

**STVARNOST NIJE
KAO ŠTO IZGLEDA**

Karlo Roveli

Stvarnost nije
kao što izgleda



Put do kvantne gravitacije

Sa italijanskog preveo
Srđa Janković



Naslov originala

Carlo Rovelli:

LA REALTÀ NON È COME CI APPARE

La struttura elementare delle cose

Copyright © 2014 by Raffaello Cortina Editore

Copyright © 2018. za srpsko izdanje, Heliks

Izdavač

Heliks

Za izdavača

Brankica Stojanović

Urednik

Bojan Stojanović

Lektura

Vesna Đukić

Redaktura

Aleksandra Dragosavljević

Štampa

Artprint Media, Novi Sad

Prvo izdanje

Knjiga je složena
tipografskim pismima

Kepler i Cronos Pro

ISBN: 978-86-6024-006-6

Smederevo, 2018.

www.heliks.rs

Sadržaj

Predgovor	vii
Uvod: U šetnji kraj mora	ix
PRVI DEO	
<i>Koreni</i>	1
1. Zrnca	5
Postoji li granica deljivosti?	12
Priroda stvari	18
2. Klasici	27
Isak i mali mesec	27
Majkl: polja i svetlost	35
DRUGI DEO	
<i>Početak revolucije</i>	43
3. Albert	47
Proširena sadašnjost	48
Najlepša od svih teorija	54
Matematika ili fizika?	65
Kosmos	67
4. Kvanti	79
Još jednom Albert	79
Nils, Verner i Pol	82
Polja i čestice su jedno isto	92
Kvanti 1: količina informacije je konačna	95
Kvanti 2: indeterminizam	96
Kvanti 3: stvarnost je odnos	98
Ali jesmo li stvarno razumeli?	100

TREĆI DEO

Kvantni prostor i relaciono vreme 105

5. Prostorvreme je kvantno 109

Matvej 112

Džon 114

Prvi koraci ka petljama 118

6. Kvanti prostora 119

Spektri zapremine i površine 121

Atomi prostora 125

Spinske mreže 127

7. Vreme ne postoji 131

Vreme nije ono što mi mislimo 132

Puls i svećnjak 133

Prostorvremenski suši 136

Spinske pene 139

Od čega je sačinjen svet? 144

ČETVRTI DEO

S one strane prostora i vremena 147

8. S one strane Velikog praska 151

Maestro 151

Kvantna kosmologija 155

9. Empirijske potvrde? 159

Signali koje nam šalje priroda 161

Prozor u kvantnu gravitaciju 164

10. Toplota crnih rupa 169

11. Kraj beskonačnosti 177

12. Informacija 183

Toplotno vreme 191

Stvarnost i informacija 194

13. Zagonetka 199

Bibliografija s komentarima 205

Indeks 209

Predgovor

OD POČETKA MOJE ISTRAŽIVAČKE KARIJERE, prijatelji i znatiželjnici molili su me da im objašnjavam šta se događa s istraživanjima iz kvantne gravitacije. Kako bi se mogli oprobati novi načini razmišljanja o prostoru i vremenu? Uporno su tražili od mene da napišem popularni prikaz tih istraživanja. Mada je već postojalo obilje knjiga o kosmologiji i teoriji struna, još uvek nije bilo nijedne u kojoj se potanko opisuju ogledi povezani s kvantnom prirodom prostora i vremena, a posebno kvantna gravitacija na petljama. Dugo sam oklevao, jer sam pre svega bio usredsređen na svoj rad. Pre nekoliko godina, nakon što sam dovršio tehničku knjigu o istoj temi, ipak sam shvatio da je zahvaljujući kolektivnim naporima brojnih naučnika područje sazrelo za popularnu knjigu. Pejzaž koji istražujemo je očaravajući – zašto da ostane skriven?

No i dalje sam oklevao da se upustim u projekat, jer nisam bio u stanju da „vidim“ knjigu u svojoj glavi. Kako da objasnim svet bez prostora i vremena? Jedne noći 2012. godine, tokom samotne vožnje od Italije do Francuske, shvatio sam da promene kroz koje upravo prolaze pojmovi prostora i vremena mogu pristupačno da objasnim jedino tako da pripovest započnem od samog početka – da krenem od Demokrita i stignem sve do kvanata prostora. Na kraju krajeva, i ja sam to razumeo na isti način. Vozeći dalje, u sebi sam počeo da kreiram koncepciju cele knjige, uzbuđujući se sve više, dok nisam začuo sirenu policijskog vozila koje je hitalo da me zaustavi – poprilično sam prekoračio ograničenje brzine. Italijanski policajac učtivo me je upitao da li sam poludeo kad tako jurim.

Objasnio sam mu da sam upravo dobio ideju za kojom sam dugo tragao; pustio me je bez kazne i pozeleo mi sreću s knjigom. Evo te knjige.

Knjiga je napisana i prvi put objavljena na italijanskom 2014. godine. Nešto kasnije sam napisao i nekoliko članaka o fundamentalnoj fizici za italijanski časopis. Predstavnici prestižnog italijanskog izdavača, Adelfija, zamolili su me da sačinim proširenu verziju tih članaka koju bi izdali u vidu knjižice. Tako je nastalo omanje delo *Sedam kratkih lekcija iz fizike*, koje je na moje ogromno iznenađenje postalo međunarodni bestseler, otvorivši mi sjajan kanal za komunikaciju s mnogobrojnim divnim čitaocima širom sveta. *Sedam lekcija* su, dakle, napisane posle ove knjige i u neku ruku predstavljaju sintezu pojedinih tema na koje ćete naići ovde. Ako ste ih pročitali i želite da saznate više, da se zaputite dublje u nesvakidašnji svet čije sam obrise skicirao, ovde možete pronaći dodatno štivo.

Mada sam opšteprihvaćenu fiziku opisivao sa specifičnog stanovišta koje odgovara mom poimanju, u opisu je malo šta sporno. Međutim, odeljak u kojem govorim o tekućim istraživanjima iz kvantne gravitacije zasniva se na mom ličnom viđenju aktuelne situacije u toj oblasti. Reč je o graničnom području između pojava koje smo razumeli i onih koje još uvek nismo, te smo veoma daleko od opšte saglasnosti. Neki od kolega fizičara složiće se s napisanim; drugi neće. Isto važi i za sve druge prikaze istraživanja koja se odigravaju na granicama ljudskog znanja, ali mi je stalo da to neposredno i jasno naglasim. Temu knjige ne čine izvesnosti, već pustolovina otiskivanja u nepoznato.

U celini, reč je o putopisu koji prati jedno od najspektakularnijih putestvija koja je čovečanstvo ikada preduzelo. Ono nas odvodi izvan granica lokalnog, ograničenog poimanja stvarnosti, daleko od zdravorazumskih predstava o stvarima, ka sve detaljnijem razumevanju ustrojstva sveta. To čarobno putovanje ni izbliza nije okončano.

Karlo Roveli
Marsej, 4. maj 2016.

Uvod

U šetnji kraj mora

OBUZETI SMO NAMA SAMIMA. Izučavamo *našu* istoriju, *našu* psihologiju, *našu* filozofiju, *našu* književnost, *naše* idole. Veliki deo našeg znanja odnosi se na bavljenje samim sobom, kao da smo baš mi najvažniji u čitavoj vasioni. Toliko volim fiziku upravo zato što nam ona otvara prozor s kog se vidi nadaleko. Kao da nam u kuću ulazi svež vazduh.

Ono što vidimo kroz taj prozor ne prestaje da nas zadivljuje. Naučili smo o vasioni mnogo toga. Tokom vekova razobličili smo mnoge svoje zablude. Nekada smo verovali da je Zemlja ravna. Da je nepomična u središtu sveta. Da je vasiona skučena i statična. Verovali smo da su ljudi posebna stvorenja i da nisu ni u kakvom srodstvu s drugim životinjama. Naučili smo da postoje kvarkovi, crne rupe, čestice svetlosti, prostorni talasi i neverovatna molekularna arhitektura u svakoj ćeliji našeg tela. Čovečanstvo je poput deteta koje raste i zadivljeno otkriva da svet ne čine samo njegov stančić i njegovo igralište, već je zbilja ogroman i ispunjen hiljadama pojmova koje valja otkriti i ideja s kojima se treba upoznati, drugačijih od onih uz koje je raslo. Vasiona je mnogostrana i bezgranična, i mi i dalje doznajemo njene nove aspekte. Što o svetu više doznajemo, to nas više zadivljuju njegovo šarenilo, lepota i jednostavnost.

No kako sve više pojmova spoznajemo, tako raste i naša svest da mnogo više toga i dalje ne znamo nego što smo već shvatili. Što su jači naši teleskopi, to više posmatramo čudesna nebeska prostranstva o kojima nismo ni slutili. Što više sagledavamo sićušne detalje materije, to više otkrivamo njenu dublju građu. Danas možemo da gledamo u prošlost

gotovo do samog Velikog praska, divovske eksplozije iz koje su pre oko 14 milijardi godina potekle sve galaksije na nebu; no već počinjemo da naziremo da bi nešto moglo postojati i s one strane Velikog praska. Naučili smo da je prostor zakrivljen i već počinjemo da naslućujemo da je prožet kvantnim petljama koje vibriraju.

Naše ovladavanje osnovnom gramatikom sveta i dalje napreduje. Ako bismo pokušali da saberemo sve što smo o svetu fizike naučili tokom XX veka, ukazalo bi nam se da se taj svet temeljno razlikuje od onih predstava o materiji i energiji, o prostoru i vremenu, kojima su nas učili u školi. Pokazuje nam se osnovna struktura sveta u kojoj ne postoje ni vreme ni prostor, a tu strukturu stvaraju vibracije kvantnih događaja. Kvantna polja formiraju prostor, vreme, materiju i svetlost, razmenjujući informacije među događajima. Stvarnost je tkanje ispređeno od zasebnih elementarnih jedinica; dinamika koja ih povezuje je probablistička; svi su događaji, baš kao i prostor, vreme, materija i energija, rasuti u vidu oblakâ verovatnoće.

Taj novi, čudesni svet danas se lagano pomalja zahvaljujući proučavanju najvećeg nerazrešenog problema bazične fizike: *kvantne gravitacije*. Tu je problem kako dovesti u sklad ono što smo o stvarnosti razumeli pomoću dva velika otkrića iz fizike XX veka – opšte relativnosti i kvantne teorije. Ova knjiga je, dakle, posvećena *kvantnoj gravitaciji* i čudesnom svetu koji nam ona razotkriva.

U knjizi ćemo govoriti o istraživanjima koja su u toku – šta se upravo trudimo da saznamo, šta sve već znamo i šta nam se tek čini da počinjemo da razabiramo o osnovnoj prirodi stvarnosti. Krenućemo od dalekih začetaka ključnih ideja, koje nam danas omogućuju da u naše razmišljanje o svetu uvedemo red. Opisaćemo dva velika otkrića XX veka, Ajnštajnovu opštu teoriju relativnosti i kvantnu mehaniku, nastojeći da u prvi plan smestimo njihov suštinski značaj za fiziku. Govorićemo o slici sveta koja se danas rađa iz istraživanja kvantne gravitacije, vodeći računa o poslednjim naznakama koje nam je priroda pružila: o potvrdi standardnog kosmološkog modela koju nam je 2013. godine podario satelit Plank i o otkriću koje se iste godine odigralo u CERN-u: doznalo se da ne postoje supersimetrične čestice iako su ih mnogi očekivali. Razmatraćemo implikacije opisanih ideja – diskretnu strukturu prostora, nepostojanje vremena na najmanjoj skali, fiziku Velikog praska, poreklo toplote crnih rupa i, na kraju, naše pretpostavke o ulozi koju u samim temeljima fizike igra informacija.

U slavnom mitu o kome Platon pripoveda u VII knjizi *Republike*, ljudi su okovani lancima u dnu mračne pećine i vide samo senke koje na zidu o crtava vatra iza njihovih leđa. Oni misle da su te senke stvarnost. Onda se jedan od njih oslobodi, izađe napolje i otkrije Sunčevu svetlost i široki svet. U početku ga svetlost zaslepljuje i zbunjuje – oči mu nisu naviknute na nju. Najzad ipak progleda, pa se sav srećan vrati drugovima da im ispriča šta je video. Njima je teško da mu poveruju.

Svi smo mi u dnu neke pećine, vezani lancima našeg neznanja i predrasuda, a naša slabašna čula opažaju samo senke. Često padamo u zabunu kada pokušamo da gledamo dalje – jer na to nismo navikli. Ali ipak pokušavamo. Eto šta je nauka. Naučna misao istražuje i preoblikuje svet, nudeći nam, malo-pomalo, sve bolju sliku o njemu. Ona nas nagoni da razmišljamo efikasnije. Nauka je neprestano traganje za mogućim načinima razmišljanja. Njena snaga počiva u vizionarskoj sposobnosti da obara predrasude, da nam otkriva nova područja stvarnosti i uspešno nadograđuje našu sliku sveta. Taj se poduhvat oslanja na celokupno postojeće znanje, ali njegova srž ipak prebiva u promeni. U gledanju još dalje. Svet je neiscrpan i veličanstven – žudimo da mu pođemo u susret. Okruženi smo njegovim zagonetkama i lepotama, iza brega se kriju još neistraženi predeli. Strepnje koje nas obuzimaju, naš neizvestan položaj, vrtoglavica nad bezdanom vlastitog neznanja, nimalo ne obe-smišljavaju naše putovanje, već ga, naprotiv, čine dragocenim.

Napisao sam ovu knjigu s namerom da izložim čitaocu sve ono što me u čitavom tom poduhvatu najviše zadivljuje. Napisao sam je za čitaoca koji ne mora ništa znati o fizici, ali je radoznao da dozna šta mi to danas shvatamo, a šta ne shvatamo o osnovnom tkanju ovog sveta, i na koje sve načine upravo tragamo za novim saznanjima. A pokušao sam i da skiciram veličanstvenu panoramu stvarnosti od koje zastaje dah, i u kojoj se može uživati s takvog vidikovca.

Knjigu sam takođe pisao za svoje kolegice i kolege, saputnice i saputnike rasute po čitavom svetu, kao i za mlade koji gaje strast prema nauci i hteli bi da se zapute njenim stazama. Nastojao sam da im približim jedan opšti pogled na fizičku strukturu sveta, osvetljenu s dve strane – iz ugla teorije relativnosti i kvantne teorije – kako verujem da bi se one mogle objediniti. Cilj ove knjige nije samo da ostvari naučnu komunikaciju. To je podjednako i prikaz koherentnog stanovišta prema polju istraživanja u kojem apstraktni tehnički jezik ponekad preti da nas omete u

sagledavanju celine. Nauka se sastoji od eksperimenata, hipoteza, jednačina, proračuna i dugih diskusija, ali to su samo njena sredstva, nalik na instrumente kojima se služe muzičari. U muzici je, na kraju, bitna jedino sama muzika, a u nauci je bitno razumevanje sveta koje je nauka kadra da nam ponudi. Kako bismo razumeli koliko je značajno otkriće da Zemlja kruži oko Sunca, nije neophodno da se upustimo u Kopernikove zamršene proračune; da bismo razumeli koliko je značajno otkriće da sva živa bića na našoj planeti imaju zajedničke pretke, nije neophodno da se upustimo u složene argumente iznete u Darwinovoj knjizi. Nauka predstavlja tumačenje sveta s jednog stanovišta koje se bez prestanka, malo-pomalo proširuje.

U ovoj knjizi ću izneti svoje mišljenje o aktuelnom stanju u istraživanjima koje daje pomenutu novu sliku sveta. Potrudiću se da pritom naglasim ključne momente i logičke veze. Pripovedaću vam o svemu tome baš onako kako bi čovek pripovedao kolegi ili prijatelju koji bi ga, u šetnji kraj mora neke duge letnje noći, upitao: „A šta ti misliš, kakva je priroda stvarnosti?“

Prvi deo



Koreni

*R*adnja ove knjige počinje u Miletu pre dvadeset šest vekova. No zašto bi jedna knjiga o kvantnoj gravitaciji otpočela pričom o tako dalekim događajima, ličnostima i zamislima? Čitalac kojem se žuri da dođe do kvanata prostora neće od mene tražiti baš to. Ali sve je ideje lakše razumeti ako se pođe od korena iz kojih su ponikle, a mnoge zamisli koje su kasnije dovele do razumevanja sveta ponikle su pre više od dvadeset vekova. Ako ukratko prođemo kroz period kada su se te ideje rađale, bolje ćemo ih shvatiti, a naredni koraci će nam postati jednostavniji i prirodniji.

Ali ima i drugih razloga. Neki problemi koji su tada postavljeni i danas su u samoj srži našeg shvatanja sveta. Neke od najnovijih zamisli o strukturi prostora pozivaju se na pitanja i koncepte koji su tada uvedeni. Govoreći o tadašnjim idejama, odmah ću početi da izlažem neka od osnovnih pitanja koja će nam biti potrebna da bismo shvatili osnove kvantne gravitacije. Tako ćemo u našem prikazu kvantne gravitacije moći da razlučimo onaj deo ideja koji, premda mi toga često nismo ni svesni, potiče još od začetaka naučne misli, od aspekata koji su, naprotiv, radikalno novi. Problemi što su ih postavili neki antički naučnici i rešenja koja su ponudili Ajnštajn i tvorci teorije kvantne gravitacije, kako ćemo videti, u veoma su bliskoj vezi.

1

Zrnca

PREMA TRADICIJI, 450. GODINE PRE NOVE ERE jedan čovek ukrcao se na brod koji je iz Mileta plovio u Abderu (slika 1.1). To putovanje bilo je od fundamentalnog značaja za istoriju ljudskog saznanja.

Čovek je verovatno bežao od političkih neprilika u Miletu, gde se aristokratija upravo borila da povrati vlast, i to nasiljem. Milet je bio bogat i napredan grčki grad, možda i svojevrsna prestonica grčkog sveta pre zlatnog doba Atine i Sparte. Bio je veoma aktivan trgovinski centar i gospodario je mrežom od gotovo stotinu kolonija i trgovačkih luka koja se protezala od Crnog mora sve do Egipta. U Milet su pristizali karavani iz Mesopotamije i brodovi iz centralnog Sredozemlja, a s njima su putovale i ideje.

Tokom prethodnog veka, u Miletu se odigrala misaona revolucija koja je bila od dalekosežnog značaja za čovečanstvo. Grupa mislilaca pronašla je nov način da o svetu postavlja pitanja i traga za odgovorima. Najveći među njima bio je Anaksimandar.

Ljudi su se oduvek, ili barem od vremena najstarijih pisanih tekstova koji su doprli do nas, pitali kako je svet nastao, od čega je sačinjen, kako je uređen, zbog čega se javljaju prirodne pojave. Hiljadama godina svi su odgovori na takva pitanja ličili jedni na druge – pozivali su se na komplikovane priče o duhovima, božanstvima, izmišljenim bićima ili mitološkim stvorenjima i tome sličnom. Od glinenih tablica ispisanih klinastim pismom do drevnih kineskih tekstova, od hijeroglifskih zapisa u piramidama do mitova Sijuksa, od najstarijih indijskih zapisa do Biblije, od afričkih legendi do predanja australijskih Aboridžina, svuda susrećemo istu

6 Stvarnost nije kao što izgleda



Slika 1.1 Putovanje osnivača atomističke škole (oko 450. p. n. e.).

živopisnu – mada u stvari i pomalo dosadnu – povorku Pernatih zmija i Velikih krava, ljutih, svadljivih ili blagonaklonih božanstava koja stvaraju svet tako što ulivaju svoj dah u prazninu, izgovaraju *Fiat lux*, ili se izležu iz kosmičkog jajeta.

A onda su u Miletu, početkom VI veka pre nove ere, Tales, njegov učenik Anaksimandar, Hekatej i pripadnici njihove škole otkrili nov način tražanja za odgovorima. To nije bilo pozivanje na mitove, duhove ili bogove, već traženje odgovora u samoj prirodi. Ova velika misaona revolucija najavila je novu koncepciju saznanja i označila prvi osvit naučne misli.

Milećani su razumeli da uvek možemo poboljšati našu sliku sveta i otkriti još neke aspekte stvarnosti skrivene od svakodnevnog pogleda, i tako ćemo uvek saznati još nešto novo, ukoliko smotreno koristimo svoju moć zapažanja i razum, odustanemo od toga da nepoznate odgovore tražimo u maštarijama, drevnim mitovima i religiji i, iznad svega, pažljivo primenimo kritičko mišljenje.

Možda je presudno bilo otkriće novog načina razmišljanja po kojem učenik više nije obavezan da prihvata i širi ideje svog učitelja, već je slobodan da ih dalje gradi, bez oklevanja kritikujući, pa i delimično odbacujući sve što u njima nađe da treba popraviti. Ovaj srednji put, u ravnoteži između pripadanja nekoj školi i suprotstavljanja toj školi, otključao je riznicu ogromnog napretka u filozofskom i naučnom mišljenju koji će

uslediti – od tog trenutka, poznavanje sveta počinje vrtoglavo da napreduje, oslanjajući se na prethodno stečena saznanja, ali i na mogućnost da se ta saznanja kritikuju i time unapređuju. Gromoglasni početak Hekatejeve knjige iz istorije iskazuje samu srž kritičkog mišljenja, koje obuhvata i svest o vlastitoj sklonosti greškama: „Pišem ono što sam našao istinitim; jer priče Grka čine mi se prepunim protivrečnosti i besmislica.“

On navodi legendu prema kojoj se Herakle spustio u Had s planine Tenar. Hekatej je obišao planinu Tenar, uverio se da tamo nema nikakvih podzemnih hodnika niti ulaza u podzemni svet, te je stoga legendu označio kao neistinitu. Tada je osvanula nova era.

Učinak tog novog pristupa znanju bio je brz i zadivljujući. Ne tako mnogo godina kasnije, Anaksimandar je spoznao da Zemlja jezdi nebesima i da se ona protežu i s druge strane Zemlje, da voda koja padne kao kiša potiče od isparavanja vode s tla, da bi raznolikost svih supstanci na svetu morala biti objašnjiva na osnovu jednog jedinog, jednostavnog i sveprisutnog sastojka, koji je nazvao ἀπείρων (*apeiron*) ili „neodređeno“, da se životinje i biljke razvijaju i prilagođavaju promenama životne sredine, te da se na isti način i čovek verovatno razvio od drugih životinja i tako dalje, polažući redom temelje gramatike shvatanja sveta koja je i danas važeća.

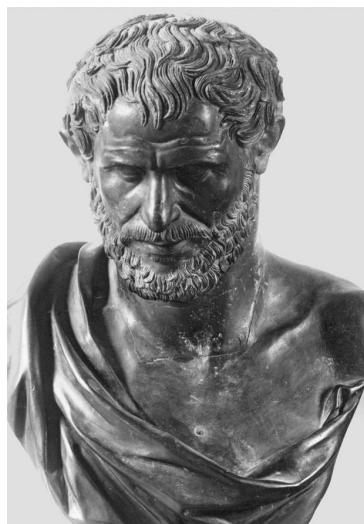
Milet je smešten u tački dodira grčke civilizacije koja se rađala i drevnih carstava u Mesopotamiji i Egiptu, hranjen njihovim znanjem, ali obuzet tipično grčkim političkim previranjima i slobodama, u društvenom prostoru bez carskih palata i bez moćne svešteničke kaste; tamo su građani, kao pojedinci, na trgu mogli da raspravljaju o vlastitoj sudbini, i po prvi put kolektivno diskutuju o zakonima, tamo je sazvan prvi parlament u istoriji sveta – *Panionium*, svetilište u kojem su se okupljali delegati Jonske lige – i ljudi su prvi put posumnjali u ideju da samo bogovi mogu da objasne zapažene činjenice o ovom svetu. Diskusijom se može doći do najboljih odluka za dobrobit zajednice; diskusijom se može doći i do razumevanja prirode. To je titansko nasleđe iz Mileta, kolevke filozofije, prirodnih nauka, geografije i istorije. Nije preterano reći da čitava sredozemna, zapadna, a potom i moderna naučna i filozofska tradicija imaju glavne korene u spekulacijama miletskih mislilaca iz VI veka.¹

¹ Naučnim razmišljanjima Milećana, a posebno Anaksimandra, posvećeno je delo: C. Rovelli, *Che cos'è la scienza. La rivoluzione di Anassimandro* [Šta je nauka? Anaksimandrova revolucija], Mondadori, Milano 2012.

8 Stvarnost nije kao što izgleda

Taj blistavi Milet doživeo je nedugo zatim užasan kraj. Nadiranje Per-sijanaca i neuspela pobuna protiv njih doveli su do surovog razaranja grada 494. godine p. n. e. i do toga da veliki broj njegovih stanovnika bude odveden u ropstvo. U Atini je pesnik Frinik sastavio tragediju *Pad Mileta*, koja je tako duboko potresla Atinjane da su zabranili da se ikad više izvede, kako ne bi izazvala suviše veliki bol. Ali dvadeset godina kasnije Grci su se oduprli persijskoj pretnji, Milet je vaskrsao, stanovništvo mu se vratilo i ponovo je postao središte trgovine i razmene ideja, šireći na sve strane svoju misao i duh.

Taj duh je verovatno pokretao i čoveka s početka poglavlja, koji se 450. godine p. n. e., prema tradicionalnom verovanju, u Miletu ukrcao na plovidbu do Abdere. Zvao se Leukip. O njegovom životu znamo malo.² Napisao je knjigu *Velika kosmologija*. U Abderi je osnovao naučnu i filozofsku školu kojoj se ubrzo priključio mladi učenik čija se senka nadvija nad ljudskom mišlju svih vremena: Demokrit (slika 1.2).



Slika 1.2 Demokrit iz Abdere.

² O Leukipovom miletskom poreklu svedoči, na primer, Simplikije (videti: M. Andolfo, *Atomisti antichi. Frammenti e testimonianze* [Antički atomisti. Fragmenti i svedočanstva], Rusconi, Milano 1999, str. 103), ali ono nije sasvim izvesno. Alternativa koju navode antički izvori je Eleja. Pominjanje Mileta i Eleje je indikativno u pogledu kulturnih korena Leukipove misli. O Leukipovom sadrugu Zenonu iz Eleje biće reči na narednim stranicama.

Misli ove dvojice filozofa međusobno se brkaju. Originalni tekstovi obojice su izgubljeni. Leukip je bio učitelj, a Demokrit njegov najbolji učenik – napisao je na desetine tekstova iz svih oblasti ljudskog znanja i uživao je duboko poštovanje još u antičko doba, koje je te tekstove poznavalo. Smatrali su ga jednim od velikih među mudracima. Seneka ga naziva „najistančanijim od svih starih“.³ „Koga bismo mogli da uporedimo s njim, bilo po snazi uma ili po širini duha?“ pita se Ciceron.⁴ Demokrit je izgradio velelepno zdanje antičkog atomizma.

Šta su to, dakle, otkrili Leukip i Demokrit? Milećani su shvatili da se svet može pojmiti razumom. Uverili su se da se sva raznolikost prirodnih pojava može objasniti nečim jednostavnijim i nastojali su da dokuče šta bi to moglo da bude. Koncipirali su neku vrstu elementarne supstance od koje je sve sačinjeno. Anaksimom je mislio da ta supstanca može da se zgušnjava i razređuje, te da se na taj način preobražava iz jednog od elemenata od kojih se svet sastoji u drugi. Bio je to zametak fizike, tek začet i nerazvijen, ali pravilno usmeren. Nudio je ideju, veliku ideju, veliku viziju, pretpostavku o tome kakav bi mogao biti skriveni poredak sveta. Ta ideja došla je na um Leukipu i Demokritu.

Velika zamisao u osnovi Demokritovog shvatanja sveta je krajnje jednostavna. Čitava se vasiona sastoji od beskrajnog praznog prostora kroz koji jure bezbrojni atomi. U vasioni sem toga nema ničeg. Prostor nema granica, ne postoji ni gore ni dole, nema nikakvog središta, nikakvog oboda. Atomi nemaju nikakva svojstva do svog oblika. Nemaju težinu, nemaju boju, nemaju ukus: „Po mišljenju slatko, po mišljenju gorko, po mišljenju toplo, po mišljenju hladno, po mišljenju boja, a uistinu atomi i praznina.“⁵

Atomi su nedeljivi – to su osnovna zrnca stvarnosti koja ne poseduju nikakvu unutrašnju strukturu i od kojih se sve sastoji. Slobodno se kreću kroz prostor, međusobno se sudarajući, sjedinjujući se ili odbijajući, što znači da stupaju u interakcije. Slični atomi se privlače i međusobno povezuju.

To je struktura sveta. To je stvarnost. Sve ostalo nije ništa drugo do rezultat koji slučajno, sticajem okolnosti, proizlazi iz tog kretanja i

³ Seneka, *Naturales quaestiones*, VII, 3, 2d

⁴ Ciceron, *Academica priora*, II, 23, 73.

⁵ Sekst Empirik, *Adversus mathematicos*, VII, 135. [Prevod neznatno modifikovan prema Herman Diels, *Predsokratovci, fragmenti*, Naprijed, Zagreb 1983, II tom, str. 147, fr. 9. Ukoliko nije naznačeno drugačije, svi navodi filozofa predsokratovaca u daljem tekstu navedeni su prema istom. – *Prim. prev.*]

kombinovanja atoma. Kombinovanjem atoma nastaje beskrajno mnoštvo supstanci od kojih je svet sačinjen.

Kada se atomi međusobno vezuju, jedino što je značajno, jedino što postoji na elementarnom nivou, jesu njihov oblik, njihova prostorna orijentacija i način na koji se kombinuju. Baš kao što se kombinovanjem dvadesetak slova nekog alfabeta na različite načine mogu napisati komedije ili tragedije, smešne pričice ili grandiozne epske pesme, isto se tako kombinovanjem elementarnih atoma dobija čitav svet u svojoj beskrajnoj raznolikosti. Tvorac ove metafore je Demokrit.⁶

U tom veličanstvenom plesu atoma nema nikakve krajnje svrhe, nikakve namere. Mi smo, kao i sve ostalo u prirodi, samo jedan u mnoštvu ishoda tog beskrajnog plesa. Rezultat jedne slučajne kombinacije. Priroda nastavlja da eksperimentiše oblicima i strukturama, a mi smo, kao i sve životinje, proizvod selekcije koja zavisi od sticaja okolnosti i odigrava se u dugim vremenskim periodima. Naš je život jedan od načina kombinovanja atoma, od finih atoma sastoji se i naša misao, naša su nadanja i osećanja ispisana jezikom koji oblikuju kombinacije atoma, svetlost koju vidimo čine atomi koji nam donose slike. Od atoma su sačinjena mora, gradovi i zvezde. To je kolosalna, beskrajna vizija, neverovatno jednostavna i neverovatno moćna, na kojoj će kasnije počivati znanje čitave jedne civilizacije.

Na takvom je temelju Demokrit, napisavši na desetine knjiga, artikulisao svoj sveobuhvatni sistem koji se bavi pitanjima iz fizike, filozofije, etike, politike i kosmologije. Pisao je i o prirodi jezika, o religiji, o nastanku ljudskih društava i mnogim drugim temama. (Početak njegove *Male kosmologije* je veoma upečatljiv: „O univerzumu govorim sledeće.“) Sve su te knjige izgubljene. Demokritovu misao poznajemo samo preko pominjanja, citata i izveštaja u delima drugih antičkih autora.⁷ Iz njih se pomalja duboko humanistička, racionalistička i materijalistička misao.⁸

⁶ Videti: Aristotel, *De generatione et corruptione*, A1, 315b 6.

⁷ Zbirka antičkih fragmenata i svedočanstava koji se odnose na atomizam: M. Andolfo, *Atomisti antichi, o. c.* Lepu i zaokruženu zbirku fragmenata i svedočanstava takode je sastavio Salomon Lurija (up. *Democrito, Raccolta dei frammenti* [Demokrit, zbirka fragmenata], Bompiani, Milano 2007).

⁸ Kratak i zanimljiv skorašnji tekst o Demokritovoj misli u kojem je ona sagledana u svetlu humanizma jeste: S. Martini, *Democrito: filosofo della natura o filosofo dell'uomo?* [Demokrit: filozof prirode ili filozof čoveka?], Armando, Rim 2002.

Demokrit objedinjuje pažnju poklonjenu prirodi – koju osvetljava s prodornom naturalističkom jasnoćom, izgnavši iz nje svaki trag mitskog razmišljanja – sa pažnjom poklonjenom čoveku, dubokom i ozbiljnom etičkom vizijom života koja za dve hiljade godina prethodi najboljim trenutcima prosvetiteljstva XVIII veka. Demokritov etički ideal jeste duševni mir udružen s umerenošću i uravnoteženošću, uz pouzdanje u razum i odbijanje da dopustimo strastima da nas preplave.

Platon i Aristotel dobro su poznavali Demokrita i nisu se slagali s njegovim idejama. Istupali su u ime alternativnih ideja koje će vekovima kasnije podići prepreke narastanju ljudskog znanja. Obojica su insistirali na odbacivanju Demokritovih naturalističkih objašnjenja i nastojali su da svet objasne svrhovitošću, odnosno time da se sve dešava s nekim ciljem, što je način razmišljanja koji će se u razumevanju prirode pokazati krajnje jalovim – drugim rečima, nastojali su da sve sagledaju kroz prizmu dobra i zla, mešajući pitanja koja se dotiču čoveka sa onima koja nas ne dotiču.

Aristotel o Demokritovim idejama govori veoma iscrpno, i to s mnogo poštovanja. Platon nikada ne citira Demokrita, ali današnji istoričari smatraju da je to pre bio izbor no posledica toga što za njega nije znao. Kritika demokritovskih ideja implicitno je zastupljena u mnogim Platonovim tekstovima, na primer tamo gde kritikuje „fizičare“. U jednom pasusu u *Fedonu* Platon, naime, stavlja Sokratu u usta prekor svim fizičarima, a taj prekor će ostaviti traga: on se žali da je morao da se usprotivi kada su mu fizičari objasnili da je Zemlja okrugla, jer je želeo da zna šta je u tome „dobro“ za Zemlju, kako to što je okrugla doprinosi njenoj dobrobiti. Platonov Sokrat stoga pripoveda kako se isprva oduševio fizikom, ali je zatim ostao razočaran:

[Mislio sam] da će mi on kazati najpre to da li je Zemlja ravna ili okrugla, a kad mi to kaže, objasniće mi još uzrok i nužnost, i, ističući ono što je bolje, pokazaće mi zašto je za nju bolje da je baš takva. I ako ustvrdi da ona stoji u sredini, objasniće mi i to da je za nju bolje bilo da stoji u sredini.⁹

Koliko je samo, po ovom pitanju, zalutao veliki Platon!

⁹ Platon, *Fedon*, XLVI [Obrana Sokratova, Kriton, *Fedon*, prev. Miloš N. Đurić, 5. izd., BIGZ, Beograd 1985, str. 223].

Postoji li granica deljivosti?

Ričard Fajnman, najveći fizičar druge polovine XX veka, na početku svojih prelepih uvodnih predavanja iz fizike piše:

Ako bi se desilo da u nekoj kataklizmi iščeznu sva naučna saznanja i ako bismo bili u stanju da narednim generacijama prenesemo tek jednu jedinu rečenicu, koji bi iskaz mogao da sažme u sebi najviše informacija uz najmanje reči? Mislim da bi to bila hipoteza da je sve sačinjeno od atoma. U toj rečenici koncentrisana je ogromna količina informacija o svetu, ukoliko joj samo pristupimo s nešto mašte i razmišljanja.¹⁰

Na zamisao da je sve sačinjeno od atoma Demokrit je već bio došao, i to ne ispomažući se modernom fizikom. Kako mu je to pošlo za rukom?

Demokritovi argumenti zasnivali su se na posmatranju. Mislio je, na primer, da je habanje kakvog točka ili sušenje razastrte odeće možda posledica laganog ispuštanja sasvim sićušnih čestica drveta ili vode. Imao je i argumente filozofske prirode. Na njima ćemo se zadržati, jer njihova snaga seže sve do kvantne gravitacije.

Demokrit je zapazio da materija ne može biti apsolutno neprekidna celina, jer ima nečeg protivrečnog u zamisli da ona to jeste. Znamo za njegovu argumentaciju jer je navodi Aristotel.¹¹ Zamislite, kaže Demokrit, da je materija beskonačno deljiva, odnosno da može da se raseče nadvoje beskonačan broj puta. Zamislite zatim da uzmemo komadić materije i da ga, upravo tako, beskonačno podelimo. Šta će od njega preostati?

Da li bi mogli da preostanu neki delići koji zauzimaju prostor? Ne, jer ako bi bilo tako, komadić materije još uvek ne bi bio beskonačno podeljen. Morale bi, dakle, da preostanu samo *tačke* bez protezanja u prostoru. No pokušajmo sad da rekonstruišemo taj komadić materije pošavši od tačaka: sastavljanjem dve tačke bez protezanja neće se dobiti nešto što se proteže, a neće ni ako ih sastavimo tri, pa ni četiri. Ma koliko tačaka sastavili, nećemo stvoriti prostornu dimenziju, zato što je tačke ne

¹⁰ Richard Feynman, Robert Leighton, Matthew Sands, *The Feynman Lectures on Physics*, Addison-Wesley, (1964) 2005, I tom, § 1.2. Elektronska verzija dostupna na adresi: <http://www.feynmanlectures.caltech.edu>

¹¹ Up. Aristotel, *De generatione et corruptione*, o. c., A2, 316a.

poseduju. Otud se ne može misliti da je materija sačinjena od tačaka bez protezanja, jer, koliko ih god sabrali na jednom mestu, nikada nećemo dobiti ništa što bi se protezalo u prostoru. Jedina mogućnost – zaključuje Demokrit – jeste da je svaki komadić materije sačinjen od *konačnog* broja zasebnih delića, nedeljivih, ali sa *konačnim* prostornim dimenzijama: od atoma.

Ovaj suptilni sled argumentacije vodi poreklo iz vremena pre Demokrita. Potiče iz oblasti Čilento na jugu Italije, iz gradića koji se danas naziva Velija, a u v veku p. n. e. zvao se Eleja i bio grčka kolonija u procvatu. Tu je živio Parmenid, filozof koji je veoma doslovno, možda suviše doslovno shvatao miletski racionalizam i veliku ideju rođenu u tom gradu – da nam razum pomaže da razgraničimo stvari kakve jesu od toga kako nam izgledaju. Parmenid je istraživao jedan pristup istini zasnovan na čistom razumu, koji ga je odveo dotle da sve pojave proglasi iluzijom, utirući put ka metafizici i sve se više udaljujući od onoga što će se kasnije prozvati prirodnim naukama.

Njegov učenik Zenon, takođe iz Eleje, izneo je prefinjene argumente koji su podupirali ovaj fundamentalistički racionalizam koji radikalno poriče stvarnost pojava. Među tim argumentima bio je i niz paradoksa – postali su slavni kao Zenonovi paradoksi – koji bi trebalo da pokažu kako su sve pojave iluzija, uz obrazloženje da je uobičajena predstava o kretanju apsurdna.¹²

Najslavniji Zenonov paradoks ima oblik pričiće: kornjača izaziva Ahila na nadmetanje u trčanju, i počinje trku s prednošću od deset metara. Hoće li Ahil sustići tu kornjaču? Zenon dokazuje da, po sili logike, Ahil nikada neće moći da je stigne. Da bi je sustigao, on mora da pretrči tih deset metara, a za to će mu trebati određeno vreme. Za to vreme će se kornjača pomeriti za nekoliko decimetara. Kako bi prevalio te decimetre, Ahilu će trebati još malo vremena, ali za to vreme će kornjača opet prevaliti neku razdaljinu i tako u beskraj. Ahilu je prema tome potreban *beskonačan* broj vremenskih intervala da bi stigao kornjaču, a *beskonačan broj vremenskih intervala* je, obrazlaže Zenon, *beskonačno vreme*. On iz toga zaključuje da će Ahil potrošiti beskonačno mnogo vremena

¹² Lep skorašnji tekst o Zenonovim paradoksima i njihovom značaju za današnju filozofiju i matematiku jeste: V. Fano, *I paradossi di Zenone* [Zenonovi paradoksi], Carocci, Rim 2012.

da bi stigao kornjaču, te zapravo nikad nećemo moći da ga vidimo kako je sustiže. No pošto se možemo uveriti da Ahil, naprotiv, bez po muke sustiže i prestiže bilo koju kornjaču koju mu padne na pamet da pojuri, iz toga proizlazi da je ono što vidimo iracionalno, te je stoga iluzija.

Budimo iskreni – sve ovo i nije baš toliko uverljivo. U čemu je greška? Jedan mogućí odgovor glasi da Zenon greši zato što nije istina da se sabiranjem beskonačnog broja delova dobija nešto beskonačno. Zamislite da prepolovimo parče kanapa, zatim prepolovimo njegovu polovinu i tako do u beskraj. Na kraju ćemo dobiti beskonačan broj sve manjih i manjih kanapčića čiji će zbir ipak biti konačan, jer će, koliko ih god presecali nadvoje, njihov zbir uvek biti dug koliko i komad kanapa koji smo počeli da delimo. Prema tome, beskonačan broj kanapčića može da čini jedan konačan komad kanapa. Beskonačan broj vremenskih intervala može da čini konačno vreme, pa će heroj, čak i ako mora da prevali beskonačan broj sve manjih i manjih rastojanja, potrošivši na svako od njih konačan vremenski interval, na kraju ipak nakon konačnog vremena ščepati svoju kornjaču.¹³

Čini se da je prividni paradoks time razrešen. Rešenje počiva na ideji o kontinuumu, to jest na ideji da mogu postojati proizvoljno kratki vremenski intervali, pri čemu se beskonačan broj takvih intervala zbira u jedan konačan interval. Aristotel je prvi pojmió takvu mogućnost, a moderna matematika detaljno ju je razradila.

No da li je to rešenje zbilja tačno u *stvarnom* svetu? Postoje li zaista proizvoljno kratki komadići kanapa? Možemo li stvarno da presečemo neki kanap *proizvoljan* broj puta? S tim problemom mora da se ponese kvantna gravitacija.

Prema antičkom predanju, Zenon je upoznao Leukipa i uzeo ga za učenika. Leukip je, prema tome, dobro poznavao Zenonove mentalne

¹³ Iskazano tehničkom terminologijom, postoje beskonačni konvergentni nizovi. Primer s parčićima kanapa odnosi se na niz $\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \dots$, koji konvergira ka vrednosti 1. Beskonačne konvergentne nizove u Zenonovo vreme niko nije razumeo. Arhimed ih je, međutim, i te kako razumeo i koristio ih je za izračunavanje površina. Koristio ih je i Njutn, ali je tek u XIX veku, s Bolcanom i Vajerštrasom, doseguta potpuna konceptualna jasnoća ovih matematičkih objekata. Međutim, već Aristotel, u svom odgovoru Zenonu, nagoveštava takav pravac razmišljanja. Aristotelovsko razgraničavanje između aktuelno i potencijalno beskonačnog već sadrži ključ za razumevanje razlike između nepostojanja granice deljivosti i mogućnosti da nešto zbilja podelimo beskonačan broj puta.

stupice. No on je smislio *drugačiji* način da ih izbegne. Može biti, pretpostavio je Leukip, da i ne postoji ništa što je proizvoljno malo – možda postoji donja granica deljivosti.

Vasiona je diskretna, a ne kontinuirana. Polazeći od beskonačno malih tačaka nikada se ne bi mogli konstruisati predmeti koji imaju prostorne dimenzije (kao u Demokritovom malopredašnjem argumentu koji nam je preneo Aristotel). Protezanje parčeta kanapa mora biti rezultat sastavljanja *konačnog* broja objekata *konačnih* dimenzija. Kanap se *ne* može presecati do u beskraj; materija ne predstavlja kontinuum, sačinjena je od pojedinačnih atoma konačne veličine.

Bilo da je ovaj apstraktni argument ispravan ili pogrešan, zaključak je – danas to znamo – svakako u mnogo čemu tačan. Materija uistinu ima atomsku strukturu. Ako podelim kap vode nadvoje, dobiću dve kapi vode. Obe se mogu ponovo podeliti nadvoje i tako dalje. Ali to ne mogu da činim u beskraj. U nekom trenutku će mi ostati još samo jedan molekul, i tada sam došao do kraja. Ne postoje takve kapi vode koje bi bile manje od jednog jedinog molekula.

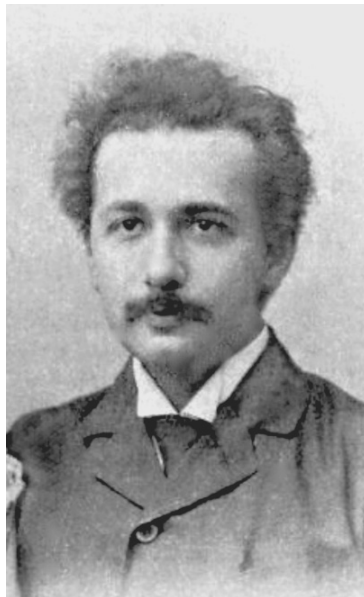
Kako mi to danas znamo? Pa, nagoveštaji su se nakupljali kroz vekove. Mnoge je pružila hemija. Sve hemijske supstance nastaju kombinovanjem malog broja elemenata i to u (masenim) odnosima koji odgovaraju celim brojevima. Hemičari su tako razvili način mišljenja po kojem su supstance sačinjene od molekula koji predstavljaju fiksne kombinacije atoma. Voda – H_2O – je, primera radi, sačinjena od dva dela vodonika i jednog dela kiseonika.

Ali to su bile samo naznake. Još i početkom prošlog veka mnogi su, kako među naučnicima tako i među filozofima, smatrali takozvanu atomsku hipotezu glupošću. Među njima je, na primer, bio istaknuti fizičar i filozof Ernst Mah, čije će zamisli o prostoru biti izuzetno značajne za Ajnštajna. Nakon jednog Bolcmanovog izlaganja pred Carskom akademijom nauka u Beču, Mah se javno izjasnio: „Ne verujem da atomi postoje!“ To je bilo 1897. Mnogi su tada još uvek smatrali, kao i Mah, da je sistem hemijskih oznaka samo konvencionalan način da se u hemijske jednačine uvede red – a ne da *stvarno* postoje molekuli vode sačinjeni od dva atoma vodonika i jednog atoma kiseonika. Atomi se ne mogu videti, govorili su oni. I niko ih nikada i neće videti. A zatim, pitali su, koliki bi, na kraju krajeva, trebalo da bude jedan atom? Demokrit nikada nije bio u stanju da izmeri dimenzije svojih atoma...

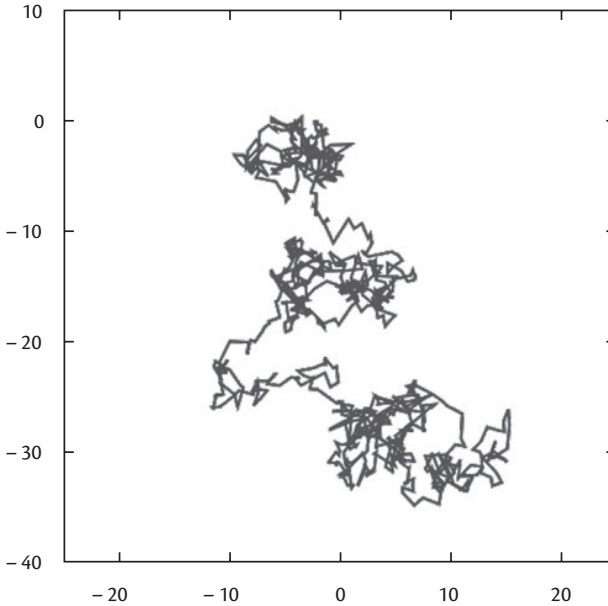
Na konačan dokaz atomske hipoteze, po kojoj je materija sačinjena od atoma, morali smo da pričekamo do 1905. godine. Taj konačan dokaz Leukipove i Demokritove hipoteze pronašao je razigrani i buntovni dvadesetpetogodišnjak koji je studirao fiziku ali nije uspeo da se zaposli kao fizičar, pa je zato sastavljao kraj s krajem radeći kao službenik u Patentnom zavodu u Bernu. O tom ću mladiću mnogo govoriti u ovoj knjizi, a posebno ću izlagati o tri članka koja je on 1905. godine poslao u to vreme najprestižnijem časopisu za fiziku, *Annalen der Physik*. Prvi članak sadrži definitivni dokaz da atomi postoje i proračun njihovih dimenzija, te zauvek stavlja tačku na problem koji su Leukip i Demokrit načeli dvadeset tri veka ranije.

Ime tog dvadesetpetogodišnjeg mladića je, naravno, Albert Ajnštajn (slika 1.3).

Kako je to moguće? Zamisao je neverovatno jednostavna. Bilo ko, od Demokritovog vremena pa nadalje, mogao je doći na nju da je bio oštrouman kao Ajnštajn, i da je uz to dovoljno vladao matematikom da bi mogao obaviti proračune koji nisu bili laki. Zamisao je sledeća: ako pažljivo posmatramo veoma sićušne predmete, kao što su prah bibera ili zrnca polena, dok lebde u vazduhu ili plutaju u tečnosti, videćemo da



Slika 1.3 Albert Ajnštajn.



Slika 1.4 Tipična Braunova putanja.

titraju. Nagnani tim titranjem, nasumično se kreću u cikcak i tako malo-pomalo prevaljuju rastojanja, sve se više udaljavajući od početnog položaja. Takvo krivudavo kretanje čestica u tečnosti nazvano je Braunovo kretanje, po Robertu Braunu, biologu koji ga je pažljivo opisao u XIX veku. Tipična putanja čestice koja se kreće na ovaj način prikazana je na slici 1.4. To kretanje ostavlja utisak da česticu nešto udara, i to nasumično sa svih strana. U stvari i nije baš kao da nešto udara česticu, već je tačno tako. Ona titra jer se s njom sudaraju pojedinačni molekuli vazduha, nekada je pogađajući s leve a nekada s desne strane.

Istančani argument o kojem je reč jeste sledeći. Molekula vazduha ima veoma mnogo, pa ih u *proseku* ima isto toliko koji pogađaju zrnce s leve strane koliko ima i onih koji ga pogađaju s desne. Kada bi molekuli vazduha bili beskonačno mali i beskonačno brojni, efekti sudara zdesna i sleva bi se u svakom trenutku potpuno poništavali, pa se zrnce ne bi ni pomeralo. Ali konačne dimenzije molekula i činjenica da je njihov broj *konačan*, a ne beskonačan, imaju za rezultat postojanje *fluktucija* (ključna reč): to znači da se udarci ni u jednom trenutku ne poništavaju baš *sasvim*, već se poništavaju samo *u proseku*. Zamislite načas da su molekuli malobrojni i prilično veliki: u takvom slučaju bi zrnce

očigledno dobijalo tek poneki udarac s vremena na vreme, čas sleva, čas zdesna, pa bi se vidno pomeralo tamo-amo, poput lopte koju štira-
raju deca na fudbalskom igralištu. Uistinu, što su molekuli manji to se u
većoj meri udarci međusobno poništavaju u kratkom roku, i to se naše
zrnice manje pomera.

Tako je, uz malo matematike, dimenzije molekula moguće izračunati
na osnovu razdaljine koju zrnice prevaljuje, a ona se može izmeriti. To je
dvadesetpetogodišnji Ajnštajn i učinio. Posmatrajući kako zrnca plutaju u
tečnosti i mereći za koliko se tačno pomeraju, odnosno kako se kreću, on
je izračunao dimenzije Demokritovih atoma, osnovnih zrnaca od kojih je
materija sačinjena, i tako, nakon 2300 godina, obezbedio konačan dokaz
da je Demokritovo gledište u osnovi bilo ispravno: materija je diskretna.

Priroda stvari

*Carmina sublimis tunc sunt peritura Lucreti,
exitio terras cum dabit una dies.*

– OVIDIJE, *Amores*¹⁴

Često pomišljam da je gubitak celokupnih Demokritovih dela¹⁵ najveća
intelektualna tragedija koja je usledila nakon propasti antičke civilizacije.

¹⁴ „Stihovi božanskog Lukrecija propasti neće sve do dana propasti sveta“ (I, 15, 23–24).

¹⁵ Evo nekih Demokritovih dela čije nam je naslove preneo Diogen Laertije: *Velika kosmologija; Mala kosmologija; Kosmografija; O planetama; O prirodi; O ljudskoj prirodi; O inteligenciji; O osećajima; O duši; O ukusima; O bojama; O različitim putanjama atoma; O promenama ustrojstva; Uzroci nebeskih pojava; Uzroci atmosferskih pojava; Uzroci vatre i plamenih pojava; Uzroci zvučnih pojava; Poreklo semena, biljaka i plodova; Poreklo životinja; Opis neba; Geografija; Opis pôla; O geometriji; Geometrijske istine; O tangentama na kružnice i sfere; Brojevi; O iracionalnim linijama i čvrstim telima; Projekcije; Astronomija; Astronomska tablica; O zraku svetlosti; O odražavanju slika; O ritmu i harmoniji; O poeziji; O lepoti pesama; O eufoniji i kakofoniji; O Homeru; O pravilnom jeziku i izražavanju; O rečima; O klasifikacijama; O hrabrosti i vrlini; O stanju duha koje odlikuje mudraca; Lekarska nauka; O zemljoradnji; O slikarstvu; Taktika; Plovidba okeanima; O istoriji; Misao Haldejaca; Misao Frigijaca; O svetim zapisima iz Vavilona; O svetim zapisima iz Meroe; O groznici i teškom kašlju usled bolesti; O aporijama; Pravna pitanja; Pitagora; O kanonu razmišljanja; Potvrđivanja; Beleške o etici; Sreća. Eto šta je sve izgubljeno...*

Predlažem čitaocu da pročita spisak Demokritovih naslova u napomeni. Teško je a da nas ne izbaci iz koloseka pomisao na ogromno bogatstvo naučnih razmatranja iz antike koja smo zauvek izgubili.

Nažalost, ostao nam je čitav Aristotelov opus, na kojem je kasnije rekonstruisana zapadna misao, a ni delić Demokritovog. Da nam je ostao čitav Demokritov opus, a ni delić Aristotelovog, možda bi to bilo bolje za intelektualnu istoriju naše civilizacije.

Ali u vekovima kad je dominirala isključivo monoteistička misao nije dopušteno Demokritovom racionalističkom i materijalističkom naturalizmu da opstane. Zatvaranje antičkih škola mišljenja i uništavanje svih tekstova koji nisu bili u skladu s hrišćanskom doktrinom sprovedeno je sveobuhvatno i sistematično, počev od surovih progona paganstva koji su usledili nakon ukaza cara Teodosija iz 390–391. godine n. e., u kojima je hrišćanstvo proglašeno jedinom i obaveznom religijom u Rimskom carstvu. Hrišćanstvo je, u svom trijumfu, još i moglo da otrpi Platona i Aristotela, pagane koji su verovali u besmrtnost duše – ali ne i Demokrita.

Pa ipak, jedan je tekst spasen od katastrofe i stigao je do nas u celini, pa smo preko njega doznali ponešto o antičkom atomizmu, a naročito o duhu te nauke. To je veličanstvena poema *O prirodi stvari* (*De rerum natura*) latinskog pesnika Lukrecija.

Lukrecije je sledio filozofiju Epikura, učenika jednog Demokritovog učenika. Epikur se više zanimao za etička nego za naučna pitanja i nije bio kadar da razmišlja kao Demokrit. Ponekad je uprošćavao Demokritov atomizam. No njegovo viđenje prirode u suštini je poteklo od filozofa iz Abdere. Lukrecije je Epikurovu misao, a time i Demokritov atomizam, pretočio u stihove i na taj način spasao jedan deo te duboke misli od intelektualne katastrofe u mračnom srednjem veku.

Lukrecije je opevao atome, more, prirodu, nebo. U svoje blistave stihove uneo je filozofska pitanja, naučne ideje, prefinjene argumente.

Pobedio je snagom duha živa,
i ostavio za sobom daleko
bedeme sveta plamene, i celu
beskrajnost duhom prošlo je i umom.
I vraćajuć se kao pobednik,
šta može biti on nam kazuje,
šta nastat ne može, i kako je

20 Stvarnost nije kao što izgleda

ograničena svemu moć, i međa
svem stavljena duboka.¹⁶

Lepota ove poeme je u divljenju koje prožima veliku atomističku viziju. To je osećaj jedinstva svih stvari, ponikao iz saznanja da smo sačinjeni od iste supstancije kao i zvezde i more:

Iz setve najzad mi smo nebeske
svi nikli, isti otac to je svih,
od kojeg zemlja, štedra majka, prima
daždewa kapi svetle, začinjje
i rađa otud klasje blistavo,
drveće lisnato i ljudski rod;
i naraštaje rađa zverinja,
i hranom svima telo podiže
da život slatki provode, i soj
produžuju.¹⁷

Poema odiše atmosferom uzvišene smirenosti i vedrine, što dolazi od shvatanja da nema nikakvih hirovitih bića koja bi nam postavljala visoke zahteve ili nas kažnjavala. U poemi se oseća ustreptala i poletna radost, i to već od prvih stihova, posvećenih Veneri, blistavom simbolu stvaralačke moći Prirode:

Božanstvo se pojavljuje, i mirna
sedišta, nikad vetrom uzdrmana,
ni orošena daždom iz oblaka;
njih ne muči ni sneg u studi stegnut
padanjem belim: etar bezoblačan
obuhvata ih, svagda nasmejan,
u blesku što se širom lije svud.¹⁸

Tu je i snažan naglasak na životu, čiji smo deo:

¹⁶ Lukrecije, *De rerum natura*, I, 73 [*O prirodni stvari*, prev. Anica Savić-Rebac, Prosveta, Beograd 1951].

¹⁷ Isto, II, 993.

¹⁸ Isto, III, 17.

Sve pruža njima priroda, i ništa
 ne vređa duše njine mir. Nasuprot,
 Ne javlja mi se oblast aheronska,
 nit brani zemlja sve da rasmotrim
 što biva u praznini poda mnom.¹⁹

Vedro je naglašena i činjenica da je smrt neizbežna i da svojim dolaskom briše svako zlo, te da nema razloga da je se plašimo. Za Lukrecija je religija – neznanje, a razum je svetlost koja nas obasjava.

Lukrecijev tekst, vekovima zaboravljen, januara 1417. ponovo je otkrio humanista Pođo Bračolini u biblioteci jednog manastira u Nemačkoj. Pođo je bio sekretar nekolicine papa i strastven tragalac za drevnim knjigama, a uzor mu je svojim velikim otkrićima izgubljenog nasleđa bio Frančesko Petrarka. Bračolinijev ponovni pronalazak Kvintilijanovog teksta izmenio je plan i program studija na pravnim fakultetima u čitavoj Evropi, a njegovo otkriće Vitruvijevog traktata o arhitekturi preobrazilo je način na koji su građene palate. No njegov najveći trijumf bio je pronalazak Lukrecija. Knjiga koju je Pođo našao kasnije je ponovo izgubljena, ali se kopija koju je načinio njegov prijatelj Nikolo Nikoli i danas čuva u Firenci, u Laurentinskoj biblioteci, pod oznakom Laurentinski kodeks 35.30.

U trenutku kada je Pođo Evropi iznova podario Lukrecija, teren je svakako već bio povoljan za novinu. Već od Danteove generacije mogli su se čuti u mnogo čemu novi glasovi:

Vi što mi kroz oči srce dotakoste
 i probudiste mi uspavanu dušu,
 pogledajte sada život moj pun bola,
 što u uzdasima satire ga ljubav.²⁰

No otkriće poeme *De rerum natura* dalekosežno je uticalo na italijansku i evropsku²¹ renesansu i njen bliži ili dalji odjek odzvanja stranicama

¹⁹ Isto.

²⁰ Guido Cavalcanti, *Rime* [Rime], Ledizioni, Milano 2012.

²¹ Rekonstrukcija ponovnog pronalaska Lukrecijevog teksta i njegovog uticaja na evropsku kulturu nalazi se u: S. Greenblatt, *The Swerve: How the World Became Modern* [Zaokret: kako je svet postao moderan], W. W. Norton, Njujork 2011.

najrazličitijih autora, u rasponu od Galileja²² do Keplera²³, od Bejkona do Makijavelija. I kod Šekspira, čitav vek nakon Pođa, postoji veoma ljupko pominjanje atoma:

Merkucio:

E, vidim da je vila,
Kraljica Mab, u tebe noćas bila.

* * *

Babica to je vilinska, tolicna
Koliko ahat-kamen s prstena
Na kažiprstu gradskog odbornika,
I nju ti spreg malečkih čestica
Atomskih složno vozi u intovu
Preko noseva ljudi zaspalih...²⁴

Montenjovi *Ogledi* sadrže bar stotinak citata iz Lukrecija. No Lukrecijev neposredan uticaj seže sve do Njutna, Daltona, Spinoze, Darvina i, konačno, Ajnštajna. I sama Ajnštajnova zamisao da je Braunovo kretanje sićušnih čestica u tečnosti kadro da razotkrije postojanje atoma može se slediti unatrag sve do Lukrecija. Evo odlomka iz poeme *De rerum natura* u kojem Lukrecije navodi argumente koji („slikom, prizorom“) potkrepljuju ideju o atomima:

[...] A slika, prizor svega ovoga,
dok pričam, kruži, evo, pred nama:
posmatraj kad se svetlost sunčeva
uliva u domova izbe tamne –
bezbrojna sitna tela videćeš
u snopu zraka gde se mešaju,
i ko u borbi večnoj izvode
bojeve, bitke, ratuju četama,

²² Videti: M. Camerota, „Galileo, Lucrezio e l'atomismo“, u: F. Citti, M. Beretta (ured.), *Lucrezio, la natura e la scienza* [Lukrecije: priroda i nauka], Leo S. Olschki, Firenca 2008, str. 141–175.

²³ Videti: R. Kargon, *Atomism in England from Harriot to Newton* [Atomizam u Engleskoj od Heriota do Njutna], Oxford University Press, Oksford 1966.

²⁴ V. Šekspir, *Romeo i Julija*, I, 4.

bez odmora se spoje, razdvoje.
 Po slici ovoj zamisli, prazninom
 ogromnom kako lutaju atomi. [...]

Stog više još obrati pažnju uma
 na tela koja se komešaju
 u zracima, jer takvi komešaji
 označuju nam da se zbivaju
 i drugi tajni i nevidljivi
 pokreti u materiji duboko:
 videćeš kako mnoga menjaju
 svog puta pravac, kreću unazad
 pod zamahom nevidljiva udara
 ovamo, tamo, svukud hitaju.
 I znaj, lutanje ovo potiče
 sveopšte od atoma. Prve se
 pokreću same sobom osnove;
 a zatim tela sklopa maloga
 atomima po snazi najbliža [...].
 Od osnova se tako izvija
 pokret u vis i malo po malo
 do naših čula stiže, vidljiv biva
 u telima što lutaju kroz zrake –
 al'ostaju i tu nevidljivi
 udari koji pokret rađaju.²⁵

Ajnštajn je ponovo oživeo „sliku, prizor“ koji je prikazao Lukrecije, a verovatno prvobitno koncipirao Demokrit, i veoma ga pojačao time što ga je preveo u matematiku, došavši tako u priliku i da izračuna dimenzije atoma.

Katolička crkva je pokušala da zaustavi Lukrecija: decembra 1516, crkveni savet u Firenci zabranio je da se čita u školama. Koncil u Trentu je 1551. sasvim zabranio Lukrecijevo delo. No bilo je prekasno. Čitav jedan pogled na svet, dotad istisnut srednjovekovnim hrišćanskim fundamentalizmom, ponovo se rađao u Evropi koja je iznova otvarala oči kako bi progledala. Nisu joj bili opet predstavljeni samo Lukrecijev

²⁵ Lukrecije, *De rerum natura*, o. c., II, 112–160.

naturalizam, racionalizam, ateizam i materijalizam. Nije to bilo tek blištavo i vedro sagledavanje lepote sveta. Bilo je to mnogo više: složena i artikulirana misaona struktura za promišljanje realnosti na nov i radikalno drugačiji način od onog koji su srednjovekovni mislioci vekovima upražnjavali.²⁶

Srednjovekovni Kosmos, koji je veličanstveno opevao Dante, tumačen je na osnovu hijerarhijske duhovne organizacije vasiona koja je odslikavala hijerarhijsku organizaciju evropskog društva: Kosmos sfernog oblika, sa Zemljom u središtu, neopoziva podela na Zemlju i Nebo, finalistička i metaforička objašnjenja svih prirodnih pojava, strah od Boga i strah od smrti, poklanjanje malo pažnje prirodi, zamisao da strukturu sveta određuju nekakve zadate forme koje prethode stvarima, verovanje da se izvori saznanja mogu naći samo u prošlosti, Otkrivenju i tradiciji...

U Demokritovom svetu koji je opevao Lukrecije nema ničeg od svega toga. Nema straha od bogova, nema svetskih ciljeva niti krajnje svrhe, nema kosmičke hijerarhije, nema razlikovanja Neba i Zemlje. Ali ima sveprožimajuće ljubavi prema prirodi, vedrog prepuštanja njoj, razumevanja da smo svi mi, u suštinskom smislu, njen deo, da su muškarci i žene, životinje, biljke i oblaci organski sastojci veličanstvene celine lišene hijerarhije. To je svest o univerzalnosti koja u stopu prati Demokritove sjajne reči: „Mudrom je čoveku svaka zemlja prohodna. Domovina je čestite duše čitav svet.“²⁷

Reč je o želji da postanemo kadri da o svetu razmišljamo u jasnim pojmovima. Da možemo istraživati i shvatiti tajne prirode. Da možemo saznati više nego što su znali naši očevi. A tu su i izvršna konceptualna oruđa na koja će se oslanjati Galilej, Kepler i Njutn: ideja o slobodnom i pravolinijskom kretanju u prostoru; ideja o osnovnim telima i njihovim

²⁶ Pjerđorđo Odifredi je objavio lep prevod Lukrecijevog teksta na italijanski s komentarima, namenjen školskoj deci (P. Odifreddi, *Come stanno le cose. Il mio Lucrezio, la mia Venere* [Kako stoje stvari? Moj Lukrecije, moja Venera], Rizzoli, Milano 2013). Bilo bi dobro ako bi što više škola usvojilo tu knjigu i ako bi taj izvanredni tekst bio poznatiji. U dijametralnoj suprotnosti s Odifredijevim komentarima na poemu stoji romantični pristup V. E. Alfijerija (V. E. Alfieri, *Lucrezio* [Lukrecije], Le Monnier, Firenca 1929), koji smešta u žižu dirljivu poetičnost dela i iz toga izvlači sliku o krajnjoj plemenitosti karaktera, ali i gorčini njegovog autora.

²⁷ H. Diels, W. Kranz (ured.), *Die Fragmente der Vorsokratiker*, Weidmann, Berlin 1903, 68 b 247. [Herman Diels, *Predsokratovci, fragmenti*, o. c., II tom, str. 181, prev. neznatno modifikovan.]

međusobnim uticajima koji grade svet; ideja o tome da je svet sadržan u prostoru.

Deo svega toga je i jednostavna zamisao da postoji granica do koje su stvari deljive. To je zamisao o diskretnoj strukturi sveta. Ona postavlja granicu beskrajnima koji može stati između naših prstiju. Počiva u osnovi atomističke hipoteze, ali će se vratiti još prodornija s kvantnom mehanikom, a danas nam još jednom pokazuje svoju moć kao ključ koji otvara riznicu kvantne gravitacije.

Najveći među ljudima od nauke svih vekova i glavni junak sledećeg poglavlja biće jedan Englez. On će prvi znati kako da uprede niti tapiserije koja počinje da se pomalja još od osvita renesansnog naturalizma i da veliku demokritovsku viziju, neizmerno ojačanu, ponovo postavi u središte moderne misli.