

VODIČ
KROZ NAUKU
SVEMIR, ŽIVOT I SVE OSTALO

DŽON GRIBIN I
MERI GRIBIN

Prevela
Vesna Uskoković

Laguna

Naslov originala

John Gribbin

ALMOST EVERYONE'S GUIDE TO SCIENCE

Copyright © 1999 by John & Mary Gribbin

Translation Copyright © 2005 za srpsko izdanje, LAGUNA

SADRŽAJ

Uvod	9
1 Atomi i elementi	19
2 Unutar atoma	41
3 Čestice i polja	67
4 Hemija	89
5 Molekuli života	113
6 Evolucija	137
7 Naša promenljiva planeta	161
8 Vetrovi promene.	189
9 Sunce i njegova porodica	211
10 Životi zvezda.	239
11 Veliko i malo.	263
Indeks	289

U prvom planu svih stručnjaka uvek mora biti briga za čoveka i njegovu sudbinu... kako bi stvaralaštvo našeg uma bilo blagoslov a ne nesreća za čovečanstvo. Imajte uvek to na umu kada radite na svojim dijagramima i jednačinama.

Albert Ajnštajn
Kaltek, 1931.

UVOD

Kada se u nauci radi s veoma velikim i veoma malim brojevima, kao što će to biti slučaj u ovoj knjizi, ekonomično je pisati skraćenice umesto dugačkih redova nula. U naučnoj literaturi 10^2 znači 100 (jedinica – 1 – iza koje se nalaze dve nule), 10^3 znači 1.000, i tako dalje. Na drugoj strani skale 10^{-1} znači 0,1, dok 10^{-2} znači 0,01. Ovo obeležavanje naročito je korisno kada se upotrebljavaju brojevi poput Avogadrovog broja (videti prvo poglavlje), koji se u nauci obeležava kao 6×10^{23} ; u suprotnom bismo morali da napišemo 600.000.000.000.000.000.000.000.000.

Ovde treba obratiti pažnju na važnost koju ima naizgled mala promena u stepenovanju broja deset. Na primer, 10^{24} deset puta je veće od 10^{23} , a 10^6 nije polovina od 10^{12} već milion puta manje.

Ako se ne slaže s ogledom – pogrešno je

Sudbina stručnjaka svake naučne discipline jeste da se usmerava na sve uže i uže područje istraživanja kojim se bavi, pribavljava sve veće količine znanja o sve manjem i manjem, dok na kraju ne dođe do toga da zna sve o ničemu.

Da bih izbegao tu sudbinu, pre mnogo godina odlučio sam da postanem naučni pisac, a ne naučni istraživač. To mi je pružilo priliku da se kod pravih naučnika raspitam o njihovom radu, te da od toga objavljujem brojne članke i knjige. Ovakva vrsta bavljenja naukom omogućila mi je da znam sve manje i manje o sve većem i većem, premda još nisam stigao do stepena da znam ništa o svemu. Nakon trideset godina rada i mnogih knjiga koje su obrađivale neka posebna područja nauke, učinila mi se dobrom zamisao da napišem jednu opštu knjigu koja će pružiti širok pogled na celokupne prirodne nauke, budući da mi se posrećilo da znam podosta iz svih naučnih područja.

Kada pišem neku knjigu, prva publika kojoj je ona namenjena obično sam ja sâm. Pišem takvu knjigu o, recimo, kvantnoj

fizici, ili evoluciji, i želeo bih da ju je neko drugi napisao pre mene, čime bi me pošteo muka pronalaženja svih podataka i znanja koja su mi potrebna. Ovoga puta, pisao sam, međutim, ne za sebe već za sve druge, u nadi da će oni naći nešto što ih zanima, u čemu će uživati. Ako znate ponešto (ili mnogo) o kvantnoj fizici, ovde možete naći neke stvari o, recimo, evoluciji. Ako vam je evolucija u malom prstu, možete otkriti nešto novo o Velikom prasku i tako dalje.

I tako, premda sam svestan duha Isaka Asimova koji prati moj rad (nadam se s odobravanjem) u vezi s ovim tako sveobuhvatnim projektom, ovo nije „Vodič kroz nauku Džona Gribina“ već vodič za svakoga. To i nije toliko vodič za ljubitelje nauke (premda je i za njih), koliko vodič za zbunjene ljude, za svakoga ko je neodređeno svestan važnosti nauke, ali obično i zaplašen njenim stručnim jezikom i pojedinostima. Ovde nećete naći na takve stručnosti (sve njih je, ako ih je i bilo, odstranila moja koautorica, držeći na uzdi svaki moj pokušaj ekstravaganacije, i zadržavala samo ono što je razumljivo nestručnjaku). Ono što ćete ovde naći jeste pregled autora o tome kakvo je stanje nauke na prelazu iz 20. u 21. vek i kako se razni delići mozaika nauke slažu u suvislu veliku sliku svemira i svega u njemu.

Činjenica da se ti delići uopšte i mogu složiti jeste nešto što bi vam moglo promaći ako se previše zagledate u samo jedno područje nauke, recimo kosmologiju ili evoluciju, no ta činjenica veoma je važna za nauku. I evolucija i Veliki prasak utemeljeni su na istim načelima, pa ne možete tek tako prihvatati neke, a odbacivati druge delove naučne priče. Sve su to delići jedinstvene celine.

Često dobijam poruke od ljudi koji, iz ovog ili onog razloga, ne mogu da prihvate specijalnu teoriju relativnosti, shodno kojoj vreme pri kretanju teče sporije, a dužina se skraćuje. Ponekad ljudi očajnički nastoje da zaobiđu zaključke te teorije, istovremeno prihvatajući sve drugo u nauci. Ali, to ne može da se učini. Specijalna teorija relativnosti nije neko usamljeno ostr-

vo, teorija o promeni vremena i prostora, već nam je potrebna i pri tumačenju, na primer, načina pretvaranja mase u energiju u unutrašnjosti Sunca i toga kako se elektroni ponašaju unutar atoma. Odbacite li one delove teorije za koje vam se čini da se kose sa zdravim razumom, ostaćete i bez objašnjenja izvora energije Sunca ili periodnog sistema hemijskih elemenata. A to je samo jedan primer.

Nadam se da će ova knjiga objasniti kako je sve u savremenom pogledu na svet *dovedeno u međusobni sklad*. Taj naučni pogled na svet jeste najveće dostignuće ljudskog uma, a veličina toga dostignuća dolazi više do izražaja pri gledanju na njegovu opštu sliku nego pri obraćanju sveukupne pažnje na neku pojedinost.

Dve važne međusobno povezane karakteristike naučnog pogleda na svet prečesto se previdaju, a bitno je naglasiti ih. Prvo, cela ta razvojna priča ne traje duže od četiri veka (počevši od vremena Galileja, koje mi se čini više od bilo kog drugog kao trenutak započinjanja savremenog naučnog traganja). Drugo, sve to može shvatiti ljudski um. Možda nismo svi u stanju da pojмимо baš svaki pojedini delić naučne slike sveta; no neki od nas to mogu, iako ljudi imaju tako ograničen životni vek. I premda se mora pričekati da se pojavi genije koji će doći na zamisao kakva je teorija evolucije prirodnim odabiranjem, jednom kad se ta zamisao uobličila, ljudima prosečne inteligencije ona se može objasniti – što često izaziva spontani odgovor: „Kako je to očito; kako glupo od mene da se sâm nisam toga setio!“ (Takva je, na primer, otprilike bila reakcija Tomasa Henrija Hakslija kad je prvi put pročitao *Poreklo vrsta* Čarlsa Darvina.) Kao što je Albert Ajnštajn rekao 1936: „Najnesхватljivije na svetu jeste to da je svet shvatljiv“.

Razlog razumljivosti svemira za nas smrtna bića skriva se u činjenici da njime vlada mala zbirka vrlo jednostavnih pravila. Ernest Raderford, fizičar koji nam je dao model atoma početkom dvadesetog veka, jednom je rekao da se „nauka deli na

dve kategorije, na fiziku i na filateliju“. To nije bila samo zгодna dosetka, premda je on ponekad znao da omalovaži druge naučne discipline, što činjenicu da je dobio Nobelovu nagradu za hemiju (1908, za rad na radioaktivnosti) čini posebnom poslasticom. Fizika je najtemeljnija od svih nauka, i to zato što se bavi najdirektnijim pravilima koja vladaju svemirom i jednostavnim česticama od kojih je sve u svemiru sagrađeno, i zato što metode fizike nude arhetip što se koristi u drugim naučnim disciplinama pri razvijanju njihovih delova slike sveta.

Najvažnija od tih metoda jeste upotreba onoga što fizičari zovu model. Pogledajmo поблиže šta to znači i šta se pod ovom metodom podrazumeva. Model je za fizičara kombinacija misaone slike nečег što je osnovna tvorevina i skupa matematičkih jednačina koje opisuju ponašanje te tvorevine. Na primer, prema jednom modelu, vazduh u sobi u kojoj ovo sada pišem ispunjen je molekulima gasa, a na svaki taj molekul gleda se kao na sitnu tvrdu kuglicu. Imamo prateće jednačine koje opisuju, na jednom nivou, kako se te kuglice međusobno sudaraju i odbijaju jedna od druge i od zidova sobe, a, na drugom nivou, opisuju kako prosečno ponašanje vrlo velikog broja tih kuglica stvara pritisak vazduha u mojoj sobi.

Ne budite zabrinuti zbog jednačina – potpuno ću ih zane-mariti u ovoj knjizi. Ali zapamtite da dobar model uvek sadrži u sebi jednačine, a jednačine su sredstvo pomoću kojeg istraživači rade da bi predvideli način ponašanja objekata – da bi izračunali, recimo, kako bi se u mojoj sobi promenio pritisak vazduha ako se temperatura podigne za deset stepeni Celzijusa, a sve drugo ostane isto. Razliku između dobrog modela i lošeg modela ustanovićemo proveravajući ih ogledom – u pome-nutom slučaju ugrijmo sobu za deset stepeni i gledajmo slaže li se novi izmereni pritisak s pritiskom izračunatim pomoću jednačina modela. Ako slaganja nema, modelu je u najboljem slučaju potrebno poboljšanje, a u najgorem slučaju treba ga potpuno odbaciti.

Ričard Fejnman, jedan od najvećih fizičara 20. veka, rezimiraо je naučni proces u predavanju koje je održao 1964, koristeći reč „zakon“, ali je uverljivo izneo tvrdnju koja isto tako ваži i za modele:

„Uopšte uzevši, novi zakon tražimo sledećim postupkom: prvo ga pretpostavimo. Zatim krenemo da izračunamo posledice i pretpostavke da bismo videli šta bi se dogodilo kad bi pretpostavljeni zakon bio ispravan. Onda rezultate izračunavanja uporedimo sa stanjem u prirodi, putem iskustva ili ogleда, upoređujemo ih direktno s posmatranjem, da bismo ustanovili slaže li se to. Ako se ne slaže s ogledom, pogrešno je. Ta jednostavna rečenica ključ je za nauku. Uopšte nije važno koliko je lepa vaša pretpostavka. Uopšte nije važno koliko ste vi pametni, ko je izrekao pretpostavku, da li je to poznato ime ili ne. Važno je samo jedno: ako se ne slaže s ogledom, pogrešno je.“

To je srž onoga što nauka i naučni modeli jesu. *Ako se ne slaže s ogledom, pogrešno je.* Ali, ima tu još dubljih slojeva. Čak i ako se *slaže s ogledom*, to još ne znači da je model „tačan“ u smislu neke večite univerzalne „velike istine“ o prirodi stvari koje proučavamo. Samo zato što molekule možemo da smatramo za male čvrste loptice u svrhu izračunavanja pritiska gasa u nekoj prostoriji, to ne znači i da molekuli zaista *jesu* čvrste loptice – to samo znači da se u određenim okolnostima ponašaju *kao da* su čvrste loptice. Modeli su upotrebljivi unutar nekih – obično – jasno određenih ograničenja, i izvan tih ograničenja moraju se nadomestiti drugim modelima.

Da to još malo pojasnimo. Uzmimo sad drugačiji način gledanja na molekule gasa u mojoj sobi. Neki od tih molekula biće vođena para, a kao što zna svaki školarac, molekuli vođene pare, to jest vode, sagrađeni su od tri atoma – dva vodonika i jednog kiseonika, što se piše kao H₂O. Za neke svrhe, uobičajeni model molekula vode jesu dve majušne čvrste kuglice (vodonikovi

atomi) spojene s jednom jedinom većom čvrstom kuglicom (kiseonikov atom), i to tako da spoj ima oblik slova V, s kiseonikom u njegovom temenu.

Za te svrhe, veze među atomima mogu se smatrati malim žilavim oprugama, tako da atomi u molekulu mogu da poskakuju, vibrirajući ovamo-onamo. Ta vrsta vibracije povezana je s karakterističnom talasnom dužinom zračenja – budući da atomi nose naelektrisanje (više o tome kasnije), pa ako su prisiljeni da vibriraju na ovaj način, emitovaće mikrotalasno zračenje, a ako je prava vrsta mikrotalasnog zračenja usmerena na molekule, vibriraće u skladu, u rezonanciji.

Upravo to se događa u mikrotalasnoj pećnici. Mikrotalasi podešeni na talasne dužine koje izazivaju vibracije u molekulima vode puštaju se u pećnicu i podstiču molekule vode u hrani na vibracije, dakle ti molekuli upijaju energiju i zagrevaju hranu. Ovakvo ponašanje nije poznato samo u kuhinji ili laboratoriji – za njega znamo i iz proučavanja mikrotalasnog zračenja iz oblaka gasa u svemirskom prostoru, zahvaljujući čemu su astronomi otkrili prisustvo molekula vode i mnogih drugih molekula u međuzvezdanom prostoru.

Ako ste, dakle, radioastronom, i tragate za molekulima u svemiru, ili ste elektroinženjer koji konstruiše mikrotalasnu pećnicu, „opruge-kuglice“ model molekula vode jeste dobar, pod uslovom da su te opruge dovoljno elastične da mogu valjanost da vibriraju. Vi više ne gledate na ceo molekul kao na jednu čvrstu lopticu; ali pojedini atomi, poput atoma kiseonika, i dalje su vam pojedinačne čvrste kuglice.

Hemičar koji analizira sastav neke materije gleda na sve to drugačije. Ako želite da znate koje su vrste atoma prisutne u nekoj materiji, jedan od načina da se to ustanovi jeste proučavanje svetlosti što je zagrejani atomi zrače. Različite vrste atoma zrače različite boje, vrlo oštro određene linije u spektru svetlosti – a najpoznatiji primer je žutonarandžasta boja uličnih svetiljki koje sadrže natrijum. Atomi natrijuma, pobuđeni

u ovom slučaju ne topotom već električnom strujom, zrače u žutoj svetlosti.

Model kojim se opisuje način stvaranja te svetlosti ne gleda na atom kao na čvrstu kuglicu, već kao na jednu tvorevinu koja se sastoji od nekog sitnog središnjeg jezgra (koje se, u ovom slučaju, zasad može takođe smatrati nekom sićušnom čvrstom kuglicom) okruženog oblakom majušnih naelektrisanih čestica zvanih elektroni. Središnje jezgro ima neko pozitivno naelektrisanje, a svaki elektron ima po jedno negativno naelektrisanje. Sjajne linije u spektru neke određene vrste atoma objašnjavaju se načinom na koji se ponašaju elektroni u spoljašnjim delovima atoma. Ono što, hemijskim jezikom govoreći, razlikuje jednu vrstu atoma od drugih jeste broj elektrona (osam za kiseonik, samo jedan za vodonik, 11 za natrijum); a budući da svaka vrsta atoma ima sebi svojstvenu jedinstvenu raspodelu elektrona, svaka vrsta atoma proizvodi sebi svojstven uzorak obojenih linija u spektru.

Mogao bih da nastavim, ali već vidite na šta ciljам. Model u kojem su molekuli vazduha male čvrste loptice jeste dobar jer je upotrebljiv kada treba izračunati kako se s promenom temperature menja pritisak. Model u kojem su molekuli građeni od malih tvrdih loptica (atoma) koje zajedno drže neki veznici takođe je dobar jer može da se koristi kad izračunavate kako molekuli vibriraju i proizvode radiotalase. A model u kojem atomi nisu nedeljive tvrde kuglice već sićušna jezgra oko kojih se nalaze oblaci elektrona takođe je dobar, jer ga možemo upotrebiti za izračunavanje boje svetlosti neke određene vrste atoma.

Nijedan od tih modela nije konačna Velika Istina, ali svaki od njih ima svoju ulogu. Ova sredstva koristimo kao pomagala u svojim zamišljanjima o tome šta se tu događa, kao i za izračunavanje koje možemo ispitati direktno merenjem, kao što su na primer pritisak vazduha u sobi ili boja koju zrači neka zagrejana materija.

Isto kao što tesar neće da upotrebi dleto za istu vrstu posla za koju mu je potrebno svrdlo, tako i naučnik mora da upotrebi pravi model za posao koji radi. Kad Fejnman kaže: „Ako se ne slaže s ogledom, pogrešno je“, on pri tom misli ako se ne slaže s *odgovarajućim ogledom*. Model molekula vode kao jedne jedinstvene čvrste kuglice ne dopušta mogućnost onih vrsta vibracija kakve su mikrotalase, pa stoga takav model „predviđa“ da vodena para neće emitovati mikrotalase. To znači da je, ako smo zainteresovani za mikrotalase, ovo pogrešan model. Ali, to *ne* znači da je isti model pogrešan ako nas zanima kako je pritisak vazduha u sobi povezan s porastom temperature.

Sve u nauci vrti se oko modela i predviđanja, oko iznalaženja načina na koji ćemo sebi u glavi predstaviti sliku funkcionisanja sveta i načina na koji ćemo obaviti proračune koji predviđaju šta će se dogoditi u nekim okolnostima. Što se više udaljavamo od uobičajenog sveta svakodnevice, bilo prema vrlo velikom, bilo prema vrlo malom, to se više moramo oslanjati na analogije: neki atom je, u određenim okolnostima „poput“ bilijarske loptice; neka crna jama je, u izvesnom smislu, „poput“ dubokog ulegnuća u gumenom čaršavu.

Bilo bi vrlo zamorno nastaviti kvalifikovanje upotrebe raznih modela na ovaj način, a sada, nakon što sam odvalio kamen sa srca olakšavši svojoj duši ovim priznanjem, neću to više činiti i verovaću vam da ste zapamtili kako je i najbolji model dobar samo u svome kontekstu, i kako se dleto nikad ne upotrebljava za posao svrdla, i obratno. Kad god opisujemo nešto kao „stvarno“, ono što pri tom mislimo jeste da je to najbolji model za korišćenje u datim okolnostima.

Pod takvim uslovima, započevši od dimenzija atoma, spustiću vas u svet vrlo, vrlo sitnog, a zatim izneti napolje u veliki svemir, pružajući vam najbolje današnje razumevanje (najbolji model) prirode stvari na svim nivoima. Sve dalje rečeno je tačno jer se slaže s ogledom; sve se uklapa jedno u drugo poput

delića slagalice i – deluje. I sve to može razumeti, bar u opštim crtama, svaki prosečan ljudski um.

Nauka sadrži u sebi još jednu karakteristiku, koje se strogo držim i koja je oblikovala građu ove knjige (i celog mog rada), a nje se drže bezuslovno i svi naučnici. Za mene je nauka u prvom redu istraživanje našeg mesta u svemiru – mesta što ga čovek zauzima u svetu koji seže od najsitnijih subatomske čestice pa do najvećih dometa prostora i vremena. Mi ne postojimo u osami, a nauka je ljudska kulturna delatnost, a ne samo hladno nastojanje da se otkrije istina, bez obzira na to koliko se trud ulaže. Sve se svodi na to odakle smo potekli i kuda idemo. A to je najuzbudljivija priča ikada ispričana.