

# O matematizaciji prirodnih znanosti

Zvonimir Šikić

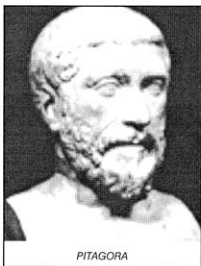
Matematika nije prirodna znanost. Prirodne znanosti imaju svoj konkretni predmet, koji izučavaju širom otvorenih očiju u svojim laboratorijima. (Laboratoriji mogu biti tek zabiti kutci nekog sveučilišta, ali se mogu i proširiti na cijeli univerzum.) Taj konkretni predmet prirodnih znanosti jest materijalni svijet. Matematika se ne bavi tim konkretnim predmetom. Ona se bavi svojim apstraktnim predmetom i izučava ga zatvorenih očiju. Kada matematika dokazuje da zbroj kutova u svakom trokutu ima  $180^\circ$ , ona se ne bavi konkretnim, osjetilima dostupnim trokutima materijalnog svijeta, nego se bavi apstraktnim, umu dostupnim trokutima koje nalazi u svijetu ideja. Trokuti o kojima je riječ u matematici protežu se u samo dvije dimenzije, omeđeni su dužinama koje se protežu u samo jednoj dimenziji, a same te dužine sastaju se u vrhovima koji su bez ikakve protežnosti. Takvi predmeti ne postoje u materijalnom svijetu. No samo o takvim apstraktnim predmetima matematika može s izvjesnošću izricati svoje istine.

Dakle, matematika je izvjesna znanost, jer se bavi apstraktnim predmetima o kojima je moguće izvjesno znanje. Prirodne znanosti nisu izvjesne, jer se bave konkretnim predmetima o kojima izvjesno znanje nije moguće. Zato se istine prirodnih znanosti, koje su uvijek relativne i podložne sudu vremena, bitno razlikuju od matematičkih istina, koje su apsolutne i vječne.

Ova, donekle shematizirana slika matematike i prirodnih znanosti s nama je već dva i pol milenija. Točnije, od klasičnog grčkog razdoblja u kojem je matematika konstituirana kao znanost o čistim formama ili idejama. Tada je, u potrazi za izvjesnim, napušten konkretni svijet materijalne prirode, i otkriven je apstraktni svijet čistih matematičkih formi, svijet ideja.

Pri svijet nepostojan. U njemu stvari nastaju i nestaju, rađaju se i umiru. To je koruptibilni svijet materije u kojem "stalana samo mijena jest". Drugi je svijet postojan. U njemu stvari niti nastaju niti nestaju, niti se rađaju niti

umiru. To je inkorruptibilni svijet vječnih i nepromjenjivih matematičkih formi, svijet ideja. Između ta dva bitno različita svijeta otvoren je ponor. Može li matematika koja govori o inkorruptibilnom svijetu ideja, išta reći o koruptibilnom svijetu materije? Zbroj kutova nekog materijalnog, osjetilima dostupnoga trokuta uvijek je nešto približno, ako uopće i jest nešto. Tek o neosjetljivoj ideji trokuta možemo s izvjesnošću tvrditi da zbroj njezinih kutova ima  $180^\circ$ . No mi tu izvjesnu spoznaju o trokutu, kao čistoj matematičkoj formi, primijenjujemo i kada se bavimo materijalnim, osjetilima dostupnim trokutima. Je li to opravdano? Je li matematika primjenljiva?



PITAGORA

Pitagora je odgovorio potvrdno. Ideja trokuta je konstitutivni element materijalnog trokuta, koji nam tek omogućuje da taj materijalni trokut istinski spoznamo. Istinska stvarnost prirode nije u koruptibilnoj materiji, nego je u inkorruptibilnoj formi, proporciji i broju. Kada Pitagora kaže da je priroda brojeva, time nam govori da je matematika primjenljiva. Ovaj uvid, koji potječe iz ranoga djetinjstva matematike i filozofije, danas ravna znanost kao njezino vodeće načelo. Ipak, u klasičnom grčkom razdoblju on je bio odbačen i proteklo je dvije tisuće godina prije njegovog slavodobitnog povratka u liku Kopernika, Galileja i ostalih novovjekovnih pitagorovaca.



KOPERNIK

Naime, pokušaji da se svijet koruptibilne materije uskladi sa svijetom inkorruptibilnih ideja često su vodili paradoksalnim zaključcima. Zenonovi paradoksi primjer su takvog zaključivanja. Može li strijela preletjeti jedan stadij? Da bi preletjela jedan stadij, najprije mora preletjeti pola stadija. No, da bi preletjela pola stadija, prije toga mora preletjeti polovicu te polovice. Da bi preletjela polovicu te polovice stadija, najprije mora preletjeti polovicu polovice polovice, i to se ponavlja u beskonačnost, pa se strijela uistinu ne može pomaknuti. To je, naravno, paradoksalno. Svatko se može uvjeriti u let strijele. S druge strane nema ničeg paradoksalnog u tome da se apstraktna matematička dužina može beskonačno dijeliti, na sve kraće



GALILEO

kraće dužine. On može li se tako dijeliti konkretna pitanja strijele? Ne proizlazi li paradoksalni zaključak iz neopravdane identifikacije apstraktno matematičke dužine s konkretnom putanjom strijele? Nije li paradoks rezultat neopravdane primjene apstraktno matematike na konkretnu putanju? (Do sličnih paradoksa dolazi i Demokrit kada svoju atomističku koncepciju konkretnog svijeta materije pokušava uskladiti s kontinuiranošću apstraktnog matematičkog prostora.) Čini se da matematika ipak nije primjenjiva.

Kroz djelo Platona i Aristotela ovo negiranje primjenljivosti matematike postalo je velikom filozofijskom tradicijom. Za Platona je *mathema*, to izvjesno znanje o inkoruptibilnom svijetu ideja, jedina istinska znanost, jedina *episteme*. Matematika nije primjenjiva na koruptibilni svijet materije, pa stoga istinska znanost o tom svijetu nije moguća. *Episteme physike* je kontradiktoran pojam. Aristotel se slaže s osnovnom tezom o neprimjenljivosti matematike, ali ne misli da je *mathema* jedini izvor znanja. Znanost o materijalnom svijetu je moguća, iako ne kao *mathema* nego kao *historie*, kao empirijsko znanje koje se stječe opažanjem. Dakle, fizika je *doxa*, vjerojatno mnijenje, čiji je izvor *historie*. Matematička fizika, u kojoj bi matematika bila primjenjiva, nije moguća. Zato je Aristotel fiziku i ostale prirodne znanosti utemeljio kao empiričke nematematizirane znanosti.

Njegova nematematička, empirička fizika razlikuje četiri elementa: zemlju, vodu, zrak i vatru. Svaki element ima svoju prirodu, *physis*, u skladu s kojom se kreće. Teži elementi zemlja i voda prirodno se kreću dolje, prema središtu svijeta, dok se lakši elementi vatra i zrak prirodno kreću gore, od njegova središta. Tvari ispod Mjeseca u različitim su omjerima kombinacije četiriju elemenata i kreću se u skladu s tim omjerima. Teške tvari, koje pretežno sadrže zemlju, smjestit će se u središte svijeta. Njihovu će površinu prekri nešto lakše tvari, koje pretežno sadrže vodu. Iznad njih lebdjet će još lakše tvari, koje pretežno čini zrak. Kroz sve to i iznad svega toga probijati će se najlakša tvar, vatra. Već ovaj kratki opis dovoljan je da uočimo kako je Aristotelova fizika u suglasju sa svagdanjim iskustvom. Ona je, naime, neposredni rezultat opažanja. Takva je i njegova biologija. Primjerice, kada Aristotel istražuje ontogenezu on dan za danom razbija kokošja jaja i nepos-

rednim opažanjem prati razvoj organizma, od svježeg jajeta do tek izlegnutog pileteta.

Dakle, prirodne znanosti, svjesnom odlukom njihova začetnika, počinju kao empiričke nematematizirane znanosti, jer njihov nepostojani koruptibilni predmet nije podložan matematizaciji. S druge strane, astronomija je matematizirana. Njezin predmet su nepromjenljive nebeske konstelacije sa svojim pravilnim periodičkim gibanjima, koje se opažaju i bilježe već tisuće godina prije Grka. Taj postojani inkoruptibilni predmet podložan je matematizaciji i Grci ga ne smatraju materijalnim. Nebeske sfere su eterične. Sublarnom područje izgrađeno je od četiri koruptibilna elementa, zemlje, vode, vatre i zraka, dok je supralunarno nebesko područje, područje inkoruptibilnog etera.



ARISTOTEL

Najveći matematičar klasične Grčke, Platonov učenik i prijatelj Eudokso, utemeljio je matematičku astronomiju koja uniformiranim međusobno uklopljenim kružnim gibanjima nebeskih sfera objašnjava opažena gibanja "lutajućih zvijezda", planeta. Međutim, Eudoksov planetarni model nije bio potpuno usklađen s opažanjima. Naime, Sunce ne prelazi sva četiri kvadranta Zodijska u jednakim vremenskim intervalima. Razdoblje od solsticija do ekvinočija nije jednako razdoblju od tog ekvinočija do sljedećeg solsticija, što znači da Sunce ne rotira oko Zemlje konstantnom brzinom. Osim toga, prividna svjetlost planeta i prividna veličina Mjeseca promjenljive su, što znači da njihove udaljenosti od Zemlje nisu konstantne, tj. njihovo gibanje oko Zemlje nije kružno. Aristarh, Arhimedov suvremenik, predložio je heliocentrički matematičarski sustav astro-



PLATON

nomije, koji je riješio neke od ovih problema. Međutim, ta "puka matematička hipoteza", bila je u direktno suprotnosti sa sublarnom Aristotelovom fizikom i Ptolemeju će je još pet stoljeća kasnije ismijavati u uvodu svojeg "*Almagesta*". On sam je, koristeći se idejama mnogih matematičara, posebno Apolonija iz Perge, većinu tih problema riješio u tada prihvatljivijem geocentričkom sustavu, upotrebljavajući epicklička gibanja. Nebeske sfere sa svojim "lutajućim zvijezdama" ne gibaju se oko zajedničkog središta svijeta, nego se jedna sfera giba oko središta koje se giba po drugoj sferi, ova se opet giba oko središta koje se giba po trećoj sferi itd. Takvim složenim epickličkim gibanjima uspješno su opisivana gibanja nebeskog svoda. Bio je to zadivljujući uspjeh matematičke astronomije. (Da je istinu riječ o čisto ma-



PTOLOMEJ

tematičkoj teoriji pokazuje i sam naslov Ptolemejevog djela: "*Syntaxis mathematica*", što znači Matematička zbirka. Kako bi je razlikovali od manje zna-

čajnih djela istoga naslova, kasniji komentatori dodali su joj superlativ magiste, najveća, čemu su arapski prevoditelji dodali član al, pa je ona otada poznata kao "Almagest".

Dakle, s jedne strane nalazimo matematiku i matematičku astronomiju, čiji su predmet inkoruptibilne ideje i inkoruptibilni eter, dok s druge strane nalazimo nematematizirane empiričke prirodne znanosti čiji je predmet koruptibilna materija. Takav odnos matematike i prirodnih znanosti promijenjen je s pojavom novovjekovne matematičke fizike. No, kako je ona nastala? Kako je nastala novovjekovna matematizirana empirička prirodna znanost?



BACON

Često se kao novost ističe njezin empirički karakter. To najbolje dokumentira Baconov poziv, iz 1620. godine, da se *anticipatio mentis* zamjeni s *interpretatio naturae*. Bacon se buni protiv Aristotela i njegovih skolastičkih sljedbenika koji se pozivaju na autoritet profesorove knjige (ili knjige otkričenja). No autoritet samo stvara predrasude, kojih se treba riješiti pa tako oslobođen prići neposrednom čitanju knjige prirode. (Inače, "predrasuda" je riječ koju je u europske jezike uveo Bacon.) Ovaj je poziv bio značajan jer se Aristotelova *doxa* kroz dvije tisuće godina pretvorila u dogmu i njen je empirički karakter u međuvremenu potpuno zaboravljen. Zato se može reći da se 1609. godine, kada je Galileo uperio svoj teleskop prema nebeskom svodu, zbio nov i uistinu važan događaj.

U Zvezdanom glasniku (*Sidereus nuncius*) iz 1610. godine, Galileo izvještava da Mjesec nije savršena eterična kugla, nego je sa svojim brdima i dolinama vrlo sličan materijalnoj Zemlji. Ni samo Sunce nije savršeno. Na



njemu se pojavljuju sunčeve pjege o kojima je Galileo izvjestio u posebnom spisu iz 1613. godine. Čini se da nebo nije tako inkoruptibilno kako su mislili stari Grci. Uostalom, još 1572. godine Brahe je na nebu opazio jednu supernovu koja je nastala, trajala osamnaest mjeseci i nestala. Nema, dakle, bitne razlike između neba i Zemlje.

Znači li to da matematička astronomija sada, kada je nebo spušteno na Zemlju, više nije moguća? Ne znači, jer Zemlju su već prije toga Kopernik, Galileo i ostali novovjekovni pita-



gorovci podigli na nebo. Kopernik 1543. godine objavljuje heliocentrični sustav matematičke astronomije, "De revolutionibus orbium coelestium", u kojem je Zemlja tek jedan od planeta koji kruže oko Sunca. Takav je sustav u neposrednoj suprotnosti s opažanjima na Zemlji i još ga je Ptolemej zbog toga ismijavao. Naime, ako Zemlja kruži oko mirujućega Sunca, s vremenskim periodom kruženja od 365 dana, onda mi jurimo kroz prostor nevjerovatnom brzinom od 100 000

km/h, a da to nitko na Zemlji ne primjećuje. To je potpuno apsurdno, pa su i kopernikanci zbog toga bili ismijavani. (Na jednoj od karikatura iz tog vremena dva smušena kopernikanca vertikalno iznad sebe ispaljuju teško topovsko tane i ne brinu se da će ono pasti na njihove glave, jer kada ono stigne do tla njih će već daleko odnijeti nevjerovatno brza Zemlja.) Ipak, "ta pak matematička hipoteza", kako je u svojem predgovoru Kopernikovu djelu naziva Osiander, dobro objašnjava retrogradna gibanja planeta, razlike u položajima nutarnjih i vanjskih planeta i mnoge druge nebeske fenomene. Možda naša opažanja na Zemlji treba uskladiti s matematižiranom astronomijom, a ne nju ismijavati i odbacivati zbog tih opažanja. Pravi pitagorovci (ili još točnije platonovci) više vjeruju svojim matematičkim teorijama nego svojim opažanjima. Za Galilea "trokuti, kvadrati, kružnice, sfere, konusi i piramide su slova kojima je ispisana knjiga prirode". Galileo će stoga uvesti inercijalnu fiziku, koja matematičku astronomiju uskladuje s opažanjima na Zemlji, tako što će ispod površine tih opažanja otkriti dublji matematižabilnu stvarnost idealnih čestica, koje se u vakuumu, bez utjecaja vanjskih sila, jednoliko gibaju i što će pomoću te dublje stvarnosti rekonstruirati naša površinska opažanja. Aristotelova empirička fizika Zemlje ustupit će mjesto jedinstvenoj matematičkoj fizici neba i Zemlje.

Po uzoru na paradigmatičku prirodnu znanost, fiziku, matematižirane su i ostale prirodne znanosti, pa se danas razina znanstvenosti gotovo poistovjećuje s razinom matematižira-

nosti. Naravno, prirodne znanosti iako matematižirane i dalje su empiričke, ali ne stoga što se u Aristotelovom i Baconovom smislu izvode iz opažanja nego stoga što se testiraju opažanjima. Knjiga prirode ne leži pred nama širom otvorena. Ona pred nama leži zatvorena i moramo je uporno otvarati, ne bi li odgovorila na naša pitanja. Ručke koje je otvaraju naše su matematižirane prirodnoznanstvene teorije.

