

Uvod u naučni metod

Sadržaj

- 1.1. Naučni metod – šta je to?
- 1.2. Opšte osobine naučnog metoda
- 1.3. Osnovne komponente naučnog metoda
- 1.4. Naučni metod i slika o hijerarhijskoj strukturi prirode
- 1.5. Naučni metod i logika
- 1.6. Naučni metod i statistika
- 1.7. Naučni metod i matematika
- 1.8. Naučni metod i računari
- 1.9. Naučni metod u naukama o neživom i u naukama o živom
- 1.10. Naučni metod i nenaučni metod

Literatura

UVOD U NAUČNI METOD

Ivan Aničin

Fizički Fakultet, Beograd

anicin@ff.bg.ac.yu

Priroda je kao sef, za koji postoji šifra,
ali je šifra zaključana u sefu.

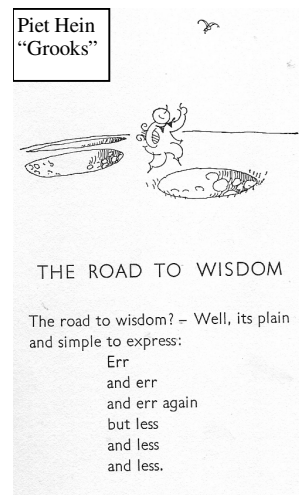
Peter de Vries

1.1. Naučni metod – šta je to?

Za početak, «naučni metod» je kratko ime za opšti recept kojim se **najefikasnije** obavlja svako istraživanje. Ili,

istraživanje je put u nepoznato, a naučni metod je ono što nam omogućava da tamo najbrže stignemo.

Istraživanje je put u nepoznato, jer kada bi nam to nešto, što predstavlja predmet istraživanja, već bilo **zadovoljavajuće** poznato, ne bi ni bilo potrebe da ga istražujemo. **Cilj istraživanja je ustvari da se predmet istraživanja iz oblasti nepoznatog prebaci u oblast poznatog.** Taj put u nepoznato i jeste ono zbog čega je svako istraživanje uzbudljivo, i ono zbog čega je to jedna od najboljih i najizazovnijih čovekovih delatnosti. Pošto je «nauka» između ostalog i zajedničko ime za sve ono što nam je o prirodi poznato, to i metod kojim se najefikasnije obavljaju istraživanja ima atribut «naučni». Druga moguća definicija nauke glasi da je to sveukupna aktivnost one racionalne strane čovekove ličnosti koja je usredsređena na stalno smanjenje njegovih grešaka u poimanju prirode, pa zatim i sâm sistem znanja i veština koji iz te aktivnosti proističe. Naučni metod je otud i zajedničko ime za način na koji se naš sistem



znanja o svetu razvija i napreduje. Stalnost te aktivnosti govori nam da se jedni te isti predmeti istraživanja istražuju opet i ponovo, i da u stalno evoluirajućem sistemu znanja nalaze sve bolje i bolje mesto, u konačnoj težnji da celu prirodu razumemo na jedinstven i sveobuhvatan način.

Ovo ne znači da se ne može istraživati i na neki drugi, proizvoljan način. Naučni metod je samo način, koji se tokom nekoliko poslednjih stotina godina, počev od Renesanse naovamo, uobličio, razvio i usavršio, i dokazao kao najbolji. U zavisnosti od predmeta istraživanja postoji čitav niz nauka, ali je naučni metod ono što se iskristalisalo kao nešto što je u opštim crtama, uprkos nekim nužnim razlikama, u osnovi svima zajedničko, odnosno svojstveno nauci kao zbirnom pojmu. Renesansa, odnosno Preporod, je i dobila to ime jer je taj period predstavljao prelomnu tačku u razvoju čovekove misli; posle plodnog davnog antičkog perioda i duge stagnacije tokom srednjeg veka čovek je tada počeo da se ponovo oslobađa stega religiozne dogme, i racionalna strana počela je da izlazi iz senke iracionalne strane njegove ličnosti. Nikakva pretpostavka o bilo čemu nije više smatrana dovoljno svetom da ne mora da podleže direktnoj proverbi i utvrđivanju istinitosti. Čovek je počeo kroz direktan kontakt sa prirodom sve slobodno da podvrgava svojoj radoznalosti i sumnji, i naslutio da u prirodi postoji potpuni red i povezanost svih predmeta i pojava u njoj, što sve čeka da bude otkriveno i shvaćeno. Posle mnogo lutanja utvrđen je niz postupaka kojim se to najbolje radi, koje danas i zovemo naučnim metodom. Naučni metod se stalno hrani novim pomagalima koji ga u smislu prerastanja nagomilanog kvantiteta činjenica u novi kvalitet veština ili znanja često revolucionarno menjaju, kao što su to raznovrsni novi algoritmi, instrumenti, računari, itd. i tako evoluiraju i neprestano postaju sve moćniji.

No nikad ne treba zaboraviti da je osnovni alat naučnog metoda ipak čovek sâm – sa jedne strane njegova operativna sposobnost da manipuliše prirodom, a sa druge njegov um u kome se reflektuje priroda i koji u tom refleksu prirode sposobnošću logičkog zaključivanja uspostavlja određeni poredak koji treba da odgovara poretku u prirodi. O uspešnosti naučnog metoda ne treba trošiti mnogo reči; o tome najbolje govori današnje stanje nauke, njena ogromnost i izvanredna uspešnost. Razlog za uspešnost nauke može zvučati kao tautologija i izgledati trivijalan, ali on to ipak nije – nauka je uspešna zato što je za kriterijum sopstvene istinitosti proglasila upravo svoj sopstveni uspeh. Ono što je neuspešno jednostavno nije nauka. Nauka stoga za sobom ostavlja skup proverenih i

proverljivih veština i znanja, i to je osnovna razlika između nauke i nenauke. Pored toga što zadovoljava našu najdublju radoznalost, taj združeni produkt naših ruku i našeg uma se kroz savremenu tehniku i tehnologiju dokazao i kao daleko najefikasnije čovekovo oruđe u večitoj i surovij borbi za opstanak, pa samim tim i kao glavni faktor buduće evolucije ljudske vrste. Istorija pokazuje da svaka dogma blokira evoluciju intelekta, dok mu nauka, koja ne priznaje *a priori* neprikosnovene stavove, omogućuje da se razvija. Značaj nauke se nikako ne može preceniti – ona je, konačno, i zbirno ime za sposobnost čovekovu da ispolji aktivnu ulogu u evoluciji materije u prirodi - sve ono što nazivamo «veštačkim» bez čoveka i njegove nauke se inače nikad ne bi pojavilo na sceni prirode. To što je materija evoluirala u život, koji je jedini sposoban da evoluciju neanimirane materije izvlači iz situacionih čorsokaka, odnosno lokalnih minimuma potencijalne energije u koje ona na putu ka opštem minimumu, ostavljena sama sebi neminovno zapada, konačno može biti i jedina svrha njegovog postojanja u prirodi. Pritom nikad ne treba zaboravljati presudnu ulogu naših manuelnih, odnosno mehaničkih sposobnosti i veština, bez kojih nauke ne bi ni bilo; zamislimo makar i najbriljantniji um koji ne poseduje sposobnost da pokreće ne samo sebe, već da ne pokreće ni bilo šta u svetu oko sebe. Odmah će nam biti jasno da bi njegove mogućnosti ne samo u realizovanju aktivne uloge u prirodi već i u spoznaji sveta bile krajnje ograničene – ako ništa drugo, takav um nijednu svoju ideju ne bi bio u stanju da proveri. Proizvoljna iracionalna objašnjenja prirode bila bi maksimum koga bi takav imobilni um mogao da dostigne. Čovečanstvo je u antičkom periodu dobrim delom patilo upravo od takvog pristupa nauci. U Renesansi usvojeno osmišljeno manipulisanje prirodom sa ciljem upoznavanja i provere njenog funkcionisanja, što nazivamo **eksperimentisanjem**, se otud pokazuje kao vrhunski alat nauke, pa time i naučnog metoda. Čak i objašnjenja funkcionisanja onih delova prirode koji nam nisu dostupni za direktno eksperimentisanje već samo za **posmatranje**, zasnovana su na onim znanjima o prirodi koja su stečena u direktnoj eksperimentalnoj komunikaciji sa njenim nama dostupnim segmentima.

No, uprkos našeg dosadašnjeg hvalospeva naučnom metodu nikako ne treba misliti da je on svemoguć; on je, kako to kažu matematičari, samo potreban ali ne i dovoljan uslov da bi se istraživanje uspešno obavilo. Ako pod uspešno obavljenim istraživanjem smatramo postignuće nekog **otkrića**, odnosno stvarno obogaćivanje čovečanstva nekim novim

relevantnim saznanjem ili veštinom, onda je pored *vladanja naučnim metodom* za to očigledno potrebno u potpunosti *poznati naučnu disciplinu* o kojoj je reč – sve ono što je u njoj već urađeno i poznato, kao i ono šta još treba uraditi. No ispostavlja se da i to nije dovoljno, najveći broj onih koji zadovoljavaju ova dva prva uslova nikad ne učine neko značajno otkriće. Za to je potrebno još nešto, nešto što je teško egzaktno definisati, a što se može jednim nepreciznim terminom nazvati *talentom za naučno istraživanje*. **Kreativnost** je nešto što se eventualno može opisati, ali što je praktično nemoguće naučiti. Razumevanje onoga što je neko kreirao je nesumnjivo racionalna delatnost, ali izgleda kao da je sama kreacija racionalnih tvorevina iracionalan proces, čiji je tok nemoguće trasirati. Četvrta komponenta, bez koje nije verovatno da će biti uspeha, jeste *uporan i težak rad, danju*, ali *i noću*, kada u rešavanju problema kome smo do tada posvetili potpunu pažnju, osim punog angažmana naše **svesti** učestvuje i naša **podsvest**, koja se po svemu sudeći javlja kao neophodan učesnik u svakom istraživanju. U ovom kontekstu treba se osvrnuti i na **slučaj** (serendipitet), kao na čestog saučesnika u otkriću. No slučaj hoće samo onoga ko zna, i ko se trudio. Otvorena knjiga prirode leži pred svima, ali malobrojni umeju da je čitaju. Peta, neizbežna komponenta bez koje pogotovo u današnje vreme ne treba očekivati značajne rezultate istraživanja jeste *novac*, što je u savremenom društvu koje novcem meri sve materijalne ali i ostale vrednosti, na neki način ekvivalentno značaju koje društvo pridaje datom istraživanju. Nije slučajno što bogati imaju značajne naučne rezultate a siromašni nemaju. Korelacija je obosmerna. Konačno, budući da je nauka prostorno-vremenski integral kolektivnog napora celog čovečanstva, odnosno njegovog intelekta, i da je danas ogromna, za njen dalji razvoj neophodna je potpuna *komunikacija* među svim njegovim jedinkama. Osnovni i univerzalni jezik nauke je **matematika**, koja je jedna jedina i nije i ne može biti nacionalna. U verbalnoj komunikaciji, koja je neophodna komponenta naučne komunikacije, **engleski jezik** se u poslednjih pedesetak godina iskristalisao kao opšteprihvaćen i uspešno je zamenio srednjevekovni latinski. Obzirom da je nauka ipak rezultat napora celog čovečanstva, ona treba da bude i njegovo kolektivno vlasništvo i njegovo kolektivno stanje duha. Mogućnost da to tako zaista i bude danas povećava brzi razvoj svih komunikacionih tehnika, na čelu sa globalnom kompjuterskom mrežom. No, kompjuterskim rečnikom rečeno, nauka nije samo softver, odnosno znanje, ona je ipak prvenstveno **hardver**, odnosno sposobnost za komunikaciju sa prirodom, koja u sebe uključuje naša čula i sve njihove ekstenzije, kao i sledstvenu mogućnost

manipulisanja prirodom – prvo moramo znati šta je ono što treba razumeti, zatim to treba razumeti, te onda to razumevanje povratno koristiti za dovođenje prirode u unapred željena stanja. **Hardver je sine qua non moderne nauke**, ili, što bi se reklo, koliko hardvera – toliko nauke. Empirijske nauke se, uostalom, ne zovu tako bez razloga. Hardver nauke je danas ogroman, i budući da predstavlja sublimat svega što je trenutno najnaprednije u ljudskom rodu, basnoslovno skup. Stoga ga je, nažalost, daleko teže učiniti kolektivnim vlasništvom celog čovečanstva. Proizvodnja sofisticiranog naučnog instrumentarijuma je u rukama najrazvijenijih, i od njih se u ograničenoj meri, i sa neminovnim zakašnjenjem, može kupiti. Kao rezultat, materijalna, eksperimentalna i posmatračka baza nauke daleko je neravnomernije raspoređena od njene intelektualne baze. Tu se još uvek smatra da svako treba da ima ono što je zaista zaslužio i odradio. Situacija je još gora sa takozvanom primenjenom naukom. U toj bitnoj nadgradnji fundamentalne («čiste») nauke nacionalni interesi razvijenih zemalja su rukovodeći i tu internacionalni karakter nauke potpuno prestaje, ne samo na nivou hardvera, već i na nivou softvera. Uzmemo li za primer recimo nuklearne tehnike i tehnologije na delu vidimo drastične primere državnog monopolizma i državnog terorizma najrazvijenijih država sveta, koji su stavljeni u službu težnje za dominacijom. Ovakve zloupotrebe nauke na današnjem stupnju razvoja čovekove ličnosti i ljudskog društva izgleda da su još uvek neminovne, i ne mogu se pripisati nauci kao greh, jer se na isti način od strane upravljača društvima zloupotrebljavaju i sva ostala civilizacijska postignuća.

U okviru ovog opšteg prikaza osnovnih osobina istraživanja treba reći da proizvodnja otkrića nije isto što i, recimo, proizvodnja hleba – procenat uspeha je, uprkos dosledne primene odgovarajuće recepture u obe delatnosti, nužno znatno manji u prvoj nego u drugoj. Kako vreme prolazi, i nauka raste, ispostavlja se da je sve teže učiniti relevantan doprinos. Kao što je jedan od najvećih teorijskih fizičara svih vremena, Pol Dirak, još pedesetih godina dvadesetog veka rekao – «nekad je i drugorazredni fizičar mogao da učini prvorazredno otkriće, a danas je i prvorazrednom fizičaru teško da učini i drugorazredno otkriće». Uprkos tome što se istraživanjem profesionalno bavi veoma veliki broj kvalitetnih i dobro obučanih ljudi, proizvodnja zaista relevantnog otkrića danas je redak događaj. No izgleda da je to nužno; kao što ćemo kasnije eksplicirati, nauka napreduje po dijalektičkom principu prerastanja kvantiteta u kvalitet – veliki broj malih, naizgled beznačajnih doprinosa,

kada vreme sazri, rezultuje u revolucionarnom kvalitativnom skoku u nivou znanja ili veština. Smatra se da od ukupne mase istraživanja manje od jedan posto predstavlja zaista značajan doprinos. Ali bez onih 99 posto ne bi se pojavio ni onaj jedan! Zbog toga već i samo učestvovanje u istraživanju, bez obzira na prividni značaj učinjenog otkrića, izvor je dubokog unutrašnjeg zadovoljstva zbog koga ne treba žaliti truda. A kada dođe trenutak za veliko otkriće treba biti spreman, treba ga prepoznati, i umeti iskoristiti.

Konačno, treba reći par reči i o načinu na koji se danas, u skladu sa nazorima savremenih finansijera nauke, država i velikih industrija, obavljaju organizovana profesionalna istraživanja. Taj se način umnogome izmenio u odnosu na onaj koji je doveo do romantičarske predstave o istraživanju kao o uzbudljivoj duhovnoj avanturi na putu u nepoznato, kada su istraživanja još mogla da se rade individualno, finansirana ili ličnim sredstvima ili od strane prosvećenih mecena. Tada su novi koraci u razvoju, od trenutka do trenutka mogli da se prilagođavaju logici razvoja same nauke, a ograničenja su uglavnom proisticala iz ograničenja samog istraživačkog duha. Danas, kada su istraživanja kompleksna i skupa, i kada je za uspešno rešenje datog problema najčešće neophodno raditi timski, sa tim da su timovi u skladu sa složenošću problema sastavljeni od manjeg ili većeg broja uskih specijalista, finansijeri istraživanja su primorani da «idu na sigurno», i da minimiziraju mogućnost neuspeha. Finansiraju se praktično samo projekti koji garantuju uspeh, sa jasnim unapred definisanim ciljem, te istraživanje više nije u pravom smislu te reči put u nepoznato. Inercija finansiranja je velika, i prilagođavanje trenutno sagledanoj logici razvoja je sporo, što donekle oduzima draž avanture. Mogućnost iznenađenja je svedena praktično samo na slučajna otkrića na koja se može nabasati na putu ka unapred zadatom cilju. No ova promena karaktera istraživanja još uvek ostavlja prostora za osnovnu nagradu svakom istraživaču – za neizmerno zadovoljstvo koje proističe iz puke radosti spoznaje i zadovoljenja radoznalosti, kao i za duboku satisfakciju koju izaziva svest o bavljenju plemenitom delatnošću, najkorisnijom za ljudski rod.

Da bi ovaj naš opšti prikaz naučnog metoda bio bar u izvesnoj meri i praktično upotrebljiv moramo se malo detaljnije upoznati sa njegovim osnovnim postupcima.

1.2. Opšte osobine naučnog metoda

Osnove naučnog metoda čini jasno, zdravorazumsko razmišljanje, a njegovi postupci duboko su određeni suštinom svoje namene, odnosno suštinom same nauke. Da bismo ih bolje razumeli i usvojili stoga se treba pozabaviti i suštinom nauke. Predmet ma koje posebne nauke, pa time i nauke uopšte, uvek je neki od segmenata prirode kojoj pripadamo. Upravo po metodu istraživanja koga koristite, razlikujemo dve glavne grupe nauka. Nazivamo ih *apstraktnim* (ili neempirijskim) i *empirijskim* (iskustvenim). Apstraktne, ili neempirijske nauke bar prividno ne zavise od iskustva, odnosno od naših veza sa okolnom prirodom. U njih spadaju *logika* i *matematika*, koje ispituju operacije sa misaonim kategorijama i veze između njih, koje su, na današnjem stupnju razvoja ovih nauka, definisane bez javnog pozivanja na okolnu prirodu, po pravilima koja su takođe definisana bez referisanja na bilo šta van tog misaonog sistema čije pravilnosti istražuju.

Ipak, matematika se u antici razvila na iskustvenoj bazi; aritmetika na iskustvenom pojmu prirodnog broja (dva nečega i još dva nečega je isto kao ono što nazivamo četiri nečega), a geometrija na premeravanju realnog terena (zategnuti konopci mogu da se nađu samo u konačnom broju različitih uzajamnih odnosa, koji poštuju vrlo definisana pravila). Kasnije se matematika velikim delom odvojila od empirijske baze, no to je tako možda samo prividno – naizgled apstraktne matematičke discipline primenom u kvantitativnom opisivanju prirode danas *a posteriori* nalaze svoj lik u iskustvenom svetu. Sa logikom je slična situacija; istinitost iskaza mogla se u početku ceniti samo upoređenjem sa njegovom realizacijom u prirodi – jednom utvrđena pravila zaključivanja mogla su se posle toga formalno primenjivati i na apstraktne kategorije.

Empirijske nauke, pak, proučavaju sve ono što direktno proističe iz našeg iskustva, odnosno naših kontakata sa celokupnom prirodom. **Priroda** je, sa svoje strane, objektivna realnost koja obuhvata sve što postoji, uključujući i nas same, i koja postoji nezavisno od bilo kog faktora van nje same. U svom antropocentrizmu čovek iz prirode posebno izdvaja onaj deo koji pripada delokrugu njegovog dejstva, pa empirijske nauke koje proučavaju pravilnosti u tom segmentu prirode zovemo *društvenim*

naukama, dok nauke koje proučavaju pravilnosti u celokupnom ostatku prirode nazivamo *prirodnim naukama*.

Sada ćemo pokušati da definišemo osnovne osobine najopštijeg

modela

koga koriste sve empirijske nauke, i prirodne i društvene, u opisivanju onog dela prirode koji je predmet njihovog interesovanja. Taj model je samim tim i bitna osnova naučnog metoda. Pošto je uspešan, a zajednički je svim naukama, on svakako reflektuje osnovnu osobinu same prirode. Model se sastoji u podeli celokupne prirode na raznovrsne **objekte** i njihove **interakcije**, odnosno njihova uzajamna delovanja iz kojih i proističu **pojave** u kojima ti objekti učestvuju, njihove promene, ili nepromene, odnosno stanja objekata u prostoru i vremenu. Potpun skup svih objekata i njihovih interakcija, iz kojih sledi sve ono što se sa njima može dešavati, i sačinjava prirodu. Da bismo ga bolje zapamtili nazvaćemo ga model

«**objekti** – **interakcije** - **pojave**» .

Predmet interesovanja (u daljem **PI**) nekog istraživanja može biti bilo koja od ove tri kategorije, ili bilo koja njihova kombinacija. **Objekt** (ili sistem) je dobro definisani deo prirode koji može imati manje ili više složenu strukturu sačinjenu od različitih pod-objekata, eventualno organizovanih u različite strukturne nivoe. Ova **hijerarhijska struktura** predstavlja bitnu odrednicu svakog objekta. Očekujemo da se objekt tim složenije ponaša što sadrži veći broj pod-objekata koji ga sačinjavaju unutar svakog nižeg strukturnog nivoa, kao i što mu je broj strukturnih nivoa veći. Osobine objekata zavise od osobina interagujućih pod-objekata koji čine njihove niže strukturne nivoe. Objekti, interakcije i pojave su opisani određenim brojem svojih karakteristika, odnosno kvaliteta, po čijim se vrednostima, odnosno kvantitetu svakog kvaliteta, unutar kategorije sebi po prirodi istih objekata mogu međusobno da upoređuju. Te veličine koje opisuju PI ćemo ovde zvati *parametrima* (često korišćeni sinonimi za te veličine, karakteristike ili kvalitete su i atributi, obeležja, varijable, promenljive). Osnovna osobina svih

parametara je njihova **merljivost**, odnosno mogućnost da se u datoj situaciji datom parametru jednoznačno pripiše određena brojna vrednost. **Merenje** je procedura kojom se dati parametar PI u konkretnoj situaciji upoređuje sa (proizvoljno izabranom) jediničnom vrednošću istog tog parametra. Često se najbolja definicija datog parametra svodi upravo na opis skupa operacija kojim mu se pripisuju brojne vrednosti (operacionalistička definicija). Praćenjem ovih brojnih vrednosti parametara kvantitativno upoznajemo sve pravilnosti u ponašanju našeg PI. To je preduslov za nalaženje egzaktnih relacija između parametara, odnosno za opis tog ponašanja **matematikom**, što je svakako daleko najvažnija osobenost naučnog metoda. Što brojevi kojima opsujemo vrednosti parametara objekata imaju veći broj sigurnih cifara kažemo da su nam merenja **tačnija**, što zatim omogućuje i tačnije egzaktno opisivanje ponašanja tih objekata (što može zvučati kao pleonazam, ali nije). Obeležimo li jednoznačno svaki parametar nekim simbolom, nađene pravilnosti u ponašanju mogu se uvek predstaviti odgovarajućom matematičkom jednačinom, koja ubuduće zamenjuje ceo univerzum podataka o PI, i služi za egzaktnu predikciju ponašanja PI, sa datom tačnošću. Ako, i kada, takav opis u nekoj situaciji zakaže, dolazi do sledeće iteracije koja treba da obuhvati i opis ponašanja u toj problematičnoj situaciji.

Fundamentalniji objekti i pojave imaju manje parametara a što je objekt složenije strukture za njegovo opisivanje je, po pravilu (od koga za potrebe nekog partikularnog ponašanja može biti izuzetaka) potreban veći broj parametara. U zavisnosti od prirode objekta parametri su vrlo različiti – to su nekad vrlo očigledne karakteristike definisane u skladu sa našim čulnim doživljajem objekta, nekad su to njegove karakteristike analogne ovim prvim ali inače potpuno nedostupne čulima, a nekad su to vrlo apstraktni pojmovi koji izmiču svakoj drugoj definiciji osim operacionalističkoj. Uspešna parametrizacija objekata, interakcija i pojava je, dakle, osnovni preduslov za njihovo uspešno upoznavanje. Mnogi objekti i pojave u prirodi se mogu smatrati uspešno parametrizovanim, ali su mnogi verovatno još daleko od toga. Jedno upozorenje je ovde na mestu. Obično se kaže da naukom dominira ideja aproksimacije. To je jak iskaz složenog značenja. Implicitno, on podrazumeva da nauka napreduje postepeno, uključujući sve manje i finije detalje u svoj opis prirode, težeći konačnoj egzaktnoj slici o njoj. Kada bismo čekali da odmah sve bude savršeno i potpuno nikad ništa ne bismo uradili. U tom svetlu treba posmatrati i gornje probleme sa

potpunom parametrizacijom prirode. Kao što ćemo više puta naglasiti, a toga nikad dosta, u matematičkom opisivanju prirode i leži sva prediktivna moć nauke i naučnog metoda. Maloparametarski objekti podložniji su egzaktnom matematičkom opisivanju, dok su oni sa većim brojem parametara zbog složenosti tome podložni samo delimično, **u nekim partikularnim osobinama**. No iako u takvim slučajevima taj program nismo u stanju da u potpunosti sprovedemo, verujemo da je to bar u principu moguće, u šta nas uostalom stalni rast nauke i uverava.

Pojave u najopštijem smislu delimo na **stacionarne** i **dinamičke**. Kažemo da su objekti u **stacionarnim stanjima** onda kada se vrednosti parametara koji ih opisuju ne menjaju u vremenu. Ovo «ne menjaju u vremenu» odnosi se samo na srednje vrednosti parametara koji opisuju stanje sistema, dok same trenutne vrednosti stalno *fluktuiraju* oko ovih srednjih vrednosti, usled stalne borbe suprotstavljenih **interakcija** koje i održavaju sistem u stanju «dinamičke ravnoteže». Druga mogućnost, koja se realizuje kada interakcije nisu u ravnoteži, je da objekti zaista menjaju stanje u kome se nalaze, što se vidi po tome što srednje vrednosti parametara koji ih opisuju stvarno menjaju svoje vrednosti. Ovo ćemo uslovno nazvati **dinamičkim režimom**, u kome objekti na određeni način evoluiraju u vremenu i prostoru. I stacionarno i dinamičko stanje objekata u prirodi posledica su **interakcija** ili između pod-objekata koji čine dati objekt, ili interakcija sa drugim objektima iste ili različite vrste. U prvom slučaju interakcije su **unutrašnje** i objekt, ili sistem, je **zatvoren**, a u drugom su interakcije **spoljašnje** i sistem je **otvoren**. Bez obzira o kojim interakcijama se radilo i one su, kao i objekti, u principu opisane nizom svojih karakteristika, ili parametara, po kojima ih možemo razlikovati i kvantifikovati. Apsolutno najvažnija osobina prirode, o kojoj nam govori celokupno iskustvo, jeste da

identične situacije sa datim objektima **uvek i svuda** imaju **iste ishode**, a ako iz jedne te iste situacije ima više mogućih ishoda, onda su **verovatnoće** tih ishoda uvek i **svuda iste**.

Prvu od ovih mogućnosti, da iz iste situacije uvek sledi jedan te isti ishod nazivamo **klasičnim determinizmom**, a drugu, da iz date situacije uvek sledi jedan te isti skup mogućih ishoda uvek ima istu raspodelu verovatnoća,

nazivamo **statističkim determinizmom**. To je osnovni credo nauke, na kome se zasniva naše uverenje da je priroda spoznatljiva. Ekvivalentan iskaz je da je u prirodi sve regulisano uvek jednim te istim uzročno-posledičnim vezama, koje su samim tim spoznatljive. Dosadašnja evolucija nauke krepí u nama nadu da ono što danas nije objašnjeno može biti objašnjeno sutra – *neobjašnjeno nije isto što i neobjašnjivo!* Čovekovo znanje o ustrojstvu i funkcionisanju prirode napreduje brzinom koja je na neki način proporcionalna već dostignutom nivou znanja (što znači da ima eksponencijalni rast), i ono što još nedavno nismo mogli ni da zamislimo da postoji u prirodi, danas je sastavni deo naše slike o njoj. Postoje li pritom fundamentalna ograničenja u mogućnosti spoznaje, ili ne, zanimljivo je spekulativno pitanje koje međutim ni najmanje ne utiče na stalnu evoluciju našeg poimanja prirode i konsektivni rast umeća manipulisanja njome. U ovom kontekstu instruktivno je pogledati šta se u ovom trenutku smatra najvažnijim još uvek nerešenim naučnim pitanjima, odnosno pitanjima na koja, na osnovu dosadašnjeg naučnog iskustva, očekujemo odgovore u okviru tog sistema znanja:

<http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/309/5731/76>

Inspekcija ovih 100 pitanja pokazuje da su ultimativno najsudbonosnija ona iz oblasti fizike a da su najbrojnija i za ljudski rod operativno najznačajnija ona iz oblasti biologije. Suprotno površnom rezonovanju, ovako veliki broj fundamentalnih nerešenih pitanja ne govori o niskom stepenu razvoja nauke, već naprotiv, o vrlo visokom nivou na kome se ona danas nalazi – da bi se ovakva pitanja eksplicitno uopšte mogla da postave potrebno je da se bude u stanju da se naslute mogući odgovori. Instruktivno bi bilo pratiti listu pitanja ovakvog ranga, idući unazad u koracima od po sto godina.

Kao što rekosmo, empirijske nauke se u svom upoznavanju, opisu i razumevanju iskustvenog sveta nužno služe rezultatima apstraktnih nauka, odnosno rezultatima «čistoga uma». To jedna od izvanrednih osobina našeg celokupnog sistema znanja – uspešno korišćenje naših apstraktnih misaonih konstrukata za opisivanje i objašnjavanje iskustvene prirode – što najbolje govori o **unutrašnjoj konzistentnosti** i jedinstvu tog sistema znanja i veština. Pod naučnim metodom ovde ćemo nadalje podrazumevati prvenstveno metod istraživanja u empirijskim naukama. O načinima istraživanja u apstraktnim naukama više reči biće u kasnijim poglavljima.

1.3. Osnovne komponente naučnog metoda

Četiri su glavne komponente koje mogu, a ne moraju sve, da postoje u naučnom istraživanju, te samim tim čine i glavne komponente naučnog metoda. U najkraćim crtama one su:

1. Opis i precizna definicija predmeta interesovanja, jednog dobro definisanog segmenta prirode, **podložnog ispitivanju**. Ovo podrazumeva definisanje skupa objekata i njihovih interakcija koje ga čine, kao i merljivih parametara koji opisuju ove objekte i interakcije. Preduslov za ovo je svakako izvesno prethodno razumevanje suštine predmeta interesovanja (imati predznanje ili makar intuitivno osećanje o tome da je to biljka, društveni ili hemijski proces, mineral, životinja, zvezda, jedan tip pojava u kome definisani objekti učestvuju, itd.) što se najčešće postiže pažljivim posmatranjem, ali i ciljanim eksperimentisanjem, a ponekad je to veoma teško bilo kako utvrditi. Ovo je osnovna analitička faza svakog istraživanja. Primeri dilema u klasifikaciji i parametrizaciji objekata su, kao što rekosmo, mnogobrojni – recimo, još uvek nam nije sasvim jasno koji sve parametri specificiraju datu biološku vrstu.

2. Prikupljanje empirijskog materijala o detaljnim osobinama i načinu ponašanja definisanog predmeta interesovanja, odnosno o nekoj, ili o svim, osobinama iz konkretnog skupa «objekti-interakcije-pojave». Ovo se svodi na utvrđivanje **načina na koji se** predmet našeg interesovanja ponaša, u zavisnosti od onih osobina za koje smo pretpostavili da su u datoj situaciji relevantne. Ovo nazivamo nalaženjem **empirijskih zakonitosti**. U slučaju kompleksnih multiparametarskih sistema to se može utvrđivati i **kvalitativno**, odnosno opisno, ali je poželjno, ako je ikako moguće, to uraditi **kvantitativno**, odnosno izraženo običnim **realnim brojevima**, što je jedini preduslov da te osobine i ponašanje možemo da opišemo matematikom, i da pritom možemo da utvrdimo **stepen pouzdanosti**, ili tačnosti, toga znanja. Pridruživanje brojnih vrednosti datim osobinama prirode, u cilju njihovog daljeg matematičkog opisivanja, kako rekosmo, nazivamo **merenjem**. Dve osnovne mogućnosti pritom su da dati objekt ili pojavu **a) pasivno posmatramo** (što je kompleksan pojam, jer se «posmatranje» sastoji ili u analizi zračenja koja se odatle emituju, ili u posmatranju uticaja koje predmet interesa ima na svoju okolinu, odnosno na ono sa čime interaguje), ili da sa njima **b) aktivno eksperimentišemo** (što je još kompleksniji pojam, jer sadrži veoma raznovrsne, i u svakoj konkretnoj situaciji različite,

radnje od strane eksperimentatora sa ciljem detaljnog, obično kvantitativnog, upoznavanja neke osobine predmeta interesa). U ovoj analitičkoj fazi istraživanja trudimo se da o predmetu interesa prikupimo najobjektivnije moguće informacije, **tako da rezultat ne zavisi od toga ko je obavio istraživanje**. Eksperiment se prvenstveno sastoji u **kontrolisanom** proučavanju predmeta istraživanja. Klasični, takozvani **funkcionalni eksperiment**, može da se izvodi u dve varijante. U prvoj, koju ćemo nazvati dvoparametarskim eksperimentom, prirodnoj studiranju fundamentalnih neživih sistema, kao naprimer u fizici ili hemiji, gde je takav program moguće dosledno sprovesti, brojne vrednosti **svih** parametara sistema se stalno drže pod kontrolom. Jedan od parametara, čije vrednosti vrlo tačno možemo da menjamo po želji, se bira za **nezavisno promenljivu** veličinu, svi ostali osim jednog se drže stalnim, a jedan preostali, čija vrednost sada zavisi samo od vrednosti onog prvog, nazivamo **zavisno promenljivom**. Na taj način je moguće odrediti tip kauzalne veze između nezavisno i zavisno promenljive veličine, bila ona klasično ili statistički determinisana. Ako na takav način ustanovimo veze između svih parametara sistema, tada o njemu posedujemo potpuno empirijsko znanje. U drugoj varijanti funkcionalnog eksperimenta, takozvanom multiparametarskom eksperimentu, prirodnom kompleksnim sistemima kod kojih je teško ili neizvodljivo kontrolisati mnoštvo parametara koji ih opisuju, kao što su to živi sistemi ili njihove zajednice, dozvoljava se simultano variranje većeg broja parametara pa se specijalnim metodama analize zaključuje o njihovim uzajamnim korelacijama ili zavisnostima. Na bilo koji od ovih načina utvrđene pravilnosti u ponašanju datog segmenta prirode nazivamo **empirijskim zakonitostima**. One mogu biti formulisane matematički, što je najpoželjnije, ili, ako baš to nikako nije moguće, opisno, kvalitativno. O nužno konačnoj **tačnosti** ovako prikupljenog empirijskog materijala govorićemo kasnije.

3. Pretpostavljanje pa zatim i utvrđivanje dubljih **razloga** zbog kojih predmet našeg interesovanja ima dato empirijski utvrđeno ponašanje – zašto ima baš te osobine koje ima i zašto se ponaša tako kako se ponaša, što podrazumeva ustanovljavanje zavisnosti njegovih osobina od osobina onih objekata od kojih je sačinjen i/ili onih sa kojima interaguje. Drugim rečima, sada treba primeniti naš gornji opšti **model**, objekti-interakcije-pojave, prilagođen datoj situaciji. Dostizanje ovog nivoa znanja podrazumeva stvaranje misaonih slika o tom predmetu interesovanja, koje nazivamo **hipotezama** i **teorijama**. Hipoteze treba da su

plauzibilne, odnosno na osnovu celokupnog ranijeg srodnog iskustva intuitivno prihvatljive. Takođe mogu biti heuristične, relativno neobrazložene ali stimulatívne za dalji razvoj, podložne korekcijama i usavršavanjima čim se za tim ukaže potreba. Teorija je hipoteza koja je već preživela niz provera. Najviši nivo predstavlja **matematička formulacija** ovakvog našeg viđenja tog konkretnog dela prirode. Teorija ima raznih vrsta; počev od čisto **kvalitativnih**, kakva je recimo teorija evolucije koja, pojednostavljeno, opisno objašnjava način na koji interakcije živih bića dovode do njihove evolucije, pa do ultra **kvantitativnih**, kakva je recimo kvantna elektrodinamika, koja u matematičkoj formi objašnjava pojave koje slede iz interakcija naelektrisanih čestica, i koja se sa stvarnošću slaže do na ni u kojoj drugoj situaciji prevaziđenih desetak sigurnih cifara. Teorije treba da obrazlože date empirijske zakonitosti, ali i da na osnovu svojih opštih razmatranja omoguće razumevanje ponašanja segmenata prirode koji nisu direktno poslužili za njihovo formulisanje. **Proveravanje** hipoteza i teorija u tom smislu, kao i njihovo posledično usavršavanje u smislu povećanja tačnosti opisa, je **stalna** aktivnost koja čini srž naučnog metoda. Ovo je analitičko-sintetička faza istraživanja, u kojoj, naročito u društvenim naukama, ali ne samo u njima (jer i naučnici su samo ljudi, a nauka je ljudsko preduzeće), pored objektivnosti može da se pojavi i doza subjektivnosti. Da bi bile validne, sve teorije na prvom mestu moraju da zadovoljavaju **opšte principe** čije je važenje zahtevano ili od strane celokupnog ranijeg iskustva, ili matematičkim i logičkim argumentima (kao što su recimo razni zakoni održanja, principi simetrije, itd.). Pri formulisanju hipoteza i teorija korisno je biti svestan činjenice da nijedna pojava u prirodi ni pod kakvim uslovima ne može da naruši nijednu opštu pravilnost utvrđenu u okvirima **fizike**. Sve što nije zabranjeno ovim zakonima, ima konačnu, nenultu verovatnoću da se desi. Sledeći kriterijum za prihvatanje teorije je njena relativna jednostavnost – među teorijama istih interpretativnih moći najboljom se smatra ona sa minimumom postulata i ona sa najjednostavnijom strukturom. Taj stav koji ustvari govori da se priroda uvek ponaša najjednostavnije moguće, pa da tome treba da odgovara i naša slika o njoj, često se zove «Okamovim brijačem». Potreba za novim teorijama najčešće se ispoljava pri pojavi novih predmeta interesovanja, ali i za stare predmete interesovanja, pri izlasku van opsega već ispitanih vrednosti parametara. Eksperimenti koji presudno odlučuju o prihvatljivosti neke hipoteze ili teorije, ili o izboru između više njih, nazivaju se krucijalnim. Naše teorije evoluiraju na isti način kao život – preživljavaju samo hipoteze

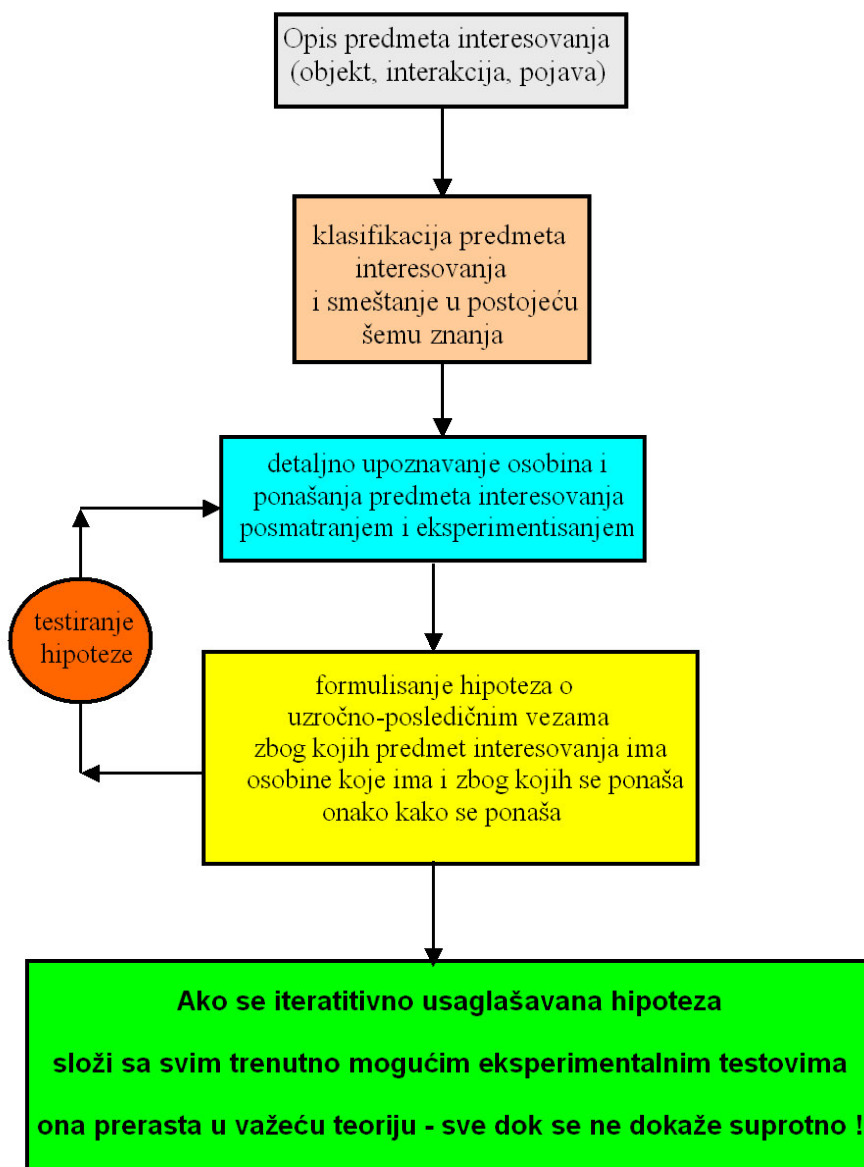
(mutacije) koje su uspešne u okruženju nemilosrdnih empirijskih podataka (kao instrumenata prirodne selekcije). U toj imitaciji prirode (a šta bi se drugo pa imitiralo) verovatno i leži uspešnost naučnog metoda.

4. Utvrđivanje veza sa ostalim srodnim objektima i pojavama, pa zatim i sa svim ostalim predmetima i pojavama u prirodi, i opštim osobinama prirode. Matematička formulacija ovih veza opet predstavlja ideal kome uvek težimo. Ovo je sintetička faza istraživanja, koja na današnjem stupnju naših znanja može još uvek u velikoj meri biti obojena subjektivnošću. Ona podrazumeva potragu za opštim pravilnostima u prirodi koje poštuju velike klase objekata i pojava, a konačno i celokupna priroda. Po svojoj suštini ovde spadaju sve pravilnosti ustanovljene u okviru fizike. Uopštenja partikularnih naučnih znanja, što se ponekad graniči sa metafizikom, od naročito su značaja za filozofiju.

U današnje vreme, kada ogromnost i složenost nauke neumitno zahteva usku specijalizaciju, većina istraživanja ni izbliza ne sadrži sve ove komponente. Prva opšta podela među profesionalcima, koja postoji praktično unutar svake naučne discipline i pod-discipline, je na takozvane «eksperimentalce» i «teoretičare». Uslovno rečeno, eksperimentalci se obično bave tačkama 1 i 2, a teoretičari tačkama 3 i 4, ali su izvesna preklapanja delatnosti i kompetencija ne samo neminovna već i poželjna. Nauka, inače, očigledno napreduje kroz saradnju eksperimenta i teorije, što se u stvarnosti realizuje stalnom smenom eksperimentalnih i teorijskih otkrića. Osmišljeni eksperimenti su nužno rukovođeni teorijskim argumentima, a teorija koja ne daje rukovodstvo za akciju i čija se predviđanja ne mogu eksperimentalno proveriti je najblaže rečeno metafizička. Treća, različiva a u tkivo naučnog metoda i nauke utkana delatnost bez koje se ne može, je razvoj naučnog instrumentarijuma i posledični razvoj veština u manipulisanju odgovarajućim segmentom prirode. Jaka interakcija sa svim oblastima tehnike i tehnologije je zbog toga neminovna. Poslednja delatnost, ali svakako ne to i po značaju, koja se u ovako gruboj šemi ne vidi eksplicitno, je razvoj matematike, nezamenljivog jezika empirijskih nauka. Kako se ispostavlja, novoupoznati segmenti prirode za opis često zahtevaju i novu matematiku. Ukoliko je u okviru matematike ona već razvijena, tim bolje. No u istoriji razvoja nauke poznate su situacije kada je razvoj novih matematičkih disciplina bio diktiran potrebama empirijskih nauka, kao što je to recimo bio slučaj sa infinitezimalnim računom (Njutново delo u kome je on razvijen, koje je revolucionisalo nauku, se i zove «*Matematički principi prirodne*

filozofije»). Asimptotsko kretanje ka sve potpunijem i operativnijem znanju kroz sukcesivno naizmenično usavršavanje eksperimenta i teorije nekad nazivamo metodom probe i greške. To se ponekad smatra inferiornom metodologijom, ali se u njenu plodotvornost ne može sumnjati, kao ni u činjenicu da naša naučna znanja *de facto* napreduju na taj način.

Konačno, opšta pojednostavljena šema naučnog metoda istraživanja, koju ćemo ostaviti bez daljih komentara, može se prikazati sledećim organigramom:



1.4. Naučni metod i slika o hijerarhijskoj strukturi prirode

Da bi se u datoj fazi razvoja nauke naučni metod uspešno primenjivao za njen dalji razvoj, neophodno je imati dovoljno jasnu sliku o trenutnom naučnom pogledu na celokupnu prirodu. Predmet interesovanja naučnog istraživanja može biti, i jeste, sve što postoji – bilo koji objekt ili pojava u prirodi. Priroda je uopšte spoznatljiva zahvaljujući jednostavnoj a apsolutnoj najbitnijoj od svih činjenica o prirodi, u koju nas uverava upravo celokupna nauka, da je ishod iz jedne te iste situacije **uvek**, i u prapočecima postojanja Vasiona i danas, i **svuda**, i u najdaljem ćošku Vasiona i ovde, **jedan te isti**. Pritom je svejedno da li se radi o pojavi sa jednim ishodom (klasično deterministička) ili sa više ishoda (statistički deterministička, kada su klasično determinisane verovatnoće ishoda). Zbog toga je i naše znanje o osobinama prirode trajno; ono što mi danas naučimo o prirodi buduće generacije više neće morati da uče ponovo. Priroda je, nadalje, jedinstvena; niko i ništa ne može da naruši opšte pravilnosti koje određuju ponašanje svega što postoji. Zato je moguće da, poznajući datu situaciju, jednoznačno **predvidimo** ishod, ili skup mogućih ishoda, iz nje, što i jeste krajnji cilj našeg upoznavanja funkcionisanja prirode. To nam dozvoljava da zamislimo (projektujemo) realizaciju neke situacije, da je zahvaljujući našim manipulativnim sposobnostima i realizujemo, i da se konačno uverimo da se realizacija slaže sa projektom. U tome se sastoji glavna i potpuna **verifikacija** naučnih znanja. Prediktivna sposobnost je u slučaju kompleksnih sistema smanjena nemogućnošću poznavanja i kontrole svih parametara koji opisuju situaciju. Moć nauke je dobrim delom zasnovana i na činjenici da nauči ništa nije sveto i da je sve stalno podložno preispitivanju, sve dok jednom ne budemo, na osnovu naučnih merila, zaključili da je stepen poznavanja tog predmeta interesovanja zadovoljavajući. Verovatno je mudro reći da ni do dan danas ni o jednom objektu ili pojavi u prirodi nismo uspeli da dostignemo stepen znanja koji bi bio u potpunosti zadovoljavajući po pitanju svih gore navedenih komponenti naučnog rasuđivanja.

Kako se ispostavlja, ogromno mnoštvo raznovrsnih objekata i pojava u prirodi nije moguće detaljno upoznavati unutar jednog jedinstvenog sistema znanja. Njihove osobine su, bar na prvi pogled, toliko različite da samo određene grupe srodnih objekata i pojava možemo da proučavamo u okviru jednog dobro definisanog sistema veština i znanja. Već samo da

bismo celu prirodu razvrstali u takve grupe srodnih predmeta istraživanja preduslov je da ih imamo dobro opisane, tako da taj opis može da posluži za njihovu takvu klasifikaciju. Na taj način smo podelili celu prirodu, i takve grupe predmeta istraživanja raspodelili po odgovarajućim naukama. Otud nam fizika, hemija, biologija, astronomija, geografija, fiziologija, psihologija, sociologija, ekonomija, i još mnoštvo drugih nauka i njihovih pod-disciplina. No, posle izvesnog dostignutog nivoa znanja o prirodi kroz ovakve odvojene nauke ispostavlja se da među predmetima njihovog proučavanja itekako ima mnogo zajedničkog – na prvom mestu ispostavlja se, recimo, da sve što postoji ima potpuno istu submikroskopsku strukturu, odnosno da u prirodi ustvari nema ničeg drugog do konačnog broja takozvanih elementarnih čestica, i da je neverovatno šarenilo prirode samo rezultat njihovog izvanredno fleksibilnog uzajamnog delovanja koje upravo omogućuje postojanje ovakve prirode kakvoj pripadamo. Takođe se ispostavlja da je principijelno različitih načina ponašanja tog ogromnog broja naizgled vrlo raznovrsnih objekata, interakcija i pojava, ipak konačan, i to po svemu sudeći čak i relativno neveliki broj. U skladu sa ranijom definicijom hijerarhijske strukture objekata u prirodi, postepeno se iskristalisalo da postoji **sedam** takvih **strukturnih nivoa**. Doslednom primenom naučnog metoda utvrđena izgradnja prirode u tih sedam odeljenih strukturnih osnova je za uvođenje reda u bazičnu sliku o prirodi, pa i u sistem nauka koji takvu organizaciju prirode i reflektuje. Naša slika o tom opštem poretku u prirodi svakako je najvažnije postignuće dosledne primene naučnog metoda. Jednom formirana, ona drastično olakšava dalji razvoj nauke i uspešnu primenu naučnog metoda. Kada se upuštamo u neko istraživanje važno je da znamo gde se u toj organizacionoj šemi prirode nalazi naš predmet interesovanja. Po pravilu, osobenosti datog strukturnog nivoa zavise od osobina u dubljim strukturnim nivoima. Krećući od najdubljeg, osnovnog, ti strukturni nivoi materije, odnosno prirode, su:

1. **Elementarne čestice.** Bez obzira kako naše saznanje o elementarnim česticama bude evoluiralo, one će uvek ostati definisane kao jedini **bezstrukturni objekti** u prirodi, kao entiteti koji se ne mogu svesti ni na šta jednostavnije, i koje zahvaljujući svojim **interakcionim sposobnostima** izgrađuju svoje vezane sisteme koji čine ostalih šest strukturnih nivoa materije. To su maloparametarski fundamentalni sistemi podložni egzaktnom merenju, u velikoj meri aktivnom eksperimentalnom upoznavanju

osobina i pojava u kojima učestvuju, pa time i egzaktnom matematičkom opisivanju. Na njihove osobine se nikako ne može uticati, one su takve kakve su, večite i nepromenljive. U tome leži razlog apsolutne reproducibilnosti i u ostalim strukturnim nivoima. Tipične energije ekscitacija inače opadaju sa porastom složenosti strukturnog nivoa te su u svetu elementarnih čestica one najveće, reda GeV. To je glavni razlog stabilnosti materije u uslovima niskih energija, u kojima se ona nalazi u našem okruženju. Ovaj fundamentalni i ustvari jedini postojeći nivo materije proučava fizika u okviru svoje discipline – **fizike elementarnih čestica i njihovih interakcija**. Osnovnu opštu teorijsku bazu za opisivanje ponašanja materije na svim submikroskopskim nivoima čine **kvantna teorija i teorija relativnosti**. Takozvana **kvantna teorija polja** predstavlja sintezu ove dve discipline i našu ultimativnu sliku o strukturi materije. Diskretna struktura materije i suštinski probabilistički karakter pojava u ovom nivou uzroci su statističko-determinističkog ponašanja i u sledeća tri strukturna, mikroskopska nivoa materije. U okviru takozvanog **Standardnog Modela** čestica i njihovih interakcija danas razumemo praktično sve pojave u kojima one učestvuju. Drugih ingredijencija osim elementarnih čestica i njihovih interakcija u prirodi nema, a prerastanje kompleksnih sistema čestica u sledećim strukturnim nivoima u nove kvalitete je osnovna osobina materije koja dovodi do diversifikacije i raznovrsnosti. Osnovno pitanje o elementarnim česticama je da li ćemo ikad saznati od čega zavise njihove osobine, odnosno zašto imaju baš takve osobine kakve imaju, a ne nekakve drugačije. To pitanje se svodi na pitanje o poreklu dvadesetak takozvanih «slobodnih parametara» Standardnog Modela, čije brojne vrednosti danas poznajemo samo iz upoređenja empirijskih i teorijskih znanja. Tu spadaju sve konstante interakcija, vrednosti naboja čestica uključujući i njihove mase, i sve vrednosti takozvanih univerzalnih fizičkih konstanti. O poreklu vrednosti tih fundamentalnih karakteristika prirode, od kojih u sledećim strukturnim nivoima zavise sve njene osobine, danas nemamo nikakvog pojma i njih ne umemo da svedemo ni na šta jednostavnije i fundamentalnije. Po tom pitanju se naslućuje nekoliko mogućnosti. Po hipotezi multisvetova (tzv. «multiverse») postoji mnoštvo vasiona, koje međusobno ne mogu da komuniciraju, svaka sa svojim vrednostima skupa parametara elementarnih čestica od kojih je izgrađena. Samo naša ima ovaj

konkretan skup parametara, što je u svim detaljima i čini onim što ona jeste. Mana hipoteze je njena praktična neproverljivost. Druga mogućnost je da su u aktu stvaranja parametri čestica stvoreni slučajno, fluktuaciono, kao što se sve pojave i dan danas u Vasioni u suštini dešavaju. Ova mogućnost je neprivlačna, prvenstveno jer čovek teško prihvata da je i on sam rezultat slučajnosti. Takođe postoji mogućnost da su osobine čestica samousaglašene (tzv. «bootstrap»), da osobina samo jedne od njih na neki način uslovljava osobine svih ostalih. Ovome je praktično ekvivalentna mogućnost da osobine čestica zavise od osobina prostora; da osobine prostora dozvoljavaju postojanje samo ovakvog skupa njegovih ekscitacija (na šta se otprilike svodi hipoteza stringova). Problem se u oba slučaja redukuje na objašnjenje osobina i porekla tog jedinstvenog entiteta, od koga posle zavisi sve ostalo. Konačno, savremene kvantne kosmologije dozvoljavaju zanimljivu mogućnost «kreacije stabilne materije ni iz čega», koja se u mnogim varijantama teorije intenzivno razmatra.

2. **Atomska jezgra.** To su osnovni jako vezani sistemi elementarnih čestica koji u prirodi mogu da se formiraju isključivo u ekstremnim uslovima (samo u Velikom Prasku i u unutrašnjostima velikih zvezda), pa da zatim u svim manje oštrim uslovima i opstanu, čime predstavljaju dobro definisanu i izuzetno stabilnu osnovu za izgradnju sledećeg, atomskog, strukturnog nivoa. Ovo je posledica velikih energija ekscitacije jezgara, koje su tipično reda MeV. Potpuno stabilnih jezgara ima 270. Broj elementarnih čestica u jezgrima je već dovoljno veliki da im je egzaktni matematički opis vrlo otežan. Pored toga to je jedini vezani sistem u kome elementarne čestice interaguju svim vrstama fundamentalnih sila: jakim, elektromagnetnim i slabim (dok je interakcija gravitacionim interakcijama na tom nivou bez vidljivih posledica). No približne metode opisivanja su dovoljno plodotvorne. Eksperimentisanje je skoro u potpunosti moguće i empirijska baza je zadovoljavajuća. O stepenu kojim poznajemo jezgra najbolje govori činjenica da smo, na našoj planeti na kojoj inače uslovi za tako nešto uopšte ne postoje, naučili da proizvodimo sva jezgra i time aktivno utičemo na elementalni sastav materije. Razvoj nuklearnog oružja i nuklearne energetike ovo samo potvrđuje. Ovaj osnovni strukturni nivo materije proučava fizika u okviru svoje discipline – **nuklearne fizike**. Poreklo jezgara razumemo gotovo u potpunosti;

ona su se formirala ili u samim počecima stvaranja Vasiona, ili u centralnim oblastima zvezda, gde se i danas formiraju.

3. **Atomi.** Elektroni su za dato atomsko jezgro, sve dok je ovo nepromenjeno, vezani elektromagnetnom interakcijom potpuno reproducibilno, u uvek isti sistem, te hemijski elementi, čiji su oni fundamentalne jedinice, predstavljaju uvek istu dobro definisanu osnovu za izgradnju sledećeg, molekularnog, nivoa. Atomska struktura materije rezultuje u periodnom sistemu elemenata, i svemu što on predstavlja. No veza elektrona u atomima je daleko slabija od one koja održava atomska jezgra, i atomi opstaju u daleko užoj oblasti uslova od onih u kojima opstaju njihova jezgra. Najniže energije ekscitacije atoma tipično su reda eV (energije fotona vidljive svetlosti). Oštećeni atomi, koje nazivamo jonima, budući eksplicitno naelektrisani, ponašaju se drugačije no kada su električno neutralni. I osobenosti ovog nivoa građe materije proučavamo u okviru fizike – njene discipline – **atomske fizike**.
4. **Molekuli.** Svega stotinak različitih vrsta atoma, odnosno hemijskih elemenata, se takozvanim rezidualnim elektromagnetnim kratkodometnim interakcijama između atoma neverovatno fleksibilno vezuje u ogromno mnoštvo različitih asocijacija koje nazivamo molekulima. Veze atoma u molekulima još su slabije od onih koje održavaju atome i molekuli po pravilu opstaju u samo vrlo uskom opsegu uslova koji postoje u prirodi. Najniže energije ekscitacije molekula su reda meV (energije IC fotona). Jednom uništen, za razliku od atoma, molekul ne mora da se ponovo formira na isti način; koji će se molekul formirati zavisi od atomskog okruženja. Ovaj **element slučajnosti** čini ovaj nivo prvim na kome dolazi do mogućnosti za samoorganizaciju materije u kompleksne sisteme. U datim uslovima preživljava «najsposobnija» molekularna vrsta, ili neka njihova kombinacija. Ponašanje molekula je, zbog velikog broja čestica koje ih čine, već kvazi klasično-determinističko – zbog čega je sledeći, makroskopski nivo, a u tom broju i život, koji je baziran na molekularnoj strukturi, izvanredno reproducibilan. Osnovne osobine ovog strukturnog nivoa proučavamo unutar **fizike molekula** i **kvantne hemije** a ovde može da se svrsta i proučavanje molekulske osnove života u okviru **molekularne biologije** i **genetike**. Fenomenologija bogatog i složenog

ponašanja materije na ovom nivou proučava se u okvirima raznih disciplina **hemije** i **biohemije**.

5. **Makroskopska tela.** Tako nazivamo asocijacije mnoštva molekula i atoma koji mogu zahvaljujući veoma slabim kolektivnim elektromagnetnim interakcijama da se organizuju na maltene neprebrojivo mnogo načina, zahvaljujući kojima je priroda na Zemlji toliko neverovatno raznovrsna. Tu spadaju i oni sistemi koje zovemo neživim i oni koje nazivamo živim. Ovaj domen prirode **jedini** je delimično dostupan našim čulima i njega smo nužno prvog upoznali. Naše upoznavanje svih ostalih **vančulnih** nivoa strukture materije stoga je opterećeno i predodređeno našim čulnim poimanjem funkcionisanja prirode u ovom nivou. Zahvaljujući mobilnosti našeg intelekta manipulaciju makroskopskim telima doveli smo do vrhunca. Uzajamne veze molekula u makroskopskim telima su vrlo slabe i ona opstaju u veoma uskom opsegu spoljašnjih uslova. Gravitaciona interakcija između sastavnih delova makroskopskih tela još uvek je zanemarljiva, mada na njih, u našem okruženju, gravitacija Zemlje presudno utiče. Nivo makroskopskih tela je prvi na kome bar prividno, na nivou osetljivosti naših merenja, vlada klasični determinizam, dok se materija na prva četiri nivoa ponaša suštinski statističko-deterministički. Kao što dobro znamo makroskopski neživi sistemi mogu da se nalaze u tri različiva agregatna stanja. Mikroskopski gledano i tu se materija ponaša statistički determinisano. Živi sistemi su izvanredno složeni i zahtevaju veoma dugotrajne stabilne uslove da bi kroz sukcesivnu reprodukciju i mutacije postepeno evoluirali do sve višeg stepena organizacije. Život opstaje praktično samo u intervalu temperatura u kome je voda u tečnom stanju. Živi sistemi se nalaze u stanjima koja se najbolje mogu okarakterisati kao koloidna – kao intimne smeše mnogobrojnih supstanci koje koegzistiraju i pritom zadržavaju svoju individualnost. Oni su multiparametarski i metodi upoznavanja ne mogu biti isti i egzaktni kao kod neživih sistema (o tome nešto više kasnije). Kolektivno ponašanje većeg broja jedinki ima drugačije pravilnosti od ponašanja usamljenih jedinki. Ljudska vrsta poseduje najrazvijeniju svest, kao osobeni kvalitet najvišeg nam poznatog stepena organizacije materije, koja zahteva posebnu metodologiju proučavanja. Raznovrsne aspekte osobina i ponašanja kompleksnih makroskopskih tela proučavamo u

okvirima mnoštva različitih nauka, prirodnih i društvenih – osnovne osobine u okvirima raznih disciplina **fizike** – koja i na ovom nivou strukture proučava opšte pravilnosti kojima se pokoravaju sva makroskopska tela, živa i neživa. To su različite oblasti takozvane klasične fizike, fizike kondenzovanog stanja materije, biofizike, itd. Partikularne osobine ovih tela proučavamo u okvirima svih ostalih nauka, **prirodnih i društvenih**. Prividni kaos prirode u svetu naših čula posledica je postojanja ogromnog mnoštva složenih multiparametarskih makroskopskih objekata, i isto takvog mnoštva uslova u kojima se oni mogu naći, u čemu je teško uočiti reproducibilnost identičnih situacija, prvenstveno zbog praktične nemogućnosti da se stvarno identična situacija po svim relevantnim parametrima uopšte i realizuje. Početna stanja već neizbežno poseduju raznovrsne distribucije po većem broju relevantnih parametara.

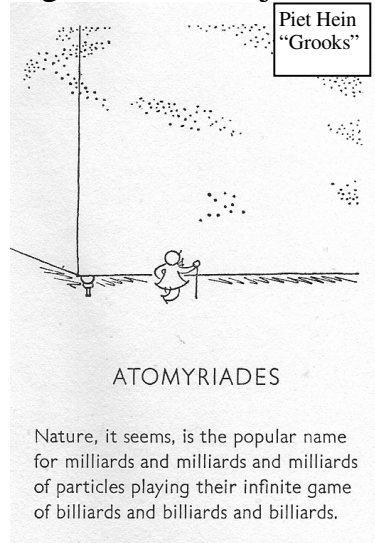
6. **Megaskopska tela.** To su raznovrsna tela velikih dimenzija u kojima se sastavne elementarne čestice, za razliku od makroskopskih tela, na okupu drže gravitacionim interakcijama. Njih obično nazivamo nebeskim telima. Daleko najveći deo vidljive (luminozne) materije u prirodi nalazi se u obliku ovakvih tela. Posle kompleksnog multiparametarskog makroskopskog sveta, ovaj strukturni nivo je za divno čudo jednostavniji. Praktično jedini parametar koji ovde, pored nuklearnog sastava, određuje ponašanje i evoluciju objekata, je njihova masa. Velika tela su gasovita i užarena i u njima teku violentni procesi između elementarnih čestica, koji i predstavljaju praktično jedine izvore energije u Vasioni, dok su mala tela hladna i čvrsta i samo na njima mogu da postoje uslovi za opstanak slabo vezanih sistema čestica, odnosno makroskopskih tela. Megaskopskim telima van Sunčevog sistema nemamo direktan pristup i sa njima se ne mogu raditi autentični eksperimenti, već ih možemo samo sistematski posmatrati, uz bitnu, svim posmatračkim rezultatima opravdanu pretpostavku da se materija svuda ponaša onako kako smo u našem lokalitetu autentičnim eksperimentisanjem utvrdili da se ponaša. Posmatranje je inače ovde dovedeno do vrhunca jer se pod tim podrazumeva detaljno merenje svih osobina zračenja koja nam odatle dolaze. Osobine ovih tela proučavamo opet u okvirima fizike, odnosno njene discipline **astrofizike**, a fenomenologiju u okvirima **astronomije**.

7. **Vasiona (Svemir, Kosmos, Univerzum).** Svim tim ekvivalentnim terminima nazivamo ukupnost svega što postoji u prirodi. Materija u krupnoj skali ispoljava pravilnosti i strukturne osobine koje se u maloj skali ne pokazuju kao značajne. Osobine prostor-vremena u koga je materija utopljena, a koja ga sa svoje strane i sačinjava, određuju ponašanje sveukupne materije. Te osobine su verovatno ekvivalentne sa gravitacijom, odnosno sa univerzalnom težnjom celokupne materije za agregacijom, koja postaje tim jača što je se veća količina materije već koncentrisala u manjoj oblasti prostor-vremena. Vasiona po svemu sudeći sadrži veliku količinu materije koja uopšte ne učestvuje u izgradnji nižih strukturnih nivoa, takozvanu tamnu materiju, i naročitu vrstu antigravitacije, takozvanu tamnu energiju. Tačna priroda ova dva vida materije još nam nije poznata. Pretpostavka o istovrsnom ponašanju materije u celoj Vasioni se inače, potpomognuta celokupnim posmatračkim iskustvom, pritom podrazumeva. Zbog konačne brzine prostiranja zračenja koja nam emitovana od strane luminozne materije stižu iz udaljenih delova Vasiona, ovo istovremeno dokazuje da se materija i oduvek ponašala na isti način, odnosno da prirodni zakoni zaista ne evoluiraju, već da upravo njihova invarijantnost omogućava evoluciju materije kroz različite strukturne nivoe. Glavna posmatračka činjenica o Vasioni je da se ona širi, i da je to širenje počela iz singularnog stanja poznatog kao Veliki prasak («Big Bang») pre oko 14 milijardi godina. Sinteza znanja iz svih oblasti **fizike** i **astronomije** kulminira u **kosmologiji**, nauci o Vasioni, a u poslednje vreme se ispostavlja da se bez razumevanja fundamentalnih procesa između elementarnih čestica koji su se odvijali u ranoj istoriji evoluirajuće Vasiona ne mogu razumeti ni osobine današnje Vasiona čiji smo deo. Ovaj aspekt pojava u prirodi, koji direktno govori o njenoj jedinstvenosti i samousaglašenosti, proučavamo u okvirima novoformirane discipline, takozvane **astro-čestične fizike**.



Za sada je potpuno razumevanje osobina i ponašanja svih složenih objekata i pojava u prirodi preko njihove submikroskopske strukture nemoguće, i takozvana **redukcija svih nauka na fiziku**, u okviru koje se izučavaju osobine elementarnih čestica, jezgara, atoma i molekula, od

čega su sastavljena sva makroskopska i megaskopska tela, pa i čitava Vasiona, još je jako daleko, ako ikada i bude moguća u potpunosti. Izvanredno složeni sistemi elementarnih čestica, kao što su recimo živi organizmi, ili njihove zajednice, koje nazivamo društvima, poseduju



zbog te svoje složenosti niz osobina koje zahtevaju poseban pristup u proučavanju i poseban sistem znanja i veština da bi bio plodotvoran. No to, makar principijelno saznanje o mogućnosti redukcije svega što postoji na stalno previrući svet elementarnih čestica, što odgovara poznatom antičkom atomističkom idealu, olakšava nam stvaranje sveobuhvatne slike o prirodi i spasava nas od potrebe za uvođenjem u stvaranje te slike bilo čega van prirode same.

Iz ovoga što smo do sada kazali vidimo da je precizan opis i definicija predmeta istraživanja nezaobilazan i najznačajniji prvi korak u svakom istraživanju – uslov bez koga se ne može. Podela celokupne prirode na predmete interesovanja koji se mogu dobro i jednoznačno definisati pa zatim i predati odgovarajućim naukama na proučavanje neverovatno je složen zadatak koga niko, da sada počinje da radi taj posao po prvi put, verovatno ne bi ni mogao da obavi u nekom razumnom vremenskom roku. No, kako se ispostavlja, počevši od pradavnih vremena pa do danas objekti i pojave u prirodi su postepeno i sve pažljivije, prvo perceptivno pa zatim sve transcendentalnije, opisivani i definisani te su na današnjem stupnju razvoja predmeti interesovanja svih nauka, po kojima se uostalom one i razlikuju i po kojima su se razvile u oblike koje trenutno imaju, u najvećoj meri zadovoljavajuće definisani. To opet ne znači da se više ne pojavljuju novi predmeti interesovanja pojedinih nauka kao da i već ranije definisani i svrstani u delokrug jedne nauke ne postaju predmet interesovanja, sa nekog drugog aspekta, i neke druge nauke.

Prva pozitivna posledica preciznih definicija i opisa predmeta interesovanja date nauke jeste mogućnost uočavanja sličnosti i razlika između ovih predmeta, i na osnovu toga njihove klasifikacije u srodne grupacije, čiji pripadnici poseduju zajedničke osobine, koje sada mogu da se porede i eventualno objašnjavaju. To je prvi korak u uvođenje reda u prividni kaos prirode. Što ovaj prvi korak bolje obavimo to će nam

kasnije biti lakše da ispunimo ostale zahteve shvatanja i tumačenja prirode. Setimo se kako i po kojim sve parametrima klasifikujemo elementarne čestice, atome hemijskih elemenata pa zatim i same hemijske elemente, jedinjenja, materijale, minerale, mikroorganizme, biljke, životinje, bolesti, čovekov karakter, ljudska društva, zvezde, galaksije, kao i šta je sve iz tih opisa i klasifikacija proisteklo.

1.5. Naučni metod i logika

Nauka i naučni metod, kao i svaka druga čovekova racionalna delatnost, zasnovani su na zdravom razumu – na sposobnosti čovekovog intelekta da iz premisa različitog porekla po određenim iskustvenim pravilima izvlači zaključke. Možemo reći da je u nauci i naučnom metodu zdrav razum doveden do vrhunca. Trenutno, a možda i u principu, čovek nije sposoban za veća dostignuća. Kako se ispostavlja, logika prirode, a time i nauke koja je njen lik u našoj svesti, je krajnje jednostavna, ustvari najjednostavnija moguća; ona je monovalentna, tj. priroda se u datoj situaciji ponaša uvek samo na jedan način, a time i ne mogu da postoje dva apsolutno tačna iskaza o jednom predmetu u prirodi. U tom smislu nauka je i ovaplođenje formalne logike. Osnovna pretpostavka je da je u



prirodi sve jednoznačno i «tačno», a pogrešno može biti samo naše viđenje ili predviđanje nekih činjenica, tj. pogrešnih hipoteza ima beskonačno mnogo, kao i delimično tačnih, a potpuno tačna postoji samo jedna. Ukoliko naše znanje asimptotski teži njoj – sve je u redu. Od dve hipoteze koje se isključuju samo jedna, ili nijedna, može da bude tačna, što je

posledica toga da se priroda ne ponaša dvoznačno, a pogotovo ne višeznačno. Treba razumeti da je i probabilističko ponašanje uvek isto, odnosno da je za datu situaciju, i ono uvek, u srednjem, jednoznačno. Asimptotska težnja poznavanju prvih principa koji stoje u pozadini svega ne mora nužno da znači da taj stupanj možemo dostići tek u beskonačnosti.

U tom smislu bitno je da u kretanju ka finalnom znanju novo znanje ne protivureči starom, jer se inače to staro ne bi po naučnim kriterijumima ni

moglo da okvalifikuje kao znanje. Novo znanje treba da obuhvati staro kao svoj specijalni slučaj, koji ostaje da važi u datoj aproksimaciji, sa datom tačnošću. To upravo i znači da znanje napreduje sukcesivnim aproksimacijama, tako što ranija znanja manje tačnosti svodi na specijalne slučajeve potonjih, tačnijih. Potreba za «odbacivanjem» naučne teorije se ukazuje kada se izade van oblasti njenog važenja, jer da bi uopšte postala naučna teorija ona je morala prethodno negde da važi. Termin «odbacivanje» je neadekvatan - i kada se nađe opštija i tačnija teorija, ona stara će i dalje na isti način važiti tamo gde je prvi put i ustoličena. Nova teorija u oblasti važenja stare teorije mora da daje ili iste rezultate, ili da opisuje stvari sa tačnošću većom od one sa kojom je stara teorija ustoličena. Statika i otpornost materijala nikad neće biti zamenjeni pri projektovanju mostova i oblakodera, iako znamo da su zakoni klasične mehanike aproksimativni, a da su mehaničke osobine materijala objašnjive samo kvantnom mehanikom. No u oblasti nanomaterijala nužno ćemo primenjivati zakone njihove mikroskopske strukture.

Problema sa samom prirodom pritom očigledno nema; ona nesumnjivo sasvim lepo i konzistentno postoji bez obzira na stepen našeg znanja o njoj, dok suštinskih logičkih problema sa našom slikom o njoj potencijalno ima. Ispostavlja se, naime, a to nam je i intuitivno prilično jasno, da se unutar jednog konačnog sistema uzročno-posledično povezanih znanja ne mogu logički dokazati sve veze između pojmova koji čine taj sistem, već da pritom neophodno moraju da postoje pomoćni pojmovi koji ne pripadaju tom sistemu – recimo apriorni postulati koji nemaju objašnjenja u drugim elementima tog sistema znanja, ili skup slobodnih parametara Standardnog Modela, itd. Potpun zatvoren matematički sistem, bilo apstraktan, bilo onaj koji korespondencijom sa pojmovima iz prirode reflektuje osobine samo nekog dela prirode pa možda i prirode cele, izgleda da ne može da postoji. No ako je sistem prirode beskonačan, onda ova logička poteškoća otpada, jer tada uvek sve novi i novi pojmovi iz dubljih struktura mogu da dođu u pomoć da objasne ono što je dotle moralo da se postulira. Sve zajedno ovo može da znači da je priroda zaista jedan beskonačno u dubinu struktuirani sistem. Budući da nema sumnje da u prirodi ne postoji ništa drugo do dobro definisane elementarne čestice i njihove interakcije ovaj gornji zaključak značio bi da mora da postoji beskonačni niz sve osnovnijih i osnovnijih elementarnih čestica, koje su potrebne da bi priroda funkcionisala konzistentno, kao i naša slika o njoj. No to je sve problem konačnog i

potpunog sistema znanja o prirodi, što praktične naučnike koji se, koristeći sve blagodeti naučnog metoda, još uvek trude da upoznaju funkcionisanje pojedinih delova prirode, ne uzbuđuje mnogo.

Pomenimo sada samo neke od opštih teškoća koje prate jednoznačno definisanje objekata i pojava u prirodi, sa ciljem da bi svako uvek i svuda mogao da ih shvati i tretira na isti način. Osnovni problem je što se definicije predmeta interesovanja moraju, bar u početku te procedure, izražavati običnim jezikom, što podrazumeva da se do tada nedefinisani predmet mora definisati pomoću već poznatih pojmova koji su sadržani u dotadašnjem jeziku. Ovo je samo jedan od aspekata problema «svođenja nepoznatog na poznato», što predstavlja jednu od potencijalnih logičkih zavrzlama u svakom istraživanju. Prihvatljiviji način definisanja predmeta istraživanja stoga je često takozvani operacionalistički način. Njegova suština je da se pripadnost datog predmeta istraživanja nekoj grupi srodnih objekata ili pojava ne opisuje rečima, već nekom dobro određenom operacijom koja će odlučiti gde ovaj spada. No rezultat istraživanja stvarno nepoznatog ne može da se sastoji samo od svođenja nepoznatog na već poznato. Izlazak novog znanja van sistema poznatog – uvođenje za to potrebnih novih pojmova, pretpostavki i postulata, objekata, interakcija i pojava i njihovih parametara, matematičkih modela, itd, je ustvari ono što zahteva stvarnu kreativnost, potpomognutu intuicijom i delovanjem podsvesti – svih onih eluzivnih kategorija koje još nismo uspjeli egzaktno da definišemo i smestimo u postojeći sistem znanja. To što je ipak opis po analogiji sa već poznatim, koji se ponekad smatra nižim nivoom opisivanja, začuđujuće plodotvoran, možda govori o postojanju konačnog broja načina ponašanja u prirodi, često u njenim segmentima koji su naizgled potpuno dispartni i nepovezani. Sa aspekta logičkih procedura možemo reći da se postulati i hipoteze donose induktivno, uopštavanjem empirijskih znanja, dok je teorijsko predviđanje ponašanja prirode u pojedinim situacijama, deduktivno.

1.6. Naučni metod i statistika

Veliko opšte dostignuće nauke je saznanje da je celokupna priroda izgrađena na verovatnoći. Od kada je tokom dvadesetih godina dvadesetog veka u okviru kvantne fizike nedvosmisleno ustanovljeno da je ovo osnovna ireducibilna osobina prirode, statistika i statističko rezonovanje postali su opštepriznata osnovna doktrina naučnog metoda. Naučnog metoda bez statistike nema. Sve prirodne pojave su inherentno

stohastične, pa su time to i rezultati naših eksperimenata koji reflektuju ovu osnovnu osobinu prirode i koji čine kompleks empirijskih znanja koje zatim interpretiramo i objašnjavamo. Stohastičnost dakle na dva mesta ulazi u naučni metod. Prvo, sama priroda je statistički determinisana, usled čega iz zadate sadašnjosti sledi jednoznačna budućnost samo ako je ova realizovana kroz jako mnogo identičnih realizacija, odnosno ako je sistem makroskopski, tako da su fluktuacije zanemarljive. Mikroskopske situacije moramo da interpretiramo u skladu sa njihovom neizbežnom stohastičnošću. O tome moramo da vodimo računa kada **teorijski** opisujemo prirodu. Drugo, pošto su i naša merenja u okviru eksperimenata kojima upoznajemo ponašanje prirode takođe samo prirodni procesi, i ona se ponašaju u skladu sa statističkim determinizmom. Rezultati merenja i zaključci koje iz njih izvlačimo biće tačni samo ako je broj identičnih takvih merenja beskonačan. U realnom slučaju konačnog broja merenja, usled neminovnih fluktuacija tačnost rezultata i zaključaka je ograničena. O tome dakle moramo da vodimo računa kada prirodu opisujemo **empirijski**. Slaganje empirije i teorije otud nikad nije i ne može da se iskazuje apsolutno, već samo sa određenim stepenom značajnosti, što je posledica konačnosti broja realizacija u samoj prirodi, ali i konačnosti broja realizacija naših eksperimenata. Ova dva aspekta stohastičnosti, inherentna stohastičnost prirode, koja objektivno postoji van našeg sistema znanja, i stohastičnost u procesu akumulacije znanja o takvoj prirodi, što se odražava na tačnost tog znanja, često su pomešani tako da ih je teško razdvojiti, no to obično ne proizvodi suštinske probleme. Prvu posledicu ponekad nazivamo «prirodnom širinom», a drugu «instrumentalnom širinom» pojave. U ovome što sledi nećemo ni pokušavati da ih razdvajamo. Statistika koju koristi naučni metod zasnovana je na teoriji verovatnoće i matematičkoj statistici i tehnički je veoma obimna, te ćemo ovde na nekoliko idejnih primera samo ilustrovati bazičnu filozofiju njene primene. No prethodno ćemo pokušati da objasnimo poreklo evidentnog klasičnog determinizma u našim čulima dostupnom makrosvetu, uprkos suštinske stohastičnosti koja vlada mikrosvetom.

Termin «stohastičnost» označava istost uslova a različitost ishoda. Svaki mogući ishod tada ima određenu verovatnoću pojavljivanja. Dva su razloga zbog kojih su fundamentalni sistemi prirode izgrađeni na verovatnoći. Prvi je diskretna struktura materije, a drugi je neizbežnost postojanja različitih ishoda iz mikroskopskih situacija koje su operaciono definisane uvek na isti način. Zbog prvog, broj mikroskopskih

konstituenata materije u datoj zapremini, ili sa datim vrednostima parametara, nije stalan već uvek i stalno fluktuiraju oko neke srednje vrednosti, a zbog drugog se dati ishod iz iste mikroskopske situacije ne realizuje uvek isti broj puta u odnosu na ukupan broj realizacija te situacije, već i on fluktuiraju oko neke srednje vrednosti. Samo srednje vrednosti se, kao što već rekosmo, klasično deterministički ponašaju. Dobar pokazatelj statističnosti u datoj situaciji je **srednja vrednost fluktuacija** u oba slučaja, koja se za potrebe procena može uzeti jednakom **kvadratnom korenu** ili iz broja čestica u sistemu, ili iz broja realizacija datog ishoda. **Relativna fluktuacija**, odnosno fluktuacija podeljena brojem koji fluktuiraju, na taj način je obrnuto proporcionalna kvadratnom korenu iz tog broja. U slučaju malog broja realizacija identičnih situacija sa datom raspodelom verovatnoća po ishodima, broj pojavljivanja datog ishoda je loša mera verovatnoće tog ishoda; kako broj realizacija raste to je sve bolje, a ako ima beskonačno mnogo identičnih realizacija relativne frekvencije pojavljivanja ishoda egzaktno su jednake njihovim verovatnoćama (takozvani zakon velikih brojeva). Kada broj realizacija raste, raste i apsolutna fluktuacija, ali relativna opada, da bi za beskonačan broj realizacija dostigla nulu. Ključ za ovakav pristup je inače intuitivno jasna frekvencionistička interpretacija verovatnoće, koja kaže da se dati ishod iz spektra mogućih ishoda realizuje, u srednjem, tim češće što je verovatniji.

Zamislimo da datu situaciju realizujemo na identičan način jako mnogo puta. Neka se pritom dati ishod iz skupa svih mogućih ishoda realizuje u **srednjem** sto puta. Fluktuacija će mu tada, u skladu sa našom procenom fluktuacije tog broja, biti deset, što znači da će se u pojedinačnim realizacijama te situacije naš ishod realizovati najčešće od devedeset do sto deset puta. Ako tu srednju vrednost budemo cenili samo na osnovu jedne realizacije naša procena će biti izvedena sa tačnošću od deset posto, kolika je i relativna fluktuacija tog broja. Drugim rečima, u tom rezultatu biće sigurna samo jedna cifra, i pojava će biti evidentno stohastična. Ali ako je srednji broj realizacija našeg ishoda recimo sto miliona, onda je relativna fluktuacija jedan u deset hiljada, što znači da srednja vrednost ima četiri sigurne cifre, odnosno da su prve četiri cifre u broju realizacija uvek iste. Da opazimo da taj broj fluktuiraju već nam je potrebna prilična osetljivost u posmatranju; mala osetljivost to neće primetiti i pojava će tada izgledati klasično deterministička, ali velika osetljivost hoće. Za 10^{20} realizacija fluktuacija je reda 10^{10} , što znači da je prvih 10 cifara u broju realizacija uvek isto. Ni najkvalitetnija naša merenja ne mogu da primete

ovako malu relativnu fluktuaciju, i za nas takva, sada već makroskopska pojava, izgleda nestatistična, uvek sa istim ishodom, odnosno klasično deterministička. Većiti fluktuacioni nemir mikrosveta na taj način u makrosvetu prelazi u praktično klasični determinizam. Inače, budući da u jednom molu svake supstance ima čitavih 6×10^{23} molekula (Avogadrov broj), 10^{20} realizacija iz našeg primera je u makrosvetu ustvari mali broj. Ovde smo govorili samo o fluktuacijama koje uzrokuju ono što smo nazvali prirodnom širinom pojave. No gotovo uvek prisutna instrumentalna širina, koja govori o dodatnom fluktuacionom karakteru naše eksperimentalne realizacije, obično znatno povećava prirodnu širinu. Primera radi naša osetljivost određivanja Avogadrovog broja je daleko lošija od njegove prirodne širine od 7.7×10^{11} , mi ga znamo samo sa šest sigurnih cifara, te smo još uvek jako daleko od toga da vidimo njegovu prirodnu stohastičnost. Uslovno rečeno, jer je to složena situacija, fluktuacije tog broja usled naše ograničene sposobnosti da istu situaciju realizujemo uvek na isti način daleko prevazilaze prirodne fluktuacije tog broja, pod pretpostavkom da je situacija realizovana uvek na stvarno isti način.

U našem empirijskom upoznavanju prirode, dakle, neki predmeti interesovanja eksplicitno ispoljavaju svoju stohastičnost a neki ne. Odluku o tome donosimo jednostavno – PI realizujemo što identičnije možemo više puta, pa ako parametri koji ga opisuju pritom nisu uvek isti, pojava se mora tretirati statistički. Opšti recept je da tada treba naći srednje vrednosti parametara koji opisuju PI, jer samo za njih važe klasično determinističke, jednoznačne relacije koje opisuju pravilnosti ponašanja PI, **što i jeste naš krajnji i jedino mogući cilj**. No pošto su tačne srednje vrednosti određene samo beskonačnim brojem realizacija, na osnovu neizbežno konačnog broja realizacija možemo da donosimo zaključke samo sa konačnim stepenom statističke značajnosti. Opšteprisutnu stohastičnost inače možemo da ne primećujemo, pa da je sledstveno tome i zanemarujemo i pojave posmatramo klasično deterministički, uvek kada nam je osetljivost kojom posmatramo parametre koji opisuju pojavu manja od veličine njihovih fluktuacija. To je čest slučaj u svetu neživih makroskopskih tela, u svetu dostupnom našim čulima, svetu naše tehnike, naše (naizgled) egzaktno reproducibilne tehnologije, odakle je doktrina klasičnog determinizma i potekla. No sada znamo da u suštini to nije tako. Osetljivost naših posmatranja se u slučaju egzaktno merljivih parametara prirode određuje **brojem sigurnih cifara** u rezultatima tih merenja. Što je broj sigurnih

cifara veći, osetljivost je veća. Alternativno, ovo izražavamo stavom da je tada takozvana **sistematska greška** manja. Ako povećavamo osetljivost, odnosno smanjujemo sistematsku grešku, i povećavamo broj sigurnih cifara u rezultatima posmatranja, kad tad ćemo udariti u šum slučajnih fluktuacija svega što postoji, i morati da vodimo računa o statističkoj značajnosti naših zaključaka. Veličina tih fluktuacija određuje takozvanu **slučajnu grešku** naših posmatranja, koju i uzimamo kao osnovu za iskazivanje statističke neizvesnosti našeg zaključivanja. Dakle, ako je sistematska greška veća od slučajne ovu poslednju možemo da zanemarimo i pojavu možemo da smatramo klasično determinističkom, dok smo u suprotnom slučaju prinuđeni da pojavu smatramo statistički determinističkom, i tome prilagodimo karakter naših zaključaka. Budući da je nauka danas daleko odmakla u kvantifikaciji prirode, i da osetljivost naših merenja stalno raste, to je potreba za statističkim zaključivanjem prisutna u praktično svim segmentima nauke. Mi ćemo prodiskutovati samo neke opšte principe statističkog zaključivanja, dok je se za detalje neophodno obratiti kasnijim tome posvećenim poglavljima naše knjige i specijalizovanim udžbenicima.

Kada se radi o živim sistemima stvari se još više komplikuju. Oni su dodatno statistični iz još nekoliko razloga. Jedinke su, ma koliko bile iste vrste, zbog makroskopičnosti i kompleksnosti, a danas znamo da je to tako prvenstveno zbog fluktuacija u genetskom materijalu, uvek među sobom različite, tj kao populacija imaju neku distribuciju po svakom od mnogih parametara po kojima se mogu kvalifikovati. Dodatno, vrednosti tih istih parametara je praktično nemoguće egzaktno kontrolisati. Osim toga živi sistemi obdareni su u različitoj meri sposobnošću prilagođavanja, počev od nesvesne adaptacije fizioloških reakcija na ponavljanje date interakcije sa okolinom, pa do adaptacije na osnovu inteligencije, kako inače nazivamo sposobnost učenja iz iskustva. Tako se stvaraju dodatne fluktuacije osobina istovrsnih živih sistema, koje se, što je još gore, menjaju tokom vremena. Statistički metodi koji su prilagođeni ovim osobenostima stohastičnosti živih sistema pripadaju oblasti koja se često naziva **biometrikom**.

Smisao **odsustva jednoznačnog dokaza**, a umesto toga **značajnosti zaključaka**, u svetu zasnovanom na verovatnoći, odnosno statističkom determinizmu, ilustrovaćemo na nekoliko elementarnih primera. Počnimo sa potencijalno najsudbonosnijim od svih. Teorije velikog ujedinjenja svih fundamentalnih interakcija, koje treba da se odigra na vrlo visokim

energijama, predviđaju da se odjek ove jedinstvene interakcije na niskim energijama treba da manifestuje u nestabilnosti protona, odnosno njegovom spontanom raspadu na recimo pozitron i foton. To bi značilo postepeni nestanak celokupne materije u formi u kojoj je poznajemo, koji bi se odvijao tempom ovog raspada. Taj tempo bi trebalo da bude jako spor, toliko spor da se time objasni činjenica da nam proton izgleda stabilan, odnosno da taj fenomen praktično uopšte i ne može da se vidi – polovina protona u Vasioni trebalo bi da se raspadne za vreme reda bar 10^{30} godina, a možda i duže. Nijedan od mnogih fantastičnih eksperimenata izvanredne osetljivosti za detekciju raspada protona nije do sada video nijedan događaj koji bi jednoznačno mogao da se interpretira kao raspad protona. Moglo bi se reći da se proton ne raspada i da je budućnost Vasiona u tom smislu sigurna. Ali nije tako. Stvar je u tome da za raspad protona, kao i za svaku drugu pojavu u prirodi, postoji samo tačno određena verovatnoća da se u datom intervalu vremena dogodi, ili ne dogodi. U nekom intervalu vremena desiće se, **samo u srednjem**, tačno određeni broj raspada, ali u svakoj konkretnoj realizaciji će taj broj raspada biti u principu različit. Distribucija broja raspada je takva da za datu srednju vrednost broja raspada (koja je inače direktno proporcionalna verovatnoći za raspad i ukupnom broju prisutnih protona) uvek postoji i konačna verovatnoća da se ne desi nijedan raspad. Ta verovatnoća je tim manja što je srednja vrednost veća, ali **nikad nije nula**. To što nismo videli nijedan raspad može biti samo maloverovatna fluktuacija u konkretnoj realizaciji koju smo posmatrali, te uvek postoji određena verovatnoća da se proton ipak raspada. Što raspad ne vidimo u većoj masi protona, i u dužem merenju, ta će verovatnoća biti manja, a dosadašnji rezultati utvrđuju da je srednji život protona sa verovatnoćom od 90% duži od 10^{32} godina. Alternativno, statistički ispravno formulisan rezultat glasi da je na nivou poverenja od 90% srednji život protona duži od 10^{32} godina. No to znači da još uvek postoji verovatnoća od čitavih 10% da mu je život i kraći od toga. Buduća merenja mogu ovu granicu samo dalje da pomeraju, ali sigurni da se proton ipak ne raspada možemo biti samo posle **beskonačno** mnogo merenja u kojima nismo opazili da se proton raspada. Samo tada biće



srednja vrednost broja raspada u datom intervalu vremena stoprocentno sigurno tačno jednaka nuli. To je, dakle, jedini mogući način zaključivanja o prirodi koja je izgrađena na verovatnoći. Raspad, odnosno spontani prelaz iz jednog kvantnog stanja mikroskopskog objekta u neka druga, je inače fantastična stohastična pojava. Verovatnoća za takvu pojavu je, u skladu sa statističkim determinizmom **uvek ista**. No odatle odmah slede neobične posledice – u svakoj konkretnoj realizaciji nemoguće je odrediti kada i u koje od mogućih finalnih stanja će se taj raspad desiti. Od dva inače potpuno identična protona, koji grade dva potpuno identična i potpuno stabilna atoma vodonika, jedan može da se raspadne danas a drugi kroz sto milijardi godina. Samo njihov srednji život je determinisan, i jednak recipročnoj verovatnoći za raspad u jednoj sekundi. Ovo je verovatno najbolji dokaz da u prirodi ne postoje takozvane skrivene varijable, koje upravljaju detaljima mikroskopskih pojava, već da su one autentično stohastične.

Postoje dva različita pristupa pri kvantifikaciji značajnosti zaključka u svetu izgrađenom na verovatnoći. Jedan se naziva **parametarskim**, a drugi **neparametarskim**. Naš gornji primer je primer parametarskog statističkog zaključivanja. Termin «parametar» ovde se koristi u nešto drugačijem značenju od onog u kome smo ga mi koristili do sada, no to ne bi trebalo da dovodi do zabune. Ispostavlja se, naime, da svaki od parametara koji opisuje ponašanje prirode, i koji zbog njene stohastičnosti fluktuiraju oko neke svoje u datoj situaciji klasično determinisane srednje vrednosti, **to fluktuiranje takođe obavlja zakonomerno**, u skladu sa egzaktno određenom **distribucijom verovatnoća** svih svojih mogućih vrednosti (ili gustine verovatnoće, što je sada nebitno). Jasno je da je i ovo u skladu sa doktrinom statističkog determinizma. Te distribucije verovatnoća po pravilu su zvonaste, tako da je verovatnoća pojavljivanja u oblasti srednje vrednosti datog parametra najveća, a da je verovatnoća velikih odstupanja od srednje vrednosti sve manja i manja. Zbog važenja takozvane centralne granične teoreme većina ovih distribucija je normalna, odnosno Gausova. Normalna distribucija je, kao i većina ostalih, **dvoparametarska** (termin «parametar» sada je u statističkom smislu). Ta dva parametra su **srednja vrednost** i **disperzija**. Kvadratni koren iz disperzije je **standardna devijacija**, koja je mera širine intervala oko srednje vrednosti u kojoj se nalazi oko 68% svih mogućih vrednosti veličine koja je na taj način distribuirana. Konkretna distribucija je tako u potpunosti analitički određena sa ta dva svoja parametra, a statistike koje barataju njihovim

vrednostima se zato nazivaju parametarskim. Kao i sve što je statistički determinisano, tako i egzaktan oblik distribucije, odnosno tačne vrednosti njenih parametara, možemo tačno saznati samo iz beskonačnog broja uzorkovanja. Svaki realan, što znači konačan broj uzorkovanja, daje tim lošije procene ovih parametara što je broj uzoraka manji. Greške procene parametara distribucije opet su obrnuto proporcionalne korenu iz broja uzoraka. Ako je veličina koju posmatramo x , stvarnu srednju vrednost ćemo označiti sa $\langle x \rangle$, a disperziju sa σ^2 . Normalnu raspodelu sa ovakvim parametrima, čiji je analitički oblik tačno određen, o čemu će u drugim tekstovima biti mnogo više reči, obično označavamo sa $N(\langle x \rangle, \sigma)$. Beskonačan broj uzoraka veličine x koja je ovako distribuirana oslikao bi ovu distribuciju egzaktno, a time i tačno dao vrednosti ova dva njena parametra. Konačan broj uzoraka $x_i, i=1,2,\dots,n$, dao bi ocene ovih veličina koje su jednake

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad i \quad \sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 . \quad (1.1)$$

Statistički iskaz o značajnosti ove ocene stvarne srednje vrednosti $\langle x \rangle$, za koju inače pretpostavljamo da je je egzaktno deterministički određena u prirodi te želimo da je upoznamo, bazira se na veličini s_x koja je jednaka σ/\sqrt{n} , koja se naziva **standardnom greškom** srednje vrednosti,

$$s_x = \sigma/\sqrt{n} . \quad (1.2)$$

Taj iskaz glasi da se stvarna srednja vrednost $\langle x \rangle$ sa verovatnoćom od 68% nalazi u intervalu $\bar{x} \pm s_x$, ili alternativno, za rezultat napisan u formi $\bar{x} \pm s_x$ kažemo da je prikazan na nivou poverenja (CL, od «confidence level») od 68%. Rezultat se može prikazivati na proizvoljnom nivou poverenja; što je nivo poverenja viši, interval je nažalost širi. Kada je broj merenja n beskonačan taj interval se svodi na tačku, bez obzira na nivo poverenja. Praktično naravoučenije je da povećanje broja identičnih opservacija povećava statističku značajnost zaključaka, mada nažalost samo korenom brzinom.

Za razliku od ovih postupaka **neparametarske statistike** dolaze do zaključaka o značajnosti podataka bez pretpostavki o konkretnom tipu njihove distribucije, te se ovi metodi zovu i metodima **nezavisnim od distribucije**. Oni su naročito prirođeni analizi značajnosti podataka o

parametrima koji se teško ili nikako ne mogu da kvantifikuju, ali su podložni određenoj kategorizaciji. O tome govori sledeći primer. Ljudsku populaciju između ostalog možemo da okarakterišemo polom i preferencijom za korišćenje leve ili desne ruke. Ova dva parametra nisu merljiva u pravom smislu te reči, ali su dvovalentna; čovek može biti muškarac ili žena, i desnoruk ili levoruk. Podaci o datoj populaciji mogu se svrstati u takozvanu tabelu kontingencije, koja u ovom slučaju može u prvoj vrsti da sadrži broj muškaraca koji su desnoruki pa zatim levoruki, a u drugoj vrsti broj desnorukih žena pa zatim broj levorukih žena. Primera radi neka su ti brojevi 43 i 9, i 44 i 4, respektivno. Zanima nas da li su na osnovu ove evidencije ova dva parametra zavisna ili nezavisna, odnosno da li među muškarcima ima značajno više levorukih nego među ženama. Statistički test koji na ovo može da da kvantitativni odgovor ustvari testira takozvanu nultu hipotezu, koja pretpostavlja njihovu nezavisnost, protiv alternativne hipoteze o njihovoj zavisnosti. To je primer za opšti postupak koji se u statistici zove **testiranje hipoteze**. Osnovna ideja ove procedure staje u jednu rečenicu: odbaciti fluktuaciju kao objašnjenje. Alternativno, ako je ono što je opservirano jako maloverovatna fluktuacija hipoteze, hipoteza je pogrešna. Da su nam podaci umesto gornjih bili recimo 4300 i 900, i 4400 i 400, značajnost zaključka bi, u duhu ranije rečenog, trebalo da bude otprilike desetostruka. O konkretnim statističkim testovima koji ovo obavljaju ovde neće biti reči.

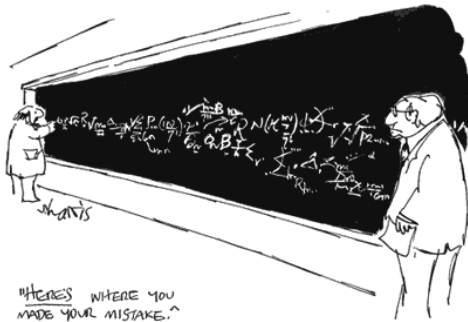
Sledeći primer ilustruje značaj i smisao statističkog zaključivanja u čestoj i važnoj situaciji kada treba donositi zaključke o značajnosti razlika u vrednostima neke fluktuirajuće veličine. Recimo da želimo da utvrdimo da li je naš opis date pojave potpun. Tada ispitujemo dve eksperimentalne situacije – u jednoj je jedan od parametara koji potencijalno utiču na pojavu prisutan, u drugoj nije. Na osnovu statističke značajnosti razlike vrednosti drugih parametara za koje je već utvrđeno da opisuju pojavu u ove dve situacije cenimo da li i novi parametar opisuje pojavu ili ne. Ako se neki od starih parametara značajno promenio, odnosno ako se njegova vrednost koja se pojavila, uz hipotezu da mu se srednja vrednost nije promenila, očekuje sa relativno malom verovatnoćom, tada se može, sa datim stepenom značajnosti, zaključiti da je i novi parametar relevantan za opis situacije. Ovo je čest slučaj u fiziologiji, medicini, biologiji, socijalnim naukama, psihologiji, itd. Tada je novi parametar recimo neka hemikalija koja se administrira jednoj grupi jedinki, a drugoj ne, ili je to neka nova socijalna pojava, kada se može postaviti pitanje da li taj

parametar utiče na dato sociopatološko ponašanje kod čoveka, itd. Statističke tehnike kojima se ovo radi mogu biti različite, ali suština rezonovanja je ista.

1.7. Naučni metod i matematika

Apsolutno najvažnija karakteristika našeg opisa, pa zatim i razumevanja funkcionisanja i ustrojstva prirode, je matematizacija tog opisa. Matematika nikako nije samo sredstvo za skraćeno zapisivanje naših opisa prirode, već je ona jedini mogući način kako se taj zapis uopšte može obaviti – matematika je *de facto* jedini mogući jezik, pa zatim i logika nauke. To je neizbežno i očigledno – čim smo parametre kojima opisujemo prirodu kvantifikovali, odnosno čim smo im pridružili brojne vrednosti, relacije među njima i ne možemo izražavati nikako drugačije nego matematikom. Kada je opis date situacije jednom odgovarajuće matematički postavljen, matematička analiza može da da nove rezultate i zaključke do kojih se na drugi način nikako ne može doći. Od mnoštva primera iz istorije nauke verovatno najfantastičniji je čisto matematičko otkriće antimaterije, još jednog celog sveta alternativnog našem!

Opšta ideja primene matematike za opisivanje prirode se, dakle, zasniva na uspostavljanju korespondencije simbola sa kvantifikabilnim, merljivim, atributima prirode, posle čega simboli ulaze u teorijski zasnovane matematičke izraze, koji zatim preuzimaju ulogu opisivanja osobina i ponašanja prirode. Izrazi koji se dobijaju posle matematički korektnih transformacija takođe opisuju odgovarajuće situacije u prirodi. To je ono što pruža **kvantitativnu prediktivnu moć** i sposobnost matematičkog **projektovanja**, kada uspešnost realizacije verificira početnu teoriju. Prednost upotrebe matematike ovde se ne završava. Kako se ispostavlja, samo korišćenjem matematike moguće je uočiti



jednu od osnovnih osobina prirode, koja se može sažeti u inače neintuitivan zaključak da je broj stvarno različitih načina ponašanja objekata u prirodi ne samo konačan, već i iznenađujuće mali. Jednostavna reinterpretacija simbola u datom matematičkom formalizmu opisuje naizgled potpuno različite i nepovezane objekte i pojave u prirodi.

Istorija nauke (na prvom mestu fizike) puna je instanci u kojima su nove teorije zahtevale novu matematiku. Klasična mehanika razvila se uporedo sa Njutn-Lajbnicovim infinitezimalnim računom, odnosno analizom, statistička mehanika sa verovatnoćom, opšta relativnost sa diferencijalnom i Rimanovom geometrijom, kvantna mehanika sa matričnim i operatorskim računom, teorije polja sa teorijom grupa, itd. Ekstrapolirajući u budućnost ova iskustva sa ulogom matematike u naučnom metodu, ne vide se razlozi da se takav trend ne nastavi.

Najopštije upotrebljivim se verovatno pokazao infinitezimalni račun te ćemo u osnovnim crtama pogledati kako on funkcioniše u opisu konkretnih situacija u prirodi. Osnovna pretpostavka za njegovu primenu je da se merljivi atributi datog segmenta prirode, kojima ćemo pridružiti odgovarajuće simbole, mogu u dovoljno dobroj aproksimaciji smatrati kontinuirano promenljivim, realnim brojevima. Opšti prirodni zakoni su tada veze između **promena** tih veličina, a ne njih samih, što nazivamo diferencijalnim jednačinama, dok su veze između samih veličina u svakom konkretnom slučaju takozvana partikularna rešenja diferencijalnih jednačina koje opisuju primarne i opšte zakone prirode – matematički rečeno, rešenja diferencijalnih jednačina su funkcije, odnosno zavisnosti, a ne brojevi, kao kod algebarskih jednačina. No razlika između ovakvog apstraktnog matematičkog tretmana i primene na opis situacija u realnom svetu leži u stohastičnosti sveta, odnosno fluktuacionom karakteru promenljivih u prirodi, i našim eksperimentima.

Zamislimo jednostavan sistem čije je stanje opisano sa tri parametra, x , y i z . Neka, u skladu sa filozofijom dvoparametarskog eksperimenta, parametar z držimo stalnim i ispitujemo na koji će se način menjati veličina y (zavisno promenljiva), pri promeni veličine x (nezavisno promenljiva). Naprimer, česta situacija u prirodi je da je infinitezimalna promena veličine y , označimo je sa dy , proporcionalna već dostignutoj vrednosti te veličine, y , kao i dostignutoj vrednosti veličine z , ali da ne zavisi od vrednosti veličine x , već da na svakoj vrednosti x zavisi samo od njene infinitezimalne promene, dx , dakle:

$$dy=yz dx, \text{ odnosno } dy/dx=yz. \quad (1.3)$$

Za sisteme koji se relativno dobro ponašaju u skladu sa ovim opštim jednostavnim modelom kažemo da imaju «prirodan rast». Recimo, kultura bakterija u beskonačnoj hranljivoj sredini, bez ometajućih

faktora, treba da sa vremenom t (kod nas x) po ovom zakonu uvećava populaciju N (kod nas y). Brzina rasta populacije, dN/dt (kod nas dy/dx), raste sa porastom već dostignutog nivoa populacije N (tj. y), a sve to sa konstantom priraštaja z , karakterističnom za vrstu bakterije i sredinu u kojoj se ova nalazi. U svakom konkretnom slučaju, dakle, treba utvrditi dve stvari: utvrditi da li se sistem zaista (zadovoljavajuće) ponaša u skladu sa gornjom zakonitošću, i ako se ponaša, sa kojom konstantom priraštaja, koja u konkretnoj situaciji opisuje suštinu pojave koju proučavamo, a o čemu gornja zakonitost ne govori baš ništa. Partikularno rešenje diferencijalne jednačine (1.3), sa definisanim početnim uslovima da u trenutku $t=0$ postoji N_0 bakterija a da ih u trenutku t ima $N(t)$, nalazimo integracijom:

$$\int_{N_0}^{N(t)} \frac{dy}{y} = \int_0^t z dx \quad ,$$

odakle sledi poznati eksponencijalni zakon rasta:

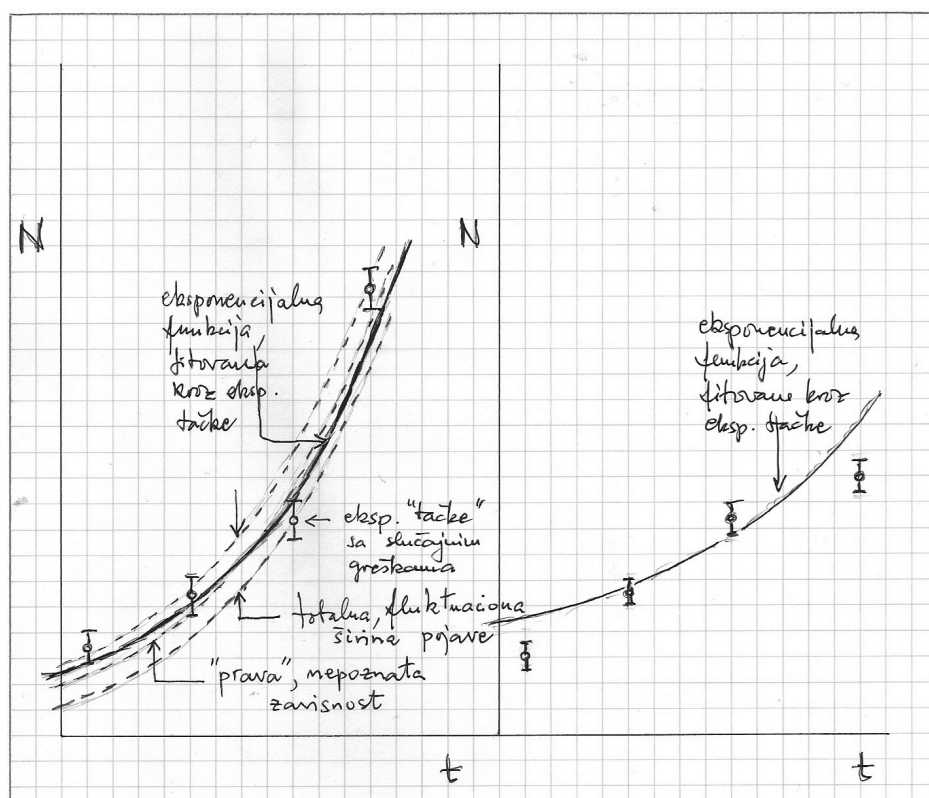
$$N(t) = N_0 e^{zt} \quad . \quad (1.4)$$

Ovo je funkcionalna zavisnost između merljivih parametara koji opisuju ponašanje sistema, N i t , koja sledi iz gornjeg modela i koju sada možemo da uporedimo sa eksperimentalnom stvarnošću, pa da zatim iz tog upoređenja, pod uslovom da model odgovara stvarnosti, odredimo i vrednost konstante z , koja je inače bitna za detaljan opis i razumevanje pojave. Postupak ćemo opisati samo kvalitativno, kako bismo istakli osobenosti ove najegzaktnije od svih metodologija kojima raspolažemo u ovom svetu, zasnovanom na verovatnoći.

Za početak, eksperimentalno uzorkovanje zavisnosti (1.4) možemo da obavimo samo u konačnom broju diskretnih tačaka, odnosno u našem slučaju parova vrednosti (t, N) . Nadalje, vreme je veličina koja se po pretpostavci kontinuirano menja i meri sa izvanrednom tačnošću, dok je broj jedinki u populaciji podložan fluktuacijama usled neizbežnih slučajnih grešaka u reprodukciji pa, iako možemo da pretpostavimo da je to vrlo veliki i tačno prebrojiv ceo broj, koga zbog te veličine možemo smatrati kontinuirano promenljivim, on fluktuaciono odstupa u svakoj konkretnoj realizaciji od kauzalne zavisnosti (1.4) kojoj se, u skladu sa doktrinom statističkog determinizma, povinuje samo srednja vrednost ovog broja iz beskonačno mnogo identičnih realizacija. U ovom slučaju

to možemo smatrati prirodnom širinom pojave. Tehnika brojanja jedinki u populaciji dodatno fluktuaciono doprinosi odstupanju od nekog broja trenutno stvarno prisutnih jedinki, što možemo zvati instrumentalnom širinom. Rezultujuća ukupna širina dovodi do jedne od beskonačnog mnoštva fluktuacionih situacija od kojih je jedna moguća realizacija, dobijena u eksperimentu, prikazana na slici 1.1a. Tu su u obliku «brkova» na tačkama prikazane vrednosti procenjenih slučajnih grešaka broja jedinki u populaciji (u način ovih procena se ovde nećemo upuštati). (U situacijama kada je ponavljanje merenja moguće, u svakoj tački se nalaze procene srednjih vrednosti nađene po izrazima (1.1), sa greškama (1.2), pa i slika i interpretacija opet u principu izgledaju isto). Osnovna ideja je sada da se kroz polje ovakvih eksperimentalnih tačaka koje su po pretpostavci fluktuaciono rasute oko konkretne eksponencijalne zavisnosti «provuče» kontinuirana eksponencijalna funkcija oblika (1.4), tako da zbir kvadrata odstupanja vrednosti ove funkcije od eksperimentalnih tačaka, podeljen svaki put kvadratom slučajne greške u datoj tački, bude najmanji moguć. Ova se minimizacija zbira kvadrata odstupanja, zbog čega se cela metodologija koja sledi iz opštijeg, takozvanog metoda maksimalne verodostojnosti, i naziva **metodom najmanjih kvadrata**, izvodi variranjem slobodnih parametara u funkciji, koja se na taj način podešava (ili «fituje», od engleskog «to fit»=podesiti). Vidimo da u slučaju da svaka eksperimentalna tačka od tako podešene funkcije odstupa u proseku za veličinu greške u toj tački, svaki sabirak u gornji zbir ima doprinos reda jedinice, te ukupan zbir kvadrata svih odstupanja izražen u jedinicama grešaka, koji se još naziva i χ^2 (što se čita «hi kvadrat»), teži ukupnom broju tačaka u kojima smo uzorkovali ovu funkciju. To je osnova za takozvani **kriterijum kvaliteta fita**; ako je χ^2 značajno veći od broja eksperimentalnih tačaka to znači da neke od njih odstupaju od fitovane funkcije za iznos značajno veći od slučajne greške u tim tačkama, te da se ta odstupanja ne mogu smatrati slučajnim fluktuacionim odstupanjima od stvarne funkcije, već da je verovatnije da stvarna, eksperimentalna zavisnost, nije ona koju smo teorijski pretpostavili, već neka druga. U našem slučaju parametri čijom varijacijom minimiziramo zbir kvadrata odstupanja su vrednost populacije u $t=0$, N_0 , i konstanta priraštaja, z . Pritom je bitno da procedura omogućava da se ovim vrednostima pripišu i odgovarajuće slučajne greške. Tumačenje ovih grešaka parametara odgovara tumačenju svih slučajnih grešaka – verovatnoća da se stvarna vrednost parametra nađe u intervalu «dobijena vrednost parametra \pm slučajna greška» iznosi

68%. No to će biti tako samo ako je χ^2 razumno blizak ukupnom broju tačaka, odnosno ako nam je kriterijum kvaliteta fita dao zeleno svetlo da pretpostavljenu eksponencijalnu funkciju sa značajnim nivoom poverenja možemo da prihvatimo kao stvarnu zavisnost u pozadini našeg eksperimenta. Ako nam kriterijum kvaliteta fita govori da eksponencijalna funkcija verovatno nije ona prava, onda tako dobijene vrednosti parametara nemaju nikakvog smisla. Takva situacija prikazana je na slici 1.1b. Osim po numeričkom kriterijumu kvaliteta fita, kao i po vrednostima grešaka parametra koje tada postaju reda veličine samih parametara ili čak i veće od njih, ova situacija se prepoznaje i vizuelno, po prevelikim odstupanjima tačaka sa greškama od fitovane funkcije.



Sl.1.1a. Situacija u kojoj pretpostavljamo da je sve u redu – funkcija fitovana kroz eksperimentalne tačke ima parametre koji u okviru svojih grešaka obuhvataju stvarne parametre zavisnosti

Sl.1.1b. Situacija u kojoj stvarnost ne odgovara pretpostavci – tačke odstupaju suviše od pretpostavljene eksponencijalne zavisnosti (preveliki χ^2) te je pretpostavljeni model neprimenljiv

Ovde «od oka» vidimo da eksperimentalne tačke sugeriraju «S-oliku» zavisnost, koja ne nagoveštava beskonačan rast već radije realističniju

saturaciju rasta. Ako je pak sve u redu, i funkciju sa dobijenim vrednostima parametara prihvatimo kao validnu matematiziranu sliku našeg procesa, onda ona, sa sada ispravno definisanom ali **uvek konačnom** tačnošću, postaje njemu ekvivalentna. Objašnjenje prirode procesa se u ovom slučaju sastoji u početnim pretpostavkama teorijskog modela, a njegovi detalji, koji se ovde manifestuju u konkretnoj vrednosti konstante priraštaja z , ostaju poznati samo empirijski, van bilo kakve teorijske interpretacije. Da bi se ona objasnila potrebna je potpuno drugačija teorija, neka složena strukturno-interakciona slika procesa koji rezultuju u datom tempu razmnožavanja. Kada budemo imali takvu teoriju moći ćemo da je uporedimo sa empirijskom vrednošću konstante priraštaja, pa ako se predviđanja unutar slučajne greške njene eksperimentalne vrednosti slože, teorija, opet sa odgovarajućim stepenom značajnosti, ima šanse da bude ispravna. Ako novi, bolji eksperimenti, daju novu vrednost ove konstante, sa manjom slučajnom greškom, pa se unutar te greške teorija ne složi sa prihvatljivim stepenom značajnosti, to će obznaniti potrebu za novom teorijom.

Ovaj naš donekle pojednostavljeni primer trebalo je da nam dočara način na koji naučni metod funkcioniše u najboljem od svih slučajeva koje poznajemo, u slučaju kada je predmet interesovanja podložan egzaktnom merno-matematičkom tretmanu. To je metodologija kojoj uvek težimo, čak i u svim drugim slučajevima, koji se nužno javljaju kada su predmeti interesovanja suviše kompleksni, što obično dozvoljava samo inferiorniji kvalitet interpretacije i sledstveno nižu prediktivnu moć.

Prokomentarišimo konačno kako ova metodologija izgleda u primeni na opis ponašanja makroskopskih, prividno klasično determinisanih sistema. Kao što rekosmo, tada se često ispostavlja da vrednosti promenljivih ne možemo da čitamo sa dovoljnim brojem sigurnih cifara, tako da su fluktuacije u svakoj tački, odnosno ukupna prirodna i instrumentalna širina, manje od veličina sistematskih instrumentalnih grešaka, te će nam zavisnost uvek izgledati kao jedna te ista debela linija koja pokriva sve fluktuacije. Rekonstrukcija stvarne zavisnosti tim će biti bolja što je ova uzorkovana u većem broju tačaka, sa manjim instrumentalnim greškama, ali će parametri zavisnosti uvek ostati opisani samo konačnim brojem sigurnih cifara, koji će zavisiti od veličine tih instrumentalnih grešaka.

1.8. Naučni metod i računari

Računari su jedna od mnogih naučno-tehničko-tehnoloških tekovina, kao što su to mikroskopi, teleskopi, akceleratori, laseri, itd., koje su povratno revolucionisale naučni metod. Osnovna osobenost digitalnih računara u odnosu na praktično sve ostale sisteme u prirodi je što je binarni sistem naponskih nivoa koji leži u osnovi njihovog rada izrazito otporan na šumove, odnosno fluktuacije u sistemu, te se ponaša ultra deterministički – isti programi uvek, i na svakom računaru, rade **apsolutno isto**. Računari su u nauci prisutni višestruko, ali ćemo se ovde ograničiti samo na dva aspekta tog fenomena. **Kao prvo**, digitalizacija merenja omogućila je kontakt računara sa okolnim svetom u realnom vremenu, kao i njegovu povratnu reakciju na taj okolni svet u skladu sa određenim programom, koji čak može i sam da se usavršava i uči, odnosno evoluirá. Ovo nije omogućilo samo **automatizaciju** eksperimenata, već i njihovu apsolutnu **objektivizaciju**. U današnjim eksperimentima čovek praktično više nije prisutan. Eksperimenti u fizici elementarnih čestica ili atomskog jezgra, naprimer, drugačije više uopšte i ne mogu da se rade. Mnogi sistemi automatskog upravljanja rezultat su sinteze frontova nauke i tehnike, sinteze koju je omogućilo postojanje brzih procesora. Kao primer uzmimo recimo GPS, fantastičan spoj satelitske i komunikacione tehnike, kvantne mehanike (atomskih časovnika) i specijalne i opšte teorije relativnosti (bez kojih to inače uopšte ne bi radilo), koji nam omogućava da odredimo položaj prijemnika sa tačnošću boljom od jednog metra, ili da merimo vreme sa tačnošću boljom od milijarditog dela sekunde. (To što se i ovo dostignuće zloupotrebljava, za praćenje ljudi, ili navođenje ubilačkih raketa, kao uostalom i svako drugo, nema nikakve veze sa naukom i naučnim metodom). **Kao drugo**, računari dozvoljavaju da se celokupno naše matematizirano znanje o prirodi primenjuje na način na koji to ranije nije bilo moguće raditi. Moguće je izvoditi **numeričke eksperimente**, odnosno **simulirati** datu situaciju o kojoj posedujemo dovoljno matematiziranog znanja. Moć kompjuterske simulacije opšte je poznata iz kompjuterskih igara u kojima se kreira virtuelna realnost. Već primer jednostavnog flipera, koga Majkrosoft prilaže uz svaki svoj operativni sistem, pokazuje moć simulacije - zakoni mehaničkih sudara i gravitacije potpuno realistično u realnom vremenu upravljaju kretanjem kuglice. No naučne primene ovih mogućnosti daleko su rafiniranije. U okviru jedne grupe pojava sve je češća težnja da se znanja sistematizuju u skup koji nazivamo Standardnim Modelom te

grupe pojava. Prva je tim putem krenula najfundamentalnija od svih naučnih disciplina – fizika elementarnih čestica. Standardni Model čestica i njihovih interakcija predstavlja potpun skup svih postojećih matematiziranih teorijskih znanja o osnovnim entitetima koji čine celokupnu prirodu i uspešno interpretira sve ono što se sa njima događa na energijama koje su do oko hiljadu puta veće od masa samih čestica. Kompjuterske simulacije svih eksperimenata koje smo do sada bili u stanju da izvedemo slažu se sa stvarnošću. To znači da se ni u jednom od ogromnog broja realizovanih interakcija između elementarnih čestica nije desilo ništa što nije već obuhvaćeno Standardnim Modelom. Na taj način simulacija postaje **jedini način** kako fizika čestica može dalje da napreduje. Samo se upoređenjem sa simulacijom baziranom na Standardnom modelu može videti da li je ono što se stvarno dešava neka nova pojava, van Standardnog modela, kako se to kaže, ili ne. Novi eksperimenti, na energijama višim od dosadašnjih, mogu da se analiziraju **isključivo** na ovaj način. Globalna kompjuterska mreža najmoćnijih postojećih računara, GRID, posvećena je prvenstveno ovom zadatku. Sledeći Standardni model je Standardni model našeg Sunca. Mi izvanredno dobro razumemo kako je izgrađeno i kako funkcioniše Sunce. Kao ilustracija neka nam posluži helioseizmologija, poznavanje komplikovanih trodimenzionalnih oscilacija Sunca, na osnovu kojih se recimo egzaktno utvrđuje postojanje Sunčevih pega na njegovoj trenutno nevidljivoj strani, koje rotacija Sunca tek treba da donese na nama vidljivu stranu. Standardni modeli mnogih drugih pojava, iako se još uvek tako ne zovu, se polako rađaju; računari su u stanju da predvide osobine mnogih materijala, a vreme kada će isporučivati radne recepte za proizvodnju materijala željenih karakteristika nije daleko, itd. itd.

Reč upozorenja je na mestu kada se radi i o primeni računara. Sledeća anegdota, koju ćemo ostaviti bez daljeg komentara a nad kojom se u tom smislu treba dobro zamisliti, o tome najbolje govori. Eugen Vigner, Nobelovac iz fizike a po obrazovanju inženjer, jednom prilikom je rekao: «Lepo je znati da kompjuter razume problem, ali baš bih voleo da ga i ja razumem».

1.9. Naučni metod u naukama o neživom i u naukama o živom

Razlike u metodologiji istraživanja nužno postoje među svim naukama, uslovljene specifičnostima predmeta proučavanja, strukturnim nivoom kome pripadaju, itd. Ali najveće, principijelne razlike, postoje između onih nauka koje proučavaju neživi i onih koje proučavaju živi svet. Ovde ćemo se samo dotaći još nekih bitnih razlika koje nismo već pomenuli u poglavlju o statistici. Danas, kada je molekularna osnova života veoma detaljno upoznata, nema sumnje u to da osobenosti živog u odnosu na neživo potiču samo od nivoa kompleksnosti organizacije materije u sistemima koje nazivamo živim. Zbog te kompleksnosti i multiparametarskog karaktera proučavanje života i ide relativno sporo. Prinudeni smo da idemo korak po korak, počevši od fenomenologije, pa do molekularne strukture. O prirodi složene stohastičnosti živih sistema već smo govorili u poglavlju o statistici. Pored toga, zbog sposobnosti prilagođavanja, odnosno realne promene parametara tokom vremena, živi sistemi, za razliku od neživih, nisu ergodični. Pojednostavljeno, stohastički sistem je **ergodičan** ako su srednje vrednosti parametara koji ga opisuju, bilo da su usrednjene po vremenu ili po ansamblu, iste. Srednje vrednosti po vremenu nalazimo tako što jedan te isti sistem sukcesivno više puta proučavamo u identičnim uslovima, i svaki put registrujemo vrednosti parametara koji ga opisuju, dok srednje vrednosti po ansamblu nalazimo tako što ansambl većeg broja identičnih sistema dovedemo u identične uslove pa svima simultano odredimo vrednosti parametara koji ih opisuju. Distribucije vrednosti parametara određene na ova dva načina kod ergodičnih sistema, u okviru slučajnih grešaka koje su tim manje što je broj uzorkovanja veći, su iste. Kod živih sistema, zbog sposobnosti prilagođavanja, zbog koje parametri jedinki ne zavise samo od genetskih faktora već i od prethodnih stanja, srednje vrednosti po vremenu nisu nužno jednake srednjim vrednostima po ansamblu. Metodi istraživanja o ovome moraju da vode računa.

Istraživanje o životu opterećeno je ne samo stvarnim razlikama između živog i neživog (kompleksnost, statistika, neergodičnost) već i moralnim, etičkim, ograničenjima, koja inače neanimirana priroda u svojim mutaciono-evolucionim eksperimentima ne poznaje. No čovek zato može da radi mnogo brže no što to radi priroda, koja to radi uglavnom slučajno, fluktuaciono. Eugenika, težnja da se evolucija ljudske vrste ciljano ubrza u željenom smeru, kao što se to inače vrlo uspešno radi selekcijom ili

ubrzanim izazivanjem mutacija sa biljnim i životinjskim vrstama, ekstremni je primer u tom smislu. Istorija eugenike puna je zastranjivanja, zloupotreba, lutanja u definiciji cilja, itd. Ali ovladavanje genetičkim inženjerstvom dovelo je do ozbiljnih mogućnosti u ovom pravcu, i u budućnosti će biti nemoguće izbegavati ovu temu. U rukama moćnih društava, koja poseduju znanje i veštinu, ovo će se kad-tad oživotvoriti. Postoje značajne indicije da je to već sada u izvesnoj meri slučaj.

1.10. Naučni metod i nenaučni metod

O naučnom metodu, i njegovom načinu primene u empirijskim naukama, kao o delatnosti u kojoj kulminira racionalna strana čovekove ličnosti, do sada smo dovoljno govorili. Ostaje nam da se ukratko osvrnemo na relacije ove delatnosti sa onim delatnostima njegove svesti i podsvesti koje pripisujemo iracionalnoj strani njegove ličnosti. Te oblasti ćemo, bez ikakve želje za derogativnom kvalifikacijom, nazvati oblastima koje u svom pristupu ne koriste naučni metod, ili što bi, ukoliko u tim delatnostima uopšte ima nekog metoda, trebalo da bude ekvivalentno sa kvalifikacijom da koriste nenaučni metod. Ovde spadaju sve one delatnosti koje su neophodne da bi čovek, kao spoj racionalnog i iracionalnog, bio potpun; umetnosti, verovanja, rasonode. Jasno je da između ove dve strane čovekove ličnosti nema i ne može biti stvarnog sukoba, one manifestuju dva lika iste medalje, jedan može više da odgovara sklopu ličnosti jednog pojedinca, drugi sklopu nekog drugog. Pa ipak je njihov odnos tokom istorije čovečanstva bio vrlo promenljiv a na temu njihovog sukoba napisane su hiljade studija. Verovanja su u tom smislu najproblematičnija – bolje reći neopravdane pretenzije verovanja da budu alternativa nauci, kao i tendencija nauke da odriče potrebu za verovanjima. Verovanje je po definiciji, za razliku od naučnog, činjeničnog stava, stav koji se smatra *a priori* tačnim, koji se najčešće ni ne može, ali i ne treba da dokazuje i preispituje. Verovanja su čoveku neophodna upravo kao takva, kao komplement njegovom racionalnom poimanju surove, bezćutne i besmislene stvarnosti. Smisao života, neizvesnost sutrašnjice, strah od smrti, nisu problemi u jurisdikciji nauke i naučni metod je po davanju odgovora na ta pitanja bespomoćan, isto onoliko koliko su verovanja bespomoćna po davanju odgovora na pitanja o funkcionisanju prirode. Svako brkanje jurisdikcija rađa probleme. Koreni problema leže u davnoj prošlosti čovečanstva kada su verovanja

bila jedini izvor odgovora na sva pitanja koja su se mogla postaviti. Evolucija intelekta postepeno je uspostavljala balans između iracionalnog i racionalnog u čoveku, prebacujući odgovore na veliki deo pitanja u sferu racionalnog, i polako uspostavljajući današnju podelu kompetencija koju smo gore eksplicirali. Pokušaji dogmatskog održanja prevlasti verovanja, osnovanog na njihovom nekadašnjem statusu, svojom očiglednom besmislenošću čini lošu uslugu njihovoj plemenitoj ulozi u čovekovom životu.

Osvrnućemo se u najkraćem na one segmente verovanja koji još uvek u izvesnoj meri proizvode ove nepotrebne sukobe. Na prvom mestu to su zvanične religije dok je na drugom verovatno astrologija. Problem odnosa religije i nauke veoma je kompleksan i ovde se ćemo se u najkraćem zadržati samo na njegovim glavnim aspektima. Potreba za božanstvima kao natprirodnim regulatorima pojava u prirodi razvojem nauke polako je nestajala i prostor njihovog delovanja suzio se na moguću jurisdikciju nad fundamentalnim metafizičkim pitanjima, kao što je pitanje porekla materije i porekla njenih konkretnih osobina, ali i na pitanja na koja nauka tek naslućuje odgovore, kao što je recimo poreklo života, a naročito poreklo čoveka. Neke od mogućih naučnih odgovora na poreklo materije i njenih konkretnih osobina nagovestili smo u poglavlju o elementarnim česticama. Ne vidi se kako bi bilo kakav natprirodni faktor mogao da pomogne u odgonetanju ovog problema, prvenstveno jer to pokreće pitanje porekla i tog faktora, a naročito porekla njegovih detaljnih osobina. Pretpostavka o postojanju Kreatora samo je guranje

COSMOLOGY MARCHES ON



pod tepih osnovnog pitanja o praporeklu svega, koje se ni tom hipotezom ne razrešava. Kreacionistički odgovor na pitanje o praporeklu ustvari zahteva beskonačni niz kreatora, što podseća na mit o beskonačnom nizu kornjača na kojima počiva ravna ploča naše Zemlje. U varijanti moderne

urbane legende priča se da je posle jednog javnog predavanja o savremenoj kosmologiji predavaču prišla bakica iz publike i rekla mu da mu je ceo trud uzalud, jer je dobro poznato da ploča Zemlje stoji na leđima jedne velike kornjače. Na predavačevo pitanje na čemu onda stoji ta kornjača, bakica je odgovorila da je očigledno da su «kornjače sve do

kraja» (u originalu, «it's turtles all the way down»). No postojanje kreatora je inače u principu proverljivo – svaki evolucionista bi postao kreacionista istog časa kada bi se Kreator pojavio pred njim i kreirao, recimo, žabu. Argument o neophodnosti postojanja kreatora ili inteligentnog dizajnera, koji je zasnovan na nesumnjivo izuzetno maloj verovatnoći nastanka života iz neživota, je inače tipična greška *a posteriornog* statističkog rezonovanja. Pokušajte, naprimer, da procenite kolika je verovatnoća da baš meni dopadne novčanica od 1000 dinara serijskog broja AC0482136, koju trenutno posedujem. Kako god obavili procenu jasno je da je ta verovatnoća zanemarljivo mala. Pa ipak, taj tako malo verovatan događaj realizuje se stalno kod svakog od nas. U opservabilnoj Vasioni po procenama ima oko 10^{80} atoma. Zamislite kolika je verovatnoća da se oni, atom po atom, rasporede baš u onaj raspored u kome se trenutno nalaze. No izlazi da se realizovao upravo taj raspored za koga je verovatnoća praktično jednaka nuli, i nijedan drugi. Razmatrano na taj način, nikad i nigde se ništa ne bi moglo desiti – svaka i «najobičnija» pojava je na isti način beskonačno malo verovatna.

Astrologija je problem nižeg ranga i nešto drugačije vrste. Svakom iskusnom naučniku koji je vešt u baratanju modelom objekti-interakcije-pojave, jasno je da između nečijeg rođenja i rasporeda planeta u tom trenutku, ne postoji interakcija koja može da obezbedi bilo kakvu korelaciju ili kauzalnu vezu sa kasnijim životom individue. Taj problem uopšte ne zaslužuje proveru, mada je ustvari direktno proverljiv po svim uzusima naučnog metoda. Provera pretpostavke o postojanju korelacija (čije osmišljavanje taman može da nam posluži kao dobar test o tome koliko smo usvojili suštinu naučnog metoda) zahtevala bi recimo da iz dana u dan, od rođenja pa do smrti, pratimo živote većeg broja ljudi, recimo hiljadu njih, rođenih u različitim astrološkim uslovima, i da sva astrološka predviđanja uporedimo sa stvarnošću, pa da zatim izračunamo verovatnoću da se događaji koji su se desili u skladu sa predviđanjima dese slučajno, i da konačno ustanovimo sa kolikom značajnošću učestanost slaganja predviđanja i stvarnosti prevazilazi ovu izračunatu. Sve ono što znamo o interakcijama u prirodi, ali i o astrološkim predviđanjima, govori nam da ta značajnost mora biti veoma mala, te da preduzimanje ovako komplikovanog istraživanja ničim nije ni opravdano. No astrologija može da ostane dobra zabava, koja je čoveku potrebna isto kao i nauka, i kao uteha koju mu može pružiti religija.

Miroljubiva koegzistencija racionalne i iracionalne strane čovekove ličnosti, bez mešanja jurisdikcija i kompetencija, koja samo liči na šizofreniju ali to ipak nije, najbolji je recept za dalju egzistenciju čoveka, prvenstveno jer boljeg recepta nema.

Literatura

Opšta literatura o naučnom metodu je ogromna, pisana od strane kako mnogih praktikujućih naučnika, tako i mnogih filozofa nauke, različitih opredeljenja. Naš koliko-toliko praktično upotrebljiv uvod u naučni metod ne sledi nijedan od velikih uzora jer se obimna klasična dela ne mogu zadovoljavajuće prepričati u kratkoj formi. Umesto toga on predstavlja sublimat ličnog viđenja, izgrađenog sa jedne strane kroz mnoge godine istraživanja, i sa druge kroz isto toliko godina praćenja literature iz ove oblasti. Može se reći da su sve teme koje su u ovom uvodu obrađene, obrađene samo na nivou uvodnog razmatranja, radi uvođenja početnih definicija pojmova, i prikazivanja njihovog opšteg značaja u postupcima naučnog istraživanja. O svakoj od ovih tema biće nužno više reći u sledećim poglavljima ove knjige. Pozivanja na literaturu bi bila suviše brojna, te je autor smatrao da je bolje da u tekstu u potpunosti izostanu, a osnovna literatura koja je ovde navedena namenjena je onome ko želi da zna više od onoga no što se u našem zborniku može naći.

Mnoštvo sajtova na Internetu posvećeno je najraznovrsnijim aspektima naučnog metoda. Verovatno najbolji pojedinačni sajt sa slobodnim pristupom je Stanfordska Enciklopedija Filozofije:

<http://plato.stanford.edu>

Ispravno zapitan, lokalni pretraživač isporučice niz kvalitetnih članaka, sa mnoštvom linkova na relevantne reference, na svaku temu iz filozofije nauke i naučnog metoda.

Najupotrebljiviji opšti praktični uvod u naučni metod je, po autorovom znanju:

1. B.E. Wilson, *An introduction to Scientific Research*, McGraw-Hill, New York 1952

dok sledeći izbor iz literature obrađuje različite partikularne aspekte metodologije istraživanja:

2. H. Weyl, *Philosophy of Mathematics and Natural Science*, Princeton, Univ. Press, Princeton, 1949
3. V. Kourganoff, *La Recherche Scientifique*, Presses Universitaires de France, Paris, 1958
4. O.H.Fidell, Ed. *Ideas in Science*, Washington Square Press, New York 1966
5. R.W.Marks, Ed. *Great Ideas in Modern Science*, Bantam Books, Toronto 1967
6. C.W. Taylor and F.Baron, Eds. *Scientific Creativity*, Wiley, New York, 1963
7. A.N. Whitehead, *Science and the Modern World*, Mentor Books, New York 1948
8. A.D. Richie, *Scientific Method*, Littlefield, Adams & Co., Paterson, 1963
9. G. Holton, *The Scientific Creativity*, Harvard Univ. Press, Cambridge, 1998
10. J.W.N. Sullivan, *The Limitations of Science*, The Viking Press, New York, 1933
11. B. Gower, *Scientific Method: An historical and philosophical introduction*, Routledge, London 1997
12. W.I.B. Beveridge, *The Art of Scientific Investigation*, Random House, New York, 1957

Konačno, za one koji žele da se sistematski bave problematikom naučnog metoda i nauke uopšte, literatura na srpskom sadrži prevode najznačajnijih dela danas već klasika filozofije nauke:

1. Hans Rajhenbah, *Rađanje naučne filozofije*, Nolit, Beograd, 1964
2. Karl Poper, *Logika naučnog otkrića*, Nolit, Beograd, 1973.
3. Tomas Kun, *Struktura naučnih revolucija*, Nolit, Beograd, 1974.
4. Ernest Nejjel, *Struktura nauke*, Nolit, Beograd, 1974.
5. Karl Hempel, *Filozofija prirodnih nauka*, Plato, Beograd, 1997.
6. M.R. Koen, E. Nejjel, *Uvod u logiku i naučni metod*, Jasen, Beograd, 2004.

Karikature u tekstu su rad čuvenog S. Harris-a, preuzete (za sad bez odobrenja) sa sajta:

<http://www.sciencecartoonsplus.com/gallery.htm>