeg načina djelovanja temeljnih sila gotovo besmisleno i beznačajno. Newtonovo je shvaćanje bilo prilično sputano kartezijanskim mehaničkim idealom, po kojem su svi načini djelovanja dodirni i impulzivni. Bošković je pošao za novim idealom — da sve sile u prirodi imaju matematički oblik  $f(r)$ . Niti jedan od ovih ideala nisu mogle primjereno potkrijepiti iskustvene činjenice koje je poznavala tadašnja prirodna filozofija, ali kao program za daljnje znanstveno istraživanje, Boškovićev program možda još radikalnije od Newtonova odvaja znanstveno mišljenje od spekulativnog i metafizičkog. Njegova teorija čini traganje za uvijek točnijim i općenitijim matematičkim formulama, koje opisuju odnose fizičkih sustava kao skupova točaka, zadaćom fizike, umjesto traganja za tvarnim ili netvarnim posrednicima koji »uzrokuju« ove odnose. Za Boškovića su fizički odnosi između ovih točaka njihove sklonosti da se međusobno privlače i odbijaju, pa te sklonosti naziva »silama«. Iako Bošković tvrdi da su ove sile samo funkcije udaljenosti, bilo bi netočno zaključiti iz toga da je on reducirao fizički princip djelovanja u daljinu na matematički ili kinematički princip. Jer, povrh toga što upotrebljava zakon sila da bi utvrdio kako ne postoje dva dijela tvari koja se dodiruju, on također tvrdi da sile shvaćene kao sklonosti imaju jasno fizičko značenje. U članu 101. izjavljuje: »Ove sile su slijedeće naravi: Posve se lako oblikuje ideja sklonosti za približavanje ili udaljavanje. Svima je poznato što to znači približavati se ili udaljavati se. Svi znaju što znači biti indiferentan ili imati sklonost, pa stoga svi posve razlikuju ideju sklonosti za približavanje od ideje sklonosti za udaljavanje.« Da je zakon sila i princip djelovanja u daljinu sveo na puke kinematičke tvrdnje definirao bi pojam »sile« samo iz odnosa brzine, ubrzanja, položaja i oblika točaka-elemenata, ali to očito nije učinio, niti namjeravao učiniti. Napokon, svojim zakonom uzajamnih sila, učinio je fizički princip djelovanja u daljinu jezgrom svoje fizičke teorije. Istina je međutim da je Bošković definitivno ograničio mogući fizički i spekulativni smisao ovog principa. Uzroci ovih sklonosti

ili sila ne mogu se pronaći, a pitati da li ovaj princip izražava posljednji metafizički način djelovanja prirode, znači postavljati pitanje na koje nema odgovora. Značenje koje daje tom principu razborito je i uvjerljivo, ali nije ustanovljena njegova istina. Obris Boškovićeve opće teorije i njegova objašnjenja posebnih pojava svjedoče o tome da je on potpuni pristaša dinamičke teorije tvari. Bošković u cijelosti odbacuje kartezijanski mehanički ideal sila po sudaru.

S obzirom na dinamičku ili mehaničku alternativu pri objašnjavanju specifičnih pojava, postoji jedan problem. Alternativa se odnosi na statički problem objašnjavanja onih osobitih pojava koje nisu razmatrane kao promjene stanja gibanja dijelova tvari. Primjeri su kohezija krutih tijela ili neproničnost atoma u tradicionalnim atomističkim teorijama. U mehaničkim se teorijama neproničnost tvari obično smatra temeljnim svojstvom tvari, koju se ne može dalje objasniti. U dinamičkim teorijama neproničnost nije temeljno svojstvo, već je ona izvedena kao učinak iz temeljnih sila tvari. Prema Boškovićevoj teoriji ne može postojati proničnost između dvije točke tvari, jer čim se one približavaju jedna drugoj, sila kojom se uzajamno odbijaju pojačava se u beskonačnost. Jasno je kamo vodi dosljedno proveden postupak takvog objašnjavanja. Sam pojam tvari zamjenjuje se pojmom temeljnih sila. Radikalna dinamička teorija, koja je proizvela ovu metamorfozu fizike, ne samo što tvrdi da nejednoliko gibanje dijelova tvari potječe od privlačnih i odbojnih sila, već štoviše misli da sama tvar nije ništa drugo nego sustav sila raspodijeljenih u prostoru. Taj će stav Kant najradikalnije izraziti. U Boškovićevoj teoriji tvarni svemir opisan je kao sustav sila s konačnim brojem pojedinačnih točaka. Taj ograničeni skup točaka posljednji je trag tradicionalne mehaničke teorije tvari u Boškovićevu sustavu. Ovim točkama, po sebi i odjelito od njihovih sila, ne pripisuju se nikakva tradicionalna svojstva tvari, kao što su protežnost i neproničnost. Njihova je jedina funkcija da služe kao apstraktne jedinice, kojima se mogu prireći konačne sile. Da bi se dobila potpuna dinamička teorija, potrebno je samo eliminirati ove osobite točke pojedinačnosti.

VERGLEICH DER NATURPHILOSOPHIE BOŠKOVIĆS  
MIT DER VON DESCARTES UND NEWTON*Zusammenfassung*

Für Descartes ist die grundlegende ontologische Bestimmung der Welt die Ausdehnung (*res extensa*). Sie konstituiert im selben die Räumlichkeit, und die ist konstitutiv für das Phänomen der Welt. Das Problem der Welt wird auf das Problem der Natur reduziert und das Problem der Natur auf das körperliche Ding (*res corporea*). Die ontologische Bestimmung der Körperlichkeit hängt von dem Begreifen der Substanz ab, das ist von der Substanzialität dieses Seienden als Substanz. Substanz ist die Bezeichnung für das Sein jenes Seienden, das an sich seiend ist. Der Begriff der Substanz ist zweideutig, da er ontisch und ontologisch begriffen wird. Unter Substanz denken wir das Sein des Seienden, das als Substanz seiend ist, also die Substanzialität und das Seiende selbst, also die Substanz. Die Substanz kann in ihrer eigenen Substanzialität begriffen werden, da die Substanzen erkannt werden können an ihren Attributen, und jede Substanz zeichnet sich durch eine Eigenschaft aus, die Substanzialität der bestimmten Substanz enträtselt. Im Bezug auf das körperliche ist das die Ausdehnung. Das wahre Sein der körperlichen Substanz ist die Ausdehnung. Sie ist die Bezeichnung des Seins des körperlichen Seienden. Die Besonderheit der Ausdehnung geht daraus hervor, dass sie vor allen anderen Bestimmungen des Seins sein muss, damit die anderen Bestimmungen des Seins überhaupt sein können. Die Ausdehnung charakterisiert die Substanzialität der Welt, und dies wird so bewiesen werden, dass allen anderen Bestimmungen dieser Substanz als Form, Grösse und Bewegung einzig als Modi der Ausdehnung aufgefasst werden, während dagegen die Ausdehnung auch ohne die Modi begriffen werden kann. Die Bewegung kann man nur räumlich erfassen ohne die Frage nach der Kraft, die sie verursacht. Die Bewegung als Eigenschaft des körperlichen Dings kann in ihrem Sein nur aus dem Sein des körperlichen Dings erfasst werden, also aus der Ausdehnung, und das ist eine blosser Ortsveränderung. Die Kraft ist nicht genügend zur Bestimmung des Seins dieses Seienden. Die Ausdehnung ändert sich in allen diesen Modi, Formen, Grössen und Bewegungen, aber in allen diesen Veränderungen bleibt sie bestehen und erhalten. Und das, was immer bleibt, einzig von dem kann man sagen, dass es wahrlich ein Seiendes an sich ist. Als solches wird also die Substanzialität der Substanz bezeichnet. Die Idee des Seins, die in der Substanzialität vorausgedacht und - gesetzt wird, ist diese bleibende Anwesenheit. Das, was immer zugänglich bleibt, gehört zur mathematischen Erkenntnis, oder, was am Seienden mathematisch zugänglich ist, das macht sein Sein aus. Descartes überträgt die traditionelle Ontologie auf die neuzeitliche mathematische Physik. Die Ontologie der Welt wird nicht durch die Mathematik, sondern die grundlegende ontologische Richtung auf das Sein als dauernden Bestand bestimmt,



denn eine solche Auffassung kann die mathematische Erkenntnis auf besondere Weise befriedigen. Mit der radikalen Einführung der Ausdehnung als Voraussetzung für eine solche Bestimmung der körperlichen Dinge hat Descartes einen Weg eingeschlagen auf ein Apriori zu, dessen Inhalt erst Kant bekräftigen wird. In *Principia* werden aprioristisch aus den Erkenntnisprinzipien die Prinzipien der Natur und daraus alle physischen Phänomene deduziert. Da die Ausdehnung der Räumlichkeit des Raums gleichgesetzt wird, wird der Raum notwendig als Plenum begriffen. Ein Vakuum wird nicht gestattet. Im Plenum liegen die Dinge eins neben dem anderen und berühren sich. Deshalb ist jedes Wirken nur aus der Berührung möglich und die Bewegung ist nur lokal ermöglicht. Durch seine Relationsdefinition der Bewegung engt Descartes die Physik zur Kinematik ein. Der Begriff der Kraft ist ein kinematischer; die Kraft ist die Menge der Bewegung. Der Begriff des Ursprungs wird ohne Explikation seiner Bedeutung vorausgesetzt. Dasselbe gilt auch für die dynamischen Begriffe der Kraft und des Wirkens. Der dynamische Begriff der Kraft als der Ursache der Bewegung ist formell nicht ausgearbeitet. Im kinematischen Sinn ist die Kraft gleichbedeutend mit dem physikalischen Urheber der Bewegung, und die physikalischen Urheber ungleichmässiger Bewegungen werden auf einen Zusammenstoss der Körper beschränkt. Das Prinzip des Wirkens durch Berührung ist ein Bestandteil des rationalen aprioren Wissens. Indem er drei apriore Bewegungsgesetze entdeckte, verpflichtete sich Descartes den Kräften des Zusammenstosses und verwarf jede Möglichkeit einer Fernwirkung (*actio in distans*). Die Kraft eines jeden Körpers besteht darin, dass er inert, träge ist, und danach strebt, in derselben Bewegung zu verharren. Durch die Trägheitskraft kann ein Körper auf einen anderen durch den Zusammenstoss einwirken und sich auch einem Zusammenstoss mit einem anderen Körper widersetzen. Der Körper hat keine wirksamen anziehenden oder abstossenden Kräfte. Er fügt also seiner Kinematik a priori nur eine Art der Kraft bei, der Zusammenstoss. Die Wirkung der Berührung im Zusammenstoss ist die einzige klare und deutliche Art des Wirkens bei und unter materiellen Dingen. Descartes bleibt also sich und seinem System treu, denn die einzige dynamische Ursache der Bewegung, die er eingeführt hat, ist aus den Begriffen der Form, Grösse und Bewegung der Körper gedacht. Er betont, dass die Menge der Trägheitskraft des Körpers die Funktion des Körperumfangs ist, der Oberfläche, die ihn von anderen Körpern trennt und die Funktion der Bewegungsgeschwindigkeit.

Newton setzte im Gegensatz zu Descartes und Gallilei das Gesetz der Beharrung an die Spitze seiner Physik. Er erhebt es zum ersten Axiom seiner mathematischen Prinzipien der Naturphilosophie. Nach der alten aristotelischen Physik ist die Bewegung das Wesen des Dinges und der Körper das Prinzip der Bewegung, *arhe kineseos*. Die Kraft, dynamis, oder Macht der Bewegung war in der Natur der Körper. Die Ursache für die Bewegung lag im Körper selbst, in seinem Wesen, also in seinem

eigenen Sein, und deshalb war man der Ansicht, dass die Art der Bewegung aus der Seinsart kommen musste. Nach Newton bewegt sich jeder Körper gleichmässig in einer Richtung, wenn keine Kraft von aussen auf ihn einwirkt (*vis impressa*). Er fragt sich bei der Feststellung der Bewegung nicht nach der Ursache der Bewegung, sondern im Gegenteil: die Bewegung wird vorausgesetzt und gefragt wird nach der Ursache der Änderung des vorausgesetzten einförmigen Zustandes der Bewegung in einer Richtung. Die Kraft kommt von aussen und ihr Problem tritt erst als Problem der Abweichung der einförmigen Bewegung in einer Richtung auf. Die geradlinige Bewegung in der neuzeitlichen Philosophie hat den Vorteil vor der kreisförmigen, die erst mit dem Gesetz der Schwerkraft begründet werden muss. Die Bewegungen bestimmt nicht mehr die Kraft des Körpers, sondern umgekehrt: das Sein der Kraft wird aus dem grundlegenden Gesetz der Bewegung bestimmt, aus dem Gesetz der Trägheit. Die Kraft ist das, was die Abweichung von der einförmigen geradlinigen Bewegung verursacht. Nie Natur ist nicht mehr das innere Prinzip, aus dem die Bewegung hervorgeht, sie ist vielmehr die Art der Vielfältigkeit veränderlicher Verhältnislagen der Körper, die Art, auf die sie anwesend sind in einem von ihnen unabhängigen leerem Raum (Vakuum) und in einer Zeit. Das Gesetz der Trägheit ist das grundlegende mathematische Axiom, aus dem alle Behauptungen hervorgehen. Es spricht von Dingen, die kein Experiment und keine Erfahrung bieten können und verlangt die Vorstellung über ein Ding, die jeder herkömmlichen Vorstellung zuwiderläuft. In einer solchen Forderung liegt das Mathematische. Das Mathematische setzt eine Bestimmung der Dinge, die nicht aus der Erfahrung stammt über die Dinge selbst, die aber jeder anderen Bestimmung der Dinge zugrunde liegt, es ermöglicht sie und schafft ihr Raum. Durch den Gedanken erfasst es das Bestimmende für jeden Körper als solchen, also die Körperlichkeit der Körper für die Dingheit der Dinge. Das Mathematische ist der Entwurf der Dingheit der Dinge, die über die Dinge hinausgeht und einen Raum öffnet, in dem die Dinge, d.i. die Tatsachen erst auftreten. In diesem Entwurf wird gezeigt, wie die Dinge aufzufassen sind, als was man sie sehen muss und im Voraus bestimmt, wie sie gesehen werden müssen. Dieser Entwurf ist axiomatisch. Für Newton ist die grundlegende Bestimmung der Dinge ihre Bewegung; sie macht die Dingheit der Dinge aus. Die Gesetze der Bewegung sind daher Axiome. Auf Grund der mathematischen *experientia* entsteht das Experiment im neuzeitlichen Sinn. Das experimentierende Streben nach Tatsachen ist die Folge des vorangegangenen mathematischen Übersprungs aller Tatsachen. Die Mathematik selbst ist möglich erst auf Grund der grundlegenden Züge im mathematischen Denken. Das Mathematische stellt sein Wesen als Grund für sich selbst und allen Wissens auf. Die Naturphilosophie wird so zur Mathematik. Newton geht mit den Kräften auch mathematisch um und nicht physikalisch, er macht keinen Unterschied zwischen Impuls und Anziehung, beziehungsweise zwischen Kräften, die anziehend wirken und

Kräften, die in eine Entfernung wirken. Er trifft keine Entscheidung in der Frage, ob nun die Kräfte, die zwischen Körpern wirken, körperlich sind oder nicht. Er gibt keine physikalische Erklärung der Schwerkraft und deren Ursache. Sicher sind nur bestimmte Bedingungen, die jede Ursache erfüllen muss. Die Schwerkraft hat eine Ursache, die bis zum Kern des Körpers reicht und proportional zur Quantität seines Stoffes (Masse) ist, mehr als zur Oberfläche des Körpers. Sie muss aber auch umgekehrt reziprok mit dem Quadrat der Entfernung der Körper voneinander verringert werden. Diese Bedingungen bieten keine physikalische Erklärung der Schwere. Das sind rein formelle, mathematische Bedingungen, gleichgültig gegenüber der Frage, was sie ist und wie sich die Schwere ausdehnt. Da er voraussetzt, dass das Prinzip der Fernwirkung voraussetzen kann, dass die Körper versteckte Kräfte haben, führt er die Hypothese von den Körperchen ein und dem ätherischen Medium, um mit ihrer Hilfe den Raum zu füllen und durch mechanisches Einwirken nach Berührung optische Erscheinungen und Gravitationserscheinungen erklären zu können. In einigen, der *Optik* beigefügten Fragen erläutert Newton auf Grund der elastischen abstossenden Kräfte, die zwischen extrem kleinen Teilchen des Äthers postuliert werden, die Schwere und einige optische Erscheinungen. Diese Erscheinungen erklärt nicht das aktuelle Sich-Bewegen der Teilchen des Äthers, sondern die Erklärung kommt von den elastischen Kräften. Die Erklärung ist also nicht mechanisch, sondern dynamisch. Die Fliehkräfte der elastischen Teilchen des Äthers sind Kräfte, die in die Entfernung wirken. Die Veränderung liegt einzig darin, dass das Kräfte sind, die unmittelbar in der Nähe abstossend wirken zum Unterschied der Anziehungskräfte, die auf weite Entfernungen wirken. Wenn die einzigen Kräfte unter den Teilchen des Äthers zurückstossende sind, dann ist jede Art der Berührung untereinander ausgeschlossen. So scheint das Prinzip der Fernwirkung grundlegend zu sein für das Begreifen des Äthers. In der letzten Frage spricht er von der Notwendigkeit der aktiven Prinzipien der Anziehung und der Zurückstossung, denn das passive Prinzip der Beharrung genügt nicht für die Schaffung und Erhaltung der Welt, da die Bewegung immer im Untergehen begriffen ist. Die Welt besteht aus Atomteilchen, die über den ganzen Raum verteilt sind, und die Bewegung dieser Teilchen und ihre Schaffung und Steuerung geschieht durch die aktiven Prinzipien, und das sind die wichtigsten Naturgesetze. Die letzten erklärenden Prinzipien sind nicht notwendig die mechanischen Prinzipien, sondern die aktiven Prinzipien. Die Ankündigung, dass aktive Kräfte der Natur ursprünglich nicht materiell sind, ist ein immer wiederkehrendes Thema in Newtons Spekulationen. In diesem Sinne schliesst er auch die *Prinzipia* und die *Optik* ab. Nach Kant hat der Konflikt zwischen den grossen positiven Ergebnisse der *Prinzipia*, die sicher zur dynamischen Theorie des Stoffes führen, und der Abneigung Newtons gegenüber dem Prinzip der Fernwirkung ihn zu Inkonsequenz sich selbst gegenüber geführt.

Bošković leitet seine Theorie der Naturphilosophie aus einem einzigen Prinzip her, aus seinem einzigen Gesetz der Kräfte. Der Stoff des Alls besteht aus einer endlichen Zahl der unausgedehnten Punkte. Anziehende und zurückstossende Kräfte, die nur Funktionen der Entfernung sind, wirken zwischen diesen Punkten nach dem Gesetz der Kräfte. Das Prinzip der Ausdehnungslosigkeit und das Gesetz der Kräfte sind zwei grundlegende Hypothesen der Theorie Boškovićs, aber sie sind keine Axiome, sie sind vielmehr aus den Gesetzen der Undurchdringlichkeit und der Kontinuität hergeleitet. Das Gesetz der Kräfte, die auf Entfernung wirken, ist aus dem Gesetz der Kontinuität hergeleitet und dem Gesetz der Undurchdringlichkeit, denn aus ihnen geht hervor, dass es kein impulsives kontaktives Wirken unter den sich bewegenden Teilen des Stoffes gibt, und daraus gelangt er zum Schluss, dass die einzigen Kräfte, die in der Natur wirken, jene Kräfte sind, die auf Entfernung wirken. Nach Bošković ist das Wesen der materiellen Wirklichkeit die Kraft. Aus ihr schliesst er auf die Bewegung und unausgedehnten Stoff. Der Stoff besteht aus einer begrenzten Zahl erster Elemente, die sich weder berühren noch eine Ausdehnung haben, sondern sie sind einfach und gleichartig. Unter diesen Elementpunkten wirken gegenseitige Kräfte auf Entfernung geradlinig und verbinden so Elementpaare. Die Grösse dieser Kräfte ist nur die Funktion der Entfernung. In geringer Entfernung wirkt die zurückstossende Kraft und in grösserer die Anziehungskraft. Durch sein Gesetz der gegenseitig wirkenden Kräfte hat er das physikalische Prinzip der Fernwirkung zum Kern seiner Physikaltheorie gemacht. Aber Bošković hat den möglichen physikalischen und spekulativen Sinn seines Prinzips begrenzt. Die Ursachen der anziehenden und zurückstossenden Kräfte können nicht gefunden werden, und die Frage zu stellen, ob dieses Prinzip die letzte mögliche metaphysische Wirkungsart der Natur darstellt, hiesse eine Frage zu stellen, die nicht zu beantworten ist. Der Entwurf von Boškovićs allgemeiner Theorie und seine Erklärungen besonderer Erscheinungen zeugen davon, dass er ein Anhänger der dynamischen Theorie ist. Während in der mechanischen Theorie die Undurchdringlichkeit des Stoffes als grundlegende Eigenschaft des Stoffes aufgefasst wird, die nicht weiter erklärt werden muss und kann, ist dem in der dynamischen Theorie nicht so; die Undurchdringlichkeit des Stoffes wird vielmehr als Leistung aus den grundlegenden Kräften des Stoffes hergeleitet. So kann es nach Bošković keine Durchdringlichkeit zwischen zwei Punkten des Stoffes geben, denn kaum nähern sie sich einander an, beginnt die Zurückstossungskraft ins Unendliche zu wirken. Ein konsequentes Forführen dieses Denkens führt dazu, dass der Begriff des Stoffes durch den Begriff der grundlegenden Kräfte ersetzt wird.