

Andrej Jandrić

LAJBNICOVA KRITIKA KARTEZIJSKIH PRINCIPA KRETANJA

APSTRAKT: *Brzina tela u kretanju paradigmatički je primer vektorske veličine. U ovom članku obrazlaže se da je ovakvo shvatanje brzine prvobitno uveo Lajbnic u kontekstu kritike kartezijanskih principa kretanja. U kartezijanskoj metafizici brzina tela je strogo pozitivna skalarna veličina, nezavisna od njegovog smera kretanja. Usled sudara, telo može da promeni smer kretanja zadržavajući pri tom svoju brzinu; ovakva promena neposredno bi opovrgla princip kontinuiteta. Da bi sačuvao princip kontinuiteta, Lajbnic je revidirao pojam brzine, a smer kretanja redukovao na klasu novouvedene usmerene brzine. Dalje se pokazuje da u Lajbnicovoj metafizici nisu dopuštena negativna svojstva. Kako bi uskladio princip kontinuiteta sa očiglednim skokovima, Lajbnic je bio prinuđen da porekne postojanje atoma: on je tvrdio da monade, ili pravi elementi stvari, moraju biti nematerijalne i nepropadljive.*

KLJUČNE REČI: *Lajbnic, kartezijanski principi kretanja, princip kontinuiteta, usmerena brzina, negativna svojstva, monade.*

Brzina tela u kretanju je paradigmatički primer vektorske veličine: za razliku od, recimo, mase, koja je u potpunosti određena svojim intenzitetom, brzinu čine intenzitet, pravac i smer; dva tela koja se kreću brzinama jednakih intenziteta, ali duž različitih pravaca, ili istim pravcem ali u suprotnom smeru, poseduju različitu brzinu. Danas ovo spada u elementarna znanja iz fizike; međutim, manje je poznato da ovakvo shvatanje brzine dugujemo Lajbnicu, kao i to da je ono rezultat jednog filozofskog spora iz sedamnaestog veka.

1. Kartezijanski principi kretanja

U drugom delu *Principia filozofije*, naslovljenom *O principima telesnih stvari*, Dekart je izložio sedam principa kretanja.¹ Reč je o pravilima kojima se propisuje kretanje dva tela posle njihovog sudara. Pretpostavlja se da su tela čvrsta, potpuno neprobojna i da ne trpe deformaciju. Ona se kreću ravnomerno pravolinijski, istim pravcem; trenje se zanemaruje. Dok su tela razdvojena, prisustvo jednog od njih ne utiče na kretanje drugog. Za Dekarta ovi uslovi definišu osnovni slučaj sudara; iako se ovaj idealizovani slučaj gotovo nikada ne ostvari, zakonitosti koje u njemu važe ključne su za razumevanje svakog mogućeg sudara. Izračunavanje ishoda sudara u preostalim situacijama znatno je složenije, ali se ipak svodi na modifikovanje principa koji regulišu osnovni slučaj; kompletna slika o realnom sudaru dobija se naknadnim uvođenjem zanemarenih parametara, postepeno i na kontrolisan način.²

1 Descartes R. [1922] *Über die Prinzipien der körperlichen Dinge*, §§ 45-53.

2 Ibid. § 53.

Principi kretanja treba da odrede brzinu i smer kretanja tela nakon sudara u zavisnosti od njihove mase, prethodne brzine i smera.³ Prva tri principa odnose se na slučaj kada se tela kreću jedno drugom u susret⁴; označimo ih sa B i C , kao što je to učinio Dekart. Prvi od njih glasi: ako su B i C jednake mase i kreću se jednakom brzinom, posle sudara svako od njih nastaviće da se kreće neizmenjenom brzinom, ali u suprotnom smeru. Prema drugom principu, ako B ima veću masu nego C , a kreću se jednakom brzinom, oba tela će produžiti u smeru tela B zadržavajući svoju brzinu. Treći princip se odnosi na situaciju kada tela imaju jednaku masu, ali se B kreće brže od C : posle sudara oba tela kreću se zajedno u smeru kretanja tela B jednakom brzinom, čija je vrednost aritmetička sredina njihovih početnih brzina.

Prema početnim uslovima sledeća tri principa telo C miruje, dok telo B naleće na njega.⁵ Četvrti princip glasi: ako C ima veću masu od B , onda će se B odbiti od C i nastaviti da se kreće svojom početnom brzinom, ali u suprotnom smeru, dok će C ostati da miruje. Petim principom se tvrdi da će B pokrenuti C u svom smeru kretanja ukoliko C ima manju masu od B , kao i da će se posle sudara oba tela kretati jednakom brzinom. Šesti princip se odnosi na slučaj kada su mase tela jednake: B će pokrenuti C , odbiće se od njega i produžiti u suprotnom smeru kretanja koja iznosi tri četvrtine njegove početne brzine, dok će se C kretati u početnom smeru tela B brzinom koja iznosi jednu četvrtinu početne brzine tela B .

U slučaju sedmog, poslednjeg principa, tela se inicijalno kreću u istom smeru: B je brže od C i kreće se za njim, tako da ga stiže u trenutku sudara; C ima veću masu. Dekart razlikuje dva slučaja: 1) ako je količnik mase tela C i mase tela B manji nego količnik brzine tela B i brzine tela C , ona će produžiti zajedno u istom smeru kao i ranije, a brzine će im biti jednake; 2) ako je količnik mase tela C i mase tela B veći nego količnik brzine tela B i brzine tela C , C će nastaviti da se kreće kao i pre sudara, dok će se B odbiti u suprotnom smeru zadržavši svoju brzinu.⁶ Upoređivanje navedenih količnika svodi se na upoređivanje proizvoda mase i brzine ili *količine kretanja* tela B s količinom kretanja tela C ⁷; u svim principima osim u četvrtom važi da telo sa većom količinom kretanja ne menja svoj smer nakon sudara. Pored toga, Dekart je verovao da je ukupna količina kretanja konstantna, što mu je omogućilo da u pojedinačnim situacijama izračuna konkretne vrednosti brzina tela posle sudara.

Principi kretanja nisu izvedeni iz iskustva, već predstavljaju apriorna metafizička načela u čije nas važenje, smatra Dekart, neposredno uverava naš razum. Oni su intuitivno očigledni; njima “nisu potrebni nikakvi dokazi”. Ovi principi se ne mogu empirijski opovrgnuti, jer “čak i ako bi izgledalo da nam iskustvo pokazuje

3 Pretpostavka je da se masa tela ne menja usled sudara.

4 Ibid. §§ 46-8.

5 Ibid. §§ 49-51.

6 Ibid. § 52. Dekart u formulaciji principa govori o razlici masa ili višku mase jednog tela u odnosu na drugo, kao i o razlici brzina ili višku brzine, ali iz primera koje zatim navodi očigledno je da on misli na odnos ili količnik masa i, isto tako, na odnos ili količnik brzina; na ovaj način ga je razumeo i Lajbnic. Kada bi zaista bila reč o upoređivanju razlike masa s razlikom brzina, numerička vrednost ovih razlika zavisila bi od izbora mernih jedinica.

7 Ova veličina se danas naziva impulsom.

suprotno, uprkos tome bili bismo prinuđeni da se u većoj meri pouzdamo u naš razum, nego u naša čula”⁸. Stoga će i Lajbnicova kritika Dekartovih principa imati malo veze s iskustvom i zadržaće se uglavnom na pojmovnom planu.

2. Princip kontinuiteta

Ne samo da se kartezijanski principi Lajbnicu nisu činili nespornim već je on smatrao da može da dokaže kako su oni pogrešni⁹; povodom šestog Dekartovog principa on primećuje da nema ničeg što bi bilo “u većoj meri strano razumu” i da je “neshvatljivo kako je nešto takvo moglo pasti na pamet ovom izuzetnom čoveku”¹⁰. Za Lajbnica je neprihvatljivo i to što Dekart ne obrazlaže svoje principe, već “nesigurne pretpostavke iznosi kao sasvim izvjesne i tako se diktatorskom kratkoćom rješava lakovjernog čitatelja”¹¹. Pored toga, principi kretanja ne pružaju potpunu analizu ni osnovnog slučaja sudara: u sedmom principu Dekart ne razmatra slučaj kada su odnos masa i odnos brzina jednaki, kao ni situaciju u kojoj se tela kreću u istom smeru pre sudara, ali brže telo ujedno ima i veću masu¹²; isto tako, prva grupa pravila, koja se odnosi na slučaj kada se tela kreću jedno drugom u susret, ne daje uputstva za izračunavanje rezultata sudara telâ koja se razlikuju i po masi i po brzini.

Dekart i njegovi sledbenici su smatrali da se u prirodi održava količina kretanja¹³, što je uzrok brojnih netačnosti u kartezijanskim principima. Lajbnic je to opovrgao¹⁴ i pokazao da važi zakon konzervacije *sile*, odnosno proizvoda mase i kvadrata brzine.¹⁵

Međutim, Dekartova osnovna greška je, prema Lajbnicovom mišljenju, u tome što je prekršio princip kontinuiteta, za koji Lajbnic kaže da je “nužni uslov i distinktivno obeležje istinskih zakona prenosa kretanja”; sve i da je Dekart ispravno procenio koja fizička veličina ostaje nepromenjena u analiziranim situacijama sudara, moglo bi se pokazati da su njegovi principi pogrešni već i “zbog toga što

8 Ibid.

9 Leibniz G. W. [1951] “On the Principle of Continuity (From a Letter to Varignon, 1702)”, p. 186.

10 Leibniz G. W. [1976] “Critical Thoughts on the General Part of the Principles of Descartes”, p. 400.

11 Leibniz G. W. [1980] “Primjedbe uz opći dio Descartesovih načela”, p.57.

12 Leibniz G. W. [1904] “Bemerkungen zum allgemeinen Teil der Kartesischen Prinzipien”, pp. 315-6.

13 Descartes R. [1922] *Über die Prinzipien der körperlichen Dinge*, § 36.

14 Leibniz G. W. [1976] “A Brief Demonstration of a Notable Error of Descartes and Others Concerning a Natural Law, According to Which God Is Said Always To Conserve the Same Quantity of Motion; a Law Which They Also Misuse in Mechanics”, pp. 296-302. Lajbnic je smatrao da opovrgavanje zakona konzervacije količine kretanja ima dalekosežne metafizičke posledice: ono pokazuje da se fizičke pojave ne mogu objasniti samo pomoću protežnosti materije, kao što je tvrdio Dekart. Vidi *Discourse on Metaphysics* § 18.

15 Lajbnicov pojam sile odgovara današnjem pojmu energije.

dopuštaju hijatuse među događajima”¹⁶. Lajbnic je prvi put formulisao princip kontinuiteta u pismu Pjeru Bejlu, objavljenom u časopisu *Nouvelles de la république des lettres* u julu 1687. godine¹⁷, upravo u kontekstu kritike kartezijanskih principa. U njemu su iznete tri verzije ovog “korisnog načela” prema rastućoj opštosti:

Ako se u nizu danih ili pretpostavljenih elemenata razlika dvaju slučaja može neograničeno smanjivati, onda ona mora nužno pasti ispod bilo koje male veličine i u traženim ili ovisnim elementima koji proishode iz prvog niza. Ili, izraženo općenitije i razumljivije: *Ako se u nizu danih veličina dva slučaja neprestano približuju jedan drugome, tako da napokon jedan prelazi u drugi, onda mora nužno do istog toga doći u odgovarajućem nizu izvedenih ili ovisnih veličina koje se traže.* To ovisi o slijedećem još općenitijem načelu: *Jednom sređenom redu u danom odgovara sređeni red u traženom.*¹⁸

Lajbnic primećuje da princip kontinuiteta važi bez ograničenja u geometriji, što ne treba da iznenađuje, jer prema njegovom mišljenju “geometrija nije ništa drugo nego nauka o kontinuiranom”¹⁹. Njegov omiljeni i najčešće navođeni geometrijski primer koji potvrđuje princip kontinuiteta odnosi se na krive drugog reda: iako se na prvi pogled elipsa i parabola veoma razlikuju, ukoliko se jedna žiža elipse neprekidno udaljava od druge duž ose, dobijaju se nove elipse koje su sve sličnije paraboli, pa, na osnovu toga, sledi da se parabola može shvatiti kao elipsa sa žižama na beskonačnom rastojanju i da, kao specijalan slučaj elipse, mora imati sva njena opšta svojstva.²⁰ Lajbnic je u svoje najveće zasluge ubrajao to što je prvi

16 Leibniz G. W. [1951] “On the Principle of Continuity (From a Letter to Varignon, 1702)”, p. 186.

17 Prevodi ovog pisma se razlikuju, čak i u naslovu. Uporedi Leibniz G. W. [1904] “Über das Kontinuitätsprinzip”, Leibniz G. W. [1951] “On a General Principle, Useful for the Explanation of Laws of Nature” i Leibniz G. W. [1976] “Letter of Mr. Leibniz on a General Principle Useful in Explaining the Laws of Nature through a Consideration of the Divine Wisdom; to Serve as a Reply to the Response of the Rev. Father Malebranche”.

18 Leibniz G. W. [1980] “O načelu kontinuiteta” p.18; ovo je doslovan prevod nemačke verzije teksta u Leibniz G. W. [1904] “Über das Kontinuitätsprinzip”, p.84. Treća formulacija često se sreće i u latinskom obliku: *Datis ordinatis etiam quaesita sunt ordinata*; Leibniz G. W. [1976] ibid. p. 351. U kasnijim pismima i člancima u kojima se pominje princip kontinuiteta, Lajbnic je obično ponavljao jednu od ove tri formulacije; druga se, na primer, nalazi još u Leibniz G. W. [1904] “Bemerkungen zum allgemeinen Teil der Kartesischen Prinzipien”, p. 319 i Leibniz G. W. [1976] “Specimen Dynamicum”, p.447, gde se u produžetku odmah navodi i treća. Važno je istaći da se ni u jednoj od ove tri formulacije *ne pominju infinitezimale*, što ukazuje na to da Lajbnic u njima nije supstancijalizovao “razliku među datim veličinama koja se može neograničeno smanjivati”. Osim toga, prva formulacija, koja je ujedno i najpreciznija, gotovo da se podudara sa matematičkom definicijom neprekidnosti realnih funkcija, koja se danas najčešće pripisuje Košiju.

19 Leibniz G. W. [1951] “On the Principle of Continuity (From a Letter to Varignon, 1702)”, p. 185.

20 Leibniz G. W. [1904] “Über das Kontinuitätsprinzip”, pp. 85-6; “Bemerkungen zum allgemeinen Teil der Kartesischen Prinzipien”, pp. 319-20; Leibniz G. W. [1976] “Specimen Dynamicum”, p. 447.

ukazao na univerzalno važenje ovog principa u fizici²¹, gde on ima poseban oblik: ako se, naime, “date ili pretpostavljene veličine” interpretiraju kao trenuci, iz principa kontinuiteta sledi da svaka promena u prirodi mora biti kontinuirana, odnosno da se “ništa ne dešava odjednom” i da “*priroda nikada ne pravi skokove*”²². Iskustvo nudi brojne primere kontinuiranih promena, a gde nam se učini da postoji skok u odvijanju određenog procesa, reč je samo o prividnom diskontinuitetu: usled nesavršenosti naših čula nismo uvek u stanju da registrujemo sve neosetne prelaze i identifikujemo sve međufaze. Princip kontinuiteta važi i u biologiji: otkriće zoofita, prelaznih oblika života između biljaka i životinja, ukazuje da je razvoj prirodnih vrsta tekao kontinuirano i da treba očekivati da životinje poseduju mnoga svojstva biljaka, budući da se životinje u svojim suštinskim određenjima toliko približavaju biljkama da “ni čulima ni imaginacijom nije moguće odrediti tačno mesto gde jedne počinju, a druge se završavaju”²³. Lajbnicov princip može se primeniti i u etimologiji: prilikom proučavanja porekla i značenja reči treba “uporediti jezike mnogih naroda i ne praviti suviše velike skokove s jednog naroda na drugi”, a “korisno je da pri tome kao svedoke imamo narode koji su između njih”²⁴. Pomoću njega se takođe mogu rešiti brojni filozofski problemi i eliminisati mnoge pogrešne teorije, kao što je, recimo, Platonovo učenje o metempsihozi: “prelazak duše iz jednog tela u drugo bio bi neobičan i neobjašnjiv skok”²⁵, što je u suprotnosti s prirodnim redom stvari.

De Volder je zatražio od Lajbnica da dokaže princip kontinuiteta²⁶, jer pozitivni primeri, koliko god bili uverljivi, ne isključuju mogućnost opovrgavajućih slučajeva; jedino dokaz ima tu snagu. Lajbnic je, međutim, to odbio. Odgovorio je da je princip kontinuiteta očigledan i da će svako ko ga pažljivo razmotri zaključiti da on izvesno važi, iako se za to ne mogu navesti apriorni argumenti; Lajbnic ga stoga naziva još aksiomom, hipotezom²⁷ ili arhitektonskim principom. Za razliku od geometrijskih principa, koji su nužni i čija negacija implicira protivrečnost, arhitektonski principi počivaju na “arhitektonskim razlozima” kojima se rukovodi Tvorac svih stvari, a njihova suprotnost povlači jedino *nesavršenstvo* stvorenog sveta.²⁸ Ruđer Bošković, koji je u mnogo čemu bio Lajbnicov sledbenik, verovao je da se princip kontinuiteta može ne samo induktivno potkrepiti već i demonstrativno dokazati.²⁹ Svoj “metafizički dokaz” Bošković je prvi put izložio u spisu *O zakonu*

21 Leibniz G. W. [1976] “*Tentamen Anagogicum: an Anagogical Essay in the Investigation of Causes*”, p. 484.

22 Leibniz G. W. [1995] p. 13.

23 Leibniz G. W. [1951] “On the Principle of Continuity (From a Letter to Varignon, 1702)”, p. 187.

24 Leibniz G. W. [1995] knjiga III, glava II, § 1.

25 Leibniz G. W. [1951] “Further Discussion of Continuity (Excerpts from a Letter to Remond de Montmort, 1715)”, p. 188.

26 Leibniz G. W. [1976] “Correspondence with De Volder” [G., II, 192-95] p. 521.

27 Ibid. [G., II, 192-95] p. 521; [G., II, 168-75] p. 515.

28 Ibid. “*Tentamen Anagogicum: an Anagogical Essay in the Investigation of Causes*”, p. 484.

29 Bošković R. J. [1974] § 17: “Ja sam smatrao da se dovoljno jakim argumentom može dokazati da taj zakon postoji u prirodi.”

kontinuiteta i njegovim posledicama u odnosu na osnovne elemente materije i njihove sile³⁰, a njegova najpotpunija varijanta nalazi se u *Teoriji prirodne filozofije*³¹; njime se tvrdi da diskontinuirane promene nisu moguće u kontinuiranom vremenu. Još je Aristotel verovao da vreme mora biti kontinuirano³², a istog mišljenja bio je i Lajbnić³³; prema Boškoviću, princip kontinuiteta je nužna posledica takvog ustrojstva vremena. Boškovićev dokaz imao je svoje zastupnike i u dvadesetom veku³⁴; međutim, može da se pokaže da njegov *reductio ad absurdum* tvrđenja o postojanju diskontinuirane promene počiva na spornim metafizičkim pretpostavkama koje ne slede iz kontinuiranosti vremena.³⁵

Iako je Lajbnić smatrao da je princip kontinuiteta nedokaziv, to ga nije sprečilo da ga upotrebljava kao probni kamen naučnih i filozofskih teorija kojim se “na prvi pogled čak i bez detaljnijeg istraživanja činjenica mogu razotkriti zablude i unutrašnji nedostatak povezanosti”³⁶. Kartezijanski principi kretanja ne zadovoljavaju ovaj kriterijum ispravnosti, pa stoga, prema Lajbniću, “možemo biti sigurni da su predložena pravila inkonzistentna ili loše koncipirana”³⁷. Ako se uporede prvi i drugi Dekartov princip, narušavanje principa kontinuiteta odmah postaje očigledno. U njima se pretpostavlja da se oba tela pre sudara kreću jednakim brzinama, s tim što u drugom principu tela imaju različitu masu: telo *B* ima veću masu od tela *C*. Smanjivanjem mase tela *B* ili povećavanjem mase tela *C*, razlika u masi može “pasti ispod bilo koje male veličine”, pa se slučaj sudara koji Dekart razmatra u drugom principu i slučaj koji razmatra u prvom, kada su mase tela jednake, “neprestano približuju jedan drugome, tako da napokon jedan prelazi u drugi”; stoga iz principa kontinuiteta sledi da to mora važiti i za rezultujuće brzine ovih tela, dok, prema principima kretanja, ističe Lajbnić, dolazi do skoka u brzini tela *B*: kada je telo *B* makar i neznatno veće mase od tela *C*, posle sudara ono produžava svojom početnom brzinom kao da tela *C* i nema, ali kada se mase tela konačno izjednače, telo *B* se odbija od tela *C* i “jednim skokom prekoračuje beskonačnost međustupnjeva”³⁸ brzine. Skok se uočava i kada se uporede prvi i treći princip, u kome su mase tela jednake, ali je telo *B* na početku brže; neprekidnim smanjivanjem razlike u brzini dva tela početni uslovi trećeg principa poklopiće se s početnim uslovima prvog, ali ne i njihovi rezultati: dokle god se brzine razlikuju, telo

30 Bošković R. J. [1975] § 132.

31 Bošković R. J. [1974] §§ 48-51.

32 Aristotle [1991] 220a.

33 Leibniz G. W. [1995] knjiga II, glava XIV, § 16.

34 Harré R. H. [1970] pp. 288-9.

35 Prva od ovih pretpostavki je da u toku promene “u bilo kojem trenutku mora doći do nekog stanja, tako da stvar nikada ne može biti bez nekog stanja te vrste; s druge strane nikada ne mogu biti dva takva stanja zajedno” (Bošković R. J. [1975] § 49). A druga je da “u svakom ograničenom stvarnom nizu stanja mora nužno postojati početak i kraj” (ibid. § 51). U Jandrić A. [2005] prvi uslov se naziva uslovom funkcionalnosti, a drugi uslovom minimalnog intervalizma.

36 Leibniz G. W. [1980] “O načelu kontinuiteta” p. 18.

37 Leibniz G. W. [1976] “Critical Thoughts on the General Part of the Principles of Descartes”, p. 398.

38 Leibniz G. W. [1980] “Primjedbe uz opći dio Descartesovih načela”, p. 56.

B će posle sudara nastaviti da se kreće u istom smeru brzinom koja je jednaka aritmetičkoj sredini početnih brzina oba tela, a kada razlika nestane, ono će promeniti smer kretanja zadržavši svoju brzinu. Isto tako, uporedna analiza četvrtog i šestog, kao i petog i šestog principa kretanja, pokazuje da se ishod sudara kada tela imaju jednaku masu ne podudara s ishodom sudara kada razlika u masi teži nuli, što protivreči principu kontinuiteta, prema kome se “jednakost može shvatiti kao beskonačno mala nejednakost”³⁹. U sedmom principu, na bilo koji način da se definiše izostavljeni podslučaj u kome tela imaju jednaku količinu kretanja, prekršiće se princip kontinuiteta, jer “iako prvi i drugi slučaj *imaju zajedničku granicu u pogledu svojih pretpostavki, nemaju zajedničku granicu u pogledu svojih posledica*, a to je opet u suprotnosti s našim kriterijumom”⁴⁰.

3. Vektorizacija brzine

Ako se upoređi diskontinuitet između prvog i trećeg principa kretanja s onim između prvog i drugog principa, lako se primećuje da među njima postoji jedna značajna razlika: u diskontinuitetu između prvog i trećeg principa javlja se skok u intenzitetu brzine tela *B*, kao i u njegovom smeru kretanja, dok, s druge strane, u diskontinuitetu između prvog i drugog principa postoji skok jedino u smeru kretanja tela *B*. Pa ipak, Lajbnic zaključuje da je telo *B* i u tom slučaju preskočilo beskonačno mnogo međustupnjeva brzine. Međutim, ništa slično ne sledi iz Dekartovih principa. U kartezijskoj metafizici kretanja, odnosno u pojmovnom okviru koji Dekart upotrebljava da bi identifikovao pojave kretanja, brzina je skalarna veličina: nema razlike između *brzine* i *intenziteta brzine*. Ako neko telo usled sudara promeni svoj smer kretanja, zadržavajući pri tom intenzitet svoje brzine, ne samo da se nije dogodila nagla i diskontinuirana promena u brzini tog tela, kao što smatra Lajbnic, već se brzina uopšte nije promenila; za Dekarta, brzina tela je sve vreme konstantna. Prvi princip kretanja predviđa upravo takav slučaj: Dekart tvrdi da će se dva tela jednakih masa i brzina odbiti jedno od drugog posle sudara i nastaviti da se kreću u suprotnom smeru “bez ikakvog gubitka u njihovoj brzini”⁴¹; međutim, kada bi tela u trenutku sudara preskočila određene međuvrednosti brzine, kao što tvrdi Lajbnic, tada bi se brzina bar jednog od njih smanjila, dok bi se brzina drugog uvećala za isti iznos. Jedina promena u ovoj situaciji jeste *promena u smeru kretanja* svakog od ovih tela, a ona mora biti diskontinuirana zato što postoje samo dva smera na jednom pravcu. Ako se telo kretalo prvo u jednom smeru, a počev od određenog trenutka u drugom, ono je nužno ostvarilo skok: nema nikakvih “međusmerova” koji bi “ublažili” nagli tok ove promene. Ukoliko je vreme kontinuirano, kao što su smatrali Dekart i Lajbnic, onda je neophodno da postoji beskonačno mnogo smerova kretanja na jednom pravcu da bi promena smera kretanja nekog tela koje se kreće tim pravcem *mogla* biti kontinuirana;

39 Leibniz G. W. [1976] *ibid.* p. 398.

40 *Ibid.* p. 401.

41 Descartes R. [1922] *ibid.* § 46.

štaviše, skup mogućih vrednosti smeru kretanja mora i sam biti kontinuiran⁴²; ovaj uslov jednostavno nije zadovoljen.

Dekart je prekršio princip kontinuiteta jer je dopustio da tela koja se kreću promene smer kretanja. To je dovoljno da Lajbnicov arhitektonski princip bude opovrgnut, bez obzira na specifični sadržaj kartezijanskih principa i njihovu empirijsku adekvatnost. Najjednostavniji način da se sačuva princip kontinuiteta bio bi da se *a priori* zabrani mogućnost promene smeru kretanja: jednom pokrenuto telo uvek bi se kretalo u istom smeru. Međutim, to bi ipak bilo preveliko ogrješeno o iskustvo, ma koliko bili skeptični prema čulima i skloni da ih podredimo razumu. Lajbnić se stoga poslužio složenijom strategijom.

U kartezijanskoj metafizici, neko telo se ili kreće ili miruje. Ako se kreće, onda se ono kreće u određenom smeru izvesnom brzinom; telo koje miruje ne poseduje brzinu. Brzina tela koje se kreće strogo je pozitivna veličina. Kretanje jednog tela potpuno je određeno kada su poznati njegov smer i njegova brzina, pri čemu ovi parametri ne zavise jedan od drugog. Svaki smer se može kombinovati s bilo kojom brzinom; u pogledu toga, nema apriornih ograničenja.

Lajbnić je odbacio ovaj pojmovni okvir i zamenio ga novim koji je više u skladu s principom kontinuiteta. U njegovoj metafizici brzina više nije nezavisna od smeru kretanja.⁴³ Kada telo koje se kreće promeni svoju brzinu ili smer kretanja, ono što se pri tom *zaista* menja jeste *usmerena brzina* ili brzina sa znakom. Telo koje se pre sudara s drugim telom kretalo brzinom v , a zatim odbilo i produžilo u suprotnom smeru brzinom istog intenziteta, posle sudara kreće se brzinom $-v$. Jedna od ove dve brzine mora biti negativna, u zavisnosti od toga koji smer je izabran za pozitivno usmerenje pravca kojim se kreću posmatrana tela; suprotno tome, u Dekartovom pojmovnom okviru brzini se ne može smisleno pripisati negativan broj. Tek sa uvođenjem usmerene brzine, koja prelazi preko čitavog skupa realnih brojeva, postaje razumljivo Lajbnicovo tvrđenje da telo koje promeni svoj smer kretanja preskoči beskonačno mnogo međustupnjeva brzine: reč je o brzinama kojima odgovaraju realne vrednosti između v i $-v$.

Orijentisanjem brzine, smer kretanja se svodi na njen znak. Kontinuum mogućih vrednosti brzine podeljen je na dve disjunktne klase, označene sa “+” i “-”⁴⁴; smer je naziv ove podele. Kada je jednom poznata brzina kojom se telo kreće, time je ujedno određen i njegov smer; specifikacija smeru kretanja za Lajbnica je samo neprecizna specifikacija brzine, u kojoj se umesto tačne vrednosti brzine navodi jedino klasa kojoj ona pripada. Ontološkom redukcijom smeru kretanja na usmerenu brzinu Lajbnić je uspeo da sačuva princip kontinuiteta od falsifikacije: kada bi smer kretanja bio genuino svojstvo tela koje se kreće, kao što je to u Dekartovoj metafizici, tada bi svaka promena ovog svojstva bila diskontinuirana, ali, budući da se u Lajbnicovom pojmovnom okviru sa usmerenom brzinom smer može svesti na klasu usmerene brzine, promena smeru kretanja postaje samo nepotpun opis

42 To je posledica matematičke činjenice da je neprekidna slika segmenta realnih brojeva takode segment.

43 Cf. Leibniz G. W. [1976] *ibid.* pp. 396-7.

44 Nula se dogovorom može priključiti jednoj od ovih klasa ili uvesti kao poseban smer.

promene u usmerenoj brzini, a ova promena nije nužno diskontinuirana zato što usmerena brzina prelazi preko kontinuiranog skupa vrednosti. Iz toga, naravno, ne sledi da je svaka promena usmerene brzine kontinuirana, ali teret dokazivanja da to nije slučaj na Lajbnicovom je protivniku. Pojmovnim revizijama Lajbnić stvara uslove da princip kontinuiteta *može* biti zadovoljen, odnosno da on ne bude *a priori* opovrgnut; uvek preostaje da se pojedinačni pokušaji *empirijskog* opovrgavanja rastumače kao zablude čula.

Smer kretanja ne predstavlja jedinu pojamovnu poteškoću. Lajbnić u svojoj kritici kartezijanskih principa zamera Dekartu što pretpostavlja da je mirovanje suprotnost kretanju.⁴⁵ Ako se na ovaj način razume mirovanje tela, onda će svaka promena iz stanja mirovanja u stanje kretanja, odnosno *pokretanje* tela, kao i svaka promena iz stanja kretanja u stanje mirovanja, tj. *zaustavljanje* tela, nužno biti diskontinuirana, jer se, prema Dekartu, uočeno telo ili kreće ili miruje i neizbežno se nalazi u jednom od ova dva stanja: ne postoji nijedno prelazno stanje između kretanja i mirovanja, a kamoli kontinuum međustanja iste vrste, što je neophodan uslov da bi ove promene mogle biti kontinuirane. Istorijski posmatrano, pokretanje i zaustavljanje su prvi analizirani diskontinuirani procesi⁴⁶, a mnogi filozofi smatrali su ih paradoksalnim.⁴⁷ Razmatrajući ove promene, Aristotel je zaključio da se stanja kretanja i mirovanja ne mogu pripisivati telima u trenucima, već jedino na intervalima.⁴⁸ Za Lajbñića, međutim, kretanje nije prosto svojstvo *i*, strogo govoreći, ne može se neposredno pripisati nekom telu; kretanje je uvek *kretanje-određenom-usmerenom-brzinom*, a mirovanje nije suprotnost kretanju, već je njegov specijalan slučaj: ono je *kretanje beskonačno malom brzinom*.⁴⁹ Na ovaj način, pokretanje i zaustavljanje, koji su još od antičkih vremena smatrani diskontinuiranim procesima, svode se na promenu u usmerenoj brzini koja je potencijalno kontinuirana, upravo kao i slučaj promene smera kretanja.

Iz dosadašnjeg izlaganja očigledno je da kontinuiranost određene promene zavisi od pojamovnog okvira u kome se ona opisuje i u kome se identifikuju prelazna stanja između početnog i završnog stanja te promene. Da bi promena u nekom svojstvu bila kontinuirana, nužno je da tom svojstvu odgovara kontinuirani skup kontrarnih svojstava. Lajbnić je temeljno revidirao pojmove kojima su Dekart i njegovi sledbenici opisivali kretanje tela kako bi eliminisao protivprimere principu kontinuiteta. Pri tom je izgradio novi pojamovni okvir koji se i danas upotrebljava u fizici, iako je kartezijanski okvir u mnogo čemu bliži našim intuicijama.

45 Ibid. pp. 403-4.

46 Aristotle [1991] 234.

47 Na primer Medlin i Hamblin; vidi Medlin B. [1963] i Hamblin C.L. "Starting and Stopping", u Freeman E. and Sellars W. (eds.) [1971].

48 Aristotle [1991] ibid. O tome više u Jandrić A. [2005].

49 Leibniz G. W. [1976] ibid. p. 398; "Letter of Mr. Leibniz on a General Principle Useful in Explaining the Laws of Nature through a Consideration of the Divine Wisdom; to Serve as a Reply to the Response of the Rev. Father Malebranche" p. 352; "Specimen Dynamicum", p. 447.

U svakodnevnom jeziku najčešće ne raspoložemo beskonačnim skupom naziva za svojstva određene vrste, pa je potrebno veštački proširiti vokabular da bi promena u svojstvima te vrste mogla biti kontinuirana. Jedan od načina da se to učini jeste da se svojstvima pripišu numeričke vrednosti iz nekog kontinuiranog skupa, na primer skupa realnih brojeva, pa da se, zatim, pretpostavi da svakom broju odgovara po jedno svojstvo te vrste, bez obzira na to što ono nema poseban naziv u običnom govoru. Tako, recimo, najčešće ne upotrebljavamo više od pedeset različitih termina za boje, iako pretpostavljamo da između svake dve boje postoji kontinuirani spektar prelaznih nijansi. Preslikavanjem boja u realne brojeve, stiže se mogućnost da promena boje bude kontinuirana; u nauci, to je praktično ostvareno uvođenjem talasnih dužina: svakoj talasnoj dužini, čija je vrednost realan broj, odgovara tačno jedna boja. Stari pojmovi za boje su reinterpretirani u novom okviru s talasnim dužinama: crvena, na primer, više nije *prava* boja, već ona postaje klasa boja kojima odgovaraju talasne dužine iz određenog intervala; to je zapravo ista strategija koju je Lajbnic primenio na smer kretanja.

4. Elastičnost tela

Uvođenjem usmerene brzine Lajbnic je uklonio neke diskontinuitete, ali je isto tako proizveo nove: u slučaju sudara koji Dekart razmatra u prvom principu, nagla promena smera kretanja svodi se na promenu u (sada usmerenoj) brzini, ali je zato ova promena brzine, koja nije postojala u kartezijanskom pojmovnom okviru, diskontinuirana. Tela se pre sudara kreću u susret brzinama jednakih intenziteta: ako se telo *B* kreće brzinom v , brzina tela *C* iznosi $-v$. Usled sudara tela se odbijaju, *B* nastavlja da se kreće brzinom $-v$, a *C* brzinom v ; promena brzine svakog od ovih tela je trenutna, tako da oba tela preskoče sve vrednosti brzine između v i $-v$.

Za Lajbnica, i ovaj diskontinuitet je samo prividan; on se takođe može eliminisati ontološkom redukcijom, ali ovoga puta samih tela. Naime, tela *B* i *C* su složena i elastična; ona su izgrađena od sitnijih čestica koje kontinuirano menjaju svoju brzinu u opisanoj situaciji sudara. Kada se tela sudare, svako od njih pretrpi određenu deformaciju, a zatim se vrlo brzo, toliko brzo da to često ne možemo da opazimo, vraća u početni oblik; dok na makronivou traje proces deformacije, čestice ovih tela kontinuirano menjaju svoju brzinu sve dok ona u jednom trenutku ne dostigne nulu, odnosno sve dok se tela za trenutak ne zaustave, a zatim, dok ona ponovo zadobijaju svoj prvobitni oblik, brzina njihovih čestica kontinuirano prelazi u suprotnu brzinu.⁵⁰ “Kada se radi o sastavljenim tijelima”, Lajbnic piše Bejlu, “svakako se može dogoditi da mala promjena uvjeta može kao posledicu imati veliku promjenu učinka”, ali “u jednostavnim elementima ništa se takvo ne smije dopustiti”.⁵¹

50 Ako je, na primer, $v > 0$, onda se čestice tela *B* kontinuirano usporavaju, dok se čestice tela *C* kontinuirano ubrzavaju sve dok prve ne dostignu $-v$, a druge v . Čestice oba tela se u istom trenutku zaustave, odnosno ostvare nultu brzinu, zbog simetričnosti početnih uslova sudara.

51 Leibniz G. W. [1980] “O načelu kontinuiteta” p. 24.

Malbranš je, međutim, u odbranu Dekarta, istakao da se Lajbnicov argument ne može primeniti na slučajeve sudara dva apsolutno čvrsta i neprobojna tela, a kartezijanski principi se odnose na upravo takve slučajeve.⁵² Umesto da ograniči važenje principa kontinuiteta na promene u kojima učestvuju elastična tela, Lajbnic je na osnovu toga zaključio da *ne mogu da postoje apsolutno čvrsta tela*; sva tela su samo manje ili više elastična. “Ne postoji telo, koliko god malo, koje nije elastično”, a s obzirom da elastičnost nije intrinzično svojstvo telâ, već proizlazi iz toga što su tela sastavljena od sitnijih tela, iz toga sledi da “ne postoje *elementarna tela*” ili atomi, već da se “analiza produžava u beskonačnost”⁵³. Da bi se sačuvao princip kontinuiteta, materija mora biti beskonačno deljiva, jer “ako pretpostavimo da postoje atomi, tj. apsolutno čvrsta i prema tome nesavijljiva tela, očigledno je da bi se promena dogodila kroz skok ili trenutno, jer bi kretanje unapred postalo kretanje unazad u samom trenutku sudara”⁵⁴. Prema Lajbnicu, složene supstancije su zaista sačinjene od prostih supstancija, ili monada, ali one *nisu materijalne*. Ruđer Bošković je, s druge strane, pokušao da pomiri atomističku teoriju s principom kontinuiteta: on je smatrao da postoje nedeljivi elementi materije⁵⁵, ali da zato “treba ukloniti samu mogućnost neposrednog dodira” između dve elementarne čestice.⁵⁶

5. Negativna svojstva

Za razliku od Lajbnica, Aristotel nije verovao da sve promene u prirodi moraju biti kontinuirane. Neke od njih, kao što je kretanje ili promena mesta, to nesumnjivo jesu.⁵⁷ U četvrtoj knjizi *Fizike* Aristotel kaže da je put koji pređe telo u pokretu uvek kontinuiran⁵⁸; kada bi telo koje se kreće ostavljalo obojeni trag, linija koju bi ono isctralo svojim kretanjem bila bi neprekidna, svedeno da li prava ili kriva. Međutim, on primećuje da postoji mnogo primera alteracija, ili promena u svojstvima tela, koje su diskontinuirane i da je “tvrđenje, prema tome, da je alteracija kontinuirana u prevelikom neskladu s očiglednim činjenicama”⁵⁹. Složenim konceptualnim manevrima Lajbnic je pokušao da neutrališe “očigledne činjenice” koje opovrgavaju princip kontinuiteta; Aristotel je, suprotno tome, u *Fizici* izložio jednostavan postupak kojim se pojmovi mogu “podesiti” tako da svaka promena postane diskontinuirana.

Pokažimo to na originalnom Aristotelovom primeru; on je posebno pogodan budući da je reč o promeni boje, gde već postoji kontinuirani spektar kontrarnih

52 Ibid. p. 22.

53 Leibniz G. W. [1976] “Specimen Dynamicum”, p. 447.

54 Ibid. p. 446.

55 Oni su, prema Boškoviću, neprotežni; neprotežnost atoma je distinktivno obeležje Boškovićeve korpuskularne teorije.

56 Bošković R. J. [1974] § 17. Vidi i Bošković R. J. [1975] §§ 159-69.

57 Aristotle [1991] 200b.

58 Ibid. 219a, 220b.

59 Ibid. 253b.

nijansi. Pretpostavimo da neko telo, označimo ga sa a , kontinuirano menja boju i postaje belo; tada pre ove promene telo a nije bilo belo, odnosno iskaz “ a nije belo” bio je istinit. Negacija u ovom iskazu se može razumeti na dva načina: kao iskazni operator ili kao operator koji deluje na svojstva, praveći od njih odgovarajuća negativna svojstva. U prvoj interpretaciji iskaz “ a nije belo” znači “Nije slučaj da je a belo” i ima strukturu:

(1) ne (a je belo) ,

dok u drugoj on postaje “ a je ne-belo” ili:

(2) ne-belo (a) .

Dve interpretacije su ekvivalentne u pogledu istinitosnih uslova, ali ne i u pogledu svojih ontoloških obaveza: (2) implicira postojanje negativnog svojstva *ne-belo*, za razliku od (1). Aristotel je posmatrani iskaz razumeo na drugi način: ako neko biće postaje belo, ono to može učiniti samo ako je pre toga bilo ne-belo, a ukoliko prestane da bude belo, time ujedno postaje ne-belo.⁶⁰ Belo i ne-belo su kontradiktorna svojstva, a “kontradiktornosti ne dopuštaju ništa u sredini”⁶¹, nikakva prelazna međustanja, tako da je promena iz belog u ne-belo, kao i promena iz ne-belog u belo, nužno diskontinuirana. U pojmovnom okviru s negativnim svojstvima kontinuirano postojanje belim tela a može se rekonstruisati kao trenutni i nagli skok iz ne-belog u belo, kao što je to učinio Aristotel; očigledno je da se pomoću negativnih svojstava svaka promena može svesti na promenu među kontradiktornostima, a time i na diskontinuitet. Aristotel je smatrao da je uvođenje negativnih svojstava prirodno i da proističe iz sklonosti našeg mišljenja ka dihotomnom ili binarnom razvrstavanju, ali se ona ne smeju dozvoliti u Lajbncovoj metafizici kako bi bar jedan proces u prirodi bio kontinuiran.

6. Nastajanje i nestajanje

Čak i ako se svakom svojstvu pridruži kontinuum kontrarnih svojstava i tako eliminišu pojedine diskontinuirane alteracije, preostaju dva tipa promene gde to *prima facie* nije moguće učiniti: nastajanje i nestajanje. To su promene u egzistencijalnom statusu tela; nastajanje se tradicionalno opisuje kao promena iz nebića u biće, a nestajanje kao gubitak bića i prelazak u nebiće. Čini se da ni u jednom slučaju, zahvaljujući našim intuicijama, nismo toliko privrženi binarnoj klasifikaciji kao u ovom: određeno telo ili postoji ili ne postoji i nije jasno kako bi trebalo razumeti potencijalne prelazne stadijume između postojanja i nepostojanja. S obzirom da su biće i nebiće kontradiktorne odredbe, svaka promena između njih mora biti diskontinuirana. Ruđer Bošković je smatrao da nastajanje i nestajanje ne podležu njegovom metafizičkom argumentu⁶²; ovaj argument isključuje mogućnost

60 Ibid. 188b.

61 Ibid. 227a.

62 Bošković R. J. [1974] §§ 52-5.

diskontinuiranih promena u stanjima jednog *perzistirajućeg* tela, dok u slučajevima nastajanja i nestajanja telo koje trpi promenu ne istrajava tokom cele promene.

Međutim, ako se na ovaj način ograniči važenje principa kontinuiteta i dopuste izuzeci kao što su nastajanje i nestajanje, diskontinuitet se vrlo lako može proširiti i na slučajeve alteracije. Pokažimo to još jednom na primeru s promenom boje: pretpostavimo da određeni sto kontinuirano postaje beo. Ukoliko se ovaj proces opiše kao nastajanje *belog stola*, on će automatski postati diskontinuiran, kao poseban slučaj nastajanja; važno je istaći da u samom dešavanju nema ničeg što bi dalo prednost jednom opisu nad drugim. Kontinuiranost određene promene stoga zavisi od načina na koji se fiksira identitet objekta koji se menja. Da bi promena nekog svojstva bila kontinuirana nužno je da ono ne bude jedno od definišućih svojstava objekta koji trpi promenu, jer se u suprotnom ona svodi na nastajanje ili nestajanje posmatranog objekta; jedan *sto*, na primer, može da izgubi svoju belu boju i pri tom ostane *isti* sto, ali jedan *beli sto* ne može prestati da bude beo, a da u isti mah ne *nestane*. Iz toga sledi da se odgovarajućom pojmovnom rekonstrukcijom objekta koji se menja svaka promena može svesti na slučaj nastajanja ili nestajanja, odnosno na diskontinuitet.

U jednom pismu De Volderu Lajbnić ističe da su neki kartezijanci, čija imena ne navodi, tvrdili da su nastajanje i nestajanje jedine promene i da svaka, makar i neznatna promena uništava objekat koji se menja. Ovi sledbenici Dekarta su, sasvim dosledno, smatrali da ni kretanje nije kontinuirano, iako su kontinuitet kretanja filozofi retko dovodili u sumnju, kao i da je uobičajena analiza kretanja, kojom se ono predstavlja kao promena lokacije jednog tela, potpuno pogrešna: ne postoji telo koje može da izdrži promenu lokacije, već svaki put kada nam se čini da isto telo zatičemo na drugom mestu, Bog stvara novo *telo-na-određenoj-lokaciji*.⁶³ Lajbnić priznaje da se ovo neverovatno učenje ne može opovrgnuti, osim ako se ne usvoji njegov princip kontinuiteta; oni koji ga ne prihvataju i kažu da “kretanje u suštini nije ništa drugo nego sukcesija skokova”⁶⁴, strogo govoreći, ne mogu se pobediti argumentima. Za filozofiranje takvih ljudi Lajbnić kaže da je “skoro poput onog prema kome bi materija bila sačinjena od diskretnih tačaka”⁶⁵.

Dakle, da bi se sačuvalo Lajbnićov princip kontinuiteta potrebno je zabraniti nastajanje i nestajanje, bar kada je reč o krajnjim elementima stvarnosti; stvaranje i propadanje vidljivih tela može se onda rastumačiti kao povezivanje ovih elemenata u agregate i razlaganje tih agregata na sastavne delove.⁶⁶ U principu kontinuiteta nalazi se skriveni razlog mnogih osobina monada, koje su “pravi atomi prirode; jednom rečju, elementi stvari”⁶⁷: njihove nepropadljivosti, kao i nematerijalnosti.

Andrej Jandrić
Filozofski fakultet, Beograd

63 Leibniz G. W. [1976] “Correspondence with De Volder” [G., II, 192-95] p. 521.

64 Ibid.

65 Ibid.

66 Leibniz G. W. [1976] “The Monadology” § 2.

67 Ibid. § 3.

Literatura:

- Aristotle [1991] *Physics*, u *The Complete Works*, Vol. I, Princeton University Press.
- Bošković R. J. [1956] *O prostoru, vremenu i relativnosti*, prir. D. Nedeljković, Kultura, Beograd.
- [1974] *Teorija prirodne filozofije*, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb.
- [1975] *O zakonu kontinuiteta i njegovim posledicama u odnosu na osnovne elemente materije i njihove sile*, Matematički institut, Beograd.
- Descartes R. [1922] *Die Prinzipien der Philosophie*, Verlag von Felix Meiner, Leipzig.
- Freeman E. and Sellars W. (eds.) [1971] *Basic Issues in the Philosophy of Time*, The Open Court Publishing Co., La Salle, Illinois.
- Harré R. H. [1970] *The Principles of Scientific Thinking*, Macmillan, London.
- Jandrić A. [2005] "Trenutna stanja i stanja na intervalima", *Theoria* 47.
- Leibniz G. W. [1904] *Hauptschriften zur Grundlegung der Philosophie*, hersg. von E. Cassirer, Band I, Verlag von Felix Meiner, Leipzig.
- [1951] *Selections*, ed. by P. P. Wiener, Charles Scribner's Sons, New York.
- [1976] *Philosophical Papers and Letters*, ed. by L. E. Loemker, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht/Boston.
- [1980] *Izabrani filozofski spisi*, prir. M. Kangrga, Naprijed, Zagreb.
- [1995] *Novi ogledi o ljudskom razumu*, BIGZ, Beograd.
- Medlin B. [1963] "The Origin of Motion", *Mind* 72.

Andrej Jandrić

Leibniz's Critique of Cartesian Principles of Motion

(Summary)

Velocity of a moving body is a paradigmatic case of vector. In this paper it is argued that this conception of velocity was originally introduced by Leibniz in the context of his critique of Cartesian principles of motion. In Cartesian metaphysics velocity of a moving body is a strictly positive scalar, independent from its direction. As a result of an impact, a body can change its direction and preserve its velocity; such a change would immediately falsify the principle of continuity. In order to save the principle of continuity, Leibniz revised the notion of velocity and reduced the direction of movement to a class of newly conceived directed velocity. It is further shown that negative properties are not allowed in Leibnizian metaphysics. To reconcile the principle of continuity with apparent leaps, Leibniz was forced to deny the existence of atoms: he claimed that the monads, or the true elements of things, had to be indestructible and immaterial.

KEY WORDS: Leibniz, Cartesian principles of motion, principle of continuity, directed velocity, negative properties, monads