Bili Bryson

Kratka povijest gotovo svega

MAKRONOVA

Zagreb. 2004.

Naslov izvornika:
A SHORT HISTORY OF NEARLY EVERYTHINC;
Copvnght © Bili Brvson. 2003.

Privele: Milica Lukšić (1-18)
Sanja Petrovečki (19-30)

Meghani i Chrisu. Dobro nam došli.

Fizičar Leo Szilard jednom je zgodom rekao svom prijatelju Hansu Betheu da će početi pisati dnevnik: »Ne namjeravam ništa objavljivati. Samo ću bilježiti činjenice, neka se *Bog informira.« »Ne misliš li da Bog zna činje nice?« upitao je Bethe. »Da«, odgovorio je Szilard. »On zna činjenice, ali ne zna* ***ovu njihovu verziju.«***

Hans Christian von Baeyer, *Taming of the* Atom

SADRŽAJ

Zahvala xi

Uvod 1

I Izgubljeni u svemiru

27Kako napraviti svemir 9
28Dobro došli u Sunčev sustav 18
29 Svemir velečasnog Evansa 27

II Veli čina Zemlje

30Mjera stvari 39
31Kamenolomci 56
32Znanost pročitana iz zuba i pandži 70
33Elementarna pitanja 86

III Osvit novog doba

34Einsteinov svemir 103
35Moćni atom 119
36 Kako se otarasiti olova 133
37 Kvarkovi Mustcra Marka 143
38 Zemlja se pomiče 154

IV Opasni planet
39 BUM!
40 Unutarnja vatra
41 Opasna ljepota

V Život kao takav
42 Usamljeni planet
43 U troposferi
44 Skakutava pučina
45 Buđenje života
46 Mali svijet
47 Život teče dalje
48 Zbogom svemu tome
49 Bogatstvo postojanja
50 Stanice
51 Darvvinova jedinstvena i
52 Tvar života

VI Put do nas
53 Doba leda
54 Tajanstveni dvonožac
55 Nemirni majmun
56 Zbogom

Bilješke
Bibliografija
Kazalo O
autoru

ZAHVALA

Početakje 2003. godine i preda mnomje nekoliko stranica nevjerojatno ohrabrujuće i taktične poruke lana Tattersalla iz Američkog prirodoslovnog muzeja koji, *inter alia,* napominje da Perigeux nije vinorodni kraj, daje s moje strane inventivno, ali pomalo neortodoksno što takso-nomske podjele iznad razine roda i vrste pišem kurzivom, da sam uporno pogrešno pisao Olorgesailie (ime mjesta koje sam tek nedavno posjetio) i tako dalje, u istom stilu, kroz dva poglavlja teksta koji tema-tizira područje njegove struke, razvoj ranog čovjeka.

Tko zna koliko nebuloza još uvijek vreba iz ovih stranica, ali zahvaljujući doktoru Tattersallu i ostalima koje ću navesti, broj im se smanjio za nekoliko stotina. Osobito sam zahvalan svima koji su bili velikodušni i susretljivi te pokazali herojsko strpljenje odgovarajući na jedno jednostavno pitanje koje sam neprestano ponavljao: »Oprostite, možete li mi to još jednom objasniti?« Pa evo ih.

U Engleskoj: David Caplin s Imperial koledža u Londonu; Richard Fortev, Len Ellis i Kathy Way iz Prirodoslovnog muzeja; Martin Raff sa Sveučilišnog koledža u Londonu; Rosalind Harding s Instituta za biološku antropologiju u Oxfordu; dr. Laurence Smaje, nekada na Institutu Wellcome; i Keith Blackmore iz *Timesa.*

U Sjedinjenim Državama: lan Tattersall iz Američkog prirodoslovnog muzeja u New Yorku; John Thorstensen, Mary K. Hudson i David Blanchflovver s Koledža Dartmouth u Hanoveru u državi Ncw Hampshire; dr. William Abdu i dr. Bryan Marsh iz Medicinskog centra

Darthmouth-Hitchcock u Lebanonu u državi New Hampshirc; Ray Anderson i Brian Witzkc s Odsjeka za prirodne resurse u državi Iowa, Iowa City; Mike Voorhies sa Sveučilišta u Nebraski i iz Državnog parka Ashfall Fossill Beds pokraj Orcharda u državi Nebraska; Chuck Offenburger sa Sveučilišta Buena Vista, Storm Lake u državi Iowa; Ken Rancourt, direktor istraživanja u Opservatoriju Mount Washington, Gorham u državi New Hampshire; Paul Doss, geolog u Nacionalnom parku Yellowstone i njegova supruga Heidi, također iz Nacionalnog parka; Frank Asaro s Californijskog sveučilišta u Berkelevju; Oliver Payne i Lynn Addison iz National Geografic Societvja; James O. Far-low sa Sveučilišta Indiana-Purdue; Roger L. Larson, profesor geofizike mora na Sveučilištu Rhode Island;JeffGuinn iz lista *Star-Telegram,* Fort Worth; Jerry Kasten iz Dallasa u državi Texas; i tim Društva povjesničara Iowa iz Des Moinesa.

U Australiji: velečasni Robert Evans iz Flazelbrooka u državi New South Wales; dr. Jill Cainey iz Australskog meteorološkog ureda; Alan Thorne i Victoria Bennett s Australskog državnog sveučilišta u Can-berri; Louise Burke i John Hawley iz Canberre; Anne Milne iz *Sydney Morning Heralda;* lan Nowak, nekadašnji član Geološkog društva Zapadne Australije; Thomas H. Rich iz Victorijina muzeja; Tim Flan-nery, direktor Muzeja južne Australije u Adelaide; Natalie Papworth i Alan MacFadyen iz Kraljevskih botaničkih vrtova Tasmanije u Ho-bartu; i vrlo susretljiv tim iz Državne knjižnice New South Walesa u Sydneyu.

I drugdje: Sue Superville, upraviteljica Informacijskog centra u Muzeju Novog Zelanda u Wellingtonu; te dr. Emma Mbua, dr. Koen Maes i Jillani Ngalli iz Kenijskog državnog muzeja u Nairobiju.

Također, uvelike su me na razne načine zadužili Patrick Janson--Smith, Gerald Hovvard, Marianne Velmans, Alison Tulett, Gillian Somerscales, Larry Finlav, Steve Rubin, Jed Mattes, Carol Heaton, Charles Elliott, David Bryson, Felicity Bryson, Dan McLean, Nick Southern, Gerald Engelbretsen, Patric Gallagher, Larry Ashmead i tim iz nenadmašne i uvijek vesele knjižnice Hovve u Hanoveru u državi New Hampshire.

Iznad svega, kao uvijek, najiskrenija hvala mojoj dragoj, strpljivoj i jedinstvenoj supruzi Cynthiji.

UVOD

Dobro nam došli. I čestitam! Veoma mi je drago da ste uspjeli. Znam da vam nije bilo lako stići čak dovde. Zapravo, mislim daje bilo teže nego što mislite.

Za početak, da biste vi sada bili tu, bilijuni lutajućih atoma morali su se udružiti na kompliciran i veoma zahtjevan način kako bi vas stvorili. To je toliko poseban i naročit sklop da dosad nijednom prije nije bio iskušan, a postojat će samo ovaj, jedini put. U godinama koje slijede (nadam se, brojnim) te sitne čestice bespogovorno će ulagati milijune zahtjevnih i kooperativnih napora nužnih za očuvanje vaše cjelovitosti kako bi vam omogućili da iskusite veoma ugodno, ali općenito podcijenjeno stanje poznato kao postojanje.

Zašto se atomi upuštaju u taj pothvat - to je zagonetka. To što vi postojite, na razini atoma nije neki naročit doživljaj. Usprkos njihovoj odanosti, vaše atome zapravo nije briga za vas - čak niti ne znaju da postojite. Štoviše, uopće ne znaju ni da *oni* postoje. To su ipak bezumne čestice koje same po sebi nisu žive. (Pomalo uznemirujuća pomisao, ali kada bismo pincetom rastavili sami sebe na komadiće, dobili bismo hrpicu finih atomskih mrvica koje pojedinačno nikada nisu bile žive, ali su kao cjelina ipak bile vi.) Ipak, dokle god budete postojali, poko-ravat će se samo jednom jedinom impulsu: da vi ostanete - vi.

Problem je u tome što su atomi nepostojani, a rok trajanja njihove odanosti ističe - i to kakvom brzinom! Čak i relativno dug ljudski život traje samo oko 650 000 sati. A kada dosegnu taj skromni cilj,

ili se nadu negdje blizu njega, atomi se tiho raziđu i odu svojim putem kako bi bili nešto drugo. I to je za vas kraj priče.

No, možemo biti sretni što se to uopće događa. Toga u univerzumu nema, barem koliko mi znamo. Vrlo je neobično da ti isti atomi, koji se na Zemlji tako slobodno i pametno udružuju kako bi stvarali životne oblike, drugdje to ne čine. Bez obzira na sve ostalo, život na kemijskoj razini nevjerojatno je prizeman: treba vam samo ugljik, vodik, kisik i dušik, malo kalcija, mrvica sumpora, mrvičicajoš nekoliko vrlo običnih elemenata - ništa što ne biste našli u bilo kojoj apoteci. Jedina je posebnost što ti atomi čine - nas. Naravno, to je tajna života.

Bez obzira na to sačinjavaju li atomi život u drugim dijelovima svemira, oni sačinjavaju štošta drugo; štoviše, sačinjavaju sve što postoji. Bez njih ne bi bilo ni vode, ni zraka, ni kamenja, ni zvijezda, ni planeta; ni dalekih plinovitih oblaka ni vrtložnih maglica, ni ičega drugog što univerzum čini tako privlačno materijalnim. Atomi su toliko brojni i nužni da lako zaboravljamo jednu činjenicu: da oni zapravo uopće ne bi morali postojati. Ne postoji zakon po kojem bi svemir trebao biti ispunjen malim česticama tvari ili po kojem bi trebao proizvoditi svjetlo i gravitaciju te ostale pojave na kojim počiva naše postojanje. Zapravo, uopće ne bi trebalo biti ni svemira. Dugo ga nije niti bilo. Nije bilo ni atoma ni svemira u kojem bi plutali. Nije bilo ničega - ničega uopće, nigdje.

Zato - hvala na atomima. Međutim, činjenica da atomi postoje i da se tako voljno okupljaju, samo je dio onoga što nas je dovelo do sadašnjeg stanja. Kako bismo bili ovdje i sada, kako bismo živjeli u 21. stoljeću i bili dovoljno razumni da to znamo, morali smo isto tako imati iznimno mnogo biološke sreće. Opstanak na Zemlji iznenađujuće je težak pothvat. Od milijardi i milijardi živih vrsta koje su postojale od osvita vremena, većina njih - vjeruje se oko 99 posto - više ne postoji. Naime, život na Zemlji nije samo kratak nego i zastrašujuće naporan. To što potječemo s planeta koji je veoma pogodan za život, ali je još bolji kada taj život treba istrijebiti, neobična je osobina našeg postojanja.

Prosječna vrsta na Zemlji opstaje samo oko milijun godina, dakle, ako želite opstati koju milijardu godina, morate biti nepostojani kao i atomi koji vas čine. Morate biti spremni da mijenjate sve na sebi -oblik, veličinu, boju, srodnost s drugim vrstama, sve - i to neprestano. To je mnogo lakše reći nego učiniti, jer je proces promjene nasumičan. Da bismo od »protoplazmičkog primordijalnog atomskog zrnca« (kako

kaže jedna pjesma Gilberta i Sullivana) stigli do svjesnog, naprednog suvremenog čovjeka, trebalo je veoma dugo, neprestano i u pravom trenutku mutirati i stjecati nove osobine. Tako smo se u raznim razdobljima proteklih 3,8 milijardi godina prvo užasavali kisika, a potom ovisili o njemu, narasle su nam peraje, udovi i gipka krilca, legli smo jaja, plazili rašljaste jezike, bili smo goluždravci, bili smo krznati, živjeli smo pod zemljom, pa na stablima, bili smo veliki kao jeleni i mali kao miševi te milijun drugih stvari. Uz najsitniji otklon od tih evolucijskih imperativa danas smo mogli lizati alge sa grebenja, ili se valjati kao morževi na nekoj kamenoj obali, ili izbacivati zrak kroz rupu na vrhu glave prije nego zaronimo na dubinu od 20 metara po zalogaj slasnih morskih crva.

Ne samo da ste imali dovoljno sreće da od pamtivijeka budete vezani uz povlaštenu evolucijsku liniju nego ste imali i iznimnu - možemo reći, čudesnu - sreću sa svojim naslijeđem. Pogotovo ako uzmemo u obzir daje tijekom 3,8 milijardi godina, u vremenskom razdoblju starijem od planina, rijeka i oceana, svaki vaš predak s obje strane bio dovoljno privlačan da nađe partnera, dovoljno zdrav za reprodukciju te blagoslovljen sudbinom i okolnostima da pozivi dovoljno dugo kako bi sve to stigao obaviti. Nijedan vaš predak nije bio zgnječen, požde-ran, udavljen, izgladnjen do smrti, teško ranjen ili na neki drugi način izbačen iz životne misije da svoj mali tovar genetskog materijala isporuči pravom partneru u pravom trenutku, a kako bi ponovio jedini mogući niz nasljednih kombinacija čiji ćete ishod - čudesno, kratko i prekratko - biti vi.

Ovo je knjiga o tome kako se to dogodilo - napose o tome kako smo ni od čega stigli do toga da budemo nešto i kako se djelić toga nečega pretvorio u nas, uz ponešto od onoga što se događalo u međuvremenu. Povelika teina, dakako. Zato se knjiga i zove *Kratka povijest gotovo svega,* iako to zapravo nije. Ne može biti. No, dok uz malo sreće stignemo do kraja, možda će nam se činiti kao da jest.

Ako je to uopće važno, moje polazište bio je školski udžbenik iz četvrtog ili petog razreda. Knjiga je bila standardno udžbeničko izdanje iz pedesetih godina prošlog stoljeća - zlostavljana, nevoljena, mrka i teška - ali na prvim stranicama imala je ilustraciju koja me očarala: shemu koja prikazuje presjek Zemljine unutrašnjosti, kao da smo velikim nožem zarežali planet i pažljivo izvukli klin koji predstavlja četvrtinu njegove mase.

Teškojc povjerovati da baš nikada prije nisam vidio takvu ilustraciju, ali očito nisam, jer se jasno sjećam kako me očarala. Iskreno, mislim da je moje početno zanimanje izazvala zamišljena slika rijeke automobila koja se slijeva prema istoku američkih nizinskih država i, ništa ne sluteći, nenadano se ruši preko ruba šest i pol tisuća kilometara visoke stijene što se proteže između Srednje Amerike i Sjevernog pola, no na primjereniji, akademski način postupno sam svoju pažnju ipak usmjerio na znanstveno značenje crteža i spoznaju da se Zemlja sastoji od više slojeva, sa užarenom sferom od željeza i nikla u središtu, vrelom kao površina Sunca, kako je pisalo ispod slike, a sjećam se da sam u iskrenom čuđenju pomislio: »Kako oni to znaju?«

Ni trenutka nisam posumnjao u točnost tog podatka - i danas sam sklon vjerovati izjavama znanstvenika, jednako kao i liječnicima, vodoinstalaterima i drugima koji su upućeni u tajne i mistične istine - ali baš nikako nisam mogao shvatiti kako ijedan ljudski um može znati kako izgleda i od čega je sačinjen prostor tisuće i tisuće kilometara ispod nas, koji nije vidjelo nijedno oko i kroz koji ne može prodrijeti nikakva rendgenska zraka. To mi je jednostavno predstavljalo čudo. Još uvijek tako doživljavam znanost.

Te sam večeri uzbuđeno odnio knjigu kući i otvorio je prije večere - mislim daje to navelo moju majku da mi opipa čelo i zapita jesam li dobro - pa počeo čitati od prve stranice.

A sad slijedi obrat. Uopće nije bila uzbudljiva. Zapravo, nije bila ni razumljiva. Povrh svega, nije nudila odgovor ni na jedno pitanje koje pobuđuje ilustracija u normalnu, znatiželjnu umu: kako to da u središtu našeg planeta postoji još jedno sunce i kako znaju kolikoje vruće? I ako žari, zašto onda tlo pod našim nogama nije vrelo? I zašto se onda sve ostalo ne rastali - ili se možda ipak tali? A kad jezgra na kraju do-gori, hoće li dio Zemlje propasti u ponor i ostaviti divovsku rupetinu na površini? I kako to možemo *znati? Na temelju čega su to zaključili?*

Ali, autor je o tim detaljima tajanstveno šutio - nije šutio samo o sinklinalama, antiklinalama, rasjednim osima i sličnim stvarima. Kao da je htio zatajiti ono najbolje, pa je sve prikazao suhoparno i nerazumljivo. Tijekom godina počeo sam slutiti da to uopće nije usamljen slučaj. Čovjek bi pomislio da postoji neka opća zavjera autora udžbenika, koji sve mistificiraju kako bi bili sigurni da građa koju obrađuju nikad neće doći preblizu granici blago zanimljivog i kako bi zauvijek ostala na barem međugradskoj udaljenosti od nečega stoje stvarno zanimljivo.

Srećom, danas znam da postoji mnogo autora koji ispisuju vrlo lucidnu i uzbudljivu znanstveno-popularnu prozu - Timothv Ferris, Richard Fortev i Tim Flannerv, to su već trojica na samo jednom slovu abecede (a da ne spominjemo pokojnog, božanstvenog Richarda Fevnmana) - ali nažalost, nijedan od njih nije napisao nijedan udžbenik koji sam ja imao u školi. One moje napisali su muškarci (uvijek su to bili muškarci) koji su imali zanimljiv stav da sve postaje jasno kad se izrazi formulom te su bili u smiješnoj zabludi da će djeca cijeniti to što poglavlja završavaju zbirkom pitanja nad kojima mogu vječno mozgati. Tako sam odrastao u uvjerenju da je znanost beskrajno dosadna, ali istodobno sam slutio da to možda i ne mora biti tako. No, o tome baš i nisam tako ozbiljno razmišljao. I toga sam se dugo držao.

A onda, mnogo kasnije - čini mi se prije četiri ili pet godina - najednom dugom letu preko Tihog oceana besposleno sam zurio kroz prozor u ocean obasjan mjesečinom kada sam postao pomalo neugodno svjestan toga da ne znam osnovne stvari o jedinom planetu na kojem ću ikada živjeti. Na primjer, nisam imao pojma zašto su oceani slani, a Velika jezera nisu. Nisam imao čak ni blijedu predodžbu. Nisam znao postaju li oceani s vremenom slaniji i je li razina saliniteta u oceanu nešto što bi me trebalo brinuti ili ne. (Veoma sam sretan što vam mogu

reći da do kasnih sedamdesetih prošlog stoljeća ni znanstvenici nisu znali odgovor na to pitanje. Samo što o tome nisu tako glasno pričali.)

Naravno, salinitet oceana predstavljao je samo djelić mog neznanja. Nisam znao ni stoje proton ni protein, nisam razlikovao kvark od kva-zara, nisam shvaćao kako geolozi na prvi pogled mogu reći koliko je star sloj stijena u nekom kanjonu - zapravo, nisam znao ništa. Obuzela me neželjena, ali neodoljiva potreba da naučim nešto o tim stvarima i, iznad svega, shvatim kako ljudi dolaze do takvih zaključaka. Za mene je to ostao najveći predmet čuđenja - kako znanstvenici donose zaključke. Kako možemo *znati* koliko je teška Zemlja i koliko su stare stijene te stoje zapravo tamo dolje u središtu? Kako oni znaju kad je nastao svemir i kako je to bilo? Kako znaju što se događa u unutrašnjosti atoma? I kako to, kad smo već kod toga - ili možda nakon toga, kad bolje razmislim - da često izgleda kao da znanstvenici znaju gotovo sve, ali ipak nisu u stanju predvidjeti potres ili barem reći hoćemo li sljedeće srijede trebati kišobran?

Zato sam odlučio da komadić svog života - na kraju je ispalo tri godine - posvetim čitanju knjiga i časopisa u potrazi za stoički strpljivim stručnjacima koji su spremni odgovarati na mnoga iznimno glupa pitanja. Želio sam otkriti je li zaista nemoguće razumjeti i cijeniti, diviti se, čak uživati u čudesnosti i dostignućima znanosti, i to na razini koja nije previše tehnička ni previše zahtjevna, a da ujedno nije ni previše površna.

To je bila moja zamisao i tome sam se nadao, a to je ujedno postala i svrha ove knjige. Ali pred nama je mnogo posla i mnogo manje od 650000 sati da to obavimo, dakle - počnimo.

I

IZGUBLJENI U SVEMIRU

Svi su *na istoj ravnini. Svi* se *okreću u istom smjeru... To je savršeno, znate. Predivno. Gotovo zastrašujuće.*

Astronom Geoffrey Marcv opisuje Sunčev sustav

1

KAKO NAPRAVITI SVEMIR

Ma koliko se trudili, nikad nećemo zaista shvatiti koliko je sićušan proton, koliko malo prostora zauzima. Jednostavno je previše sitan.

Proton je beskrajno mali djelić atoma kojije, naravno, i sam neznatne veličine. Protoni su toliko sitni da ih u kapljici tiskarske boje, kao stoje točka na ovom 'i', može biti oko 500000000000 ili, drugim riječima, više od broja sekundi koje čine 15 tisuća godina. U najmanju ruku, protoni su više nego mikroskopski.

A sada zamislite, ako možete (a naravno da ne možete), da ste jedan od tih protona smanjili na milijarditi dio njegove veličine i stavili ga u toliko mali prostor da proton u njemu izgleda golemo. Zatim u taj mali, malecki prostor sabijte nekih 30 grama mase. Odlično. Spremni ste da pokrenete svemir.

Pretpostavljam da želite izgraditi inflacijski svemir. Ako vam se više sviđa staromodni, standardni svemir klase Veliki prasak, trebat će vam dodatni materijal. Zapravo, trebali biste skupiti sve što postoji - svaku mrvicu i česticu tvari odavde do ruba stvaranja - i stisnuti je u točku koja je tako beskrajno kompaktna da uopće nema dimenzija. Inače, to se zove singularitet.

U oba slučaja, pripremite se za stvarno velik prasak. Dakako, htjeli biste se skloniti na sigurno i promatrati spektakl. Nažalost, nemate se gdje skloniti jer izvan singulariteta ne postoji *gdje.* Kad se svemir počne širiti, svojim širenjem neće ispunjavati nikakvu prazninu veću od sebe. Jedini prostor koji postoji onaj je koji on sam stvara vlastitim širenjem.

Naravno, singularitct bi bilo pogrešno zamišljati kao neku vrstu prc-gnantne točke koja visi u mračnoj praznini bez granica. Nema prostora koji bi ona zauzimala, nema mjesta na kojem bi se nalazila. Cak se ne možemo zapitati ni koliko je već tamo -je li se tek nedavno pojavila, kao nečija dobra ideja, ili je tamo oduvijek i tiho čeka pravi trenutak. Vrijeme ne postoji. Nema prošlosti iz koje bi proistekla.

I tako naš svemir započinje ni iz čega.

U jednom zasljepljujućem prasku, veličanstvenom trenutku, previše moćnom i prebrzom da bi ga se moglo opisati riječima, singularitet poprima nebeske dimenzije i zauzima nezamisliv prostor. Ta prva živahna sekunda (kojoj će mnogi kozmolozi posvetiti čitavu karijeru kako bije raščlanili na što finije slojeve) proizvodi gravitaciju i ostale sile koje upravljaju fizikom. Za manje od minute svemir se rasteže na milijun milijardi kilometara i brzo raste. Sada vlada velika vrućina, 10 milijardi stupnjeva, što je dovoljno da započnu nuklearne reakcije iz kojih nastaju lakši elementi - uglavnom vodik i helij s ponešto litija (približno jedan atom na sto milijuna). U tri minute nastaje 98 posto svih tvari koje će ikada postojati. Imamo svemir. To je mjesto najčudesnijih, iznimnih mogućnosti. I lijepo je. A sve je obavljeno u vremenu potrebnom da se napravi sendvič.

Kada se dogodio taj trenutak - c, to je predmet diskusije. Kozomo-lozi su se dugo prepirali oko toga je li se trenutak stvaranja dogodio prije deset milijardi godina, dvostruko prije ili negdje između. Čini se daje postignut konsenzus oko brojke od približno 13,7 milijardi godina, ali to su stvari koje je poslovično teško izmjeriti, kao što ćemo poslije vidjeti. U nekom neodređenom trenutku vrlo daleke prošlosti iz neznanih je razloga nastupio trenutak u znanosti poznat kao $t = 0$, samo se toliko može reći. I tako je sve započelo.

Naravno, mnogo toga ne znamo, a i mnogo toga što mislimo da znamo, dugo nismo znali ih srno samo mislili da znamo. Cakje i pojam Velikog praska relativno nov. Ideja se pojavila još dvadesetih godina, kada je o tome prvi oprezno progovorio Georges Lemaitre, belgijski redovnik i znanstvenik, ah u kozmologiji nije aktivno zaživjela do sredine šezdesetih, kada su dva mlada astronoma došla do iznimnog i slučajnog otkrića.

Njihova imena su Amo Penzias i Robert Wilson. Oni su 1965. godine radili s velikom komunikacijskom antenom u vlasništvu Laboratorija Bell u Holmdelu u državi Ncwjersey. ali mučio ih je neprekidan pozadinski šum - uporno, neprestano krčanje onemogućavalo je svaki

eksperimentalan rad. Šum je bio neprekidan i neuhvatljiv. Dopirao je iz svake točke na nebu, noću i danju, u svako godišnje doba. Cijelu godinu mladi astronomi poduzimali su sve što bi im palo na pamet kako bi obuzdali i uklonili taj šum. Provjerili su sve električne sustave. Rastavili su i ponovno sastavili instrumente, provjeravali strujne krugove, vrtjeli žice, čistili kontakte. Popeli su se na tanjur antene pa su izolacijskom vrpcom prekrili svaki spoj i prorez. Ponovno su se popeli s metlama i četkama pa su tanjur pažljivo očistili od, kako su poslije rekli, »bijelog dielektrika«, inače poznatijeg kao ptičje govno. No, ništa što bi poduzeli, ne bi djelovalo.

Samo 50 kilometara dalje, a da to nisu znali, na Sveučilištu Princeton tim znanstvenika predvođenih Robertom Dickeom tražio je upravo to čega su se njih dvojica tako uporno pokušavali riješiti. Istraživači s Prin-cetona slijedili su ideju koju je četrdesetih godina izložio astrofizičar ruskog podrijetla George Gamow: ako zavirimo dovoljno duboko u svemir, trebali bismo naći tragove kozmičke radijacije zaostale od Velikog praska. Gamovvje izračunao da bi nakon puta koji prevali kroz kozmičko prostranstvo radijacija trebala stići do Zemlje u obliku mikrovalova. U jednom kasnijem radu čak je predložio i instrument kojim bi se to moglo izvesti: Bellova antena u Holmdelu. Nažalost, ni Penzias, ni Wilson ni itko iz princetonskog tima nije pročitao Gamovv-ljev rad.

Šum koji su čuli Penzias i Wilson bio je, naravno, šum za koji je Gamow pretpostavio da postoji. Oni su pronašli rub svemira ili barem rub njegova vidljivog dijela, koji je bio udaljen 90 tisuća milijardi milijardi kilometara. 'Vidjeli' su prve fotone - najstariju svjetlost u svemiru - iako su ih vrijeme i udaljenost pretvorili u mikrovalove, baš kao što je Gamow predvidio. U svojoj knjizi *The InJlationaij Uniuerse* (Inflacijski svemir) Alan Guth ponudio je analogiju koja nam pomaže da to otkriće sagledamo u pravoj perspektivi. Ako to zavirivanje u dubine svemira zamislimo kao pogled sa stotog kata Empire State Buildinga (pri čemu stoti kat predstavlja sadašnjost, a razina ulice trenutak Velikog praska), u trenutku Wilsonova i Penziasova otkrića dotad otkrivene najudaljenije galaksije bile su otprilike na šezdesetom katu, a najudaljeniji objekti - kvazari - bili su oko dvadesetog. Svojim otkrićem Wilson i Penzias pomakli su naše poznavanje vidljivog svemira na razinu od centimetar i pol iznad ulice.

I dalje ne shvaćajući što uzrokuje šum, Wilson i Penzias nazvali su Dickea u Princeton i opisali mu svoj problem, nadajući se da će im on

ponuditi nekakvo objašnjenje. Dicke je odmah shvatio što su ta dva mladića otkrila. »Dakle, dečki, upravo su nas prešišali«, rekao je svojim kolegama kad je spustio slušalicu.

Ubrzo je časopis *Astrophyisical Journal* objavio dva članka: jedan u kojem Penzias i Wilson opisuju svoje doživljaje sa šumom i drugi, u kojem Dicke i njegov tim opisuju njegovu narav. Iako Penzias i Wilson nisu tražili pozadinsko kozmičko zračenje niti su znali što su to zapravo otkrili, iako ni u jednom članku nisu opisali niti protumačili njegovu prirodu, 1978. godine dobili su Nobelovu nagradu za fiziku. Istraživači s Princetona dobili su samo sućut. Kako tvrdi Dennis Ovcrbve u knjizi *Lonely Hearts oj Cosmos* (Usamljena srca kozmosa), dok to nisu pročitali u *New York Timesu,* ni Penzias ni Wilson nisu u potpunosti shvatili značenje onoga što su otkrili.

Zapravo, smetnje zbog pozadinskog kozmičkog zračenja poznate su svima nama. Uključite na svom televizoru kanal bez programa i oko 1 posto rasplesanih smetnji koje vidite zasluga je tog davnog ostatka Velikog praska. Sljedeći put kada se budete žalili da na programu nema ništa, sjetite se da uvijek možete gledati rođenje svemira.

Iako to svi nazivaju Velikim praskom, mnoge nas knjige upozoravaju da ga ne treba zamišljati kao običnu eksploziju. To je bilo sličnije velikom, iznenadnom širenju divovskih razmjera. Što gaje uzrokovalo?

Prema jednom shvaćanju možda je singularitet bio ostatak bivšeg svemira koji se urušio - a naš je svemir samo jedan u vječnom ciklusu širenja i urušavanja svemira, kao mjehur na aparatu za kisik. Drugi Veliki prasak pripisuju, kako oni to nazivaju, 'lažnom vakuumu', 'skalarnom polju' ili 'energiji vakuuma' - u svakom slučaju, nekoj osobini ili pojavi koja je unijela određenu količinu nestabilnosti u dotadašnje ništa. Reklo bi se daje nemoguće dobiti nešto iz ničega, ali činjenica da jednom nije bilo ničega, a da sada postoji svemir, očit je dokaz daje to moguće. Možda je naš svemir samo dio mnogih, većih svemira, koji su u nekim drugim dimenzijama, i možda se veliki praskovi događaju stalno i posvuda. Možda su prostor i vrijeme imali potpuno drugačiji oblik ili oblike prije Velikog praska - oblike koji su za nas previše strani a da bismo ih mogli zamisliti - pa Veliki prasak predstavlja neku vrstu prijelazne faze u kojoj je svemir prešao iz oblika koji ne možemo razumjeti u ovaj koji gotovo razumijemo. »Ta su pitanja vrlo bliska religiji«, izjavio je 2001. godine kozmolog sa Stanforda dr. Andrei Linde za *Ncu> York Times.*

Teorija Velikog praska ne govori o samom prasku, nego o onome što se dogodilo nakon njega. I to nedugo nakon toga, ne zaboravite. Nakon mnogo matematike i pažljiva promatranja onoga što se događa u akceleratoru čestica, znanstvenici vjeruju da mogu prodrijeti u prošlost do 10^{43} sekunde nakon trenutka stvaranja, kad je svemir bio još toliko mali da bi vam trebao mikroskop da ga pronađete.

Ne treba nas zapanjiti svaka golema brojka na koju naiđemo, ali možda nije loše da se na pokoju povremeno osvrnemo, tek toliko da se podsjetimo na njihovu neshvatljivu, zapanjujuću veličinu. Dakle, 10^{-43} je 0,00000000()00000000000000000000()00000000001 ili desetmili-junti dio bilijuntog dijela bilijunte bilijuntine sekunde.*

Većinu onoga što znamo, ili barem vjerujemo da znamo o ranim trenucima svemira, možemo zahvaliti ideji zvanoj teorija inflacije, koju je 1979. godine prvi put iznio tada mlađi znanstvenik sa Stanforda (danas na MIT-u) Alan Guth. Imao je trideset dvije godine i, po vlastitom priznanju, dotad nije napravio baš mnogo toga. Možda nikada ne bi niti došao do svoje velike teorije da se nije zatekao najednom predavanju o Velikom prasku, koje je držao nitko drugi do Robert Dicke. Predavanje je potaklo Gutha da se zainteresira za kozmologiju, točnije, za rođenje svemira.

Rezultat je na kraju bila teorija inflacije, koja tvrdi daje u djeliću trenutka nakon osvita stvaranja svemir prošao kroz iznenadno, dramatično širenje. Napuhao se - zapravo, oteo se i pojurio, udvostručujući se svake 10^{-34} sekunde. Čitava epizoda možda nije trajala dulje od 10^{-30} sekunde - to jest, jedne tisućinke milijarditinke milijarditinke milijarditinke sekunde - ali svemir se iz nečega što vam stane na dlan,

Nekoliko riječi o znanstvenom načinu pisanja brojeva. Budući da su vrlo veliki brojevi nezgodni za pisanje i gotovo ih je nemoguće pročitati, znanstvenici koriste stenografiju na temelju potencija (odnosno) množenja broja 10, pri čemu se, primjerice, 10000000000 piše 10^{10}, a 65000 000 postaje 6,5- 10'. Princip je vrlo jednostavan, temelji se na množenju desetki: 10- 10 (ili 100) postaje 10^; 10- 10- 10 (ili 1000) je 10^{-1} i tako dalje,jednostavno i beskonačno. Mala brojka označava broj nula koje slijede iza većeg glavnog broja. Minus u osnovi daje zrcalnu sliku, a mala brojka označava broj mjesta zdesna od decimalnog zareza (tako IO^{4} znači 0.0001). Iako pozdravljam takav način, za mene je i dalje ravno čudu kako netko kada vidi '1.4- 10" km^{3}', odmah zna da to znači 1,4 milijarde kubičnih kilometara, a ništa me manje ne čudi i to što će se u knjigama češće naći prva varijanta (pogotovo u knjizi koja je namijenjena općem čitateljstvu, kao ova iz koje navodim primjer). Pod pretpostavkom da mnogi čitatelji, kao ni ja, nisu matematički nastrojeni, rjeđe pišem na takav način, iako ga je ponekad nemoguće izbjeći, pogotovo u poglavlju koje se bavi pojmovima na kozmičkoj razini.

pretvorio u nešto barem 10 000 000 000 000 000 000 000 000 puta veće. Teorija inflacije objašnjava kovitlace i oluje koji naš svemir čine mogućim. Bez njih ne bi bilo nakupina tvari, dakle, ni planeta; postojali bi samo plin i vječni mrak.

Prema Guth ovoj teoriji u jednoj desetmilijuntinki bilijuntog dijela bilijunte bilijuntinke sekunde pojavila se gravitacija. Nakon još jednog nevjerojatno kratkog intervala pridružili su joj se elektromagnetizam te jaka i slaba nuklearna sila - ono što čini fiziku. Prema standardnoj teoriji Velikog praska odjednom su se ni iz čega pojavili rojevi fotona, protona, elektrona, neutrona i ostalog - od IO^{79} do 10$^{s'}$; od svake vrste.

Naravno, takve veličine nije moguće predočiti. Dovoljno je znati da smo u jednom eksplozivnom trenutku dobili svemir koji je bio prostran - širok najmanje sto milijardi svjetlosnih godina - i savršeno pogodan za nastanak zvijezda, galaksija i drugih složenih sustava.

S naše točke gledanja, sjajno je stoje ispao tako dobar za nas. Da se svemir oblikovao samo malo drugačije - daje gravitacija bila samo malo jača ili slabija, da se širenje odvijalo malo sporije ili brže - možda nikada ne bi nastali stabilni elementi koji tvore i vas i mene i tlo na kojem stojimo. Daje gravitacija bila mrvicu jača, cijeli se svemir mogao urušiti kao loše podignut šator, bez točno određenih vrijednosti potrebnih za postojanje dimenzija, gustoće i sastavnih dijelova. S druge strane, daje gravitacija bila slabija, ništa se ne bi održalo na okupu. Svemir bi zauvijek ostao dosadna razbacana praznina.

Stoga neki stručnjaci vjeruju daje moglo biti mnogo drugih velikih praskova - možda na bilijune, raštrkanih duž vječnosti - i da mi postojimo baš u ovom svemiru zato stoje baš to svemir u kojem možemo postojati. Kako je jednom rekao Edward P. Tryon sa Sveučilišta Columbia: »Odgovarajući na pitanje zašto se to dogodilo, nudim skromno objašnjenje daje naš svemir naprosto jedna od pojava koje se povremeno događaju.« A Guth dodaje: »Iako je vjerojatnost stvaranja svemira vrlo mala, Tryon naglašava da još nitko nije izbrojio neuspjele pokušaje.«

Britanski kraljevski astronom Martin Rees vjeruje da postoji mnogo svemira, možda i beskonačno mnogo, i da svaki ima različita svojstva u različitim kombinacijama, a mi jednostavno živimo u jednom u kojem su se stvari posložile tako daje naše postojanje moguće. Daje analogiju s velikom robnom kućom: »Ako u velikoj količini odjeće pronađemo odijelo koje nam pristaje, nećemo biti iznenađeni. Ako

postoje mnogi svemiri i svakim upravlja drugačiji skup brojeva, postojat će ijedan u kojem je taj skup brojeva pogodan za život. Mi se nalazimo u jednom takvom.«

Rees tvrdi da našim svemirom upravlja šest ključnih brojeva, a kada bi se ijedna od tih vrijednosti promijenila samo za malenkost, stvari ne bi bile kakve jesu. Na primjer, da bi svemir bio ovakav kakav jest, vodik se treba pretvarati u helij na vrlo određen i relativno odmjeren način -točnije, tako da sedam tisućitih dijelova svoje mase pretvara u energiju. Smanjimo li tu vrijednost samo malo - s recimo 0,007 na 0,006 - ne bi moglo doći ni do kakva pretvaranja: svemir bi se sastojao samo od vodika. Povećamo li vrijednost samo malo - na 0,008 - vezivanje bi se odvijalo tako neobuzdano da bi vodik već odavno bio potrošen. U oba slučaja, uz malo preuređivanje brojki više ne bi bilo svemira kakva poznamo i trebamo.

Trebao bih napomenuti daje sve u redu - *za sada.* Dugoročno, gravitacija može postati malo prejaka; jednog dana može zaustaviti širenje svemira i dovesti ga do potpuna urušavanja, sve dok se ponovno ne svede na nov singularitet i možda ponovno započne cijeli proces. S druge strane, gravitacija bi mogla postati preslaba pa bi svemir odmicao sve dalje, sve dok ne bi otišao predaleko za bilo kakav oblik materijalne interakcije, zbog čega bi se pretvorio u vrlo prostrano, ali nepokretno i mrtvo mjesto. Treća je mogućnost da gravitacija ostane savršeno usklađena - kozmološki naziv je 'kritična masa[1] - i zadrži svemir na okupu, u dimenzijama koje omogućuju da se sve nastavi u beskonačnost. U trenucima optimizma kozmolozi to ponekad nazivaju 'efektom Zlatokose' - sve je baš kako treba. (Usput, recimo da se navedena tri moguća svemira nazivaju zatvoreni, otvoreni i ravni.)

Sada dolazimo do pitanja koje je svakome od nas barem jednom palo na pamet: što bi se dogodilo kada bismo otputovali do ruba svemira i, recimo, provirili kroz zastor? *Gdje* bi nam bila glava ako više ne bi bila u svemiru? Sto bismo tamo našli? Nažalost, odgovor glasi: ne možemo stići do ruba svemira. Ne zato što bi to predugo trajalo - iako zapravo bi - nego zato što nikada ne bismo stigli do vanjskog ruba, čak ni kada bismo ravnom linijom beskonačno i uporno putovali sve dalje. Umjesto na rub stigli bismo na mjesto s kojeg smo pošli. (Pretpostavljam da bi nam tada splasnulo oduševljenje za taj pothvat i da bismo odustali.) Razlog tome je zakrivljenost svemira, što je veoma teško dovoljno dobro zamisliti, a u skladnje s Einsteinovom teorijom relativnosti (do

koje ćemo doći kasnije). Za sada je dovoljno da znamo da ne plutamo usred velikog mjehura koji se neprestano širi. Prije bi se moglo reći da je prostor zakrivljen na način koji mu omogućuje da bude bezgraničan, ali konačan. Cak se ne može reći da se prostor širi jer, kao što navodi fizičar i dobitnik Nobelove nagrade Steven Weinberg, »ne šire se ni zvjezdani sustavi ni galaksije, a ni sam prostor«. Prije bi se moglo reći da se galaksije udaljuju. Sve je to svojevrstan izazov za našu intuiciju. Ili, kako glasi slavna primjedba biologa J. 13. S. Haldanea: »Ne samo da je svemir čudniji nego pretpostavljamo; čudniji je nego što to *možemo* pretpostaviti.«

Evo analogije kojom se obično pokušava objasniti zakrivljenosti prostora; pokušajte zamisliti da netko iz svemira ravnih površina, u kojem nikada nije vidio sferu, stigne na Zemlju. Ma koliko lutao površinom planeta, nikada ne bi našao rub. Na kraju bi se vratio na točku s koje je pošao i bio bi. naravno, krajnje zbunjen kada bi pokušao objasniti kako se to dogodilo. Eto, mi smo u istom položaju u prostoru kao naš zbunjeni ravničar, samo stoje nas zbunila viša dimenzija.

Kao što nema točke na kojoj bismo mogli naći kraj svemira, nema ni mjesta na koje bismo mogli stati i reći: »Ovdje je sve počelo. Ovo je središte svega.« *Svi* se mi nalazimo u središtu. Zapravo, u to baš i nismo sigurni; ne možemo to matematički dokazati. Znanstvenici su zaključili da ne možemo zaista biti središte svemira - zamislite što bi to značilo - ali da svaka pojava mora izgledati isto svim promatračima na svim mjestima. No, to zapravo ne znamo.

Za nas je svemir velik samo onoliko milijarda godina koliko je putovala svjetlost otkako je nastao svemir. Taj vidljivi svemir - svemir koji poznamo i o kojem možemo razgovarati - prostire se na milijun milijuna milijuna milijuna (to je 1 000 000 000 000 000 000 000 000) kilometara. No, prema većini teorija svemir kao takav - metasvemir, kako ga ponekad nazivaju - još je prostraniji. Prema Reesu broj svjetlosnih godina do ruba tog većeg, neviđenog svemira ne bi se mogao zabilježiti »ni s deset nula, čak ni sa stotinu, nego s milijunima«. Ukratko, prostora je više nego što možemo zamisliti, čak i ako ne pokušavamo predočiti ono što se nalazi iza njega.

Teorija Velikog praska dugo je imala jedan veliki nedostatak koji je mučio velik broj ljudi - naime, nije mogla ni približno objasniti kako smo se mi ovdje stvorili. Iako je 98 posto postojeće materije nastalo Velikim praskom, ta materija sastojala se isključivo od lakih elemenata: helija, vodika i litija, što smo već spomenuli. Nijedna čestica teških

elemenata od vitalne važnosti za naše postojanje - ugljika, dušika, kisika i ostalog- nije izronila iz plinovitog kotla stvaranja. Međutim - i tu je problem - za proizvodnju takvih teških elemenata treba nam toplina i energija koja nastaje prilikom Velikog praska. A ipak, dogodio se samo jedan Veliki prasak, a nije ih proizveo. Dakle, odakle su se pojavili? Zanimljivo, ali čovjek koji je pronašao odgovor na to pitanje bio je koz-molog koji je iskreno prezirao teoriju Velikog praska i zapravo je sam skovao naziv 'Veliki prasak' iz poruge i sarkazma.

Uskoro ćemo stići do njega, ali prije nego se vratimo na pitanje otkuda mi ovdje, bilo bi dobro da odvojimo nekoliko minuta i razmotrimo gdje je, zapravo, to 'ovdje'.

2

DOBRO DOŠLI U SUNČEV SUSTAV

Danas astronomi mogu otkriti nevjerojatne stvari. Kada bi netko zapalio šibicu na Mjesecu, oni bi primijetili plamen. Prema najtišem pucketanju i podrhtavanju udaljenih zvijezda oni mogu pretpostaviti veličinu, karakter, pa čak i potencijalnu naseljivost planeta previše udaljenih da bi bili vidljivi - planeta koji su toliko daleko da bismo do njih svemirskim brodom trebali putovati pola milijuna godina. Svojim radioteleskopima mogu uhvatiti tragove radijacije (a hvataju je od 1951. godine), a kojaje tako bezobrazno slabašna daje sveukupna količina tako pristigle energije s područja izvan granica Sunčeva sustava »manja od energijejcdne snježne pahuljice kojaje dotakla tlo«, prema riječima Carla Sagana.

Ukratko, u svemiru se ne događa toliko toga da to astronomi ne bi mogli pronaći, ako to odluče. Utoliko je zanimljiviji podatak da do 1978. godine nitko nije primijetio da Pluton ima mjesec. U ljeto te godine u Opservatoriju Američke mornarice u Flagstatfu u državi Arizoni mladi astronom James Christv rutinski je proučavao fotografije Plutona kad je primijetio još nešto - mutno i nejasno, ali be/ sumnje, nešto što nije Pluton. Konzultirajući se s kolegom Robcrtom I Iarringtonom. zaključio je da je vidio mjesec. I to ne bilo kakav mjesec. U odnosu na veličinu planeta bio je to najveći mjesec u Sunčevu sustavu.

To je bio svojevrstan udarac statusu Plutona kao planeta, koji ni dotad nije bio bogzna kakav. Budući da se dotad vjerovalo da prostor koji zauzimaju i Pluton i mjesec pripada samo planetu, to je značilo da je

Pluton mnogo manji nego što je itko pretpostavljao — manji i od Merkura. Cak sedam mjeseca u Sunčevu sustavu, uključujući i naš, veći su od njega.

Logično, pitamo se zašto je trebalo tako dugo da netko pronađe mjesec u našem vlastitom Sunčevu sustavu? Razlog je djelomice i u tome kamo astronomi usmjeravaju svoje instrumente, dijelom u tome za koju su svrhu projektirani njihovi instrumenti, a dijelom i u samom Plutonu. No, najvažnije je ipak kamo usmjeravaju svoje instrumente. Riječima astronoma Clarka Chapmana: »Ljudi uglavnom misle da astronomi noću odlaze u opservatorije i pregledavaju nebo. To nije posve točno. Gotovo svi teleskopi kojima se služimo izgrađeni su tako da budu usmjereni u vrlo male komadiće neba kako bismo uočili kvazar, ulovili crnu rupu ili zavirili u udaljenu galaksiju. Jedinu pravu mrežu teleskopa koji motre cijelo nebo izgradila je i osmislila vojska.«

Nas su razmazili umjetnički prikazi, odnosno njihova jasnoća slike kakva u astronomiji zapravo ne postoji. Pluton na Christvjevoj fotografiji nejasan je i mutan - komadić kozmičkog platna - a njegov mjesec nije romantično osvijetljen polukrug kristalno jasnih obrisa, kakav ćete naći na ilustraciji iz *National Geographica,* nego malen i vrlo neodređen nagovještaj nečega nejasnog. Zapravo, nejasnost je bila tolika daje prošlo sedam godina prije nego je itko ponovno vidio mjesec i neovisno potvrdio njegovo postojanje.

Christvje do svog otkrića došao u Flagstaffu, stoje zgodan detalj, jer je baš tu 1930. godine prvi put primijećen Pluton. Za taj veliki događaj u astronomiji najviše je zaslužan astronom Percival Lowell. Lovvell potječe iz jedne od najstarijih i najbogatijih bostonskih obitelji (one iz pjesmice o Bostonu, gradu graha i bakalara, gdje Lovvclli razgovaraju samo s Cabotima, a Caboti samo s Bogom), a financiraoje slavni opservatorij koji nosi njegovo ime. No, više ga se pamti po uvjerenju daje Mars prekriven kanalima koje su izgradili vrijedni Marsijanci radi dopreme vode iz polarnih područja do suhih, ali obradivih krajeva blizu ekvatora.

Druga Lovvellova ideja bilo je postojano uvjerenje da negdje iza Neptuna postoji još uvijek neotkriven deveti planet, nazvan Planet X. Lovvell je svoje uvjerenje temeljio na nepravilnostima koje je primijetio u orbitama Urana i Neptuna pa je posljednje godine svog života posvetio traženju plinovitog diva koji bi tamo morao biti. Nažalost, iznenada je umro 1916. godine, uglavnom iscrpljen svojom potragom, a istraživanje je potpuno zamrlo jer su se njegovi nasljednici potukli oko

nasljedstva. Kako bi djelomice skrenuli pažnju sa sage o marsovim kanalima (štoje dotad već preraslo u tešku sramotu), direktori Lovvellova opservatorija 1929. godine odlučili su nastaviti istraživanje pa su angažirali mladića iz Kansasa koji se zvao Clyde Tombaugh.

Tombaugh nije imao formalnog astronomskog obrazovanja, ali bio je vrijedan i bistar pa je nakon jednogodišnjeg strpljivog traganja nekako uspio uočiti Pluton, mutnu točku svjetla na blistavoj pozadini. To je bilo čudesno otkriće, štoviše, iznimno, jer, kako se pokazalo, mjerenja na temelju kojih je Lowell predvidio postojanje planeta iza Neptuna bile su prilično pogrešne. Tombaugh je odmah shvatio da novi planet nije ni sličan masivnoj plinovitoj kugli, kako je pretpostavljao Lovvell - ali svaku sumnju koju je mogao imati on ili netko drugi glede značenja novog planeta uskoro je potpuno ugušio delirij koji je pratio gotovo svaku veliku novinsku vijest tog vremena, u kojem je bilo lako izazvati uzbuđenje. Toje bio prvi planet koji je otkrio jedan Amerikanac i nitko se nije dao smesti činjenicom daje to zapravo samo ledena točkica u daljini. Dobio je ime Pluton, djelomice i zato što prva dva slova tvore Lovvellove inicijale. Lovvell je posvuda posmrtno slavljen kao prvorazredni genij, dok je Tombaugh uglavnom zaboravljen, osim medu astronomima koji ga i danas poštuju.

Nekoliko astronoma i dalje misli da bi mogao postojati Planet X -pravi div koji je možda i deset puta veći od Jupitera, ali koji je toliko daleko daje za nas nevidljiv. (Primao bi tako malo Sunčeva svjetla da gotovo ne bi imao što reflektirati.) Vjeruje se da to ne bi bio konvencionalni planet kao Jupiter ili Saturn - predaleko je za to; govorimo o nekih 70 milijardi kilometara - nego bi bio sličniji suncu koje se nikada nije do kraja razvilo. To ne bi bilo nikakvo čudo jer je i tako otprilike trećina zvjezdanih sustava dvojna (binarna).

Što se samog Plutona tiče, nitko točno ne zna kolikoje velik, od čega je, kakva mu je atmosfera, zapravo, čak ni što je. Mnogi astronomi vjeruju da Pluton uopće nije planet, nego dosad najveći pronađeni objekt u zoni galaktičkog otpada poznatog kao Kuiperov pojas. Kuiperov pojas 1930. godine teoretski je predvidio astronom F. C. Leonard, ali nazvan je po Gerardu Kuiperu, Nizozemcu koji je radio u Americi i koji je proširio ideju. Kuiperov pojas izvor je onog što zovemo kometima kratke periode - koji prilično redovno prolaze kraj nas - a najslavniji medu njima je Hallevjev komet. Samotniji kometi duge periode (neki od njih su i nedavni posjetioci Hale-Bopp i I Ivakutake) dolaze iz mnogo udaljenijeg Oortova oblaka, o kojem ćemo malo kasnije.

Istina je da se Pluton ne ponaša kao ostali planeti. Osim stoje kržljav i mračan, ima tako nestabilnu putanju da nitko ne može točno reći gdje će biti za sto godina. Dok su orbite ostalih planeta višc-manje sve u istoj ravnini, Plutonova putanja nagnuta je pod kutom od 17 stupnjeva, kao obod nemarno naherena šešira. Njegova je orbita tako nepravilna da nam se na svom samotnom kruženju oko Sunca nerijetko više približi nego Neptun. Većim dijelom osamdesetih i devedesetih godina 20. stoljeća zapravo je Neptun bio najudaljeniji planet Sunčeva sustava. Pluton se tek 11. veljače 1999. godine vratio na vanjski dio staze, gdje će ostati sljedećih 228 godina.

Dakle, ako je Pluton zaista planet, ondaje stvarno čudan. Veoma je sitan: ima samo jednu četvrtinu 1 postotka Zemljine mase. Kada bismo ga spustili na Sjedinjene Države, ne bi pokrio ni polovicu južnih četrdeset osam država. Toje anomalija; to znači da se naš planetarni sustav sastoji od četiri unutarnja stjenovita planeta, četiri vanjska plinovita diva i jedre male. usamljene ledene kugle. Štoviše, imamo dobar razlog da vjerujemo da će u istom dijelu svemira uskoro biti otkrivene i druge, još veće ledene kugle. A tada ćemo zaista imati problema. Nakon stoje Christv otkrio Plutonov mjesec, astronomi su počeli pažljivije proučavati taj dio svemira pa je do početka prosinca 2002. godine otkriveno više od šesto novih transneptunskih objekata, poznatih i pod imenom plutini. Jedan, nazvan Varuna, gotovo je iste veličine kao Plutonov mjesec. Astronomi smatraju da takvih objekata može biti na milijarde. Poteškoćaje u tome što su mnogi od njih strašno tamni. Njihov albedo ili reflektivnost najčešće je samo 4 posto, kao, recimo, kod komada ugljena - samo što su ovi komadi ugljena udaljeni više od šest milijardi kilometara.

A koliko je to, zapravo, daleko? Gotovo nezamislivo. Shvatite, svennr je golem - jednostavno je golem. Radi učenja i zabave zamislimo da se spremamo na put raketom. Nećemo ići veoma daleko - samo do ruba našeg Sunčeva sustava - ali mora nam biti jasno koliko je svemir velik i koliko je mali dio koji mi zauzimamo.

Nažalost, bojim se da doma nećemo stići na večeru. Cak i brzinom svjetlosti (300 000 kilometara u sekundi) trebalo bi nam pet i pol sati do Plutona. Naravno, mi ne možemo putovati ni približno takvom brzinom. Morat ćemo putovati brzinom svemirskog broda, a to je malo sporije. Najveće brzine koje su dosad postigli proizvodi ljudske tehnike ostvarile su letjelice Vovagcr 1 i 2, koje se sada udaljuju brzinom od 56 000 kilometara na sat.

Letjelice Vovager lansirane su u točno određeno vrijeme (kolovoz i rujan 1977. godine) zato što su tada Jupiter, Saturn, U ran i Neptun bili poredani na način koji se ponavlja samo jedinim u 175 godina. Zahvaljujući tome, Vovageri su se mogli poslužiti takozvanom 'gravitacijskom praćkom', pri čemu su letjelice bile uspješno prebacivane od jednog do drugog plinovitog diva u svojevrsnoj kozmičkoj verziji udaraca bičem. Svejedno im je trebalo devet godina da stignu do Urana i dvanaest da prođu pored Plutonove orbite. Srećom, ako pričekamo siječanj 2006. (kada NASA planira polazak svemirske letjelice New Horizons prema Piutonu), moći ćemo iskoristiti povoljan položaj Jupitera i uz male tehnološke novotarije tamo stići za samo desetak godina - iako će povratak kući, bojim se, trajati malo dulje. U svakom slučaju, to će biti dugo putovanje.

Prije svega, vjerojatno ćete zaključiti da svemir ima veoma dobro ime jer je gotovo neugodno lišen ikakvih događaja. Naš Sunčev sustav moždaje najživahnije mjesto bilijunima kilometara uokolo, ali sve vidljivo u njemu - Sunce, planeti i njihovi mjeseci, milijarde uskovitlanog kamenja u asteroidnom pojasu, kometi i nakupine drugih plutajućih stvarčica - zauzimaju manje od bilijuntog dijela prostora. Isto tako, brzo ćete shvatiti da nijedna karta Sunčeva sustava koju ste vidjeli nije ni približno proporcionalna. Na većini karata u školskim učionicama planeti su prikazani kao da se nižu jedan za drugim u zgodnim razmacima - na mnogim ilustracijama vanjski divovi čak bacaju sjenu jedan na drugog- ali *taje obmana nužna ako* želimo da se svi nađu na istom listu papira. Neptun u stvarnosti nije samo malo dalje od Jupitera, on je *daleko* od Jupitera - pet puta dalje nego što je Jupiter udaljen od nas, tako daleko da prima samo 3 posto od količine Sunčeva svjetla koju prima Jupiter.

Udaljenosti su takve da Sunčev sustav praktično nije moguće nacrtati proporcionalno. Cak i kad bismo u udžbenike umetnuli mnogo stranica koje se presavijaju ili uzeli veoma velik komad papira za plakate, ne bismo bili bliže uspjehu. Na karti Sunčeva sustava u mjerilu, sa Zemljom svedenom na promjer zrna graška. Jupiter bi bio udaljen više od 300 metara, a Pluton bi bio udaljen dva i pol kilometra (ali kako bi bio veličine bakterije, ionako ga ne bismo mogli vidjeti). U istom mjerilu Proxima Centauri, nama najbliža zvijezda, bila bi udaljena 16 000 kilometara. Cak i kada bismo sve još više smanjili, tako da Jupiter bude sitan kao točka na kraju ove rečenice, a Plnron ne veći od bakterije, Pluton bi svejedno bio udaljen više od 10 metara.

Dakle, Sunčev je sustav stvarno golem. Kad se približimo Platonu, stigli smo tako daleko da se Sunce - naše drago, toplo Sunce, koje daje život i preplanuo ten - smanjilo na veličinu glavice pnbadače. Bilo bi malo veće od sjajne zvijezde. U tako samotnoj praznini počinjemo shvaćati kako su čak i najvažniji objekti - Plutonov mjesec, na primjer - mogli izmaknuti pažnji. Što se toga tiče, Pluton nije usamljen. Do ekspedicije Vovagera mislilo se da Neptun ima dva mjeseca; Vovager je pronašao još šest. Dok sam ja bio dječak, mislilo se da u Sunčevu sustavu postoji trideset mjeseca. Sadašnji je zbroj najmanje devedeset, a trećina je pronađena samo u posljednjih deset godina. Kad razmišljamo o svemiru općenito, ne treba zaboraviti da ne znamo ni što uopće postoji u našem vlastitom Sunčevu sustavu.

Zatim, dok prolazimo pokraj Plutona, primijetit ćemo da jurimo i dalje. Ako pogledamo naš plan puta, vidjet ćemo da se radi o putovanju do ruba našeg Sunčeva sustava, a mi još, nažalost, nismo tamo. Iako je Pluton posljednji objekt koji je zabilježen na školskim kartama, sustav tu ne završava. Štoviše, nije ni blizu kraju. Do ruba Sunčeva sustava nećemo stići dok ne prodemo kroz Oortov oblak, prostrano područje ispunjeno plutajućim kometima, a do Oortova oblaka nećemo stići sljedećih - stvarno mije žao - deset tisuća godina. Daleko od toga da Pluton obilježava rub Sunčeva sustava, kako nam to veselo prikazuju naše školske karte, on je jedva na tisućitom dijelu puta.

Naravno, za takvo putovanje nema izgleda. Put od 386000 kilometara do Mjeseca još uvijek nam predstavlja veoma zahtjevan pothvat. Misija na Mars s ljudskom posadom, koju je prizivao prvi Bush u trenutku prolaznog zanosa, potiho je odbačena kad je netko izračunao da bi koštala 450 milijardi dolara i vjerojatno završila smrću cijele posade (njihovu DNK rastrgle bi visokoenergetske solarne čestice od kojih se ne bi mogla zaštititi).

Na temelju onog što znamo i što možemo razumno zamisliti, nema mogućnosti da ijedno ljudsko biće ikada posjeti rub našeg sustava -ikada. Jednostavno je predaleko. Teleskopom Ilubble ne možemo zaviriti čak ni u Oortov oblak pa zapravo niti ne znamo da li on uopće i postoji. Njegovo je postojanje vjerojatno, ali potpuno hipotetično.'

O Oortovu oblaku sa sigurnošću se može reći samo da počinje negdje iza Plutona i prostire se otprilike dvije svjetlosne godine u svemir.

Točnim imenom Opik-Oortov oblak imenovan je po estonskom astronomu Ernstu Opiku. koji |e l')32. postavio hipotezu o njegovu postojanju, i po nizozemskom astronomu Janu Oortu. koji je osamnaest mulina kasnije ra/radio proračune.

Temeljna mjerna jedinica u Sun čevu sustavu je astronomska jedinica (AJ ili engl. *Astiviiomica! Uiiit, AJ)* koja predstavlja udaljenost od Sunca do Zemlje. Pluton je od nas udaljen oko 40 AJ, a središte Oortova oblaka oko pedeset tisuća. Jednom riječju, veoma daleko.

No, još jednom zamislimo da smo stigli do Oortova oblaka. Kao prvo, primijetili bismo daje tu vrlo mirno. Sada smo veoma daleko od bilo čega - tako smo daleko od našeg Sunca da ono nije čak ni najsjajnija zvijezda na nebu. Zapanjuje kad pomislimo da to udaljeno žmirka-vo svjetlašce ima dovoljno gravitacije da sve te komete zadrži u orbiti. Veza nije naročito jaka pa kometi dostojanstveno plutaju, gibajući se samo 350 kilometara na sat. Neka mala gravitacijska perturbacija -možda prolazak neke zvijezde - povremeno izbaci poneki od tih usamljenih kometa iz njegove normalne orbite. Ponekad odlete u svemirsku prazninu i nikada se više ne pojave, a ponekad ulete u dugu orbitu oko Sunca. Ti kometi duge periode tri ih četiri puta godišnje prođu unutrašnjim dijelom Sunčeva sustava. Samo ponekad ti zalutali posjetioci zabuše se u nešto kruto kao stoje Zemlja. Zato smo sad i došli ovamo -jer je komet koji smo htjeli vidjeti upravo započeo svoj dug pad prema središtu Sunčeva sustava. Od svih mjesta leti prema Man-sonu u državi Iovva. Trebat će mu dugo da stigne - barem tri ili četiri milijuna godina - pa ćemo ga zasad napustiti, a vratit ćemo mu se mnogo kasnije u našoj priči.

Eto. To vam je Sunčev sustav. A stoje iza Sunčeva sustava? Ništa i svašta, ovisi kako na to gledate.

Na kratke staze, ništa. Ni najsavršeniji vakuum koji je čovjek ikada stvorio nije toliko prazan kao praznina meduzvjezdanog prostora. A do sljedećeg komadića nečega unutar te praznine ima veoma mnogo. Naš najbliži susjed u svemiru, Proxima Centauri, dio trozvjezdanog grozda poznatog kao Alpha Centauri, udaljena je 4.3 svjetlosne godine, što je samo skok u galaktičkim razmjerima, no svejedno je sto milijuna puta dalje nego Mjesec. Da do tamo stignemo svemirskim brodom, trebalo bi nam barem dvadeset pet tisuća godina, a da putovanje i uspije, i dalje bismo bili u samotnoj nakupini zvijezda usred prostrane pustinje. Za put do sljedećeg važnijeg odredišta, Sirinsa, trebalo bi još 4.6 svjetlosnih godina. 1 tako bi to išlo dalje kada bismo se odlučili na skakutanje od zvijezde do zvijezde diljem svemira. Do središta naše galaksije putovali bismo mnogo dulje nego što kao bića uopće postojimo.

Svemir je, ponovit ću, ogroman. Prosječna udaljenost između zvijezda veća je od trideset milijuna milijuna kilometara. Cak i pri brzinama poput svjetlosne, to su nevjerojatno zahtjevne udaljenosti za bilo kojeg putnika. Naravno, *moguće je* da izvanzemaljci putuju milijardama kilometara Liko bi se zabavili praveći krugove po poljima u Wilt-shireu ili kako bi na smrt isprepadali nekog jadnika na pustoj cesti u Arizoni (valjda čak i medu njima ima tinejdžera), ali to baš ne zvuči vjerojatno.

Ipak, statistička vjerojatnost da postoje i druga misaona bića, veoma je velika. Nitko ne zna koliko je zvijezda u Mliječnoj stazi - procjenjuje se od sto do četristo milijardi - a Mliječna staza samo je jedna od sto četrdeset milijardi (ih više) galaksija, od kojih su mnoge veće od naše. Šezdesetih godina prošlog stoljeća Frank Drake, profesor na Sveučilištu Cornell, oduševio se takvim divovskim brojkama pa je došao do slavne jednadžbe za izračunavanje mogućnosti postojanja naprednih životnili oblika u svemiru na temelju množenja niza vjerojatnosti.

Prema Drakeovoj jednadžbi broj zvijezda odabranog dijela svemira pomnožite udjelom zvijezda za koje je vjerojatno da imaju planetarni sustav; pomnožite to udjelom planetarnih sustava koji bi teoretski mogli biti pogodni za život; to pomnožite udjelom onih na kojima život napreduje do inteligentnog stupnja; i tako dalje. Pri svakom množenju broj se drastično smanjuje - no, čak i uz najkonzervativnije kriterije, broj naprednih civilizacija samo u Mliječnoj stazi uvijek se izražava u milijunima.

Zanimljive li i uzbudljive pomisli. Možda smo samo jedna od više milijuna naprednih civilizacija. Nažalost, kako je između nas tako veliko prostranstvo, smatra se da bi prosječna udaljenost između bilo koje dvije takve civilizacije bila najmanje dvjesto svjetlosnih godina, što je mnogo više nego što se čini. Za početak, kad bi ta bića i znala da postojimo i kad bi nas nekako mogla vidjeti svojini teleskopima, zapravo bi gledala svjetlost koja je krenula sa Zemlje prije dvjesto godina. Dakle, ne bi vidjeli vas i mene. Gledali bi Francusku revoluciju i Thomasa Jetfersona, ljude u svilenim čarapama i s napudranim perikama - ljude koji ne znaju što je atom ili gen, koji elektricitet proizvode trljajući jantarni štapić komadićem krzna i misle daje to velika stvar. Svaka poruka koju bismo dobili od takvih promatrača počinjala bi s »Plemeniti gospodine« te bi hvalila ljepotu naših konja i umijeće proizvodnje kitove masti. Dvije stotine svjetlosnih godina tako je daleko od nas da je jednostavno - predaleko.

Dakle, čak i ako zaista nismo sami, u praksi zapravo jesmo. Carl Sagan izračunao je daje vjerojatni broj planeta u svemiru deset milijardi bilijuna - broj koji nije moguće niti zamisliti. Podjednakoje teško zamisliti i prostranstvo kojim su oskudno razbacani. »Kada bi nas nasumce razbacali po svemiru«, pisao je Sagan, »izgledi da se nađemo pokraj nekog planeta bili bi manji od jedan prema milijardu bilijuna bilijuna.« (To je IO^{33} ili 1 s 33 nule.) »Planeti su dragocjeni.«

Možda je zbog toga dobra vijest da je Međunarodna astronomska unija u veljači 1999. godine Pluton službeno potvrdila planetom. Svemir je veliko i samotno mjesto. Dobro nam dođu svi susjedi.

3

SVEMIR VELEČASNOG EVANSA

Kada je nebo vedro i Mjesec nije previše sjajan, velečasni Robert Evans, tih i vedar čovjek, izvlači teški teleskop na terasu svog doma u australskim Blue Mountains, oko 80 kilometara zapadno od Sydneya, i radi nešto vrlo neobično. On gleda duboko u prošlost i pronalazi umiruće zvijezde.

Gledanje u prošlost je lakši dio. Bacite pogled na noćno nebo i vidjet ćete samu povijest - to nisu zvijezde kakve su sada, nego kakve su bile kad je svjetlost krenula s njih. Koliko znamo, naša vjerna pratilja Sjevernjača mogla je sagorjeti prošlog siječnja, 1854. godine ili bilo kad u razdoblju od ranog 14. stoljeća, samo što ta vijesti još nije stigla do nas. Na ovaj datum prije 680 godina još je sjala - to je najviše što možemo reći. Zvijezde stalno umiru. A te trenutke zvjezdanog odlaska Bob Evans uočava bolje nego itko tko je to dosad pokušao raditi.

Danju je Evans dobrodušan i već napola umirovljen svećenik Unijatske crkve u Australiji, koji obavlja svoja crkvena zaduženja i istražuje povijest religijskih pokreta u 19. stoljeću. Ali noću, na svoj nenametljiv način, on je nebeski titan. Lovac na supernove.

Supernova nastaje kad divovska zvijezda, mnogo veća od našeg Sunca, kolabira i potom spektakularno eksplodira, pri čemu u jednom trenutku oslobodi snagu stotine milijardi sunaca pa neko vrijeme plamti sjajnije nego sve zvijezde u njenoj galaksiji. »To je kao da istodobno eksplodira bilijun hidrogenskih bombi«, kaže Evans. Kada bi supernova eksplodirala u krugu od petsto svjetlosnih godina od nas,

ne bi nas više bilo, tvrdi Evans - »predstava bi bila gotova«, kako on to slikovito opisuje. Ali, svemir je prostran i supernove su obično predaleko a da bi nam mogle nanijeti ikakvu štetu. Zapravo, toliko su daleko da njihova svjetlost do nas stiže samo u vidu blijedog bljeska. Vidljive su približno mjesec dana, a od ostalih zvijezda na nebu razlikuju se samo po tome što zauzimaju točku koja dotad nije bila ispunjena. Te anomalne, povremene iskrice na napučenoj kupoli neba pronalazi velečasni Evans.

Kako bismo shvatili o čemu se radi, zamislimo običan stol u blagovaonici prekriven crnim stolnjakom po kojem je rasuta šaka soli. Neka razbacana zrnca predstavljaju galaksiju. A sada zamislimo još petsto takvih stolova - tako da poredani čine liniju dugačku 3 kilometra - i po svakom je nasumce razbacana neka količina soli. A sad dodajmo samo jedno zrnce na bilo koji stol i pustimo velečasnog Evansa da se prošeta oko njih. On će to zrnce odmah uočiti. To zrnce soli je super-nova.

Evansov talent toliko je izniman da mu je Ohver Sacks u knjizi *An Aiitliropologist on Mars* (Antropolog na Marsu) posvetio odlomak u poglavlju o autističnim savantima - odmah dodajući da »ne tvrdi da je on autist«. Evans nije upoznao Sacksa i smiješna mu je ideja da bi mogao biti autist ili savant. ali nemoćan je kada treba objasniti odakle inu talent.

»Čini se da jednostavno imam žicu za pamćenje zvjezdanih polja«, rekao mije uz izraz iskrena ispričavanja kada sam posjetio njega i njegovu suprugu Elaine u njihovu bungalovu iz slikovnice u mirnom selu Hazelbrook, tamo gdje napokon završava Svdnev i počinje prostrana australska divljina. »U drugim stvarima nisam baš dobar«, dodao je. »Ne pamtim imena.«

»Ni gdje ostavljaš stvari«, javila se Elaine iz kuhinje.

Iskreno je kimnuo i nasmijao se, a onda me upitao želim li vidjeti njegov teleskop. Mislio sam da Evans u svom dvorištu ima pravi opservatorij - umanjenu verziju Mount Wilsona ili Ealomara, s kupolom na otvaranje i pokretnom stolicom u koju čovjek sjeda s čistini zadovoljstvom. No. nije me odveo van, nego u pretrpano spremište iza kuhinje, u kojem drži knjige i papire. Njegov teleskop nalazi se na neravnu stalku od šperploče izrađenom u kućnoj radinosti - to je bijeli tubus veličine i oblika kuhinjskog bojlera. Kad odlazi na promatranje, iznosi ga - dio po dio - na malu terasu kraj kuhinje. Između nakošena krova i čupavih krošnji eukaliptusa koji rastu na padini ispod kuće vidi se uski

prorez neba, ali on kaže da mu je taj pogled više nego dovoljan. Kad je nebo vedro, a Mjesec nije presjajan, tamo pronalazi supernove.

Tridesetih godina 20. stoljeća pojam supernova skovao je astrofizičar Fritz Zvvickv, koji je zapamćen po svojoj osebujnosti. Rođen u Bugarskoj, odrastao u Švicarskoj, Zvvickv je dvadesetih godina stigao u Kali-fornijski institut za tehnologiju (popularni Caltech) i odmah se istakao neugodnim karakterom i neujednačenim sposobnostima. Činilo se da nije osobito pametan, pa su ga mnogi njegovi kolege smatrali samo 'iritantnim lakrdijašem'. Kao fanatik tjelovježbe, često bi se obrušavao na pod blagovaonice Instituta ili nekog drugog javnog prostora i izvodio sklekove na jednoj ruci kako bi demonstrirao svoju muževnost svakome tko bi možda u to posumnjao. Bio je ozloglašen zbog agresivnosti, a njegovo je ponašanje postalo tako neizdrživo daje na kraju njegov najbliži suradnik, jedan blagi čovjek po imenu Walter Baade, odbio da boravi nasamo s njim. Između ostalog, Zvvickv je optužio Baadea, koji je bio Nijemac, daje nacist, što nije bila istina. Zvvickvje čak zaprijetio Baadeu, koji je radio malo dalje u zvjezdarnici Mount Wilson, da će ga ubiti vidi li ga u kampusu.

Međutim, Zvvickvje bio sposoban za donošenje neočekivano bistrili zaključaka. Ranih tridesetih počeo se baviti pitanjem kojeje dugo mučilo astronome: povremenim pojavama nepoznatih svijetlih točaka na nebu - novim zvijezdama. Iako je to bilo neobično, pitao se nije li srž problema zapravo u neutronu - subatomskoj čestici koju je u Engleskoj tek tada otkrio James Chadvvick paje predstavljala novost i prilično pomodan pojam. Ako bi zvijezda kolabirala do takve gustoće kakva se nalazi u jezgri atoma, rezultat bi bila nezamislivo komprimirana jezgra, zaključio je Zvvickv. Atomi bi bili doslovno nabijeni jedan u drugi, a njihovi elektroni silom ugurani u jezgru, te bi stvorili neutrone. Dobili bismo neutronsku zvijezdu. Zamislite milijun zaista teških topovskih kugli zbijenih na veličinu pikule i - ma, još uvijek niste ni blizu. Jezgra neutronske zvijezde tako je gusta da bijedna žlica njene materije težila 10 milijardi kilograma. Žlica! Ali. bilo je toga još. Zvvickvje shvatio da nakon propadanja takve zvijezde mora ostati velika količina energije - dovoljna da proizvede najveći prasak u svemiru. Tu posljedičnu eksploziju nazvao je supernovom. Smatrao je da bi to trebali biti - a i jesu - najveći događaji u stvaranju.

Časopis *Pliysical Rcvicw* objavio je 15. siječnja 1934. vrlo jezgrovit sažetak prezentacije koju su mjesec dana prije održali Zvvickv i Baade

na Sveučilištu Stanford. Usprkos kratkoći - odlomak su činila dvadeset četiri retka - u sažetku je bilo mnogo toga novog: prvi su put spomenute supernove i neutronske zvijezde, uvjerljivoje objašnjen način njihova formiranja; ispravno je izračunat razmjer njihove eksplozivnosti i, kao dodatak za kraj, eksplozije supernove povezane su s nastankom misterioznog novog fenomena zvanog kozmičke zrake, koje su tada zamijećene diljem svemira. Te ideje bile su, najblaže rečeno, revolucionarne. Postojanje neutronskih zvijezda neće biti potvrđeno još trideset četiri godine. Iako se smatralo daje povezanost s kozmičkim zrakama prilično prihvatljiva, do danas nije potvrđena. Sve u svemu, po mišljenju Caltechova astrofizičara Kipa S. Thornea taj je sažetak bio jedan od »najproročanskijih dokumenata u povijesti fizike i astronomije«.

Zanimljivo, ali Zwicky gotovo uopće nije razumio zastoje to tako. Kako tvrdi Thorne, »on nije dovoljno dobro poznavao zakone fizike da bi mogao potkrijepiti svoje ideje«. Zwicky je bio nadaren za smišljanje velikih ideja. Drugima - a to je uglavnom bio Baade - ostalo bi da ih matematički srede.

Također, Zvvickvje bio prvi kojije shvatio da u svemiru nema ni približno dovoljno mase koja bi držala galaksije na okupu pa je zaključio da mora postojati neka druga pojava koja utječe na gravitaciju - ono što mi danas nazivamo nevidljivom masom ili tamnom tvari. Samo, jedno mu je promaklo: kada bi se neutronska zvijezda dovoljno sažela, postala bi toliko gusta da se njenoj gravitacijskoj privlačnosti ne bi mogla oteti čak ni svjetlost. Tako smo dobili crnu rupu. Nažalost, većina Zwickyjevih kolega imala je o njemu tako loše mišljenje da njegove ideje nisu izazvale gotovo nikakvo zanimanje. Kada se pet godina poslije veliki Robert Oppcnlieimer pozabavio neutronskim zvijezdama, nije ni spomenuo Zwickyjev rad, iako je Zvvickv godinama radio na istom problemu samo jednu sobu dalje u istom hodniku. Zwickyjevi zaključci o tamnoj tvari neće pobuditi ozbiljnije zanimanje gotovo četiri desetljeća. Možemo samo pretpostaviti daje u tom razdoblju napravio veoma mnogo sklekova.

Kada pogledamo prema nebu, za nas je vidljiv neobično mali dio svemira. Golim okom sa Zemlje je vidljivo samo oko pet tisuća zvijezda, a sa svake točke vidljive su samo dvije tisuće. Broj zvijezda koje dalekozorom možemo vidjeti sjedne lokacije raste do pedeset tisuća, a kroz mali 5-centimetarski teleskop i do tristo tisuća. Teleskopom od 40 centimetara, kakav koristi Evans, više ne brojimo zvijezde nego

galaksije. Evans kaže da sa svoje terase može vidjeti između pedeset i sto tisuća galaksija, a svaka sadrži desetke milijardi zvijezda. To su dojmljive brojke, ali i na tu količinu zvijezda supernove su veoma rijetke. Zvijezda može gorjeti milijardama godina, ali umire samojednom, i to brzo, a samo neke umiruće zvijezde ujedno i eksplodiraju. Većina se tiho ugasi, kao logorska vatra u zoru. U tipičnoj galaksiji koja se sastoji od sto milijardi zvijezda supernova će se pojaviti u prosjeku svakih dvije ili tri tisuće godina. Potraga za supernovom je kao da stojimo na vidikovcu Empire State Buildinga i dalekozorom pretražujemo prozore na Manhattanu u nadi da ćemo vidjeti kako netko pali svjećice na torti za dvadeset prvi rođendan.

Dakle, kada se javio skromni svećenik pun entuzijazma, pitajući postoje li kakve karte neba pogodne za lov na supernove, članovi astronomske zajednice mislili su daje lud. Tada je Evans imao teleskop od 25,5 centimetara - vrlo pristojna veličina za amatersko motrenje neba, ali daleko od potrebnog za ozbiljnu kozmologiju - a on je najavio potragu za jednim od rjeđih svemirskih fenomena. Prije nego je Evans počeo tražiti supernove 1980. godine, u cijeloj astronomskoj povijesti pronađeno ih je manje od šezdeset. (Kada sam ga posjetio u kolovozu 2001., Evans je upravo zabilježio svoje 34. otkriće, 35. je slijedilo tri mjeseca poslije, a 36. početkom 2003. godine.)

No, Evans je imao nekoliko prednosti. Većina promatrača, kao i većina ljudi općenito, živi na sjevernoj hemisferi, a on je imao velik komad neba samo za sebe, naročito u početku. Uz to, bio je brz i imao je nepogrešivo pamćenje. Veliki su teleskopi nespretni i veći dio njihova operativnog vremena potroši se na namještanje u potreban položaj. Evansje svoj mali 40-centimetarski teleskop mogao okretati kao mitraljez na repu aviona u zračnim bitkama, pa mu je za pojedini dio neba trebalo samo nekoliko sekundi. Zahvaljujući tome, u jednoj je večeri mogao pretražiti i do četinsto galaksija, dok bi se većim, profesionalnim teleskopom za to vrijeme moglo obraditi možda pedeset ili šezdeset.

Potraga za supernovama uglavnom se svodi na to da ih se ne pronađe. Od 1980. do 1996. godine njegov prosjek bio je dva otkrića godišnje - i nije neki ulov s obzirom na stotine noći provedenih u zurenju. Jednom je u samo petnaest dana pronašao tri, ah drugom prilikom prošle su tri godine, a da nije pronašao nijednu.

»Postoji vrijednost i u tome kada ne pronađeš ništa«, rekao je. »Tada kozmolog može izračunati stopu rasta galaksija. To je jedno od rijetkih područja u kojima je nedostatak dokaza zapravo sam dokaz.«

Na stolu kraj teleskopa ležale su hrpe fotografija i dokumenata važnih za njegovo istraživanja, a neke mi je i pokazao. Ako ste ikada zavirili u popularne astronomske publikacije, a barem jednom jeste, znate da su obično prepune blistavih fotografija u boji, dalekih maglica i tome slično - blago osvijetljenih oblaka nebeskog svjetla najfinije, dirljive ljepote. Evansove radne snimke nisu tome ni slične. To su samo mutne crno-bijele fotografije sa sitnim točkama koje obavijaju aureole svjetla. Pokazao mi je jednu koja prikazuje roj zvijezda usred kojih se sakrio beznačajan plamičak - morao sam dobro zabiti nos u fotografiju kako bih ga razabrao. Evans mije rekao daje to zvijezda u galaktičkom skupu zvanom Fornax iz galaksije koja nosi ime NGC1365 (NGC je kratica za New General Catalogue, Novi opći katalog, u koji se takve stvari bilježe. Nekada je to bila teška knjiga na nečijem stolu u Dublinu; suviš-noje reći daje to danas baza podataka.). Svjetlost spektakularnog zalaska te zvijezde putovala je šezdeset milijuna godina bez zaustavljanja dok jedne noći u kolovozu 2001. nije stigla do Zemlje u obliku pahuljice radijacije, sićušnog bljeska na noćnom nebu. Naravno, primijetio ju je Robert Evans sa svog brijega obavljena mirisom eukaliptusa.

»Mislim da postoji svojevrsno zadovoljstvo«, rekaoje Evans, »u ideji da svjetlost putuje milijunima godina kroz svemir i *baš* u tom trenutku, kad stigne do Zemlje, netko pogleda u pravi dio neba i primijeti je. Čini mi se primjerenim da događaj takve veličine ima svjedoka.«

Supcrnove ne postoje samo zato da bi izazivale divljenje. Pojavljuju se u nekoliko tipova (jedan od njih otkrio je Evans), a jedan od njih, zvan I_a supernova, važan je za astronomiju jer uvijek eksplodira na isti način, s istom kritičnom masom. Stoga se mogu koristiti kao 'standardne svijeće' -jedinice prema kojima se može mjeriti sjaj (prema tome i relativna udaljenost) ostalih zvijezda, a na taj način i brzina širenja svemira.

Saul Perhnutter iz kalifornijskog laboratorija Lavvrence Berkelev 1987. godine bio je u potrazi za većim brojem supernova tipa I_a nego što je dobivao neposrednim opažanjem pa je tragao za sustavnijim metodama traženja. Perhnutter je osmislio precizan sustav koristeći sofisticirane kompjutore i CCD-ove *(clnirge-couplcd derices)* - zapravo, veoma dobre digitalne kamere. To je automatiziralo lov na supcrnove. Teleskopi su sada mogli snimati tisuće slika, a kompjutor je pronalazio blistave točke koje označuju eksploziju supernove. Nova tehnika omogućila je Perl-mutteru i njegovim kolegama s Berkelevja da u pet godina otkriju četrdeset dvije supernove. Danas čak i amateri pomoću CCD-a pronalaze supernove. »Uz pomoć (X'l)-a danas možemo jednostavno uperiti

teleskop u nebo i otići gledati televiziju«, rekao je Evans s prizvukom očaja. »To je uništilo svu romantiku.«

Pitao sam ga je li u napasti da usvoji novu tehnologiju. »O, ne«, rekao je. »Previše uživam u svom načinu. Osim toga«, kimnuoje prema slici svoje najnovije supernove i osmjehnuo se, »još uvijek ih ponekad preteknem.«

Prirodno se javlja pitanje: što bi se dogodilo da zvijezda eksplodira u našoj blizini? Kako smo vidjeli, naša najbliža zvjezdana susjeda Alpha Centauri udaljena je 4,3 svjetlosne godine. Zamišljao sam kako bismo u slučaju eksplozije 4,3 godine mogli promatrati kako se svjetlo tog veličanstvenog događaja širi nebom, kao da se izlijeva iz divovske posude. Kako bi bilo da preostale četiri godine i tri mjeseca gledamo kako nam se približava neizbježna propast, znajući da će. kad napokon stigne, uništiti sve živo. Bi li ljudi i dalje išli na posao? Bi li seljaci obrađivali zemlju? Bi li itko kupovao namirnice?

Nekoliko tjedana poslije bio sam ponovno u svom gradu u Nevv Hampshireu pa sam to upitao Johna Thorstensena, astronoma na Koledžu Dartmouth. »Ah, ne«, rekao mi je uz smijeh. »Vijesti o takvu događaju putuju brzinom svjetlosti, ali i destrukcija, pa bismo u istom trenutku i saznali i izginuli. Ali. ne brinite se, to se neće dogoditi.«

Da bi nas uništila eksplozija supernove, objasnio je, morali bismo biti »smiješno blizu« - vjerojatno unutar deset svjetlosnih godina, tako nekako. »Opasnost bi se sastojala od raznih vrsta radijacije - kozmičke zrake i tome slično.« To bi proizvelo fantastično polarno svjetlo, drhtave zavjese sablasnog svjetla koje bi ispunjavale cijelo nebo. A to ne bi bilo dobro. Bilo što dovoljno snažno da izvede takvu predstavu, moglo bi vrlo lako raznijeti magnetosferu, magnetski pojas visoko iznad Zemlje koji nas inače štiti od ultraljubičastih zraka i drugih kozmičkih opasnosti. Bez magnetosfere, svatko tko bi imao tu nesreću i izašao na Sunce, vrlo bi brzo izgledao poput, recimo, nagorjele pizze.

Možemo biti prilično sigurni da se takav događaj neće odigrati u našem kutku galaksije, rekao je Thorstensen. zato što je za nastanak supernove prije svega potrebna određena vrsta zvijezde. Zvijezda-kan-didat mora biti deset do dvadeset puta masivnija nego naše Sunce, a »u našoj blizini nema ničega takve veličine. Svemir je. srećom, dovoljno velik.« Dodao je daje najbliži mogući kandidat Betelgeuze. čiji brojni ispadi godinama ukazuju da se tamo događa nešto zanimljivo i nestabilno. Ali, Betelgeuze je udaljen pedeset svjetlosnih godina.

U pisanoj povijesti supernova je samo pet-šest puta bila dovoljno blizu kako bi bila vidljiva golim okom. Jedna eksplozija bila je 1054. godine i stvorila je maglicu Rakovicu. Druga iz 1604. godine proizvela je zvijezdu koja je bila toliko sjajna da je više od tri tjedna bila vidljiva i danju. Posljednja se dogodila 1987. godine, kad je supernova plamtjela u zoni svemira zvanoj Veliki Magellanov oblak, ali to je bilo jedva vidljivo, i to samo na južnoj hemisferi - te na ugodnoj, sigurnoj udaljenosti od 169 000 svjetlosnih godina.

U svakom slučaju, supernove su nam važne iz jednog vrlo određenog razloga. Bez njih, ne bi nas bilo. Sjetite se kozmološke zagonetke s kojom smo završili prvo poglavlje - kako je Veliki prasak proizveo mnoštvo lakih i nijedan teški element. Oni su se pojavili kasnije, ali nitko dugo nije mogao shvatiti *kako* su se pojavili. Problem je u tome stoje potrebna zaista velika temperatura - veća no i u središtu najvrelijih zvijezda - kako bi se iskovali ugljen, željezo i ostali elementi, bez kojih bismo bili neugodno nematerijalni. Supernove su dale objašnjenje, a razradio ga je jedan osebujan engleski kozmolog, osebujan gotovo koliko i Fritz Zvvickv.

To je biojorkširac Fred Hoylc. U članku povodom njegove smrti u časopisu *Nature* - umro je 2001. godine - Hovle je opisan kao »kozmolog i kontroverzan čovjek«, a to je zaista i bio. Prema tom članku »veći dio svog života bio je upetljan u kontroverze« i »stavio je svoj potpis na poveliku količinu gluposti«. Na primjer, bez ikakva dokaza tvrdio je da je dragocjeni fosil arheopteriksa u britanskom Prirodoslovnom muzeju podvala na razini slučaja pračovjeka iz Piltdovvna, izazvavši veliki očaj muzejskih paleontologa, koji su danima morali podnositi zivkanje novinara iz svih krajeva svijeta. Također, vjerovao je da iz svemira na Zemlju nije stigao samo život nego i mnoge bolesti, poput gripe i bu-bonske kuge, a jednom je izjavio da su se ljudske nosnice razvile prema dolje kao sredstvo zaštite protiv ulijetanja kozmičkih patogena.

U trenutku razgaljenosti Hovle je u jednoj radijskoj emisiji 1952. godine skovao pojam Veliki prasak. Naglasio je da ništa u našem shvaćanju fizike ne objašnjava zašto bi se sve sabralo u jednu točku i odjednom počelo dramatično širiti. Hovle je bio zagovornik teorije stalnog stanja, prema kojoj se svemir stalno širi i pritom stvara novu materiju. I Iovle je također shvatio da zvijezde stvaraju golemu temperaturu kad implodiraju - 100 milijuna stupnjeva ili više - dovoljno da započnu proizvodnju težili elemenata u procesu poznatom kao

nukleosinteza. U suradnji s kolegama 1 Ioyle je 1957. godine dokazao kako u eksplozijama supernova nastaju teži elementi. Za taj rad W. A. Fowler, jedan od njegovih suradnika, dobio je Nobelovu nagradu. Hoyle nije, što je sramota.

Prema Hovleovoj teoriji zvijezda koja eksplodira proizvodi dovoljno topline da stvori sve nove elemente i raspršiih po svemiru, gdje oni oblikuju plinske oblake - poznate kao međuzvjczdana materija - koji će se na kraju spojiti u nove zvjezdane sustave. Zahvaljujući novim teorijama, napokon je bilo moguće konstruirati prihvatljivu priču o tome otkud mi ovdje. Danas mislimo daje bilo ovako:

Prije nekih 4,6 milijardi godina veliki vrtlog plina i prašine u promjeru od oko 24 milijarde kilometara akumulirao se u prostoru u kojem se nalazimo i počeo rasti. Gotovo sav materijal - 99,9 posto mase Sunčeva sustava - utrošen je na Sunce. U plutajućem materijalu koji je preostao dva mikroskopska zrnca plutala su dovoljno blizu da ih spoje elektrostatičke sile. To je bio trenutak začeća našeg planeta. Isto se događalo diljem Sunčeva sustava u nastajanju. Zrnca prašine pri sudaru bi oblikovala sve veće grumene. Nakupine su na kraju dovoljno narasle da ih možemo nazvati planetezimalama. Nalijetale su jedna na drugu i beskonačno se sudarale, pritom su se lomile ili pucale ili se prespajale u beskonačnom nizu nasumičnih permutacija, ali pri svakom susretu postojao je pobjednik, a neki od pobjednika dovoljno su narasli da zavladaju orbitom kojom svi kružili.

Sve se to dogodilo nevjerojatno brzo. Smatra se daje trebalo samo nekoliko desetaka tisuća godina da sitna nakupina zrnaca naraste u planet-bebu od nekoliko stotina kilometara u promjeru. U samo dvjesto milijuna godina, možda i manje. Zemlja je oblikovana u glavnim crtama, iako je još bila mekana i podvrgnuta stalnom bombardiranju krhotinama koje su i dalje plutale uokolo.

U tom trenutku, prije približno 4,4 milijarde godina, predmet veličine Marsa udario je u Zemlju i odvalio dovoljnu količinu materijala za oblikovanje prateće kugle. Mjeseca. Pretpostavlja se da se razbacani materijal za nekoliko tjedana preoblikovao u grudu, a za godinu dana prerastao u steričnu stijenu koja nas danas prati. Vjeruje se da lunarni materijal uglavnom potječe od Zemljine kore, a ne odjezgre, zato Mjesec u cjelini gledano ima tako malo željeza, dok ga je kod nas u izobilju. Usput, ova se teorija gotovo uvijek predstavlja kao proizvod novijeg datuma, ali zapravo ju je još četrdesetih godina prošlog stoljeća izložio Reginald Daly s 1 larvarda. Jedina je novost da sada na nju obraćamo pažnju.

Kad je Zemlja imala jedva trećinu svoje sadašnje veličine, vjerojatno je već počela stvarati atmosferu, uglavnom od ugljikovog dioksida, dušika, metana i sumpornih spojeva. To baš i nije nešto što bismo povezali sa životom, ali iz te neugodne kaše ipak se oblikovao život. Ugljikov dioksid je moćan u stvaranju efekta staklenika. To je bilo dobro, jer je Sunce tada bilo mnogo slabije. Da nije bilo etekta staklenika, Zemlja je mogla ostati trajno smrznuta i možda nikada ne bi nastao život. Ali. nekako jest.

Sljedećih nekoliko stotina milijuna godina mladu su Zemlju stalno šibali kometi, meteori i ostali kozmički otpad, ali zato su se oceani ispunili vodom i drugim sastojcima nužnim za uspješan razvoj života. Bila je to izrazito neprijateljska okolina, ali život se ipak nekako održao. Jedna mala nakupina kemijskih tvari trgnula se i oživjela. Još malo pa ćemo stići i mi.

Nakon četiri milijarde godina ljudi su se zapitali kako se to dogodilo. Tamo nas vodi naša priča.

II

VELIČINA ZEMLJE

Priroda i Prirode zakoni leže u mraku skriveni;
Bog reče, Neka bude Newton. i sve postade svjetlo.

Alexander Pope, *Epitaf Siru Isaacu Newtonu*

4

MJERA STVARI

Kada bi trebalo izabrati najdosadniju ekspediciju svih vremena, to sigurno ne bi bila ekspedicija francuske Kraljevske akademije u Peru iz 1735. godine. To je bila družina znanstvenika i avanturista koji su putovali Peruom kako bi triangulirali udaljenosti u Andama, a predvodili su je hidrolog Pierre Bouguer i vojnik-matematičar Charles Marie de La Condamine.

U to doba ljude je obuzela snažna želja da upoznaju Zemlju - ustanove koliko je stara, koliko masivna, gdje se nalazi u svemiru i kako je nastala. Francuska ekipa namjeravalaje razriješiti pitanje opsega planeta mjerenjem duljine jednog meridijanskog stupnja (ili jedne tristošez-desetine opsega planeta) po liniji koja je počinjala kod Yarouquija blizu Quita do područja nedaleko Cuence u sadašnjem Ekvadoru, što iznosi 320 kilometara.*

Triangulacija. metoda koju su izabrali, tadaje bila popularna tehnika, a temelji se na geometrijskoj činjenici: ako znamo duljinu jedne stranice trokuta i veličinu dvaju kutova, možemo izračunati sve ostale dimenzije ne maknuvši se od stola. Pretpostavimo, primjera radi, da vi i ja želimo znati koliko je udaljen Mjesec. Prvo između nas moramo uspostaviti neku udaljenost, recimo da ste vi u Parizu, a ja u Moskvi i da istodobno, i vi i ja. gledamo u Mjesec. Sada. ako zamislite da crte povezuju tri glavna lika ove vježbe - to jest. vas. mene i Mjesec - dobit ćemo trokut. Izmjerimo duljinu osnovice između vas i mene te kutove trokuta, a ostalo se može jednostavno izračunati. (Budući da zbroj kutova trokuta uvijek iznosi 180 stupnjeva, ako znamo zbroj dvaju kutova, možemo odmah izračunati treći: a točno poznavanje oblika trokuta i duljine jedne stranice govori nam koliko iznose ostale stranice.) To je zapravo bila metoda koju je koristio grčki astronom Hiparh iz Nikeje.

Gotovo od samog početka sve im je išlo nizbrdo, ponekad čak vrlo spektakularno. Došljaci su u Quitu nečim isprovocirali domaćine pa ih je iz grada istjerala gomila naoružana kamenjem. Nakon toga liječnik ekspedicije ubijen jc zbog nesporazuma oko neke žene. Botaničar je skrenuo s uma. Drugi su umirali od groznice i pogibali u padovima. Treći po starosti u grupi, čovjek koji se zvao Fierre Godin, pobjegao je s trinaestogodišnjom djevojčicom i nisu ga uspjeli nagovoriti da se vrati.

U jednom trenutku ekipa je morala obustaviti rad na osam mjeseci jer je La Condamine u Limi rješavao probleme oko njihovih dozvola. Na kraju su on i Bouguer prestali razgovarati i više nisu htjeli raditi zajedno. Gdje god bi ta raspadnuta ekipa došla, naišla bi na najdublje sumnje službenih osoba, kojima je bilo teško povjerovati da bi grupa francuskih znanstvenika prešla pola svijeta samo kako bi ga izmjerila. To uopće nije imalo smisla. Dva i pol stoljeća poslije to pitanje i dalje zvuči sasvim razumno - zašto Francuzi svoja mjerenja nisu obavili u Francuskoj i poštedjeli se muka i neugodnosti andske avanture?

Odgovor djelomice leži ti činjenici da su znanstvenici 18. stoljeća, naročito Francuzi, rijetko što rješavali jednostavno, osobito ako bi imali neku apsurdno zahtjevnu alternativu, a razlogje djelomice i u praktičnom problemu s kojim se mnogo godina prije susreo engleski astronom Edmond Hallev - mnogo prije nego su Bouguer i La Condamine uopće sanjali o odlasku u južnu Ameriku, a pogotovo mnogo prije nego su za to imali razloga.

Hallev je bio iznimna ličnost. U svojoj dugoj i produktivnoj karijeri bioje pomorski kapetan, kartograf, profesor geometrije na sveučilištu u Oxfordu, zamjenik kontrolora Roval Minta (Kraljevske kovnice novca), kraljevski astronom i izumitelj ronilačkog zvona. O magnetizmu, plimi i gibanju planeta pisao je stručno, a o djelovanju opijuma s ljubavlju. Izumio je meteorološku kartu i statističke tablice, razradio je metode za izračunavanje starosti Zemlje i njene udaljenosti od Sunca, čak je izumio i praktičnu metodu za čuvanje svježe ribe izvan sezone. Nije učinio samo jedno - nije otkrio komet koji nosi njegovo ime. On je samo primijetio daje komet što gaje vidio 1682. godine isti onaj koji su drugi primijetili 1456., 1531. i 1607. godine. Tek 1758. godine to je postao Hallevjcv komet, šesnaest godina nakon njegove smrti.

150 godina prije Krista, izraćunavši udaljenost Mjeseci od Zemlji'. Principi trij.ntiul.idjc na tlu su isti. samo što trokuti ne gledaju u nebo nesjo su položeni jedan do drugoga na karti. Mjereći merid[|jnski sn.ip.uij . istraživači stvaraju svojevrsni lanac trokuta koji se nižu jedan /a drugim po tlu.

Međutim, uza sva ostala dostignuća *l* lallevjev najveći doprinos ljudskom znanju možda je sudjelovanje u skromnoj znanstvenoj okladi s druga dva prvaka svog vremena: Robertom Hookcom, kojega danas vjerojatno najviše pamtimo kao prvu osobu koja je opisala stanicu, i dostojanstvenim Sirom Christophcrom Wrenom, koji je prije svega bio astronom, a tek onda arhitekt, iako ga se danas uglavnom tako ne pamti. Hallev, Hooke i Wren bili su 1683. godine na nekoj večeri u Londonu kada je razgovor skrenuo na gibanje nebeskih tijela. Znalo se da planeti obično kruže ovalnom linijom zvanom elipsa - »vrlo specifična i precizna krivulja«, citirat ću Richarda Fevnmana - ali nije bilo jasno zašto. Wren je velikodušno ponudio nagradu od 40 šilinga (ekvivalent mjesečnoj plaći) onome tko nade rješenje.

Hooke je bio poznat po prisvajanju zasluga koje baš i nisu bile njegove pa je tvrdio daje već riješio taj problem, ali nije htio otkriti rješenje pod zanimljivim i domišljatim izgovorom da bi tako ostale lišio zadovoljstva samostalnog otkrivanja. On će odgovor »neko vrijeme skrivati kako bi ga i ostali mogli procijeniti na pravi način«. Ako jc o toj temi uopće još razmišljao, nije o tome ostavio nikakva traga. Međutim, Hallev je postao opsjednut potragom za odgovorom, do te mjere daje sljedeće godine otputovao u Cambridge i hrabro se javio tamošnjem lukasovskom profesoru matematike (po Henrvju Lucasu, članu britanskog parlamenta; istaknuta predavačka titula - op. prev.) Isaacu New-tonu u nadi da će mu on pomoći.

Nevvtonje bio zaista čudan lik- nevjerojatno briljantan, ali samotnjak, neveseo, odbojan do paranoičnosti, poznat po odsutnosti duha (pričalo se da bi ujutro satima sjedio na krevetu ukočen od iznenadne navale misli) i sposoban za najuvrnutije ludosti. Izgradio je vlastiti laboratorij, prvi u Cambridgeu, ali se upuštao i u najbizarnije eksperimente. Jednom sije u očnu duplju ugurao šilo - zapravo, dugačku šivaću iglu kakve se koriste za šivanje kože - i okretao je »između oka i kosti, što bliže dnu oka, dokle je išlo«, kako bi vidio što će se dogoditi. Začudo, nije se dogodilo ništa - barem ništa trajno. Drugom prilikom zurio je u Sunce dokle god je mogao izdržati, kako bi otkrio kako će to djelovati na njegov vid. Opet je izbjegao trajno oštećenje, lakoje morao provesti nekoliko dana u zamračenoj sobi prije nego su mu oči to oprostile.

I pored svih tih čudnih uvjerenja i ekscentričnih osobina, ipak je imao um vrhunskog genija - ali čak i kad je radio na konvencionalan način, često je pokazivao sklonost prema neobičnom. Kao student, bio je frustriran ograničenjima konvencionalne matematike pa je izmislio

potpuno nov oblik, infinitezimalni „čun, ali nikome o tome nije rekao ni riječi dvadeset sedam godina. Na sličan način došao je do zaključaka u optici koji su promijenili naše shvaćanje svjetla i postavili temelje spektroskopske znanosti, ali ponovno je odlučio da ostalima ne priopći rezultate cijela tri desetljeća.

Takvu briljantnu umu prava znanost bila je samo dio interesa. Barem polovicu svog radnog vijeka posvetio je alkemiji i neuobičajenim religijskim sklonostima. Bio je tajni sljedbenik opasno heretične sekte zvane arijanizam, čija je osnovna dogma bilo vjerovanje da Sveto Trojstvo ne postoji (pomalo ironično, jer je Newtonov koledž na Cambridgeu nosio upravo to ime - Trinitv). Satima bi proučavao tlocrt izgubljenog hrama kralja Solomona u Jeruzalemu (usput je učio i hebrejski kako bi bolje razumio izvorne tekstove) jer je bio uvjeren da se u njemu krije matematička šifra za datum drugog Kristova dolaska i kraja svijeta. Ništa manje nije bio oduševljen alkemijom. Ekonomist John Mavnard Kevnes 1936. godine otkupio je na aukciji sanduk s Ne\vtonovim tekstovima i s velikim iznenađenjem otkrio da se nc bave optikom ili gibanjem planeta, nego njegovim zabrinjavajuće odlučnim nastojanjem da obične metale pretvori u plemenite. Sedamdesetih godina 20. stoljeća analiza jedne Nevvtonovc vlasi pokazala je da u nj0j nna žive - elementa koji zanima alkemičare, šeširdžije i proizvođače termometara, ali gotovo nikog više - i to u četrdeset puta većoj količini od prirodne. Možda i nije čudno što bi ujutro zaboravio da treba ustati iz kreveta.

Stoje l Iallev zapravo očekivao od njega kada gaje nenajavljeno posjetio u kolovozu 1684. godine, možemo samo nagađati. Ali. zahvaljujući kasnijim bilješkama Nevvtonova čovjeka od povjerenja Abrahania DeMoivrea, imamo osvrt na taj povijesni znanstveni susret:

> Doktor Halley došao je 1684. godine u posjet Cambridgeu [i] nakon što su neko vrijeme proveli zajedno. Doktor ga upita što misli, kakva bi bila krivulja koju bi opisivali planeti, pod pretpostavkom da je sila privlačnosti prema Suncu recipročna kvadratu njihove udaljenosti od istog.

To se odnosi na dio matematike koji se naziva zakon obrnutog kvadrata, što je, I Iallev je bio uvjeren, suština objašnjenja, iako njemu baš nije bilo jasno kako.

> Sir Isaac odmah odgovor, da bi to bila. [elipsa]. Obuzet veseljem divljenjem Doktor ga upita kako to zna. »Pa«, reče, »izračunao sam«, na što doktor

Halley bez oklijevanja zatraži taj izračun. Sir Isaac tražio je među svojim spisima, ali nije ga uspio naći.

To je nevjerojatno - kao da netko kaže daje pronašao lijek za rak. ali se ne sjeća gdje je zametnuo formulu. Zbog Hallevjeva nagovaranja Nevvton je pristao da još jednom obavi proračune i napiše rad. Učiniti je kakoje obećao, ali i mnogo više. Povukao se u dvogodišnje intenzivno razmišljanje i pisanje da bi na kraju izdao svoje remek-djelo: *Pliilo-sophiae Naturali* Principia Mathcniatica* ili *Matematički prinicipi filozofije prirode,* poznatiji kao *Principi.*

Samo nekoliko puta u povijesti ljudski um proizvede zaključak toliko jasan i neočekivan da ljudi zapravo ne znaju stoje nevjerojatnije -sama činjenica ili razmišljanje o njoj. Pojava *Principa* bio je jedan od takvih trenutaka. Nevvton je istog trena postao slavan. Do kraja života bit će obasipan pohvalama i počastima, postavši, uz mnogo što drugo, prva osoba koja je u Britaniji dobila viteški naslov zbog znanstvenih postignuća. Cak je i veliki njemački matematičar Gottfried W. Leibniz, s kojim se Nevvton dugo i ogorčeno borio oko prvenstva izuma infinitezimalnog računa, smatrao daje njegov doprinos matematici jednak cjelokupnom radu koji mu je prethodio. »Nijedan smrtnik ne može biti bliže bogovima«, zapisao je Hallev, izražavajući osjećaje koje su dijelili njegovi suvremenici, ali i mnogi drugi poslije.

Iako su *Principi* nazvani »jednom od najteže shvatljivih knjiga ikada napisanih« (Nevvton je namjerno napisao tako tešku knjigu kako ga ne bi gnjavili matematički »brljavci«, kako ih je nazivao), bila je orijentir onima koji su je mogli slijediti. Ne samo da je matematički objasnila putanje nebeskih tijela nego je identificirala i privlačnu silu koja ih je uopće pokrenula - gravitaciju. Odjednom je svako gibanje u svemiru imalo smisla.

Suština *Principa* bila su tri Nevvtonova zakona gibanja (koji vrlo hrabro tvrde da se tijelo kreće u pravcu u kojem je gurnuto; da će se kretati ravnom linijom dok ga neka druga sila svojini djelovanjem ne uspori ili skrene: i da svaka sila akcije ima suprotnu i odgovarajuću silu reakcije) te njegov univerzalni zakon gravitacije. Tu se tvrdi da svako tijelo u svemiru privlači sva ostala. Možda vam se tako ne čini. ali upravo sad dok sjedite, privlačite sve oko sebe - zidove, strop, svjetiljku, mačku - svojim slabim (zaista, vrlo slabini) gravitacijskih poljem. Ali, te stvari silom privlačnosti djeluju i na vas. Upravo je Nevvton shvatio da je privlačnost svaka dva tijela, citirajmo ponovno Fevnmana. »proporcionalna

masi svakog pojedinog tijela i mijenja se obrnuto proporcionalno kvadratu udaljenosti između njih«. Drugačije rečeno, ako udvostručite udaljenost između dva tijela, privlačnost medu njima postaje četiri puta slabija. To se može izraziti formulom

što, naravno, za nas nema nikakvu praktičnu vrijednost, ali možemo cijeniti to što je formula elegantno sažeta. Nekoliko kratkih množenja, jednostavno dijeljenje i - kamo god išli, znate svoju gravitacijsku poziciju. To je bio prvi zaista univerzalan zakon prirode koji je oblikovao ljudski um. Zato se Nevvtona uvijek spominje s dubokim poštovanjem.

Nastanak *Principa* nije prošao bez drame. Na Hallevjev užas, baš kad se rad bližio kraju, Nevvton i Ilookc zakačili su se raspravljajući oko autorstva zakona obrnutog kvadrata, pa je Nevvton odbio objaviti ključni treći dio, bez čega prva dva nisu imala velikog smisla. Hallev je tek uz grozničavu diplomaciju i izdašnu primjenu laskanja od hirovitog profesora napokon uspio izvući zaključni dio.

No, Hallevjeve traume još uvijek nisu bile završile. Kraljevsko društvo obećalo je da će objaviti rad, ali tada su se povukli, izvlačeći se na neizvjesnost financijske isplativosti. Naime, Društvo je godinu prije poduprlo skup promašaj pa su slutili da tržište sigurno nije zainteresirano za knjigu o matematičkim principima. Iako ne baš sjajnog financijskog stanja, Hallevjc platio objavljivanje knjige iz vlastitog džepa. Po običaju, Nevvton nije nimalo pridonio. Da bude još gore, Hallev je u to doba upravo prihvatio činovničko mjesto u Društvu i odmah su ga obavijestili da mu više ne mogu jamčiti obećanu plaću od 50 funti godišnje. Umjesto toga isplatit će ga primjercima knjige *The Histoij oj Fishcs* (Nauka o ribama).

Nevvtonovi zakoni objasnili su mnogo toga - oceanske plime i oseke, gibanje planeta, zašto topovska kugla leti određenom putanjom prije nego padne na tlo, zašto ne odletimo u svemir dok se pod nama planet okreće brzinom od nekoliko stotina kilometara na sat*, pa je trebalo

* Koliku se brzo okrećemo, ovisi o tome gdje se nalazimo. Brzina okretanja Zemljo varira od U>()() kilometara na sat na ekvatoru do nulo na polovima. U Londonu je ta brzina WK kilometara na sat.

vremena da se slegnu dojmovi. Jedna je tvrdnja gotovo istog trenutka postala kontroverzna.

To je bila tvrdnja da Zemlja nije potpuno okrugla. Prema New-tonovoj teoriji centrifugalna sila Zemljine vrtnje dovela je do male spljoštenosti na polovima i širenja na ekvatoru, što planet čini pomalo elipsoidnim. To znači da duljina meridijanskog stupnja u Italiji ne bi bila ista kao u Škotskoj. Točnije, duljina se skraćuje što smo dalje od polova. To je bila loša vijest za one koji su svoja mjerenja planeta temeljili na pretpostavci daje Zemlja savršena kugla - a to su radili svi.

Ljudi su se pola stoljeća trudili da ustanove veličinu Zemlje, uglavnom izvodeći vrlo precizna mjerenja. Jedan od prvih takvih pokušaja izveo je engleski matematičar Richard Norvvood. Kao mladić, Nor-wood je otputovao na otočje Bermuda, gdje je pomoću ronilačkog zvona, modificiranog prema I lallevjevu uređaju, namjeravao zaraditi bogatstvo skupljajući bisere s morskog dna. Shema je propala jer nije bilo bisera, a ni zvono nije funkcioniralo, ali Norvvood nije bio čovjek koji lako odustaje. Početkom 17. stoljeća otočje Bermuda među pomorskim kapetanima bilo je poznato kao mjesto koje je teško pronaći. Ocean je bio velik, otočje malo, a navigacijska oprema koja bi se mogla nositi s takvim disparitetom beznadno neprimjerena. U tome je bio problem. Tada još nije postojala ni općeprihvaćena duljina nautičke milje. U oceanskom prostranstvu i najmanja pogreška u izračunu toliko bi se povećala da bi brodovi sa strašno velikim otklonom često promašili cilj veličine Bermuda. Prva Norvvoodova ljubav bila je trigonometrija, prema tome, i kutovi, pa je odlučio uvesti malo matematičkog reda u navigaciju i upustiti se u izračun duljine stupnja.

Krenuvši od londonskog Tovvera, Norvvood je sljedeće dvije godine predano pješačio 334 kilometra do Yorka, uporno mjereći duljinu nategnutog lanca duž puta te stalno unoseći precizne ispravke otklona u skladu s podizanjem i spuštanjem terena ili krivudanjem puta. Završni korak bilo je mjerenje kuta pod kojim se nalazilo Sunce u Yorku istog dana u godini i istog doba dana kao i kad je izvršio svoje prvo mjerenje u Londonu. Smatrao je da će na temelju toga moći odrediti duljinu jednog meridijanskog stupnja i tako izračunati opseg cijelog planeta. To je bio gotovo smiješno ambiciozan pothvat - zbog pogreške od jednog djelića stupnja dogodio bi se kilometarski promašaj - ali, kako je ponosno objavio, bio je točan »do daske« - točnije, do približno petsto metara. Izraženo metrički, njegov rezultat iznosio je 110,72 kilometra po lučnom stupnju.

77/e *Scaiihui's Prncticc* (Pomorska vještina). Nonvoođovo remek-djelo navigacije, objavljeno je 1637. godine i odmah je naišlo na odobravanje. Knjiga je doživjela sedamnaest izdanja, a dvadeset pet godina nakon njegove smrti još su je uvijek tiskali. Norvvood se s obitelji vratit) na otočje Bermuda, gdje je postao uspješan plantažer. a u slobodno vrijeme bavio se svojom prvom ljubavi, trigonometrijom. Tamo je živio trideset osam godina i bilo bi lijepo kada bismo mogli reći da je to vrijeme proveo u sreći i zadovoljstvu. Ali. nije. Na putu iz Engleske njegova dva mala sina bila su u istoj kabini s velečasnim Nathanielom Whiteom. Čini se da su veoma namučili mladog vikara - zapravo, do te mjere daje veći dio svoje karijere posvetio proganjanju Norvvooda.

Dvije kćeri nanijele su mu dodatnu patnju svojim lošim brakovima. Jedan od muževa, možda pod vikarovim utjecajem, uporno je podnosio sitne tužbe protiv Norvvooda, bacajući ga u očaj i prisiljavajući da često putuje uzduž i poprijeko otoka kako bi se obranio. Pedesetih godina 17. stoljeća i na Bermuda su stigli procesi protiv vještica pa je Nonvood svoje posljednje godine proveo u smrtnom strahu kako bi njegovi trigonometrijski radovi, prepuni tajanstvenih simbola, mogli biti shvaćeni kao komunikacija s đavlom i da će skončati pogubljen u strašnim mukama. O Nonvood u se veoma malo zna. tako daje čak i moguće daje zaslužio svoje nesretne pozne godine. Ali. sigurno je da ih je proživio.

U međuvremenu, želja za utvrđivanjem Zemljina opsega proširila se na Francusku. Tamo je astronom Jean Picard osmislio dojmljivo kompliciranu metodu tnangulacije koja je uključivala kvadrante, satove s njihalicom, zenitne sektore i teleskope (za promatranje kretanja Jtipiterovih mjeseca). Nakon dvije godine taljiganja i trianguliranja po Francuskoj 1669. godine objavio je precizni rezultat od 110.46 kilometara po lučnom stupnju. To je bio veliki izvor ponosa za Francuze, ali rezultat se temeljio na pretpostavci daje Zemlja savršena kugla - a sad je Nevvton tvrdio da nije.

Da bi stvari bile još kompliciranije, nakon Picarđove smrti tandem otac i sin, (iiovanni i |acques Cassini. ponovili su Picarđove eksperimente na većem području i došli do rezultata prema kojima Zemlja nije šira na ekvatoru nego na polovima - drugim riječima, da je Nevvton potpuno u krivu. To je navelo Akademiju znanosti da pošalje Bouguera i La Condaminea na nova mjerenja u |užnu Ameriku.

Izabrali su Ande jer im je trebalo mjerenje u blizini ekvatora kako bi utvrdili postoji li tamo zaista razlika u sferičnosti, a i zato što su smatrali

da će im planine omogućiti dobru vidljivost. No, peruanske planine stalno su bile izgubljene u oblacima, tako da je ekipa često tjednima čekala na jedan sat jasnog promatranja. Uza sve ostalo, izabrali sti nemoguć teren, jedan od najtežih na Zemlji. Peruanci svoj krajolik opisuju kao *inuy aceidentado* - 's mnogo nesreća' - a to bez sumnje i jest. Ne samo da su se Francuzi morali pentrati po planinama, koje su medu najzahtjevnijima na svijetu - planine koje su porazile čak i njihove mule- nego su, kako bi stigli do planina, morali savladati divlje rijeke, krčiti put kroz džunglu i prelaziti kilometrima visoke kamenite pustinje, koje gotovi) uopće nisu bile ucrtane na kartama, a pritom su bili daleko od ikakva izvora snabdijevanja. Ako ništa drugo, Bouguer i La Condamine bili su uporni i ustrajni u svom nastojanju čak devet i pol dugih, teških, suncem opaljenih godina. Neposredno prije završetka projekta do njih je stigla vijest daje druga francuska ekipa, koja je mjerila u sjevernoj Skandinaviji (i također podnosila prilične nevolje, od gnjecavih močvara do opasnih lavina), ustanovila kakoje stupanj zaista duži blizu polova, kakoje tvrdio Newton. Zemlja je duž ekvatora bila 43 kilometra šira nego kad se mjeri od vrha do dna, od pola do pola.

Dakle. Bouguer i La Condamine proveli se gotovo cijelo desetljeće radeći na rezultatu koji nisu htjeli dobiti i kako bi na kraju saznali da u tome čak nisu bili ni prvi. Bezvoljno su završili svoje istraživanje, koje je potvrdilo daje prva francuska ekipa bila u pravu. A onda su se, i dalje ne razgovarajući, vratili na obalu i različitim brodovima otplovili kući.

Nevvton je u *Principima* opisao još jednu pojavu: visak obješen pokraj planine lagano će se nagnuti prema planini pod utjecajem njene gravitacijske mase jednako kao i Zemljine. To je bio više nego neobičan podatak. Ako točno izmjerimo otklon i utvrdimo masu planine, možemo izračunati univerzalnu konstantu gravitacije - to jest, temeljnu vrijednost gravitacije obilježenu s *G* - a i masu Zemlje.

Bouguer i La Condamine pokušali su to izvesti na peruanskoj planini Chimborazo, ali su ih nadvladale i tehničke poteškoće i međusobne svađe pa je taj problem ostao u stanju mirovanja još trideset godina, dok ga britanski kraljevski astronom Nevil Maskelvne nije ponovno oživio. U popularnoj knjizi Dave Sobel *Loiioitude* (Longituda) Maskelvne je prikazan kao glupan i negativac samo zato što nije znao cijeniti kvalitete oca kronometra Johna Harrisona, i to može biti istina; ali zadužio nas je na druge načine, koji nisu navedeni u njezinoj knjizi, a to je svakako i njegova uspješna ideja mjerenja Zemljine mase.

Maskelvneje shvatio daje srž problema u pronalaženju planine što pravilnijeg oblika kako bismo mogli procijeniti njenu masu. Na njegovo insistiranje Kraljevsko društvo odlučilo je poslati pouzdanu osobu na obilazak britanskog otočja u potrazi za takvom planinom. Maskelvne je poznavao savršenog čovjeka za taj zadatak - astronoma i istraživača Charlesa Masona. Maskelvne i Mason sprijateljili su se jedanaest godina prije dok su radili na projektu mjerenja astronomskog događaja od velike važnosti: prolaska planeta Venere preko Sunca. Mnogo godina prije neumorni Edmond Hallev objasnio je da, mjereći takav prolazak s odabranih točaka na Zemlji, pomoću triangulacije možemo izračunati udaljenost od Zemlje do Sunca i prema tome procijeniti udaljenost svih ostalih tijela u Sunčevu sustavu.

Nažalost, Venerin tranzit - kako se to naziva - neredovita je pojava. Ti prolasci događaju se u parovima u razmaku od osam godina, ali nakon toga nema ih cijelo stoljeće ili više, a za Hallevjeva života nije ih uopće bilo.* No, ideja se održala i kad je stiglo vrijeme sljedećeg tranzita 1761. godine, gotovo dva desetljeća nakon Hallevjeve smrti, znanstveni svijet bio je spreman - mnogo spremniji nego što je dotada bio spreman za ijedan astronomski događaj.

Skloni teškim patnjama, tako tipičnim za to doba, znanstvenici su se uputili naviše od stotinu lokacija diljem globusa - u Sibir, Kinu, Južnu Afriku, Indoneziju te, između ostalog, u šume Wisconsina. Francuska je poslala trideset dva promatrača, Britanija osamnaest više, a bilo ih je i iz Švedske, Rusije, Italije, Njemačke, Irske i drugih zemalja.

Toje bio prvi pokušaj međunarodne znanstvene suradnje u povijesti i gotovo je svuda nailazio na probleme. Mnoge promatrače omeli su rat, bolesti ili brodolomi. Drugi su stigli na odredište, ah kad su otvorili svoje sanduke, otkrili su da im je oprema razbijena ili oštećena tropskim vrućinama. Čini se da su Francuzi još jednom bili predodređeni za ulogu najživopisnijih zlosretnih sudionika. Jean Chappe mjesecima je putovao u Sibir, kočijom, brodom i sanjkama, brižno čuvajući svoje osjetljive instrumente od svakog pogubnog udarca, da bi na kraju zapeo na zadnjoj dionici puta jer su mu se ispriječile nabujale rijeke kao posljedica neuobičajeno obilnih proljetnih kiša. Vidjevši ga kako usmjerava svoje čudne instrumente u nebo, domaćini su zaslugu za tu nepogodu odmah pripisali njemu. Chappe je uspio izvući živu glavu, ali nije obavio nikakvo upotrebljivo mjerenje.

Sljedeći rr.ni7it je 8. lipnja 20(14., a drugi slijedi 2012. godine. U 20. stoljeću nije bilo nijednog.

Još nesretniji bio je Guillaume le Gentil, čija je iskustva prekrasno prepričao Timothv Ferns u knjizi *Corning ofAge iu the Milky Way* (Odrastanje na Mliječnoj stazi). Le Gentil je krenuo iz Francuske godinu prije kako bi promatrao tranzit iz Indije, ali zbog raznib zastoja taj ga je dan zatekao još uvijek na moru - što je gotovo najgore moguće mjesto jer na brodu koji posrče na valovima pouzdano mjerenje nije bilo izvedivo.

Le Gentil je nepokolebljivo produžio prema Indiji da dočeka sljedeću tranziciju 1769. godine. Imao je osam godina za pripreme pa je sagradio prvorazrednu promatračku stanicu, više puta provjerio svoje instrumente i sve održavao u stanju savršene spremnosti. Osvanuo je vedar dan drugog tranzita. 4. lipnja 1769., ali baš kad je započeo prolazak Venere, ispred Sunca se stvorio jedan oblak i ostao tamo gotovo točno koliko je trajao tranzit - tri sata četrnaest minuta i sedam sekundi.

Le Gentil je stoički spremio svoje instrumente i uputio se u najbližu luku, ali putem je zaradio dizenteriju od koje je bolovao gotovo godinu dana. Nakon toga, još uvijek slab, napokon se uspio ukrcati na brod. U blizini afričke obale gotovo je doživio brodolom zbog uragana. Kad je nakon jedanaest i pol godina napokon stigao kući ne postigavši ništa, ustanovio je da ga je rodbina u odsutnosti proglasila mrtvim i s mnogo entuzijazma razgrabila njegov imetak.

U usporedbi s time razočaranja osamnaestorice Britanaca bila su mačji kašalj. Masonu je kao suradnik bici dodijeljen mladi istraživač Jeremiah Dixon, a očito su se dobro slagali jer su dugo ostali prijatelji. Njihov je zadatak bio da otplove na Sumatru i tamo promatraju tranziciju, ali nakon samo jedne noći na moru njihov je brod napala francuska fregata. (Iako su znanstvenici bili kozmopolitski raspoloženi u duhu suradnje, njihove države nisu.) Mason i Dixon poslali su poruku Kraljevskom društvu i napomenuli da im se čini kako je na otvorenom moru strašno opasno pa se pitaju ne bi li cijelu akciju trebalo opozvati. Kao odgovor, ubrzo im je stigao oštar i leden prijekor, s naglaskom da su plaćeni unaprijed, da cijela nacija i znanstvena zajednica računaju na njih i da bi neuspjeh doveo do nepopravljiva gubitka njihove reputacije. Tako ukoreni produžili su dalje, ali putem je do njih stigla vijest da je Sumatra pala u ruke Francuzima, pa su tranzit promatrali bez većeg uspjeha s Rta dobre nade. Na putu kući zaustavili su se na samotnoj atlantskoj hridi Sveta 1 lelena, gdje su našli Maskelvnea, čije je opservacije narušilo oblačno nebo. Mason i Maskeh/ne postali su dobri

prijatelji i proveli nekoliko sretnih, a možda i korisnih tjedana izrađujući karte plime i oseke.

Ubrzo nakon toga Maskelvnc se vratio u Englesku, gdje je postao kraljevski astronom, a Mason i Dixon - sada očito mnogo iskusniji -otputili su se na dugo i često pogubno četverogodišnje mjerenje duž 392 kilometra opasne američke divljine kako bi razriješili granični spor oko posjeda Williama Penna i lorda Baltimorea u njihovim kolonijama u Pennsylvaniji i Marvlandu. Rezultat je bila slavna Mason-Dixonova linija, koja je poslije dobila simboličnu važnost kao erta razgraničenja između robovlasničkih i slobodnih država. (Iako im je linija bila prioritetan zadatak, usput su obavili i nekoliko astronomskih promatranja, uključujući i jedno od najtočnijih mjerenja meridijanskog stupnja u tom stoljeću - pothvat koji im je u Engleskoj donio mnogo više pohvala nego rješavanje graničnog spora između razmaženih aristokrata.)

U Europi su Maskelvnc i njegovi njemački i francuski kolege morali zaključiti kako su mjerenja tranzita iz 1761. godine zapravo bila promašaj. Ironično, ali jedan od problema bio je prevelik broj promatranja pa su se rezultati sabrani na hrpu pokazali kao kontradiktorni i nerješivi. Međutim, uspjeh u praćenju prolaska Venere pripao je tada slabo poznatom pomorskom kapetanu iz YorkshireaJamesu Cooku, koji je tranzit 1769. godine promatrao sa Suncem obasjana vrha brda na Tahitiju, a onda je produžio dalje kako bi za britansku krunu zauzeo Australiju i upisao je u karte. Nakon njegova povratka bilo je dovoljno podataka da francuski astronom Joseph Lalande izračuna kako udaljenost od Zemlje do Sunca iznosi malo više od 150 milijuna kilometara. (Dva sljedeća tranzita u 19. stoljeću omogućila su astronomima da preciznije odrede tu vrijednost kao 149,59 milijuna kilometara, kako je ostalo i do danas. Točna udaljenost, što danas znamo, iznosi 149 597 870 691 metar.) Zemlja je napokon dobila mjesto u svemiru.

Sto se tiče Masona i Dixona, oni su se vratili u Englesku kao znanstveni heroji i iz neznanih razloga raskinuli partnerstvo. S obzirom na učestalost njihova sudjelovanja u ključnim znanstvenim događajima 18. stoljeća, o njima se veoma malo zna. Nema nijedne njihove slike, a pismenih je podataka malo. *Dictioiiar}' oj National Biography o* Dixonu bilježi da se »pričalo kako je rođen u rudniku«, što izaziva znatiželju, ali nakon toga prepušta čitateljevoj mašti da pronađe prihvatljivo objašnjenje takvih okolnosti i dodaje kako je umro 1777. godine u Durhamu. Osim imena i dugoročne suradnje s Masonom, ne zna se ništa više.

Mason je samo malo manje tajanstven. Znamo daje na Maskelvneov zahtjev 1772. godine prihvatio povjereni zadatak- pronalaženje planine prikladne za eksperiment s gravitacijskim otklonom - i na kraju izvijestio da se tražena planina nalazi u središnjem dijelu škotskog I ligh-landsa iznad Loch Taya, a ime joj je Schiehallion. Međutim, ništa ga nije ponukalo da to ljeto provede u istraživanju. Nikada se više nije vratio na teren. Sljedeće njegovo kretanje koje je zabilježeno bilo je 1786. godine, kada se naglo i misteriozno pojavio u Philadelphiji sa ženom i osmero djece, čim se, na rubu propasti. Nije se vraćao u Ameriku otkako je tamo prije osamnaest godina završio istraživanje niti je imao poznatog razloga da tamo bude, kao ni prijatelja ili pokrovitelja koji bi ga primili. Nekoliko tjedana kasnije bio je mrtav.

Kad je Mason odbio eksperiment s planinom, posaoje dopao Maske -lyneu. On je četiri ljetna mjeseca 1774. godine živio u šatoru u dalekoj škotskoj guduri i provodio dane nadgledajući tim istraživača koji su obavljali na stotine mjerenja iz svakog mogućeg položaja. Kako bi iz te mase brojki izvukli masn planine, bilo je potrebno mnogo dosadnog računanja, za što su angažirali matematičara Charlesa Huttona. Istraživači su prekrili kartu hrpama brojki, a svaka je označavala visinu na nekoj točki na planini. To je zapravo bila samo masa zbunjujućih brojeva, ali Hutton je primijetio da sve postaje mnogo urednije ako se olovkom povezu točke iste visine. Naravno, tako je svatko mogao odmah dobiti predodžbu o obliku i nagibu planine. A on je izumio izohipse.

Na temelju svojih mjerenja Schiehalliona Hutton je izračunao da masa Zemlje iznosi 5000 milijardi milijardi tona, iz čega se onda može izračunati masa svih ostalih većih tijela u Sunčevu sustavu, uključujući i Sunce. Dakle, na temelju jednog eksperimenta saznali su masu Zemlje, Sunca, Mjeseca, drugih planeta i *njihovih* mjeseca, a uz to su dobili i izohipse - za jedan ljetni posao i nije loše.

Međutim, nisu svi bili zadovoljni tim rezultatima. Eksperiment sa Schiehalliona imao je jedan nedostatak - ako ne znamo stvarnu gustoću planine, nemoguće je dobiti zaista točnu brojku. Hutton je za potrebe eksperimenta pretpostavio da planina ima istu gustoću kao običan kamen, oko 2,5 puta veću od vode, ali to je bilo samo nagađanje utemeljeno na poznatom i ništa više.

Skeptik koji se osvrnuo na taj slučaj bio je seoski svećenik John Michell koji je živio u zabačenom jorkširskom selu Thornhill. Usprkos zabiti i relativno skromnim uvjetima, Michell je bio jedan od velikih znanstvenih umova 18. stoljeća i kao takav vrlo cijenjen.

Između ostalog, ustanovio je valnu narav potresa, izveo brojna originalna istraživanja magnetizma i gravitacije te, posve neobično, predvidio mogućnost postojanja crnih rupa dvjesto godina prije ikoga drugog - skok kakav nije uspio izvesti čak ni Nevvton. Kad je William Herschel, glazbenik rođen u Njemačkoj, shvatio da je njegov pravi životni interes astronomija, obratio se upravo Michellu za instrukcije prilikom izrade teleskopa, stoje bila usluga kojom je zauvijek zadužio astronomiju.*

Ali, od svega stoje Michell postigao, ništa nije bilo ingenioznije niti je imalo veći utjecaj oci stroja za mjerenje Zemljine mase. koji je on zamislio i konstruirao. Nažalost, umro je prije nego je uspio provesti eksperiment pa je ideju i potrebnu opremu naslijedio londonski znanstvenik Henry Cavendish.

Cavendish je priča za sebe. Rođen u privilegiranim uvjetima - njegovi djedovi bili su vojvode od Devonshirea i Kenta - bio je najnadareniji engleski znanstvenik svog doba, ali ujedno i najneobičniji. Patio je, kako je to opisao jedan od njegovih malobrojnih biografa, od sramežljivosti »do stupnja koji graniči s bolešću«. Svaki međuljudski kontakt predstavljao mu je izvor najdublje nelagode.

Jednom je na kućnom pragu zatekao jednog svog obožavatelja koji je upravo stigao iz Beča. Austrijanac je odmah počeo uzbuđeno nabrajati pohvale. Cavendish je nekoliko trenutaka podnosio komplimente kao da su udarci tupim predmetom, a onda, kad više nije mogao izdržati, projurio kroz dvorišna vrata ostavivši ih širom otvorena. Prošlo je nekoliko sati prije nego su ga uspjeli namamiti u kuću. Cak je i sa svojom domaćicom komunicirao pismenim putem.

Iako se ponekad znao otputiti u društvo - posebno je volio tjedne večernje sastanke znanstvenika kod velikog prirodoslovca Josepha Banksa - gostima bi uvijek prvo dali do znanja da se Cavcndishu ni slučajno ne smiju približiti niti ga pogledati. Onima koji su htjeli čuti njegovo mišljenje savjetovano je da se moraju kao slučajno zateći u njegovoj blizini i »govoriti u prazno«. Ako bi njihove primjedbe bile znanstveno vrijedne, mogli bi čuti promrmljan odgovor, ali češće bi čuli samo razjareno pištanje (izgleda da mu je glas bio vrlo piskutav), a kada bi se okrenuli, zaista bi se zagledali u prazno jer bi Cavendish već pobjegao u sigurniji kut.

I lersehel je 1781. godine posuo prvi rovjek ko]i je u novoj eri otkrio planet. I Itio ;;a je na/vati (ieori;e. po britanskom monarhu, ali to inje bilo priliv.kVno. Umjesto tosy planet je na/van Ur.m.

Zahvaljujući bogatstvu i sklonosti samovanju, svoju kuću u Clap-hamti pretvorio je u veliki laboratorij u kojem je mogao neometane) krstariti brojnim područjima prirodnih znanosti - elektricitet, toplina, gravitacija, plinovi, sve što ima veze sa sastavom materije. Druga polovica 18. stoljeća bilo je doba kada su ljude od znanosti intenzivno počele zanimati fizičke osobine osnovnih prirodnih pojava - plinova i naročito elektriciteta - pa su počeli istraživati što bi sve mogli s njima učiniti, ali češće entuzijazmom, nego razumom. Benjamin Franklin proslavio se u Americi time stoje riskirao život puštajući zmaja usred električne oluje. Francuski kemičar Pilatre de Rozier testirao je zapa-ljivost vodika tako stoje njime napunio usta, a zatim ga ispuhnuo preko otvorena plamena, smjesta dokazavši daje vodik vrlo zapaljiv i eksplozivan te da obrve ne moraju biti ukras svakog lica. Što se Cavendisha tiče, izvodio je eksperimente tako što je samog sebe podvrgavao sve jačim udarima električne struje, brižljivo bilježeći sve veći stupanj boii dok god je mogao držati pero u rukama, a ponekad i održati svijest.

U svom dugom životu Cavendish je ostvario niz otkrića - između ostalog, bio je prvi koji je izolirao vodik i prvi koji je spojio vodik i kisik te dobio vodu - ali gotovo ništa stoje radio, nije bilo lišeno čudaštva. Na veliki očaj svojih kolega znanstvenika u objavljenim radovima često bi se osvrtao na rezultate eksperimenata o kojima nikome nije pričao. U svojoj tajanstvenosti nije samo sličio Nevvtonu nego gaje i prilično nadmašio. Njegovi eksperimenti o provodljivosti elektriciteta bili su stoljeće ispred svog vremena, ali su, nažalost, bili neotkriveni sve dok to stoljeće nije prošlo. Štoviše, veći dio onoga čime se bavio nije bilo poznato do kasnog 19. stoljeća, kada se James Clerk Maxwell, fizičar s Cambridgea. prihvatio sređivanja Cavendishovih spisa, a dotad je zasluga za njegova otkrića bila uglavnom već pripisana drugima.

Uz štošta drugo, i ne rekavši nikome, Cavendish je otkrio ili anticipirao zakon očuvanja energije, Ohmov zakon, Daltonov zakon parcijalnih tlakova, Richterov zakon obrnutih razmjera, Charlesov plinski zakon i principe električne provodljivosti. To je samo dio. Kako tvrdi povjesničar znanosti J. II. Crovvther, »predvidioje radove Kelvina i Ci. H. Darvvina o djelovanju plimnog trenja na usporavanje rotacije Zemlje i Larmorovo otkriće efekta lokalnog atmosferskog hlađenja, objavljeno 1915. godine... Pickeringov rad o rashladnim smjesama i neke Rooseboomove radove o heterogenoj ravnoteži«. Na krajnje ostavio bilješke koje su izravno dovele do otkrića grupe elemenata poznate kao plemeniti plinovi. No, sada nas zanima Cavendishov zadnji poznati

eksperiment, kada se kasnog ljeta 1797. godine n dobi od šezdeset sedam godina pozabaviti sanducima s opremom koju mu je - očito iz znanstvenog poštovanja — ostavio John Michell.

Michellov aparat ni sastavljen nije izgledao bitno drugačije od sprave za tjelovježbu - u izvedbi iz 18. stoljeća. Imat) je utege, protu-utege, njhala, poluge i opruge. U središtu stroja bile su dvije olovne kugle od po 158 kilograma, koje su bile obješene uz dvije manje kugle. Radilo se o tome da se gravitacijski otklon manjih kugla izmjeri pomoću većih, što bi omogućilo prvo mjerenje neuhvatljive sile zvane gravitacijska konstanta, a iz čega bi se mogla izvesti težina Zemlje (točnije, masa)*.

Budući da gravitacija drži planete u orbiti i zbog nje tijela padaju s treskom, skloni smo je zamišljati kao moćnu silu, ali to nije tako. Moćna je samo u kolektivnom smislu, kadajedno masivno tijelo kao stoje Sunce vezuje uza se drugo masivno tijelo kao stoje Zemlja. Na elementarnoj razini, gravitacija je krajnje slabašna. Svaki put kada dignete knjigu sa stola ili pokupite novčić s poda. bez napora savladavate gravitacijsku moć cijelog planeta. Cavendish je pokušavao izmjeriti gravitaciju na toj perolakoj razini.

Osjetljivost je bila ključni pojam. U prostoriji s aparatom nije smjelo biti ometanja ni u tragovima pa je Cavendish zauzeo položaj u susjednoj sobi i promatrao teleskopom naciljanim kroz 'špijunku' na zidu. Bio je to nevjerojatno precizan posao. Sastojao se od sedamnaest vrlo osjetljivih, međusobno povezanih mjerenja i bila muje potrebna gotovo cijela godina kako bi ih obavilo.

Kada je napokon završio sve proračune, Cavendish je objavio da Zemlja teži nešto više od 13 000000000000000000000000 funti ih šest milijardi bilijuna tona.

Danas su znanstvenicima na raspolaganju tako precizni strojevi da mogu zabilježiti težinu jedne bakterije i toliko osjetljivi da očitavanju može zasmetati ako netko zijevne dvadeset metara dalje, ali nisu dali drugačije podatke u odnosu na Cavendishova mjerenja iz 1797. godine. Prema dosadašnjim mjerenjima Zemlja teži 5,9725 milijardi bilijuna tona. što se za samo 1 posto razlikuje od Cavendishova rezultata.

Masa i težina za fizičara su dvije različite stvari. Naša masa ostaje ista ma gdje bili, ali težina nam se mijenja ovisno o tome koliko smo udaljeni od središta nekog drugog masivnog tijela kao što je planet. Otputujte na Mjesec i bit čete mnogo lakši, ali ništa manje masivni. Zbog brojnih praktičnih razloga masu i težinu na Zemlji u govoru često izjednačavamo pa se ti pojmovi mogu koristiti kao sinonimi, barem izvan učionice.

Zanimljivo, sve je to samo potvrdilo procjene koje je 110 godina prije Cavendisha iznio Newton, bez ikakvih eksperimentalnih dokaza.

U svakom slučaju, znanstvenici su do kraja 18. stoljeća vrlo precizno znali oblik i dimenzije Zemlje te njenu udaljenost od Sunca i planeta; a zatim je Cavendish, ne izlazeći iz kuće. odredio i masu. Možda ćete sada pomisliti da im je bilo relativno jednostavno utvrditi Zemljinu starost. Napokon, sav potreban materijal ležao im je doslovno pod nogama. Ali. ne! Ljudska bića prije će razbiti atom i izumiti televiziju, najlon i instant-kavu nego što će uspjeti odrediti starost vlastitog planeta.

Kako bismo shvatili zašto, moramo otputovati na sjever, u Škotsku, i doći do jednog sjajnog, genijalnog čovjeka za kojcgje malo tko uopće čuo, a koji je u to doba upravo izumio novu znanost zvanu geologija.

5

KAMENOLOMC

Upravo kad je Ilenrv Cavendish privodio kraju svoje eksperimente u Londonu, šesto kilometara dalje, u Edinburghu, priveo se kraju život Jamesa Huttona. Naravno, za njega je to bilo loše, ali za znanost je to bila dobra vijest, jer se čovjeku koji se zvaojohn Plavfair pružila mogućnost da napiše novu verziju Huttonova rada, bez straha od neugodnosti. Prema svemu što se o njemu zna, Hutton je bio čovjek vrlo pronicljiva uma. zanimljiv sugovornik, divno društvo i bez konkurencije što se tiče razumijevanja misterioznih polaganih procesa koji su oblikovali Zemlju. Nažalost, nije bio u stanju sažeti svoja razmišljanja u pismenom obliku koji bi itko mogao shvatiti. Bioje, kako je to uz glasan uzdah primijetio jedan biograt. »potpuno neupućen ti retoričko umiješe«. Gotovo svaki redak koji je napisao prizivao je san na oči. Evo kako u svom remek-djelu iz 1795. godine, .4 *Tlieoij of liartii u'ith Proofs and Ilhistrations* (Teorija Zemlje s dokazima i ilustracijama), raspravlja o... pa, nečemu.

> Svijet koji nastanjujemo sastavljen je od materijala, ali ne od zemlje koja je neposredan prethodnik sadašnjosti, nego od zemlje koju. gledano od sadašnjosti unatrag, smatramo trećom i koja je prethodila tlu koje je bilo iznad površine mora. dok je naše sadašnje tlo još bilo ispod oceanskih voda.

No, genijalno i potpuno sam stvorio je geološku znanost i promijenio naše poimanje Zemlje.

Hutton se rodio 1726. godine u bogatoj škotskoj obitelji i imao je materijalno bogatstvo koje mu je omogućilo da velik dio života provede u ugodno raznolikoj kombinaciji laganog rada i intelektualnog napredovanja. Studirao je medicinu, ali je zaključio da mu to nije po ukusu pa se na opušten i znanstven način posvetio tarmerskom životu na obiteljskom imanju u Bcrvvickshireu. Umorivši se od polja i stada, 1768. godine preselio se u Edinburgh, gdje je pokrenuo uspješan posao proizvodnje salmijaka iz ugljena te se bavio raznolikim znanstvenim pothvatima. Edinburgh je u to doba bio centar intelektualnog poleta i Hutton je uživao u raznim mogućnostima tog grada. Postao je vodeći član društva zvanog Ovster Club, gdje je provodio večeri u društvu ljudi kao što su ekonomist Adam Smith, kemičar Joseph Black i filozof David I lume, uz povremena gostovanja zvijezda kao što su bili Benjamin Franklin i James Watt.

U skladu s njegovim vremenom, Huttona je zanimalo gotovo sve, od mineralogije do metafizike. Provodio je eksperimente s kemijskim tvarima, ispitivao metode kopanja ugljena i gradnje kanala, obilazio rudnike soli, spekulirao o mehanizmima biološkog nasljeđivanja, skupljao fosile i postavljao teorije o kiši, sastavu zraka i zakonima gibanja te štošta drugo. Ali, njegova ljubav bila je geologija.

Jedno od pitanja koja su dugo mučila ljude i izazivala zanimanje u to fanatično znatiželjno doba bilo je - zašto se na planinskim vrhovima tako često nalaze drevne školjke i drugi morski fosili. Kako su tamo dospjeli? Oni koji su mislili da imaju rješenje podijelili su se u dva suprotstavljena tabora. Jedna grupa, poznata kao neptunisti. bila je uvjerena da se sve na Zemlji, uključujući i morske školjke na neočekivanim visinama, može objasniti podizanjem i spuštanjem razine mora. Vjerovali su da su planine, brda i sve ostalo stari koliko i sama Zemlja te da su se mijenjali samo kad ih je u razdobljima općih potopa prekrivala voda.

Njima su bili suprotstavljeni plutonisti, koji su primijetili da vulkani i potresi, medu ostalim djelatnim silama, stalno mijenjaju izgled planeta, a očito ništa ne duguju morskim prostranstvima. Plutonisti su postavili ijedno nezgodno pitanje - kamo bi nestala sva voda kad nije bilo poplava. Ako je svojedobno bilo dovoljno vode da prekrije Alpe, gdje je onda ta voda bila u mirnim vremenima kao stoje sadašnje? Po njihovu uvjerenju Zemlja je podjednako podložna moćnim unutarnjim silama koliko i vanjskim. Međutim, nisu mogli uvjerljivo objasniti otkuda tolike školjke na brdima.

Razmatrajući ta pitanja. I Iutton je došao do nekoliko sjajnih zaključaka. I na vlastitom posjedu mogao je vidjeti da tlo stalno odnose i ispiru potoei i rijeke te ga prenose na druga mjesta. Kada bi taj proces došao do svog prirodnog kraja, Zemlja bi na kraju bila prilično glatka, zaključio je. No. posvuda oko njega bila su brda. Očito, morao je postojati još neki proces, neki oblik obnavljanja i podizanja koji stvara nova brda i planine kako bi se ciklus nastavio. Morski fosili na planinskim vrhovima, zaključio je, nisu tamo dospjeli prilikom poplava, nego su se uzdigli sa samim planinama. Također, zaključio je da toplina u unutrašnjosti Zemlje stvara nove stijene i kontinente te podiže planinske lance. Nije pretjerano reći da će geolozi u potpunosti shvatiti što to znači tek dvjesto godina poslije, kada napokon usvoje teoriju tektonskih ploča. Prije svega, Huttonova je teorija tvrdila daje za procese koji su oblikovali Zemlju bilo potrebno veoma mnogo vremena, mnogo više nego stoje itko dotada zamišljao. To je bilo dovoljno da se naše razumijevanje planeta potpuno promijeni.

Huttonje 1785. godine razradio svoje ideje u obliku podugačka rada koji je bio čitan na sastancima Kraljevskog društva u Edinburghu. Nije izazvao gotovo nikakvo zanimanje. Nije teško shvatiti zašto. Evo kako je on to predstavio svojoj publici:

> U jednom slučaju, oblikovni uzrok je tijelo koje se odvojilo; jer, nakon što je tijelo bilo izloženo toplini, reakcijom same tvari tog tijela oblikuje se pukotina koja čini žilu, U drugom slučaju, slučaj je izvanjski u odnosu na tijelo u kojem se pukotina stvara. Došlo je do veoma silovita loma i razdvajanja; no, razlog još nije ustanovljen: i čini se da nije u žili: jer u svakoj napuklini i dislokaciji krutog tijela naše Zemlje nisu pronađeni minerali ili sastojci mineralnih žila.

Suvišno je reći da gotovo nitko u publici nije imao pojma o čemu on to priča. Kad su ga prijatelji ohrabrili da proširi teoriju, u dirljivoj nadi da će možda ipak nekim slučajem kroz veličinu formata ostvariti i određeni stupanj jasnoće, Hutton je sljedećih deset godina posvetio pripremi svog velikog djela, koje je 1795. godine objavljeno u dva toma.

Te dvije knjige zajedno imale su gotovo tisuću stranica i bile su. nažalost, mnogo nečitljivije nego su očekivali i najveći pesimisti medu njegovim prijateljima. Između ostalog, gotovo pola rada sastojalo se od citata iz francuskih izvora, i to u originalu. Treći tom bio je toliko

nepoticajan da nije objavljen do 1899., više od stotinu godina nakon Huttonove smrti, a četvrti, zaključni dio nikada nije niti objavljen. Huttonova *Tlieoij ofrhc Earth* (Teorija Zemlje) ozbiljan je kandidat za najmanje čitanu važnu knjigu u znanosti (zapravo, bila bi da nema još mnogo takvih). Čak je i Charles Lyell, najveći geolog sljedećeg stoljeća i čovjek koji je čitao sve, priznao daje nije mogao svladati.

Srećom, Hutton je imao svoga Bosvvella u likujohna Plavfaira, profesora matematike na Edinburškom sveučilištu i bliskog prijatelja koji nije bio samo vrlo pismen nego je - zahvaljujući godinama koje je proveo uz Huttona - zaista shvaćao što Hutton pokušava reći, uglavnom. Pet godina nakon Huttonove smrti Plavfair je 1802. godine sastavio pojednostavljen pregled Huttonovih teorija pod naslovom *Illustrations ofthelluttoniaii Tlieoij of tlicEarth* (Tumačenje huttonske teorije Zemlje). Knjigu su sa zahvalnošću dočekali oni koje je zanimala geologija, a takvih 1802. godine i nije bilo mnogo. Međutim, to će se uskoro promijeniti. I još kako.

Zimi 1807. godine u Freemasons Tavernu u Covent Gardenu u Londonu sastalo se trinaestero istomišljenika kako bi osnovali klub koji će nazvati Geološko društvo. Kako je zamišljeno, trebali su se sastajati jednom mjesečno kako bi razmjenjivali geološka razmišljanja uz poneku čašu madeire i ugodnu večeru. Cijena večere bila je namjerno visoka, 15 šilinga, kako bi se odbili oni čije su kvalifikacije bile isključivo intelektualne prirode. Međutim, ubrzo se ispostavilo da postoji potreba za nečim što bi sličilo instituciji sa stalnim prostorom, gdje bi se ljudi mogli okupljati kako bi raspravljali i razmjenjivali nove spoznaje. Za samo deset godina članstvo je naraslo na 400 - naravno, samo gospode - pa je Geološko društvo postalo prijetnja Kraljevskom, najistaknutijem znanstvenom društvu u zemlji.

Članovi su se sastajali dva puta mjesečno, od studenog do lipnja, kada su gotovo svi odlazili iz Londona kako bi ljeto proveli na terenskim istraživanjima. To nisu bili ljudi čije bi uže područje zanimanja bili minerali, shvaćate; većinom nisu bili ni akademski obrazovani, to su jednostavno bila gospoda koja imaju dovoljno vremena i bogatstva da se svom hobiju posvete na više ili manje profesionalnoj razini. Do 1830. godine bilo ih je 745, a takvih zanesenjaka svijet više nikada nije vidio.

Danas je to teško zamisliti, ali geologija je uzbudila 19. stoljeće - općinila ga - onako kako to znanost nije učinila ni prije ni poslije. Kad je

Roderiek Murchinson 1839. objavio *The Silurian Sy<tcm* (Silurski sustav), tešku i zahtjevnu studiju jedne vrste pješčanika, knjiga je odmah postala bestseler, doživjevši četiri izdanja, iako je koštala 8 gvineja po primjerku i bila nečitljiva u pravom hatonovskom stilu. (Kako je čak priznao i jedan Murchinsonov simpatizer, odlikuje se »potpunom odsutnošću literarne privlačnosti«.) Kad je veliki Charles Lyell 18-11. doputovao u Ameriku kako bi održao niz predavanja u Bostonu, dvorana je bila rasprodana, a u Lovvellov institut znalo se natrpati do tri tisuće ljudi kako bi čuli njegove uspavljujuće opise morskih zeolita i seizmičkih perturbacija u Campaniji.

Diljem modernog mislećeg svijeta, a posebno u Britaniji, učeni ljudi odlazili su u prirodu kako bi malo 'lomili kamenje", kako su to nazivali. Takve pothvate shvaćali su ozbiljno pa su obično birah odjeću odgovarajuće debljine, tanina odijela i cilindre, s iznimkom velečasnog Williaina Bucklanda s Oxforda, koji je svoja terenska istraživanja obavljao u halji akademika.

To područje privukloje mnoge neobične likove, ne samo već navedenog Murchinsona, koji je prvih tridesetak godina života proveo galopi-rajući za lisicama ili bijednim pogotkom aeronautikom iscrpljene ptice pretvarao u oblake raspršena perja, dok je svoje mentalne sposobnosti upotrebljavao isključivo za čitanje *Timcsa* ili igranje partije karata. A onda je otkrio da ga zanima kamenje pa je iznenađujućom brzinom postao titan geološke misli.

Tu je, zatim, bio i doktor James Parkinson, ujedno i rani socijalist i autor mnogih provokativnih pamfleta s naslovima kao stoje »Revolucija bez krvoprolića«. Godine 1794. bio je upleten u zavjeru blago luđačkog prizvuka, poznatu kao 'Urota dječjeg pištolja', naime, plan je bio da otrovnom strelicom ubiju kralja (ieorgea HI. u kazališnoj loži. Parkinson je pozvan na ispitivanje pred Tajno vijeće i za dlaku je izbjegao izgon u Australiju u lancima - optužbe protiv njega potiho su odbačene. Usvojivši konzervativniji stav, razvio je interes za geologiju i postao jedan od osnivača Geološkog društva te autor važnog geološkog teksta. *Oivanic Rcniaiiis of ti Ivnuer ll'orld* (Organski ostaci nekadašnjeg svijeta), koji je bio tiskan tijekom pola stoljeća. Nikada više nije izazivao nevolje. Međutim, danas ga se sjećamo po ključnoj analizi oboljenja koje se tada nazivalo 'drhtavična uzetost", a otada je poznato kao Parkinsonova bolest. (Parkinson je imao još jedan trenutak slave. Naime. 1785. godine postao je možda jedina osoba u povijesti koja je na lutriji dobila prirodoslovni muzej. Muzej na londonskom Leicester

Squareu osnovao je Sir Asliton Lever, koji jc bankrotirao zbog neobuzdana sakupljanja čuda prirode. Parkmson je održavao muzej do 1805. godine, kada to financijski više nije mogao podnijeti, pa je zbirka rasprodana.)

Iako ne toliko osebujna karaktera, ali mnogo utjecajniji od svih ostalih bio je Charles Lyell. Rodio se iste godine kad je umro Hutton, i to samt) stotinjak kilometara dalje, u selu Kmnordv. lako je rodom bio Škot, odrastao je na jugu Engleske, u području New Forest u I Iamp-shireu, jer je njegova majka bila uvjerena da su Škoti beznadni pijanice. Po modelu uobičajenom za gospodu i znanstvenike 19. stoljeća Lyell je potekao iz bogate sredine, pune intelektualnog žara. Njegov otac, također Charles, imao je rijetku čast da ga smatraju vodećim autoritetom za Danteovu poeziju i mahovinu. *(Ortliotriciuin Iyell,* ono na što će svatko tko dođe u Englesku prije ili poslije sjesti, nazvana je po njemu.) Lvell je naslijedio zanimanje za prirodne znanosti od oca, ali na Oxfordu gaje velečasni William Buckland općinio - onaj s haljama što vijore na vjetru - i tu je za mladog Lvella počela doživotna odanost geologiji.

Buckland je bio šarmantan čudak svoje vrste. Imao je i nekoliko istinskih uspjeha, ali podjednako je zapamćen i po svojim ekscentričnostima. Posebno je bio poznat po menažeriji divljih životinja, koje su slobodno lutale kućom i vrtom (a neke su bile velike i opasne), ali i po sklonosti da svaku životinju koja postoji upozna kao namirnicu. Ovisno o trenutnoj inspiraciji i dostupnosti, gostima u Bucklandovu domu mogli su biti posluženi pečeni zamorci, miševi u tijestu, jež na žaru ili kuhani morski krastavac iz jugoistočne Azije. Bucklandje uspijevao pronaći dobru riječ za sve, osim za običnu vrtnu krticu, koju jc proglasio odvratnom. Bilo je gotovo neminovno da postane vodeći autoritet za koprolite - okamenjeni izmet - a imao je i stol načinjen isključivo od takve zbirke uzoraka.

Cak i kad se bavio ozbiljnom znanošću, imao je jedinstven pristup. Jedne noći gospodu Buckland iznenada je probudio uzbuđen uzvik njezina supruga: »Draga, uvjeren sam da su stope *CJieirotUctiiiiiia* nesumnjivo tcstudinalne.« U spavaćici su odjurili u kuhinju. Gospođa Buckland napravila je smjesu od brašna i razvaljala je po stolu, a velečasni Buckland zgrabio je njihovu kućnu kornjaču. Spustio ju je na tijesto i natjerao da hoda. Na veliko oduševljenje otkrili su da njene stope zaista odgovaraju tragovima fosila kojeg je Buckland proučavao. Charles Danvin smatrao je Bucklanda cirkusantom - doslovno je upotrijebio taj izraz - ali čini se da je on Lvellu bio poticajno društvo.

Njemu se dovoljno svidio da 1824. godine s njim pode na putovanje po Škotskoj. Ubrzo nakon tog putovanja Lvellje odlučio napustiti odvjetničku karijeru i puno radno vrijeme posvetiti geologiji.

Lyell je bio veoma kratkovidan i veći dio života proveo je bolno škiljeći, što mu je davalo izmučeni izraz. (Na kraju je potpuno izgubio vid.) Druga njegova posebnost bila je navika da zaokupiran razmišljanjem zauzima najnevjcrojatnije položaje - ležao bi preko dvije stolice ili »stajao s glavom na stolici« (da citiramo njegova prijatelja Danvina). Izgubljen u svojim mislima, često bi toliko duboko utonuo u naslonjač da bi stražnjicom gotovo doticao pod. Jedini pravi Lvellov posao bilo je mjesto profesora geologije na King's Collegeu u Londonu, od 1831. do 1833. godine. Baš je u to doba napisao *The Priitciples of Geolog)'* (Načela geologije), objavljene u tri toma između 1830. i 1833. godine, djelo koje se u mnogo čemu oslanjalo i razrađivalo ideje koje je generaciju prije iznio Hutton. (Iako Lyell nikada nije čitao Huttona u originalu, bio je predan proučavalac Plavfairove prilagođene verzije.)

Od Huttonova do Lvellova doba pojavila se nova geološka kontroverza koja je nadmašila staru raspravu između neptunista i plutonista, ali često se s njom brka. Nova bitka povela se između zastupnika kata-strofizma i unitormitarijanizma - što su neprivlačni pojmovi za jednu tako važnu i dugotrajnu raspravu. Katastrofisti su, kako možete pretpostaviti, vjerovali da je Zemlja oblikovana naglim kataklizmičkim događajima - prvenstveno poplavama, zbog čega se neptunizam i katastrofizam često pogrešno izjednačuju. Katastrofizam je posebno odgovarao klericima, kao stoje bio Buckland, jer im je oiriogućavao da biblijski Noin potop uklope u ozbiljna znanstvena razmišljanja. Za razliku od toga, uniformitarijanizam je vjerovao da su sve promjene na Zemlji postupne i da su se gotovo svi zemaljski procesi odvijali polako, u velikom vremenskom rasponu. Otac te koncepcije više je bio Hutton nego Lvell. ali ljudi su uglavnom čitali Lvella i zato ga se sve dosad doživljavalo kao oca moderne geološke misli.

Lvellje vjerovao da su pomaci Zemlje bili jednolični i postojani - da se sve što se ikada dogodilo u prošlosti može objasniti događajima koji se odvijaju još i danas. Lvell i njegovi sljedbenici nisu samo odbacivali katastrofizam - prezirali su ga. Katastrofisti su vjerovali daje izumiranje životinjskih vrsta dio niza koji se ponavlja, pri čemu su skupine životinja potpuno iščezavale i bivale zamijenjene novim skupinama -vjerovanje koje je prirodnjak T. H. I Iuxley ironično usporedio s »nizom kartaških dijeljenja koji završavaju tako da igrači na kraju uspaničeno

traže novi špil«. To je bio više nego zgodan način da se objasni nepoznato. »Ne postoji dogma koja bi sračunatije podržavala indolenciju i zatupljivala oštricu znatiželje«, bunio se Lyell.

Lvellovi propusti nisu bili beznačajni. Nije uspio uvjerljivo objasniti kako su nastali planinski lanci i previdio je ledenjake kao uzročnike promjena. Nije htio prihvatiti Agassizovu ideju ledenih doba - »rashla-divanje globusa«, kako je to s podsmijehom nazivao - i bio je uvjeren daje sisavce »moguće naći u najstarijim fosilnim slojevima«. Odbacio je tvrdnju da su životinje i biljke bile izložene iznenadnim istrebljenji-ma i vjerovao je da su sve glavne životinjske grupe - sisavci, gmazovi, ribe i tako dalje - koegzistirali od početka vremena. Kako se poslije pokazalo, u svemu je tome griješio.

Ipak, gotovo je nemoguće precijeniti Lvellov utjecaj. Za njegova života njegov rad *The Principles oj Geolog}** doživio je dvanaest izdanja, a sadrži zaključke koji su i duboko u 20. stoljeću oblikovali geološka razmišljanja. Darvvm je prvo izdanje ponio sa sobom na plovidbu *Beagleom,* a poslije je zapisao daje »velika zasluga te knjige u tome stoje promijenila stanje uma u cjelini, tako da i ono što sam Lyell nije vidio, djelomice gledamo njegovim očima«. Ukratko, za njega je bio gotovo bog, kao i za mnoge druge iz njegove generacije. Kad su geolozi sredinom osamdesetih godina 20. stoljeća morali odbaciti samo dio njegove teorije kako bi je uskladili s utjecajnom teorijom istrebljenja vrsta, to ih je gotovo do-tuklo, tolika je bila snaga Lvellove baštine. Ali, to je drugo poglavlje.

Tada je u geologiji trebalo srediti mnogo toga, ali nije baš sve išlo glatko. Geolozi su od početka pokušavali kategorizirati stijene prema razdoblju formiranja sloja, ali često je dolazilo do oštrih neslaganja oko toga gdje treba postaviti linije razgraničenja - u tolikoj mjeri da je ta dugoročna debata postala poznata kao Velika devonska kontroverza. Problem se pojavio kad je velečasni Adam Sedgvvick iz Cambridgea kambrijskom razdoblju pripisao sloj stijena koji je prema uvjerenju Rodericka Murchinsona pripadao siluru. Raspravaje bjesnila godinama i na kraju postala vrlo žestoka. »De la Beche je prljavo pseto«, pisao je Murchinson prijatelju u tipičnoj provali bijesa.

Snagu strasti možemo naslutiti ako pogledamo naslove poglavlja odličnog i sumornog prikaza tog slučaja u knjizi *The Grvat Devonian Controversy* (Velika devonska kontroverza) Martina J. S. Rudvvicka. Dovoljno govore već i naslovi poglavlja *kao Arena gospodske debate* i *Razotkrivanje pješčanika,* ali onda slijede *Pješčanik - napadnut i obranjen, Novi dokazi i nore optužbe, Širenje neukusnih glasina, IVeaver se odriče svoje hereze,*

Vratiti provincijalca na njegovo mjesto i (u slučaju da netko posumnja je li to zaista bit) rat) *Miirchinson kreće u pohod na Porajnje.* Bitka je napokon okončana 1879. godine jednostavnim ubacivanjem novog razdoblja, ordovicija, između kambrija i silura.

Budući da su Britanci bili najaktivniji u ranim danima te discipline, u "eološkom leksikonu dominiraju britanska imena. *Devonski,* naravno, potječe od engleske pokrajine Devon. *Kambrijski* je od rimskog naziva za Wales, a *ordovicij i silur* uspomena su na drevna velška plemena. Or-dovike i Silurc. Međutim, razvojem geologije i u drugim krajevima uvukla su se imena odasvud. *Jnrski* se odnosi na Juru, planinski lanac na granici Francuske i Švicarske. *Pcnn* potječe od bivše ruske provincije na Uralu. *Kredu* prema latinskom nazivu dugujemo belgijskom geologu nezgodna imena J.J. d'Omahusu d'Hallovju.

Cieološka povijest izvorno je bila podijeljena na četiri vremenska razdoblja: primarno, sekundarno, tercijarno i kvartarno. Sustavje bio previše uredan da bi potrajao pa su geolozi ubrzo počeli dodavati nove podjele i izbacivati postojeće. *Primamo* i *sekundarno* potpunoje izašlo iz uporabe, dok su neki odbacili *kvartar,* a drugi ga zadržali. Danas je kao opća oznaka jedino ostao *tercijar,* iako više ne predstavlja nikakvo treće razdoblje nečega.

Lvellje u svojoj knjizi uveo dodatne mjerne jedinice, nazvane epohama ili serijama, kako bi pokrio razdoblje od doba dinosaura. Medu njima su pleistocen ('najnedavniji'), pliocen ('nedavniji'), miocen ('umjereno nedavni") i ljupko neodređeni oligocen ('ne baš jako nedavan"). Lvellje prvotno želio uključiti i nastavak -*sinkroni,* kujući pojmove od kojih se lomi jezik, primjerice, 'mciosinkroni' ili 'pleiosinkroni'. Utjecajni velečasni William Whe\vell imao je etimoloških primjedbi pa je umjesto toga predložio uporabu nastavka -*ski,* tako bismo dobili 'meionski', 'pleion-ski' i tako dalje. Pakle, nastavak -*ceu* bio je neka vrsta kompromisa.

Općenito govoreći, danas je geološko vrijeme podijeljeno u četiri velika dijela koje nazivamo erama: prekambrij. paleozoik (od grčkog, u značenju "stari život'), mezozoik ('srednji život') i kenozoik ('nedavni život'). Te četiri ere dijele se dalje u grupe od dvanaest do dvadeset pod-grupa. koje obično nazivamo razdobljima, iako su negdje poznale i kao sustavi. Većina njih prilično je dobro poznata: kreda. jura. trijas, silur i tako dalje.*

Nećemo iin.m nikakvu Rotiranje, ali ako ih ikada budete trebali zapamtiti, sjetile- se korisniu; savjeta (olina Wiliord a - ere Cprckambrij. paleozoik. mezozoik i kenozi iik) shvatite kao godišnja doba. a razdobl|a (perm. trijas, jura i tako dalje) kao mjeseee u vođini.

A onda su došle Lvellove epohe - pleistocen, miocen i tako dalje -koje se odnose na posljednjih (ali paleontološki burnih) 65 milijuna godina; postoji još gomila finijih potpodjela na razdoblja ili vjekove. Imena su uglavnom dobivali po mjestima - i gotovo uvijek su nespretna - llinojsko, desmoinsko, kimeridžijsko, kroasko i tako dalje u istom stilu. Srećom, osim ako geologiju ne izaberete za životni poziv, maloje vjerojatno da ćete za njih ikada više ćuti.

Dodatnu zbrku stvara v to što razdoblja imaju drugačije nazive u Sjevernoj Americi nego u Europi i cesto se samo otprilike vremenski poklapaju. Tako sjevernoameričko razdoblje *Ciuciiuiati* uglavnom odgovara razdoblju,--*{sligill,* uz mali dodatak nešto ranijeg karadokijskog doba.

Štoviše, sve se to mijenja od udžbenika do udžbenika i od osobe do osobe, tako da neki autoriteti opisuju sedam nedavnih epoha, dok su drugima dovoljne samo ćetiri. Također, u nekim su knjigama izbaćeni tercijar i kvartar, a zamijenjeni su razdobljima drugačijeg trajanja nazvanim paleogen i neogen. Drugi, opet, prekambrijsko razdoblje dijele u dvije ere, vrlo drevnu arhajsku eru i proterozoik, nešto mlađe doba. Ponekad ćete naići na termin fanerozoik, koji opisuje vremensko razdoblje koje obuhvaća ere kenozoika, mezozoika i paleozoika.

A sve to primjenjuje se samo na *vremenske jedinice.* Stijene su podijeljene na drugačije jedinice - sustave, nizove i faze. Razlikuju se pojmovi kasnijeg i ranijeg (odnosi se na vrijeme) te gornjeg i donjeg (odnosi se na slojeve stijena). Sve to može predstavljati veliku zbrku za nestručnjake, ali geolozima ta pitanja mogu uzburkati strasti. »Vidio sam odrasle ljude kako se pjene od bijesa nad tom metaforičnom milisekundom u povijesti postojanja života«, izjavio je britanski paleontolog Richard Fortcv pišući o dugotrajnoj raspravi oko granice između kambrija i ordovicija koja se vodila u 20. stoljeću.

Danas se barem možemo poslužiti sofisticiranim tehnikama za određivanje starosti. Veći dio 19. stoljeća geolozi su se uglavnom mogli osloniti samo na najbolju pretpostavku. Iako su mogli vremenski rasporediti različito stijenje i fosile, nisu imali pojma koliko su dugo trajala ta razdoblja, što im je predstavljalo izvor frustracija. Kad je Buck-land spekulirao na temu starosti kostura ihtiosaura, mogao je samo pretpostaviti daje živio u razdoblju između »deset tisuća [i] više *od* deset tisuća puta deset tisuća« godina prije njegova vremena.

Iako nije bilo pouzdana načina za datiranje razdoblja, nije nedostajalo ljudi koji su to pokušavali. Najpoznatiji rani pokušaj zabilježen je 1650. godine, kada je irski nadbiskup James Ussher, nakon temeljitog

proučavanja Biblije i drugih historijskih izvora, u svom raskošnom djelu *A)inah ofthe Olcl Testament* (Anali Starog Zavjeta) zaključio da je Zemlja stvorena u podne 23. listopada 4004. godine prije Krista, pa je ta tvrdnja vrlo dugo zabavljala povjesničare i autore udžbenika.*

Nekako je nastao mit - koji se navodi u mnogim ozbiljnim knjigama - da su Ussherovi stavovi dominirali znanstvenim uvjerenjima još dugo u 19. stoljeću i da ih je Lvell ispravio. Stephen Jay Gould u knjizi *TiiJie's Arrou>* (Strelica vremena) kao tipičan primjer navodi rečenicu iz jedne popularne knjige iz osamdesetih godina 20. stoljeća: »Dok Lvell nije objavio svoju knjigu, većina mislilaca prihvaćala je ideju da je Zemlja mlada.« A zapravo - nije. Kako ističe Martin J. S. Rudwick: »Nijedan geolog, čiji su rad ozbiljno shvaćali ostali geolozi, nije zastupao vremenski raspon ograničen na literarnu egzegezu Knjige postanka.« Gak je i velečasni Buckland, pobožna duša i pravi proizvod 19. stoljeća, primijetio da se u Bibliji nigdje ne tvrdi daje Bog stvorio Nebo i Zemlju prvog dana, nego samo »u početku«. Taj početak, razmišljao je on, mogao je trajati »milijune milijuna godina«. Svi su se slagali da je Zemlja vrlo stara. Pitanje je bilo samo - koliko stara?

Jedna od boljih ranih ideja datiranja planeta potekla je od uvijek pouzdanog Edmonda Halleyja, koji je 1715. godine tvrdio kako bismo, ako podijelimo ukupnu količinu soli u svjetskim morima s količinom koja se svake godine doda, dobili godine postojanja oceana, a to bi nam u grubim crtama dalo predodžbu o starosti Zemlje. Logika formule bila je privlačna no, nažalost, nitko nije znao koliko soli ima u moru ni koliko se ta količina godišnje povećava, pa je eksperiment bio neizvediv.

Sedamdesetih godina 18. stoljeća prvi pokušaj mjerenja koji bi se, barem izdaleka, mogao nazvati znanstvenim izveo je Francuz Georges--Louis Leclerc, Comte de Buffon. Već se dugo znalo da Zemlja isijava određenu količinu topline - to je bilo jasno svakome tko je sišao u rudnik - ali nije bilo načina da se procijeni stopa tog rasipanja. Buffonov pokušaj sastojao se od zagrijavanja kugli do žara; zatim bi ih dodirivao dok su se hladile kako bi procijenio brzinu gublenja topline (pretpostavljamo, u početku vrlo lagano). Na temelju tog promatranja procijenio

Iako se u gotovo svakoj knjizi nade mjesta za Usshera. pojedinosti vezane uz njega upadljivo se razlikuju. U nekim knjigama tvrdi se da je svoju spoznaju obznanio 1650.. u drugim 1654.. a u trećini 1664. godine. Mnogi kao datum navodnog nastanka Zemlje navode 26. listopada. A barem jedna knjiga njegovo ime bilježi kao 'Usber'. U knjizi Stepliena |ay,i (ioulda *liioht I.irtlc l^i^ics* (Osam prašćića) zgodno je obrađen taj problem.

je daje starost Zemlje između 75 000 i 168 000 godina. Naravno, broj godina bio je veoma podcijenjen, ali to je svejedno bio radikalan stav i Buffon se našao pred prijetnjom izopćenja zbog svog istupa. Kao praktičan čovjek, odmah se ispričao zbog nepromišljene hereze, a onda je svoje zaključke veselo ponovio u sljedećim djelima.

Do sredine 19. stoljeća većina učenih ljudi smatrala je daje Zemlja stara barem nekoliko milijuna godina, možda i nekoliko desetaka milijuna, ali ne više od toga. Zato je nastalo veliko čuđenje kada je 1859. godine Charles Darvvin u svom O *podrijetlu vrsta (On the Origin of Spe-cies)* objavio daje geološkim procesima koji su oblikovali Weald, područje u južnom dijelu Engleske koje se proteže kroz pokrajine Kent, Surrev i Sussex, prema njegovu računanju trebalo 306662400 godina. Tvrdnja je bila šokantna djelomice i zato stoje bila tako određena, ali još više zato *što* je oborila prihvaćeno vjerovanje u godine Zcmljine starosti.* Pokazalo se daje ta tvrdnja bila toliko izazovna da ju je Darvvin izbacio iz trećeg izdanja knjige. No, ostao je bit problema. Darvvinu i njegovim prijateljima geolozima odgovaralo je da Zemlja bude stara, samo što nitko nije znao kako bi to dokazao.

Pitanje je, na štetu Darvvina i napretka, izazvalo zanimanje velikog lorda Kelvina (koji je, iako bez sumnje velik, u to doba bio još samo obični William Thomson; plemićki naslov dobit će tek 1892. godine, u šezdeset osmoj godini i pri kraju karijere; ali ovdje ću slijediti konvenciju pa ću ga retroaktivno zvati punim imenom). Kelvin je biojedna od iznimnih pojava 19. stoljeća - zapravo, bilo kojeg stoljeća. Njemački znanstvenik Hermann von Helmholtz, i sam sve prije nego intelektualni patuljak, zapisao je daje Kelvin »imao intelekt, lucidnost i živost misli« mnogo veću od bilo kojeg drugog čovjeka kojeg je upoznao. »Kraj njega sam se ponekad osjećao prilično tupo«, dodao je pomalo utučeno.

To je razumljiv osjećaj jer je Kelvin zaista bio svojevrsni viktorijanski supermen. Rođenje 1824. godine u Belfastu kao sin profesora matematike na Kraljevskoj akademskoj instituciji, ali ubrzo je premješten u Glasgovv. Tamo se Kelvin pokazao takvim čudom od djeteta da je primljen na Glasgovsko sveučilište u vrlo mladoj dobi, sa samo deset godina. Kad je zašao u rane dvadesete, već je bio studirao u Londonu

Dar\vin je volio točne brojeve. U jednom kasnijem djelu tvrdi d.i broj glista koje se momi nad na prosječnom jutru zemlje na engleskom selu i/nosi 53 7(Y7.

i Parizu, diplomirao je na Cambridgeu (gdje je osvojio sveučilišne nagrade u veslanju i matematici, a nekako je našao vremena i da osnuje glazbeno društvo), izabran je za člana sveučilišnog vijeća te je napisao desetak radova (na francuskom i engleskom) iz područja čiste i primijenjene matematike, a kako su bili nevjerojatno originalni, morao ih je objaviti anonimno zbog straha od nadređenih kolega. U dobi od dvadeset dvije godine vratio se u Glasgovv kako bi preuzeo prirodoslovni kolegij, a na tom položaju ostat će sljedeće pedeset tri godine.

Do kraja svoje duge karijere (živio je do 1907. godine, navršivši osamdeset tri godine), napisao je 661 rad, skupio 69 patenata (na kojima se silno obogatio) i stekao priznanja u gotovo svakoj grani prirodnih znanosti. Između ostalog, ponudioje metodu koja je izravno dovela do izuma rashladne tehnike, postavio je apsolutnu temperaturnu ljestvicu koja i danas nosi njegovo ime, izumio je pojačala koja su omogućila slanje telegrama preko oceana te je izvršio nebrojene inovacije na području brodogradnje i navigacije, od izuma popularnog pomorskog kompasa do konstrukcije prve sonde za mjerenje dubine. A to su bila samo praktična dostignuća.

Njegov teorijski rad na području elektromagnetizma, termodinamike i teorije svjetlosnih valova bio je jednako revolucionaran.* Imao je samo jednu manu, a to je bila nesposobnost da izračuna točnu starost Zemlje. To pitanje u većoj je mjeri obilježilo drugu polovicu njegove karijere, ali nikada se nije ni približio točnom broju. U prvom pokušaju iz 1862. godine u članku u popularnom magazinu *Maauillaii's* tvrdio je daje Zemlja stara 98 milijuna godina, ali je oprezno dopustio da se brojka može smanjiti na 20 milijuna godina ili povećati do 400 milijuna. S velikom zadrškom priznaje cia njegove kalkulacije mogu biti pogrešne, ukoliko »nas u velikom skladištu stvaranja čekaju nama još neznani izvori« - ali bilo je jasno da to nije smatrao vjerojatnim.

Posebno je razradio drugi zakon termodinamike. Za razmatranje tih zakona bila bi potrebna zasebna knjiga, ali iznosim kratak sažetak kemičara 1! W. Atkinsa. tek toliko da dobijemo predodžbu o čemu se radi: »Postoje četiri zakona, [reći po redu bio je drugi zakon, ali je prvi prihvaćen: prvi je bio nulti zakon, ali je posljednji Formuliran: pm zakon bio je drugi po redu. dok treći zakon možda i nije zakon u istom smislu kao i ostali.« Najkraće rečeno, drugi zakon tvrdi da uvijek dolazi do gubitka male količine energije. Ne može postojati ureda] koji je stalno u pogonu jer. ma koliko efikasan, uvijek bi gubio energiju i na kraju bi stao. Prvi zakon kaže ^\.\ se energija ne može stvoriti, a treći da se temperatura ue može sniziti do apsolutne nule: uvijek zaostaje neka mala količina topline. Kako je primijetio Dennis Overbve. tri glavna zakona ponekad se u šali opisuju kao: (1) ne možeš pobijediti. (2) ne možeš izjednačiti i (3) ne možeš izaći iz igre.

Kelvin će s vremenom postati manje siguran u svoje tvrdnje i više će griješiti. Stalno je smanjivao svoje procjene, od maksimuma od 400 milijuna godina do 100 milijuna, zatim na 50 milijuna, da bi 1897. godine na kraju došao do jedva 24 milijuna godina. Kelvin nije bio svojeglav. U fizici jednostavno nije postojalo ništa što bi moglo objasniti kako tijelo veličine Sunca može neprestano gorjeti više od nekoliko desetaka milijuna godina i pritom ne iscrpiti gorivo. Dakle, iz toga je slijedilo da su Sunce i njegovi planeti relativno, ali neizbježno mladi.

Problem je bio u tome što su svi fosilni dokazi bili u kontradikciji s tom teorijom, a u 19. stoljeću iznenada je otkriveno *mnogo* fosilnih dokaza.

6

ZNANOST PROČITANA IZ ZUBA I PANDŽI

Netkoje 1787. godine u Nevvjersevju - čini se daje zaboravljeno tko je to bio - pronašao ogromnu bedrenu kost koja je stršila na obali potoka koji se zvao Woodbury Creek. Kost očito nije pripadala nijednoj tada živućoj vrsti, pogotovo nijednoj koja je živjela u Nevvjersevju. Prema onome što znamo - a to nije mnogo - smatra se daje pripadala hadro-sauru, velikom dinosauru pačjega kljuna. Tada su dinosauri još uvijek bili nepoznati.

Kost su poslali doktoru Casparu Wistaru. vodećem američkom ana-tomu, koji ju je te jeseni opisao na sastanku Američkog filozofskog društva u Philadelpliiji. Nažalost, Wistar uopće nije prepoznao važnost te kosti pa je iznio samo nekoliko opreznih i neinventivnih primjedbi, tako da efekt zaista nije bio nikakav. Tako je propustio priliku da pola stoljeća prije ikoga postane otkrivač dinosaura. Štoviše, kostje izazvala tako malo zanimanja daje spremljena u skladište, a na krajnje potpuno nestala. Tako je prva ikada pronađena kost dinosaura ujedno bila i prva koja će biti izgubljena.

To što kost nije izazvala veliko zanimanje, prilično je čudno, jer se pojavila u doba kad se Amerika pjenila od uzbuđenja oko pronalaženja ostataka velikih drevnih životinja. Razlog toj pomami bila je neobična tvrdnja francuskog prirodnjaka Comte de BufTona - onog s užarenim kuglama iz prethodnog poglavlja - da su živa stvorenja iz Novog Svijeta

u gotovo svemu inferiorna onima iz Starog. U svojoj opsežnoj i veoma cijenjenoj *Histoire natiirclle* (Prirodopis) Buffonje napisao daje Amerika zemlja u kojoj voda stagnira, tlo je neplodno, životinje nemaju ni veličinu ni žilavost, a grada ini je oslabljena zbog »otrovnih isparavanja« koja se dižu iz kužnih močvara i mračnih šuma. U takvoj je okolini čak i domorocima Indijancima nedostajalo muževnosti. »Nemaju brade ni dlaka po tijelu«, mudro je primijetio Buffon, »a prema ženama nisu strastveni.« Njihovi reproduktivni organi su »mah i krhki«.

Buffonove primjedbe naišle su na iznenadujuče oduševljeno odobravanje u drugih autora, pogotovo onih čije zaključke nije ometalo stvarno poznavanje tog dijela svijeta. U popularnom radu pod naslovom *Recherches pliilosophiqttes sur les amerkains* (Filozofska istraživanja o Amerikancima) Nizozemac Corneille de Pauw objavljuje da muški domoroci u Americi nisu samo reproduktivno manjkavi nego im »toliko nedostaje muškosti da u njihovim grudima ima mlijeka«. Takva mišljenja bila su neočekivano dugovječna te su bila ponavljana ili su barem odzvanjala u europskim tekstovima sve do kraja 19. stoljeća.

Ne čudi da su takve klevete u Americi dočekane s indignacijom. Tho-mas Jefferson je u svoje *Notes on the State oj Vlrginia* (Bilješke o državi Virginiji) uklopio gnjevan i (kad vam kontekst ne bi bio poznat) prilično začudan odgovor te je potakao svog prijatelja iz New Hampshirea, generala Johna Sulhvana, da pošalje dvadeset vojnika u sjeverne šume kako bi pronašli mužjaka soba i pokazali ga Buffonu kao živ dokaz grade i veličanstvenosti američkih četveronožaca. Trebala su im dva tjedna da ulove odgovarajući primjerak. Ubijeni sob, nažalost, nije imao tako dojmljive rogove kakve je opisao Jefferson, ali Sullivan je domišljato dodao par jelenjih ili srnećih rogova, predloživši da ih stave umjesto pravih. Uostalom, tko bi u Francuskoj i znao primijetiti razliku?

Za to vrijeme prirodnjaci u Philadephiji - Wistarovu gradu - počeli su sastavljati kosti divovskog slonolikog stvorenja, koje je isprva bilo znano kao 'veliki američki mkognitum', a poslije je ne baš točno identificirano kao mamut. Prve takve kosti otkrivene su na mjestu zvanom Big Bone Lick u Kentuckvju, ali ubrzo su se posvuda počele pojavljivati i druge. Činilo se daje Amerika nekada bila domovina zaista dojmljivog bića - koje će sigurno opovrgnuti Buffonove glupe galske uvrede.

U gorljivu nastojanju da prikažu veličinu i moć inkognituma, američki prirodnjaci su se, čini se, pomalo zanijeli. Precijenili su veličinu stvorenja za oko šest puta i dodah mu zastrašujuće pandže, koje su zapravo pripadale *Me^alonyxu* ili divovskom ljenjivcu koji je pronađen u

blizini. Zanimljivo je kako su sami sebe uvjerili daje ta životinja imala »spretnost i žestinu tigra« pa su je na ilustracijama prikazivali kako se mačjom elegancijom baca sa stijena na plijen. Kada su otkrivene kljove, pokušali su ih ugurati u glavu životinje na sve moguće maštovite načine. Jedan joj je restaurator naopako prišarafio kljove, poput očnjaka u sabljastog tigra, tako daje životinja dobila željeni agresivni izgled. Drugi joj je stavio kljove tako da su se savijale unatrag, u skladu sa zanimljivom teorijom daje ta životinja živjela u vodi pa se njima u snu sidrila za stabla. Po svemu sudeći, životinja je bila izumrla, i to je bio najčvršći zaključak u vezi inkognituma - no, Buffon je tu činjenicu radosno upotrijebio kao dokaz nepobitno degenerativne prirode inkognituma.

Buffon je umro 1788. godine, ali kontroverza se nastavila. Odabrane kosti otputovale su 1795. godine u Pariz, gdje ih je proučio mlađahni aristokrat Georges Cuvier, nova zvijezda paleontologije. Cuvier je svojim genijem već bio zadivio ljude, spajajući hrpe rastavljenih kostiju u suvisle oblike. Pričalo se da može opisati izgled i prirodu životinje na temelju jednogjedinog zuba ili komadića čeljusti te često, kao dodatak, imenovati vrstu i rod. Shvativši da se nitko u Americi nije sjetio fomal-no opisati nezgrapnu zvijer, Cuvier je to obavio i tako postao službeni otkrivač. Nazvaoju je *mastodont* (što znači, možda pomalo neočekivano, 'bradavičasti zub').

Potaknut kontroverzom Cuvier je 1796. godine napisao ključan rad. *Zapis o vrstama živih i fosilnih slonova,* u kojem je prvi put službeno iznio teoriju o izumiranju vrsta. Za religiozne ljude, uključujući i samog Cuviera, taje ideja izazivala neugodne implikacije jer je pretpostavljala neuračunljivu svojevoljnost Proviđenja. Zašto bi Bog stvarao vrste samo da bi ih zatim uništio? Takav stav bio je u suprotnosti s vjerovanjem u Veliki lanac bivanja, što podrazumijeva daje svijet brižno uređen i da u njemu svaki živi stvor ima svoje mjesto i svrhu, tako je bilo oduvijek i zauvijek će biti. Ni Jefrcrson se nije mogao pomiriti s idejom da čitave vrste mogu tek tako nestati (ili. kaci smo već kod toga. evoluirati). Dakle, kad mu je objašnjeno kako bi bilo znanstveno i politički važno poslati istraživačku ekspediciju u unutrašnjost Amerike, dalje od Mississippija, on je to odmah prihvatio, nadajući se da će neustrašivi pustolovi pronaći krda zdravih mastodonata i ostalih ogromnih stvorenja kako pasu po plodnim ravnicama. Uz Williama Clarka za vodu je izabran Jeffersonov osobni tajnik i prijatelj od povjerenja. Merivv'ether Lewis, koji je ujedno bio i glavni prirodoslovac u toj

ekspediciji. Osoba koja gaje trebala savjetovati o tome što treba tražiti kad se radi o životinjama, živim ili mrtvim, bio je nitko drugi nego Caspar Wistar.

Iste godine - točnije, istog mjeseca - kad je proslavljeni aristokrat Cuvier izlagao u Parizu svoju teoriju o izumiranju vrsta, na drugoj strani Engleskoga kanala jedan mnogo manje poznat Englez shvatio je vrijednost fosila, što će također imati dugoročne posljedice. William Smith bio je mladi nadglednik gradnje na kanalu Somerset Coal. Uvečer 5. siječnja 1786. sjedio je u putničkom svratištu u Somersetu i usput zabilježio ono što će mu poslije donijeti slavu. Kako bismo mogli analizirati stijene, mora postojati neki način uspostavljanja korelacije, osnova prema kojoj možemo reći da su ove ugljonosne stijene iz Dcvona mlade nego one kambrijske iz Walesa. Smith je shvatio daje odgovor u fosilima. Pri svakoj promjeni kamenog sloja određene vrste fosila nestaju, dok druge nalazimo u sljedećim slojevima. Opažajući koje se vrste pojavljuju u kojem sloju, možemo odrediti relativnu starost stijena, gdje god se one pojavile. Na temelju svog geodetskog znanja Smith je odmah počeo crtati kartu kamenih slojeva u Britaniji, koja će nakon mnogih pokušaja biti objavljena tek 1815. godine i postati kamen temeljac moderne geologije. (Priča o tome dobro je prenesena u popularnoj knjizi Simona Winchestera *The Map that Changed the IVorld* ili *Karta koja je promijenila svijet).*

Začudo, nakon te spoznaje Smitha više nije zanimalo zašto su ti slojevi tako raspoređeni. »Ne pitam se više o podrijetlu slojeva i dovoljno mije što znam da postoje«, zabilježio je. *»Zašto* i *otkud* ne spada u područje rada rudarskog geodeta.«

Smithova otkrića na temu slojeva potkrijepila su moralnu dvojbenost teorije izumiranja vrsta. Kao prvo, to je potvrdilo da Bog nije svoja stvorenja uništavao samo povremeno nego i učestalo. Zbog toga nije izgledao toliko bezobziran koliko začudno neprijateljski raspoložen. Također, postalo je nužno, ali i nezahvalno, da se objasni zašto su neke vrste izbrisane dok su druge neometano nastavile postojati još eonima nakon toga. Očito, bilo je više istrebljenja nego se moglo pripisati jednoj biblijskoj poplavi zapamćenoj po Noi. Cuvier je na vlastito zadovoljstvo razriješio pitanje, objašnjujući da se Knjiga postanka odnosi samo na poplavu koja se dogodila nedavno. Čini se da Bog nije želio uznemiriti ili omesti Moj šija pričama o prijašnjim, nebitnim istrebljenjima.

Dakle, početkom 19. stoljeća fosili su neizbježno dobili na važnosti, čime je šteta zbog Wistarova propusta i nerazumijevanja važnosti

dinosaurske kosti još veća. Kako bilo, kosti su se odjednom počele pojavljivati posvuda. Amerikancima se ukazalo još nekoliko prilika da stcknu priznanje za otkriće dinosaura. ali sve su ih propustili. Ekspedicija Lewisa i Clarka prošla je 1806. godine kroz područje Ilell Crecka u Montani, gdje će se lovci na fosile poslije spoticati o kosti dinosaura; čak su i proučili ono za što će se poslije ispostaviti daje kost dinosaura usađena u stijenu, ali time nisu ništa postigli. U dolini rijeke Connecticut u Novoj Engleskoj pronađenojejoš kostiju i fosiliziranih otisaka stopala kada je Plinus Moodv, dečko s tarme. uočio drevne tragove na stijeni kod mjesta South Hadlcv u Massachusettsu. Neke su barem sačuvane - naročito kosti anhisaura, koje se nalaze u zbirci muzeja Peabodv na sveučilištu Yale. Te su kosti pronađene 1818. godine i bile su prve kosti dinosaura koje su proučene i arhivirane. Nažalost, kao takve nisu bile prepoznate sve do 1855. godine. Iste godine, 1818., umro je Caspar Wistar, ali svojevrsnu besmrtnost stekao je kada je botaničar Thomas Nuttall po njemu nazvao jednu krasnu vrstu puzavi-ce. Neki botaničarski puristi i danas zahtijevaju da se ta biljka navodi kao *IVistaria.*

Međutim, dotad se paleontološki zanos preselio u Englesku. Kod mjesta Lvme Regis na obali Dorseta 1812. godine jedna iznimna djevojčica, Mary Anning - stara oko jedanaest, dvanaest ili trinaest godina, ovisno o tome čiji prikaz tog događaja čitate - pronašla je neobično fosilizirano morsko čudovište dugačko pet metara, danas poznato kao ihtiosaur, usađeno u strme i opasne litice duž Engleskog kanala.

To je bio početak iznimne karijere. Anning će sljedećih trideset pet godina skupljati fosile i prodavati ih posjetiteljima. (Navodno je ona inspirirala poznatu jezikolonmu rečenicu - *She sells sea-slielh on tlic sea-shoiv.)* Ona će pronaći prvog plesiosaura. još jedno morsko čudovište, te jednog od prvih i najbolje očuvanih pterodaktila. Iako ništa od toga nije doslovno bilo dinosaur, tada to i nije bilo tako važno jer nitko nije niti znao što je to dinosaur. Bilo je dovoljno što su ljudi shvatili da su na svijetu postajala stvorenja koja nisu bila nalik ičemu dotad poznatom.

Anning nije bila spretna samo u pronalaženju fosila - iakoje u tome bila nenadmašna - nego ih je znala izvaditi s najvećom pažnjom i bez oštećenja. Ako ikada budete u prilici da posjetite dvoranu drevnih morskih gmazova u Prirodoslovnom muzeju u Londonu, preporučam vam da to učinite, jer nema drugog načina da u potpunosti shvatite

razmjere i ljepotu onoga stoje postigla ta djevojka, radeći gotovo bez ikakve pomoći, s najosnovnijim alatom i u gotovo nemogućim uvjetima. Samo za plesiosaura trebalo joj je deset godina strpljivog iskopavanja. Iako bez formalnog obrazovanja, Anning je stručnjacima ostavila dobre crteže i opise. No, čak i uz takve vještine, važni nalazi bili su rijetki pa je veći dio života provela u siromaštvu.

Teško je pronaći osobu koja bi u povijesti paleontologije bila zanemarenija od Mary Anning, ali postojao je netko tko joj se bolno približio. Zvao se Gideon Algernon Mantell, a bio je seoski liječnik u Sussexu.

Mantell je bio jadna zbirka nedostataka - bio je tašt, samoživ, drzak, zanemarivao je obitelj - ali nije bilo predanijeg amatera paleontologa od njega. Uz to, bio je dovoljno sretan da ima odanu i savjesnu suprugu. Dok je 1822. godine bio u kućnom posjetu u ruralnom dijelu Su-ssexa, gospoda Mantell otišla je u šetnju obližnjim puteljkom i na hrpi građevnog otpada, koji je služio za krpanje rupa na cesti, pronašla čudan predmet - zakrivljeni smeđi kamen, otprilike veličine malog oraha. Poznajući interes svog supruga za fosile te pomislivši kako bi i to mogao biti jedan, odnijela mu gaje. Mantell je odmah vidio daje to fosiliziran zub, a nakon kratkog proučavanja bio je siguran daje pripadao životinji koja je bila biljojed, gmaz i iznimno velika - desetak metara i više - i to iz razdoblja krede. U svemu je bio u pravu; ali to su bili hrabri zaključci, s obzirom da dotad ništa slično nije bilo viđeno, čak ni zamišljeno.

Svjestan da će njegov nalaz potpuno preokrenuti sve što se znalo o prošlosti, i zbog upozorenja svog prijatelja, velečasnog Williama Buck-landa - onog od halja i eksperimentiranju sklonog teka - neka oprezno nastavi. Mantell je proveo tri iscrpljujuće godine u traženju dokaza koji bi potkrijepili njegove zaključke. Tražeći mišljenje, poslao je zub Cuvieru u Pariz, ali veliki Francuz odbacio gaje zaključivši da pripada nilskom konju. (Cuvier se poslije duboko ispričavao za tu netipičnu pogrešku.) Jednog dana, dok je nešto proučavao u muzeju Hunterian u Londonu, Mantell se upustio u razgovor s kolegom istraživačem koji muje rekao da zub veoma sliči onima kakve imaju životinje koje on proučava, južnoameričke iguane. Na brzinu obavljena usporedba potvrdila je sličnost. Tako je Mantellova kreatura postala iguanodon, po lijenom tropskom gušteru s kojim ni na koji način nije bila povezana.

Mantell je pripremio rad koji je namjeravao predati Kraljevskom društvu. Nažalost, ispostavilo se daje u kamenolomu u Oxfordshireu pronađen još jedan dinosaur, a već je postojao i njegov formalni opis -

dao gaje velečasni Buckland, isti onaj čovjek koji gaje upozorio da ne žuri u istraživanju. To je bio megalosaur, a Bucklandu je ime predložio njegov prijatelj, doktor James Parkmson, nesuđeni radikal i osoba po kojoj je Parkinsonova bolest dobila ime. Buckland je, podsjetimo se, prije svega bio geolog, i to je pokazao u svom radu o megalosauru. U svom izvještaju za *Transaaions of tlie Geological Society oj London* primijetio je da zubi stvorenja nisu bili izravno urasli u viličnu kost, kao u guštera, nego su bili u dupljama, slično kao u krokodila. Iako je to primijetio, Buckland nije shvatio što to znači: naime, megalosaur je bio potpuno nova vrsta životinje. Iako njegov izvještaj ne obiluje oštrinom zapažanja, to je bio prva objavljeni opis dinosaura - i tako je Bucklandu, umjesto mnogo zaslužnijem Mantellu, pripala zasluga za otkriće te drevne vrste.

Ne sluteći da će razočaranje biti stalno obilježje njegova života, Mantell je nastavio lov na fosile - 1833. godine pronašao je još jednog diva, hileosaura - a od radnika u kamenolomu i farmera nabavljao je i druge, dok nije sakupio možda najveću zbirku fosila u Britaniji. Mantell je bio odličan liječnik i jednako nadaren lovac na kosti, ali nije mogao održavati oba talenta. Kako gaje obuzimala kolekcionarska manija, tako je zapuštao medicinsku praksu. Uskoro su mu fosili ispunili gotovo cijelu kuću u Brightonu i progutali dobar dio prihoda. Velik dio onoga štoje ostalo otišlo je na objavljivanje knjiga koje je malo tko želio čitati. *Illustrations oj the Geolo$y oj Sussex* (Primjeri geologije Susscxa) iz 1827. godine prodana je u samo pedeset primjeraka, a njega je to olakšalo za 300 funti - za ono doba neugodno veliku sumu.

U trenutku očaja Mantellu je palo na pamet da svoju kuću pretvori u muzej i naplaćuje ulaz, a onda je sa zakašnjenjem shvatio da bi mu takav trgovački potez uništio gospodsku reputaciju, a o znanstveničkoj da i ne govorimo - pa je dopustio ljudima da besplatno posjećuju njegovu kuću. Dolazili su na stotine, tjedan za tjednom, ometajući mu i liječničku praksu i privatni život. Na kraju je morao prodati veći dio svoje zbirke kako bi otplatio dugove. Nedugo nakon toga napustila ga je žena i odvela njihovo četvero djece.

Nevjerojatno, ali to je bio tek početak njegovih nevolja.

U Svdenhamu u južnom Londonu, na mjestu koje se zove Crvstal Palače Park, stoje neobične i zaboravljene stvari: modeli dinosaura u prirodnoj veličini, prvi na svijetu. Danas tamo ne dolazi mnogo ljudi, ali to je nekada bila jedna od najpopularnijih atrakcija u Londonu -

zapravo, kako je primijetio Richard Fortev, bio je to prvi tematski park na svijetu. Mnogo toga na modelima baš i nije točno. Iguanodonov palac stoji mu na nosu, kao neka vrsta roga, a on stoji na četiri masivne noge zbog čega izgleda kao nabijen i predimenzioniran pas. (Uistinu, iguanodon nije čučao na sve četiri, nego je bio dvonožac.) Gledajući ih sada, teško biste pogodili da su te čudne i nespretne zvijeri mogle izazvati velike sukobe i ogorčenost, ali bilo je tako. U povijesti prirodnih znanosti možda ništa nije bilo toliko u središtu žestokih i dugotrajnih netrpeljivosti kao ta vrsta drevnih zvijeri poznatih kao dinosauri.

U doba izgradnje modela dinosaura Svdenham je bio na rubu Londona i njegov prostrani park smatrao se idealnim mjestom za rekonstrukciju slavnog Kristalnog dvorca, građevine od stakla i lijevanog željeza koja je bila središnji eksponat Velike izložbe 1851. godine, pa je logično daje novi park po njoj dobio ime. Dinosauri napravljeni od cementa bili su neka vrsta dodatne atrakcije. Na Staru 1853. godinu u unutrašnjosti nedovršena iguanodona priređen je znameniti ručak za dvadeset jednog istaknutog znanstvenika. Gideon Mantell, čovjek koji je pronašao i identificirao iguanodona, nije bio među njima. Osoba na čelu stola bila je najveća zvijezda mlade paleontološke znanosti. Njegovo ime bilo je Richard Owen i dotad je već nekoliko uspješnih godina zagorčavao život Gideonu Mantellu.

Ovven je odrastao u Lancasteru na sjeveru Engleske, gdje se školovao za liječnika. Bio je rođeni anatom i toliko predan studiju daje ponekad protuzakonito posuđivao udove, organe i druge dijelove leševa te ih odnosio kući Lako bi ih u miru secirao. Jednom, dok je u vreći nosio glavu crnog afričkog mornara koju je upravo odrubio, Ovven se poskliznuo na mokroj kaldrmi i'užasnuto gledao kako se glava kotrlja niz put, prolazi ravno kroz otvorena vrata neke kuće i zaustavlja se u predvorju. Možemo samo zamisliti što su rekli stanari kad im se pred noge dokotrljala odrubljena glava. Čini se da nisu donijeli nikakav ishitren zaključak kada je trenutak kasnije dojurio mladić izbezumljena izgleda, bez riječi pokupio glavu i ponovno izjurio van.

U dobi od dvadeset jedne godine Ovven se 1825. godine preselio u London. Na Kraljevskom medicinskom koledžu dobio je zadatak da pomogne u organiziranju njihove bogate, ah nesređene zbirke medicinskih i anatomskih uzoraka. Većinu toga ostavio je John Hunter, istaknuti kirurg i neumoran sakupljač medicinskih kurioziteta, ali ništa nije bilo kategorizirano niti organizirano, uglavnom zato što je dokumentacija vezana uz uzorke nestala nedugo nakon I Iunterove smrti.

Owen se odmah istakao svojim organizacijskim sposobnostima i zaključcima. Istodobno, pokazao se kao nenadmašan anatom s instinktom za rekonstrukciju gotovo ravnom velikom Olivieru iz Pariza. Postao je takav stručnjak za životinjsku anatomiju da mu je bilo dodijeljeno prvenstveno pravo na svaku životinju koja uginc u londonskom zoološkom vrtu, a on ih je uredno dopremao na kucnu adresu kako bi ih pregledao. Jednom se njegova supruga vratila kući i u zakrčenom predvorju zatekla nedavno preminulog nosoroga. Ovven je vrlo brzo postao vodeći stručnjak za sve moguće životinje, žive ili izumrle - od čudnovatoga kljunaša, ježaca i novootkrivcnih tobolčara do nesretnog dodoa i izumrlih divovskih ptica zvanih moa, koje su tumarale Novim Zelandom dok ih Maori nisu izlovili za hranu. Bio je prvi koji će opisati arheopteriksa nakon otkrića u Bavarskoj 1861. godine i prvi koji će napisati službeni epitaf za pticu dodo. Ukupno je napisao oko šesto anatomskih radova. Zaista, čudesno velik opus.

No, Owcn je zapamćen po svom radu o dinosaurima. On je 1841. godine skovao termin *Diiiosauria.* To znači "strašni gušteri[1] i neobično je neprimjeren naziv. Kao što znamo, nisu svi dinosauri bili strašni -neki nisu bili veći od zečeva, vjerojatno i ništa manje plašljivi - a pogotovo nisu bili gušteri, koji su zapravo mnogo starija vrsta (za trideset milijuna godina). Ovven je bio svjestan da su ta stvorenja gmazovi i imao je na raspolaganju odličnu grčku riječ, *herpeton,* ali iz nekog razloga nije ju izabrao. I druga pogreška, koju je lakše oprostiti (s obzirom na tada mali broj uzoraka) - nije primijetio da dinosaure čine dvije, a ne jedna vrsta reptila: pticoliki i gušteroliki.

Ovven nije bio privlačna osoba, ni izgledom ni temperamentom. Na fotografiji iz njegovih kasnih srednjih godina suhonjav je i mračan, kao negativac iz viktorijanskih melodrama, duge, ravne kose i izbuljenih očiju - lice kojim se plaše mala djeca. Ponašao se hladno, s visoka, a kada se radilo o ostvarenju ambicija, bio je bez skrupula. Bio je jedina osoba koju je Oharles Darvvin ikada javno mrzio. Cak se i Owenov sin (koji se nešto kasnije ubio) osvrnuo na »žaljenja vrijednu hladnoću srca« svog oca.

Zahvaljujući nesumnjivoj nadarenosti za anatomiju, uspio se provući i s evidentno nepoštenim postupcima. Prirodnjak T. H. I Iuxley 1857. godine prelistavao je novo izdanje *(Jliuirhill's Mcdiail Dircctoijja* kadaje uočio daje Ovven naveden kao profesor komparativne anatomije i fiziologije na Government School of Mines. To je poprilično iznenadilo I luxleya, koji je držat) tu katedru. Raspitujući se kako su u uredništvu

mogli tako pogriješiti, saznao je daje ta informacija potekla od samog doktora Ovvena. U međuvremenu je još jedan kolega po struci, Hugh Falconer, uhvatio Ovvena na djelu kad je pokušao prisvojiti zasluge za jedno njegovo otkriće. Drugi su ga optuživali da posuđuje uzorke, a onda tvrdi da to nije učinio. Ovvenje zapao u oštru raspravu čak i s kraljičinim zubarom oko autorstva teorije o fiziologiji zuba.

One koji mu se ne bi svidjeli progonio je bez milosti. Na početku karijere Ovvenje iskoristio svoj utjecaj u Zoološkom društvu da odbije kandidaturu mladog Roberta Granta, čiji je jedini zločin bilo to što se pokazao kao anatom koji obećava. Grantje ostao zapanjen kad je ustanovio da mu je naprasno zabranjen pristup anatomskim uzorcima koji su mu bili potrebni za istraživanje. Nije mogao nastaviti svoj rad pa je potonuo u razumljivu malodušnost i anonimnost.

Od Ovvenove neugodne pažnje nitko nije stradao više od nesretnog i sve tragičnijeg Gideona Mantella. Nakon stoje izgubio ženu, djecu, liječničku praksu i veći dio svoje zbirke fosila, Mantell se preselio u London. Sudbonosne 1841. godine, u kojoj će Ovven doživjeti najveću slavu povodom imenovanja i identificiranja dinosaura - Mantellu se dogodila strašna nesreća. Dok je u kočiji prelazio Clapham Com-mon, nekako je pao sa sjedala i zapleo se u uzde, a uspaničeni konji počeli su ga vući u galopu preko grubog terena. Nakon nesreće ostao je neizlječivo oštećene kralježnice, grbav, obogaljen i u kroničnim bolovima.

Okoristivši se Mantellovim lošim zdravstvenim stanjem, Ovven je počeo sustavno brisati njegove zasluge iz svih bilješki, preimenujući vrste kojima je Mantell prije mnogo godina dao ime i prisvajajući zasluge za njihovo otkriće. Mantell je i dalje pokušavao nastaviti svoja istraživanja, ali Ovven je iskoristio utjecaj u Kraljevskom društvu i pobrinuo se da većina njegovih radova bude odbijena. Ne mogavši više izdržati ni bolove ni progon, Mantell sije 1852. godine oduzeo život. Njegova deformirana kralježnica bila je izvađena i poslana u Kraljevski medicinski koledž gdjeje - eto ironije - ostala na brizi Richarda Ovvena, direktora muzeja Huntenan na istom koledžu.

Ali. uvredama se još uvijek nije nazirao kraj. Nedugo nakon Man-tellove smrti u časopisu *Literaij Gažene* pojavio se neugodno omalovažavajući nekrolog. Mantell je u članku bio opisan kao osrednji anatom čiji je skromni doprinos paleontologiji bio ograničen »željom za egzaktnim znanjem«. U nekrologu mu čak nije bilo priznato ni otkriće iguanodona, koje je. između ostalih, bilo pripisano Cuvieru i Ovvenu.

Iako tekst nije bio potpisan, stil je bio Ovvenov i nitko u svijetu prirodnih znanosti nije sumnjao u njegovo autorstvo.

Međutim, dotad su Owena već počela sustizati vlastita zlodjela. Početak njegova kraja započeo je odlukom Odbora Kraljevskog društva -kojem je inače on predsjedavao - da mu dodijeli najveće priznanje. Kraljevsku medalju, za rad o izumrlom mekušeu nazvanom belemnit. »Međutim«, kako piše Deborah Cadbury u svojoj sjajnoj povijesti tog razdoblja, knjizi pod naslovom *Terribk Lizard* (Strašni gušter), »taj rad nije bio baš tako originalan kako se činilo.« Ispostavilo se da je četiri godine prije belemnite otkrio prirodoslovac-amater Chaning Pearce, a o tom je otkriću izviješteno na sastanku Geološkog društva. Owen je bio na tom sastanku, ali to nije spomenuo Kraljevskom društvu kada je predavao svoj rad - tom je prilikom, ne slučajno, prekrstio stvorenje u *Beleiuiiites ou'i'tiii,* samom sebi u čast. Iako su Ovvenu dopustili da zadrži Kraljevsku medalju, epizodaje ostavila trajnu mrlju na njegovom ugledu, čak i među malobrojnim preostalim sljedbenicima.

Na kraju mu je Huxley uspio učiniti ono što je Ovven radio drugima: izglasano je njegovo isključenje iz vijeća Zoološkog i Kraljevskog društva. Kako bi zaokružio odmazdu, Huxley je postao novi profesor na Kraljevskom medicinskom koledžu.

Ovven se više neće baviti važnijim istraživanjima, ali druga polovica njegove karijere bit će posvećena jednom posebnom zadatku na kojem mu svi možemo biti zahvalni. Godine 1856. postao je upravitelj Prirodoslovnog odjela u Britanskom muzeju i u tom svojstvu bio je pokretačka sila nastanka londonskog Prirodoslovnog muzeja. Veličanstvena i omiljena gotička gromada u južnom Kensingtonu, otvorena 1880. godine, gotovo je u potpunosti testament njegovih vizija.

Prije Ovvena Muzej je prvenstveno bio namijenjen obrazovanju elite, ali ponekad je čak i njima bilo teško ući. U ranim danima Britanskog muzeja budući posjetitelji morali su predati pismenu molbu i proći kratak razgovor kako bi se procijenilo jesu li uopće podobni da uđu. Zatim su se morali još jednom vratiti kako bi preuzeli ulaznicu - pod pretpostavkom da su prošli na razgovoru - da bi na kraju iz trećeg pokušaja mogli pogledati muzejsko blago. Gak bi ih i tada gonili u grupama jer zastajkivanje nije bilo dozvoljeno. Ovven je želio da ulazak bude omogućen svakome, tako da potakne i radne ljude da navečer posjete Muzej, a smatrao je da bi većinu muzejskog prostora trebalo posvetiti izložbama za javnost. Gak je vrlo radikalno predložio postavljanje informativnih natpisa na svaki izložak kako bi ljudi zaista

mogli cijeniti ono što gledaju. Pomalo neočekivano, ali u tome mu se suprotstavio T. II. I Iuxlcy, koji je vjerovao da muzeji trebaju biti prvenstveno istraživački instituti. Pretvorivši Prirodoslovni muzej u instituciju otvorenu za svakoga, Owcn je promijenio naše shvaćanje svrhe muzeja.

Međutim, opći altruizam prema bližnjem nije ga odvratio od rivalstva osobnije vrste. Jedan od njegovih posljednjih službenih istupa bilo je lobiranje protiv prijedloga da se podigne spomenik Charlesu Dar-winu. U tome nije uspio - iako je neizravno postigao nenamjeran trijumf. Pri pogledu sa stubišta glavne dvorane Prirodoslovnog muzeja danas dominira njegov kip, dok su Darvvin i T. H. Huxley pomalo opskurno smješteni u muzejski kafić, gdje smrknuto zure u ljude koji se okrepljuju čajem i krafnama.

Bilo bi razumno pretpostaviti da su sitne pakosti Richarda Owena obilježile najnižu točku paleontologije 19. stoljeća, ali najgore je tek slijedilo, ovaj put preko bare. U posljednjem desetljeću stoljeća u Americi se razvilo spektakularno rivalstvo koje je bilojoš otrovnije, iako možda ne tako destruktivno. Rivali su bili dvojica čudnih i nemilosrdnih ljudi, Edvvard Drinker Ćope i Othniel Charles Marsh.

Imali su mnogo toga zajedničkog. Obojica su bila razmažena, svojeglava, samoživa, svadljiva, zavidna, nepovjerljiva i vječno nezadovoljna. Njih su dvojica mijenjala svijet paleontologije.

U početku su bili prijatelji i uzajamno se poštovali, čak su fosile nazivali jedan prema drugome, a 1868. godine zajedno su proveli jedan ugodan tjedan. Međutim, tada je medu njima nešto puklo - nitko ne zna točno što - i do iduće godine između njih je nastalo neprijateljstvo koje će u sljedeća tri desetljeća prerasti u žestoku mržnju. Moglo bi se reći da u svijetu prirodnih znanosti nisu postojala dva čovjeka koja su se uzajamno toliko prezirala.

Osam godina stariji Marsh bio je povučen, knjiški tip, uredne bradice i uglađenih manira, koji je malo vremena provodio na terenu, a i tada bi rijetko bio spretan u pronalaženju fosila. Prilikom posjeta slavnim poljima dinosaura u Como Bluffu u Wyomingu nije primijetio kosti koje su, po riječima jednog povjesničara, »posvuda ležale kao cjepanice«. No. imao je sredstva da kupi gotovo sve što poželi. Iako je potekao iz skromne sredine - otac mu je bio farmer na sjeveru države Ne\v York - ujak mu je bio iznimno bogat financijer George Peabodv, i bio je neuobičajeno široke ruke. Kad je Marsh pokazao

zanimanje za prirodne nauke, Peabody mu je sagradio muzej na Yaleu i osigurao sredstva koja su mu omogućila da ga ispuni čim god mu padne na pamet.

Copc je po rođenju imao više privilegija - njegov otac bio je bogat poslovni čovjek iz Plnladelphije - a od njih dvojice on je bio mnogo skloniji avanturama. Kada su u ljeto 1876. godine George Armstrong Gušter i njegove trupe bili poraženi kod Little Big Horna u Montani, Ćope je u blizini tragao za kostima. Kad su ga upozorili da to baš i nije najrazumniji trenutak za iskapanje bogatstava iz indijanske zemlje. Ćope je razmišljao samo trenutak i odlučno nastavio. Te mu je sezone predobro išlo. Jednom prilikom naletio je na četu sumnjičavih Indijanaca iz plemena Crovv, ali uspio ih je pridobiti tako štoje uporno vadio i stavljao svoje umjetno zubalo.

Prvih desetak godina Marshova i Copeova uzajamna antipatija isprva je imala oblik tihog bockanja, ali 1877. godine buknula je u grandioznim razmjerima. Kad je te godine učitelj iz Colorada Arthur Lakes planinario s prijateljem u blizini grada Morrisona pronašao je neke kosti. Vidjevši da su te kosti slične onima 'divovskog guštera', Lakes je nekoliko uzoraka promišljeno poslao i Marshu i Copeu. Oduševljeni Ćope poslao je Lakesu 100 dolara za njegov trud i zamolio ga neka nikome ne govori o svom otkriću, pogotovo ne Marshu. Zatim je zbunjeni Lakes zamolio Marsha da preda kosti Copeu. Marsh je to i učinio, ali to je bila uvreda koju nikada neće zaboraviti.

To je ujedno označilo i početak rata između njih dvojice, sve ogorčenijeg, neobuzdanog i često smiješnog. Odnosi bi se znali tako zaoštriti da bi kopači iz jedne ekipe bacali kamenje na drugu. Ćope je čak jednom uhvaćen kako silom otvara sanduke koji su pripadali Marshu. Vrijeđali su jedan drugog u tisku i uzajamno si blatili rezultate. Animozitet je rijetko kada - možda i nikada - brže i uspješnije tjerao znanost naprijed. U sljedećih nekoliko godina samo njih dvojica povećali su broj poznatih vrsta dinosaura u Americi s devet na gotovo stotinu pedeset. Gotovo svaki dinosaur kojeg prosječan čovjek može navesti -stegosaur, brontosaur, diplodok, triccratops - otkriće je jednog od njih dvojice.* Nažalost, radili su u takvoj žurbi i tako neoprezno da im je često znalo promaknuti kako je novo otkriće zapravo nešto već poznato. Tako su vrstu zvanu *Uintatlures anceps* uspjeli 'otkriti' ništa manje nego dvadeset dva puta. Trebale su godine da se sredi bar dio klasi-

Casna miimk.i je *Tyran)iosaunis rt:\,* kojeg je 1902. godine pronašao Hanmin Broun.

fikacijske zbrke koju su njih dvojica stvorila. Neki dijelovi još uvijek nisu sređeni.

Od njih dvojice Ćope je imao čvršću znanstvenu podlogu. U nevjerojatno plodnoj karijeri napisao je oko 1400 stručnih članaka i opisao gotovo 1300 novih vrsta fosila (svih tipova, ne samo dinosaura) - u oba slučaja, više nego dvostruko od Marshova rezultata. Ćope bi napravio i više, ali je, nažalost, u starosti doživio prilično strmoglav pad. Naslijedivši bogatstvo 1875. godine, počeo je nerazumno ulagati u srebro i sve izgubio. Završio je u jednoj sobi u nekom *i*iladelfijskom pansionu, okružen knjigama, papirima i kostima. Za razliku od njega Marsh je svoje dane okončao u prekrasnoj kući u New Havenu. Ćope je umro 1897., a Marsh dvije godine poslije.

U posljednjim godinama života Ćope je razvio još jednu zanimljivu opsesiju. Najozbiljnijeje želio da bude proglašen za ogledni primjerak vrste *Homo sapieiis* - to jest, da njegove kosti budu službeni uzorak za ljudsku rasu. Ogledni primjerak neke vrste obično je prvi pronađeni uzorak kostiju, ali kako ne postoji prvi uzorak kostiju *Homo sapkusa,* stvorena je praznina koju je Ćope želio ispuniti. To je bila neobična i tašta želja, ali nitko se nije mogao sjetiti na temelju čega bije osporio. S tim ciljem, Ćope je oporučno ostavio svoje kosti Wistarovom institutu, učenom društvu u Philadelphiji koje su osnovali potomci čini se neizbježnog Caspara Wistara. Nažalost, nakon što su njegove kosti bile preparirane i složene, ustanovljeno je da pokazuju tragove početne faze sifilisa, što sigurno nitko ne bi poželio za ogledni primjerak svoje rase. Tako je Copeova želja, zajedno s njegovim kostima, bila potiho spremljena u ladicu. Još uvijek ne postoji ogledni primjerak suvremenog čovjeka.

Sto se tiče ostalih likova ove drame, Owen je umro 1892., nekoliko godina prije Copea i Marsha. Bucklandje na kraju poludio i završio kao nesuvisla olupina u ludnici u Claphamu, nedaleko od mjesta gdje je Mantell doživio svoju kobnu nesreću. Mantellova iskrivljena kralježnica bila je izložena u muzeju Hunterian gotovo čitavo stoljeće, prije nego što ju je milosrdno izbrisala njemačka avionska bomba. Ono što je ostalo od Mantellove kolekcije, nakon njegove smrti pripalo je njegovoj djeci, a sin Walter odnio je veći dio na Novi Zeland, kamo je emigrirao 1840. godine. Waltcr je postao istaknuti *Kiivi* i završio u fotelji Ministarstva za pitanja domorodaca. Najbolje primjerke iz zbirke svog oca, uključujući i slavni zub iguanodona, doniraoje 1865. godine Kolonijalnom muzeju u Wellingtonu (današnjem Muzeju Novog

Zelanda), gdje se nalaze i dandanas. Zub iguanođona s kojim je sve počelo - moglo bi se reći, najvažniji zub u paleontologiji - više nije izložen.

Naravno, potraga za dionsaurima nije završila smrću velikih lovaca na fosile 19. stoljeća. Štoviše, tek je počela, i to u neočekivanim razmjerima. Između smrti Copea i Marsha 1898. godine otkrivenje mnogo veći nalaz nego ijedan dotad - zapravo, primijećen je - na mjestu zvanom Bone Cabin Quarry, samo nekoliko kilometara dalje od prvobitnog Marshova lovišta u Como Bluffu u Wyomingu. Iz brežuljaka su virile stotine i stotine fosilnih kostiju. Bilo ih je toliko daje netko od njih sagradio kolibu - otuda i ime mjesta (Kamenolom Koštana koliba). Samo u prve dvije sezone tamo je iskopano 50 tona drevnih kostiju, a idućih šest godina svake ih je godine bilo još na desetke tona.

Do početka 20. stoljeća paleontolozi su imali doslovno na tone starih kostiju po kojima su mogli čeprkati. Problem je bio u tome što još uvijek nisu imali pojma koliko su te kosti stare. Još gore, prihvaćena starost Zemlje nije se mogla bez problema uskladiti s eonima, erama i epohama koji su očito činili prošlost. Daje Zemlja zaista stara samo dvadesetak milijuna godina, kako je uporno tvrdio veliki lord Kelvin, tada bi se u istom geološkom trenutku morali pojaviti i nestati gotovo čitavi rodovi drevnih životinja. To jednostavno nije imalo smisla.

Uz Kelvina sad su se i drugi znanstvenici okrenuli tom problemu i došli do rezultata koji su samo produbili nejasnoće. Samuel Haughton, cijenjeni geolog s koledža Trinitv u Dublinu. procijenio je dob Zemlje na 2300 milijuna godina - mnogo više nego itko drugi. Kada je na to bio upozoren, ponovio je kalkulacije i sveo brojku na 153 milijuna godina. John Joly, također s Trinitvja, odlučio je pružiti priliku oceanskoj soli Edmonda Hallevja, ali njegova se metoda temeljila na toliko mnogo pogrešnih pretpostavki da je beznadno zabrazdio. Izračunao je da je Zemlja stara 89 milijuna godina - što se lijepo uklapalo u Kelvinove pretpostavke, međutim, ne i u realnost.

Zbrka je bila tolika da ste krajem 19. stoljeća, ovisno o izvoru kojim ste se služili, mogli doznati da broj godina između nas i pojave složenih oblika života u razdoblju kambrija iznosi 3 milijuna. 18 milijuna, 600 milijuna. 794 milijuna ili 2,4 milijarde godina - ili neki drugi broj u tom rasponu. Još 1910. godine najprihvaćenija procjena bila je ona Amerikanca Georgea Beckera, koji je starost Zemlje procijenio na jedva 55 milijuna godina.

Baš kad se činilo da su se stvari beznadno zapetljale, pojavio se jedan novi lik s inovativnim pristupom. Bio je to Ernest Rutherford, prodoran, pametan i mlad farmer s Novog Zelanda. On je ponudio prilično nepobitne dokaze daje Zemlja stara barem nekoliko stotina milijuna godina, a možda i više.

Zanimljivo, njegovi dokazi temeljili su se na alkemiji - prirodnoj, spontanoj, znanstveno uvjerljivoj i nimalo okultnoj, ali svejedno alkemiji. Pokazalo se da Nevvton ipak nije bio potpuno u ki'ivu. A kako je *to* točno dokazano, naravno, druga je priča.

7

ELEMENTARNA PITANJA

Često se kaže da kemija, kao prava i ozbiljna znanost, počinje s 1661. godinom, kada je Robet Boylc s Oxforda objavio knjigu *The Sccptical Chymist* (Skeptični kemičar) - prvo djelo koje će postaviti razliku između kemičara i alkemičara - ali taje transformacija bila polagana i često nasumična. Sve do 18. stoljeća učenjaci su se mogli osjećati sasvim ugodno u oba područja - poput Nijemca Johanna Bechera, koji je napisao trezven i besprijekoran rad iz područja mineralogije pod naslovom *Physica Subteiraiiea* (Priroda podzemlja), ali je isto tako bio uvjeren da uz pomoć odgovarajućih tvari može postati nevidljiv.

Možda ništa bolje ne opisuje čudnu i često hirovitu narav kemijske znanosti u njenim ranim danima od otkrića Nijemca Henninga Branda iz 1675. godine. Brandje bio uvjeren da se zlato može dobiti destilacijom iz urina. (Čini se da je sličnost u boji bila presudan faktor njegova zaključivanja.) Prikupio je pedeset vjedrica ljudskog urina, koje je mjesecima držao u podrumu. Raznim zamršenim postupcima prvo je urin pretvorio u otrovnu smjesu, a onda u prozirnu voštanu tvar. Naravno, ništa od toga nije sadržavalo zlato, ali ipak se dogodilo nešto čudno i zanimljivo. Nakon nekog vremena tvar je počela isijavati svjetlost. A kad bi se izložila zraku, često bi spontano planula.

Komercijalni potencijal tog pronalaska - koji je ubrzo postao poznat kao fostor, od grčkog i latinskog korijena u značenju 'svjetlonosan' -nije promakao spretnim poslovnim ljudima, ali zbog složene proizvodnje tvar je bila preskupa za eksploataciju. Cijena jedne unce fosfora -

oko 28 grama - u maloprodaji je iznosila 6 gvineja — oko 300 današnjih funti - dakle, više nego zlato.

U početku je vojnicima dopao zadatak pribavljanja sirovine, ali takvu je pogodbu bilo teško primijeniti pri proizvodnji u industrijskim razmjerima. Švedski kemičar Karl (ili Carl) Scheele pedesetih godina 18. stoljeća pronašao je način masovne proizvodnje fosfora, bez lokvica i smrada urina. Zahvaljujući tom ovladavanju fosforom, Švedska je postala i sve do danas ostala vodeći proizvođač šibica.

Scheele je bio izniman i nevjerojatno nesretan čovjek. Taj skromni apotekar s vrlo malo modernih instrumenata otkrio je osam elemenata - klor, fluor, mangan, barij, molibden, volfram, dušik i kisik - ali ni za jedan nije dobio priznanje. Javnost bi svaki put previdjela njegova otkrića ili bi ona bila službeno opisana tek kada bi ih otkrio netko drugi, neovisno od njega. Uz to, otkrio je mnogo korisnih spojeva, između ostalih, amonijak, glicerin i taninsku kiselinu te je bio prvi koji je prepoznao komercijalni potencijal klora kao sredstva za izbjeljivanjc - sve sama otkrića na kojima su se drugi veoma obogatili.

Scheeleova jedina velika mana bila je neobična ustrajnost u kušanju svega s čim bi radio, uključujući i takve zloglasno štetne tvari kao što su živa i cijanovodična kiselina - spoj toliko poznat po otrovnosti da ga je 150 godina poslije Ervvin Schrodingcr u svom slavnom fiktivnom eksperimentu izabrao za omiljeni toksin (vidi stranicu 130). Scheelcu se neoprez na kraju obio o glavu. U dobi od samo četrdeset tri godine, 1786. pronađen je mrtav za svojim radnim stolom okružen zbirkom otrovnih kemikalija, od kojih je svaka mogla izazvati ukočen smrtni izraz na njegovu licu.

Daje život pravedan i da svi govore švedski, Scheele bi posvuda uživao u pohvalama. Međutim, hvalospjevi su pripali sretnijim kemičarima, uglavnom onima s engleskog govornog područja. Scheele je 1772. godine otkrio kisik, ali iz različitih bolno složenih razloga otkriće nije uspio objaviti na vrijeme. Zasluga je pripisana Josephu Priestlevju, koji je taj element otkrio neovisno, ali kasnije, u ljeto 1774. godine. Još je teži propust što Scheele nije dobio priznanje za otkriće klora. Gotovo svi udžbenici otkriće još uvijek pripisuju Humphrevju Davvju. koji je zaista pronašao klor, ali *trideset šest* godina nakon Scheelea.

Iako je kemija daleko stigla u stoljeću koje je razdvajalo Nevvtona i Bovlea od Scheelea, Priestlevja i Henrvja Cavendisha, pred njom je još uvijek bio dug put. Do samog kraja 18. stoljeća (a u Priestlevjevu slučaju još malo kasnije), mnogi su znanstvenici tragali za tvarima koje

jednostavno ne postoje, a ponekad bi povjerovali da su ih zaista otkrili - pokvarene plinove, deflogistonirane morske kiseline, flusove, egzotična vapna, zemaljske isparine i, iznad svega, flogiston, tvar za koju se vjerovalo daje djelatna tvar kod izgaranja. Vjerovalo se da se u svemu tome negdje nalazi i misteriozni *elan t/ital,* životna sila koja oživljava neživa tijela. Nitko nije znao gdje je ta eterična esencija, ali dvije stvari činile su se vjerojatnima: daje možemo pokrenuti električnim udarom (stoje na najbolji način iskoristila Marv Shellev u svom romanu *Fran-kensteui);* i da u nekim tvarima postoji, dok je u drugima nema. Zato danas imamo dvije grane kemije: organsku (koja se bavi tvarima za koje se smatralo daje posjeduju) i anorgansku (koja se bavi onima koje je nemaju).

Bio je potreban netko s vizijom kako bi uveo kemiju u moderno doba, a takva su nam čovjeka dali Francuzi. Zvao se Antoine-Laurent Lavoisier. Lavoisier je roden 1743. godine kao pripadnik nižeg plemstva (njegov otac kupio je obitelji plemićki naslov). Godine 1768. počeo je raditi za općeprezrenu Ferme Generale, instituciju koja je skupljala državne poreze i naknade. Po svemu sudeći, Lavoisier je bio umjeren i pošten, ali ne i institucija za koju je radio. Kao prvo, ona nije oporezivala bogate, nego samo siromašne, i to često proizvoljno. Lavoisieru je ta institucija bila privlačna jer mu je osiguravala sredstva kojima se mogao posvetiti svom glavnom pozivu, znanosti. U najboljim danima njegovi prihodi iznosili bi 150 000 livri godišnje - oko 12 milijuna funti u današnjem novcu.

Tri godine nakon što se otisnuo na put uspješnog posiovnog čovjeka, oženio je četrnaestogodišnju kćer jednog od svojih šefova. Brak je bio sretan spoj srca i uma. Madam Lavoisier imala je oštar intelekt i ubrzo je počela uspješno surađivati sa svojim suprugom. Usprkos zahtjevnom poslu i napornom društvenom životu, dnevno bi uspjeli odvojiti pet sati za znanost - dva rano ujutro i tri navečer - te cijelu nedjelju, koju su nazivali *svo]\m jonrde bonheur* (danom sreće). Uz to, Lavoisier je nekako našao vremena da bude povjerenik za barut, da nadgleda izgradnju zida oko Pariza, koji je trebao onemogućiti ulazak krijumčarima, te da sudjeluje u uspostavljanju metričkog sustava i sastavljanju priručnika *Methode de Noinenclature CJiimique* (Pravila kemijske nomenklature), koji je postao biblija za određivanje naziva elemenata.

Također, kao vodeći član Kraljevske akademije znanosti morao je sa zanimanjem pratiti sve što bi se našlo u žarištu zanimanja - hipnotizam. zatvorsku reformu, dišni sustav kukaca, opskrbu grada Pariza vodom.

U tom svojstva Lavoisier je 1780. godine iznio nekoliko nepovoljnih primjedbi na račun nove teorije izgaranja, koju je Akademiji ponudio jedan mladi oduševljeni znanstvenik. Iako teorija nije bila točna, mladi mu znanstvenik to nikada nije oprostio. A zvao se Jean-Paul Marat.

No, ima nešto što Lavoisier nikad nije učinio - nije otkrio novi element. U doba kada se činilo da gotovo svatko s epruvetom, plamenikom i nekoliko zanimljivih prašaka može otkriti nešto novo - i kada dvije trećine elemenata još uvijek nisu bile otkrivene - Lavoisier nije uspio pronaći nijedan jedini. To sigurno nije bilo zbog nedostatka epruveta. Lavoisier ih je imao 1300 u svom laboratoriju, koji je do granice razmetljivosti bio najopremljeniji privatni laboratorij svih vremena.

Umjesto toga objašnjavao je otkrića drugih. Odbacio je flogiston i pokvarene plinove. Prepoznao je kisik i vodik pa im je nadjenuo njihova moderna imena. Ukratko, doprinosio je unošenju reda, jasnoće i metode u kemiju.

Njegova luksuzna oprema ipak se pokazala vrlo korisnom. On i madam Lavoisier godinama su bili zaokupljeni vrlo egzaktnim proučavanjem koje je zahtijevalo točna mjerenja. Na primjer, utvrdili su da predmet koji brda ne gubi na težini, kako se dugo vjerovalo, nego postaje teži - što je bilo iznimno otkriće. Činilo se da predmet, dok hrda. privlači elementarne čestice iz zraka. To je bila prva od spoznaja koje su vodile zaključku da se materija može transformirati, ali ne i eliminirati. Kada biste sada zapalili ovu knjigu, njena bi se materija pretvorila u pepeo i dim, ali ukupna količina tvari u svemiru ostala bi ista. *T:* je pojava poznata kao očuvanje mase, i to je bila zaista revolucionarna ideja. Na nesreću, otkriće se poklopilo s drugom vrstom revolucije - onom francuskom - a u njoj se Lavoisier našao na potpuno pogrešnoj strani.

Ne samo stoje bio član ozloglašene Ferme Generale nego je s entuzijazmom gradio zid koji je okruživao Pariz - toliko omraženu utvrdu da su je pobunjeni građani prvu napali. Kao vodeći glas Narodne skupštine, Marat je na temelju toga 1791. godine optužio Lavoisiera i napomenuo da je već odavno trebao biti obješen. Ubrzo nakon toga zatvorena je Ferme Generale. Malo kasnije Marata je u kadi ubila ogorčena mlada žena po imenu Charlotte Cordav. ali za Lavoisiera je već bilo kasno.

Vladavina terora 1793. godine žestoko se zahuktala. Marija Antoa-neta poslana je na giljotinu u listopadu. Lavoisier je uhićen sljedećeg mjeseca dok je sa ženom planirao zakašnjeli bijeg u Škotsku. U svibnju je s trideset jednim porezničkim kolegom izveden pred Revolucionarni

tribunal (u sudnici je predsjedavala Maratova bista). Osmorica su oslobođena, ali Lavoisier i ostali odvedeni su ravno na Place de la Revolu-tion (današnji Place de la Concorde), sjedište najzaposlenijc francuske giljotine. Lavoisier je gledao kako njegovu tastu odrubljuju glavu, a onda je zakoračio i prepustio se sudbini. Za manje od tri mjeseca nakon toga, 27. srpnja na isti način i na istom mjestu bioje obezglavljen sam Robespierre, a Teror je ubrzo završio.

Sto godina nakon Lavoisierove smrti u Parizu je podignuta njegova statua, koja je bila predmet divljenja, sve dok netko nije primijetio da mu uopće ne sliči. Nakon ispitivanja kipar je priznao daje iskoristio glavu matematičara i filozofa Markiza de Condorceta - očito je imao jednu viška - pa se nadao da to nitko neće primijetiti, a ako i primijeti, mislio je da za to nitko neće mariti. Statua Lavoisier-Condoreeta ostala je na svom mjestu još pola stoljeća, do Drugog svjetskog rata, kad je jednogjutra uklonjena i pretopljena.

Početkom 19. stoljeća u Engleskoj se pojavila moda udisanja dušikovog suboksida, plina koji nasmijava, naime, otkrivenoje daje njegova konzumacija 'popraćena veoma ugodnim uzbuđenjem'. Sljedećih pola stoljeća to će biti omiljena droga medu mladima. Jedno učeno udruženje, Askezijsko društvo, neko se vrijeme nije bavilo ničim drugim. Kazališta su priređivala 'večeri plina koji nasmijava'; naime, dobrovoljci su se mogli osvježiti jednom poštenom inhalacijom, a onda bi zabavljali publiku svojim komičnim teturanjem.

Do 1846. godine nitko nije otkrio praktičnu primjenu dušikovog suboksida u anestetičke svrhe. Tko zna koliko je desetaka tisuća ljudi nepotrebno trpjelo bol pod kirurškim nožem jer se nitko nije dosjetio najočitije praktične primjene tog plina.

To navodim kako bih naglasio daje kemija, stigavši tako daleko u 18. stoljeću, u prvim desetljećima 19. stoljeća zapravo izgubila svoj zamah - slična stvar dogodila se geologiji u prvim godinama 20. stoljeća. Djelomice to ima veze s ograničenjima opreme - na primjer, do druge polovice stoljeća nije bilo centrifuge, stoje ozbiljno ograničilo razne eksperimente - dok su razlozi dijelom i društvene prirode. Općenito govoreći, kemija je bila znanost za poduzetnike, za one koji rade s ugljenom, potašom i bojama, a ne za gospodu, koju su više privlačile geologija, prirodoslovlje i fizika. (To je za kontinentalnu Europu vrijedilo nešto manje nego za Britaniju, ali neznatno.) Možda dovoljno govori podatak daje za otkriće Brovvnova gibanja, a što je jedno od naj-

važnijih otkrića stoljeća koje je potvrdilo aktivnu prirodu molekula, zaslužno opažanje škotskog botaničara Roberta Brovvna, a ne nekog kemičara. (Brown je 1872. godine primijetio da su sitna zrnca peludi na površini vode u stalnom pokretu, ma koliko on dugo čekao da se smire. Uzrok tog stalnog gibanja - djelovanje nevidljivih molekula -dugo je ostalo tajna.)

Stvari su mogle biti i gore da nije bilo sjajnog, nevjerojatnog lika po imenu grof od Rumforda koji je, usprkos blještavih: svog naslova, život započeo 1753. godine u Woburnu u državi Massachusetts kao obični Benjamin Thompson. Thompson je bio odvažan i ambiciozan, »skladan u likti i pojavi«, kada zatreba hrabar i iznimno bistar, ali neopterećen nezgodnom osobinom zvanom obzir. S devetnaest godina oženio je četrnaest godina stariju udovicu, a kad je izbila revolucija u kolonijama, nepromišljeno je stao na stranu lojalista i neko vrijeme špijunirao za njih. Sudbonosne 1776. godine, pred prijetnjom uhićenja »zbog mlaka stava po pitanju slobode«, napustio je ženu i dijete te pobjegao pred gomilom antirojalista naoružanih kantama punim vrelog katrana, vrećama perja i iskrenom željom da ga time urese.

Prvo se nastanio u Engleskoj, a potom u Njemačkoj, gdje je služio kao vojni savjetnik pri bavarskoj vladi, na koju je ostavio takav dojam daje 1791. imenovan grofom od Rumforda Svetog Rimskog Carstva. Dokje boravio u Mimchenu, projektirao je i utemeljio slavni park poznat kao Engleski vrt.

Između tih pothvata nekako je uspio naći vremena da se bavi ozbiljnom znanošću, i to naveliko. Postao je vodeći svjetski stručnjak za termodinamiku te prvi koji će rasvijetliti zakone konvekcijc tekućina i cirkulacije oceanskih struja. Također, izumio je više korisnih predmeta, uključujući i aparat za kuhanje kave, termičko donje rublje i grijalicu koja je i danas poznata kao Rumfordov plamenik. Tijekom boravka u Francuskoj 1805. godine osvojio je i oženio Mme Lavoisier, Antoine--Laurentovu udovicu. Brak nije bio sretan pa su se ubrzo rastali. Rumfordje ostao u Francuskoj, gdje je i umro 1814. godine, poštovan od svih, osim od svojih bivših žena.

Spominjemo ga zato stoje 1799. godine, tijekom relativno kratkog posjeta Londonu, osnovat) Royal Institution (Kraljevsku ustanovu), još jedno od brojnih učenih društava koja su nicala diljem Britanije krajem 18. i početkom 19. stoljeća. Neko vrijeme to je bila jedina ugledna institucija koja će aktivno podupirati mladu kemijsku znanost, gotovo isključivo zahvaljujući sjajnom mladiću koji se zvao Humphrv Davy.

On je imenovan na položaj profesora kemije ubrzo nakon nastanka ustanove, u kojoj je vrlo brzo stekao slavu iznimna predavača i produktivna istraživača.

Nakon preuzimanja položaja Davvje počeo otkrivati nove elemente, jedan za drugim - kalij, natrij, magnezij, kalcij, stroncij i aluminij*. Nije otkrio toliko mnogo elemenata zato što je imao niz lucidnih trenutaka spoznaje, nego zato što je razvio izvanrednu metodu primjene elektriciteta na talinu - odnosno elektrolizu rastaljenih soli. Ukupno je otkrio dvanaest elemenata, petinu poznatih u njegovi) doba. Davy je mogao učiniti i više da kao mladić nije razvio sklonost prema zavodljivim čarima dušikovog suboksida. Postao je toliko ovisan o tom plinu da gaje udisao (doslovno) tn-četiri puta dnevno. Pretpostavlja se da gaje to 1892. godine i ubilo.

Srećom, drugdje su djelovali trezveniji ljudi. Strogi kveker Johu Dal-ton 1808. godine postao je prvi čovjek koji je upoznao prirodu atoma (napredak o kojem ćemo malo kasnije više reći), a 1811. godine jedan Talijan predivnog opernog imena Lorenzo Romano Amadco Carlo Avogadro, grof od Quareque i Cerreta, došao je do otkrića koje će se dugoročno pokazati izvanredno važnim - zaključio je da jednaki volumeni različitih plinova pri istom tlaku i istoj temperaturi sadrže isti broj molekula.

U vezi s naizgled jednostavnim Avogadrovim zakonom, kako je nazvano to otkriće, bile su važne dvije stvari. Kao prvo. toje postavilo temelje za točnije mjerenje veličine i težine atoma. Primjenjujući Avogadrovu matematiku, kemičari su, na primjer, napokon mogli izračunati da tipičan atom ima dijametar od 0,00000008 centimetara, što je. naravno, vrlo malo. I drugo, to nitko nije doznao gotovo pedeset godina.**

To se dogodilo djelomice zato stoje sam Avogadro bio tip samotnjaka - radio je sam, rijetko je komunicirao s kolegama znanstvenicima.

U engleskom su se sačuvale dvije vcivije imena: *aliiiniiniiii* i *iiliiiiiiiniiim.* Zbrka oko naziva nastala je /bog Davvjcve nekaraktei istične neodlučnosti. Kada je taj element 1S0M. godine prvi put izolirao, nazvao ga je *jliuiiiiiiiiiu.* Iz nekog ra/loga razmislio je još jedinim 1 nakon četiri godine promijenio naziv u *aUmrimnn* Amerikanci su poslušno usvojili novi naziv, ali nije se svidio mnogim Britancima koji su upozorili da se tako niši obrazac nastavka *-inm.* uspostavljen u na/ivinia kao što su *ukiuin, ftroutiitni, ioJinin* (natrij), pa su dodali samoglasnik. Između ostalog. I)avy je izumio i zaštitnu rudarsku kacigu.

laj je zakon mnogo kasnije doveo do usvajanja Avoe:adrova broja, osnovne ni|erne jedinice u kemiji, koja je nazvana po Avogadru dugo nakon njegove smrti. To je broj molekula koje sadrži 2.01n grama vodika (ili jednak volumen bilo kojeg drugog plina). Njegova vrijednost je 0.0221307- 10". što je nevjerojatno velik broj. Studenti kemije du^o su se zabavljali

Objavio je samo nekoliko radova i nije prisustvovao nikakvim skupovima — doduše, tada nije bilo skupova na kojima bi sudjelovao ni mnogo kemičarskih časopisa u kojima bi objavljivao. Zapravo, to je vrlo neobičan podatak. Industrijsku revoluciju uglavnom je pokretao napredak u kemiji, no, kao organizirana znanost, kemija je desetljećima jedva postojala.

Društvo kemičara u Londonu osnovano je tek 1841. godine, redovni časopis nije izlazio do 1848. godine, a dotacije većina britanskih znanstvenih društava - Geološko, Geografsko. Zoološko, Hortikul-turno i Linneovsko (za prirodnjake i botaničare) - postojala već najmanje dvadeset godina, u nekim slučajevima i više. Suparnički Institut za kemiju nastao je 1877., čak godinu nakon osnivanja Američkog društva kemičara. Budući da se kemija tako sporo organizirala, novosti

0 Avogadrovom važnom otkriću iz 1811. godine nisu bile općepozna-
te do prvog Međunarodnog kongresa kemičara u Karlsruheu 1860.
godine.

Budući daje kemija tako dugo djelovala u izolaciji, konvencije su nastajale polako. Još dugo u drugoj polovici stoljeća formula I IoOo jednom je kemičaru mogla označavati vodu. a drugom vodikov peroksid. Formula C2H4 mogla je označavati 1 etilen i barski plin. Vjerojatno nije postojala molekula koja se svuda pisala na isti način.

Uz to, kemičari svi koristili i zbunjujuću raznolikost simbola i kratica, koje su često sami izmišljali. Šveđanin J. J. Berzelius unio je toliko potreban red predloživši da se simboli elemenata odrede prema njihovim grčkim ili latinskim imenima. Zatoje kratica za željezo Fe (od latinskog *fcmnii),* a za srebro Ag (od latinskog *argaitum).* To što se mnoge druge kratice poklapaju s njihovim engleskim nazivima (N za *iiitro^vn,* dušik: O za *oxygcn,* kisik; II za *liydivŁen,* vodik i tako dalje), odraz je latinskih korijena engleskog jezika, a ne njegova istaknuta položaja. Da bi izrazio broj atoma u molekuli, Berzelius je uveo indeksiranje, kao u

1 PO. Ni zbog kojeg određenog razloga poslije je postalo uobičajeno da
se broj upisuje dolje: I *iO.*

Usprkos povremenim naporima da se uvede red. kemija je u drugoj polovici 19. stoljeća bila u popriličnom neredu pa je svima laknulo kada

predočavanjem koliki je to 7,ipr,ivo broj pa vas mogu izvijestiti da je jednak broju zrnaca kukuruza za kokice kojima bi se prekrile Sjedinjene Države do visine od 14.5 kilometara ili. pak. broju šalica vode u Tihom oceanu, ili limenki pića koje bi. ravnomjerno posloženie. prekrile Zemlju do visine od 32(1 kilometara. Isti broj američkih centa bio bi dovoljan da *K)d* svake osobe na /.ciniji napravi bihjtinaša. !o |c velik broj.

se 1869. godine u javnosti pojavio jedan neobičan profesor sumanuta izgleda sa sveučilišta u Sankt Peterburgu. Bio je to Dmitrij Ivanovič Mendeljejev.

Mendeljejev se rodio 1834. godine u Tobolsku, na krajnjem zapadu Sibira, u obrazovanoj, relativno imućnoj i vrlo velikoj obitelji - zapravo toliko velikoj da se u povijesti gubi trag točnom broju Mendeljejevih: neki izvori tvrde da je bilo četrnaestero djece, a neki sedamnaestero. Kako bilo, svi se slažu daje Dmitrij bio najmlađi. Sreća nije uvijek pratila Mendeljejeve. Kad je Dmitrij bio mali, njegov otac, direktor mjesne škole, oslijepio je pa je majka morala početi raditi. Očito je bila iznimna žena jer je na kraju postala upraviteljicom uspješne tvornice stakla. Sve je išlo dobro do 1848. godine, kada je tvornica izgorjela a obitelj zapala u bijedu. Nepokolebljiva u odluci da svom najmlađem djetetu omogući školovanje, neustrašiva gospođa Mendeljejev 'odstopirala'je s mladim Dmitrijem šest i pol tisuća kilometara dug put do Sankt Peterburga - što je jednako putu od Londona do Gvineje - i smjestila ga u Pedagoški institut. Iscrpljena naporima umrla je ubrzo nakon toga.

Mendeljejev je vrijedno završio studij i dobio posao na tamošnjem sveučilištu. Bio je sposoban, ali ne i osobito istaknut kemičar, poznat više po neukrotivoj kosi i bradi, koju je podrezivao samo jednom godišnje, nego po svom umijeću u laboratoriju.

Međutim, 1869. godine, u dobi od trideset pet godina, počeo se zabavljati idejom kako da posloži elemente. U to doba elemente se obično grupiralo na dva načina - po atomskoj težini (u čijem je određivanju ključnu ulogu odigrao Avogadrov zakon) ili po zajedničkim osobinama (ovisno o tome jesu li metali ili nemetali). Mendeljejevljev uspjeh bio je u tome stoje shvatio da se ta dva principa mogu povezati ujedini tablicu.

Kako to u znanosti često biva, taj je princip već tri godine prije anticipirao kemičar-amater iz Engleske John Nevvlands. Postavio je tezu da elementi poredani po atomskoj težini pokazuju određena svojstva koja se ponavljaju na svakom osmom mjestu duž niza. Na nesreću, to je bila ideja čije vrijeme još nije bilo došlo - Nevvlands je to nazvao Zakonom oktava i povezao niz s oktavama na klavijaturi. Možda se radilo o načinu na koji je to Nevvlands izložio, ali ta zamisao smatrala se potpuno pretjeranom pa je postala predmetom masovne poruge. Na skupovima bi ga razdraganiji među prisutnima znali upitati može li natjerati svoje elemente da im nešto odsviraju. Obeshrabreni Nevvlands odustao je od propagiranja svoje ideje i uskoro potpuno nestao iz vida.

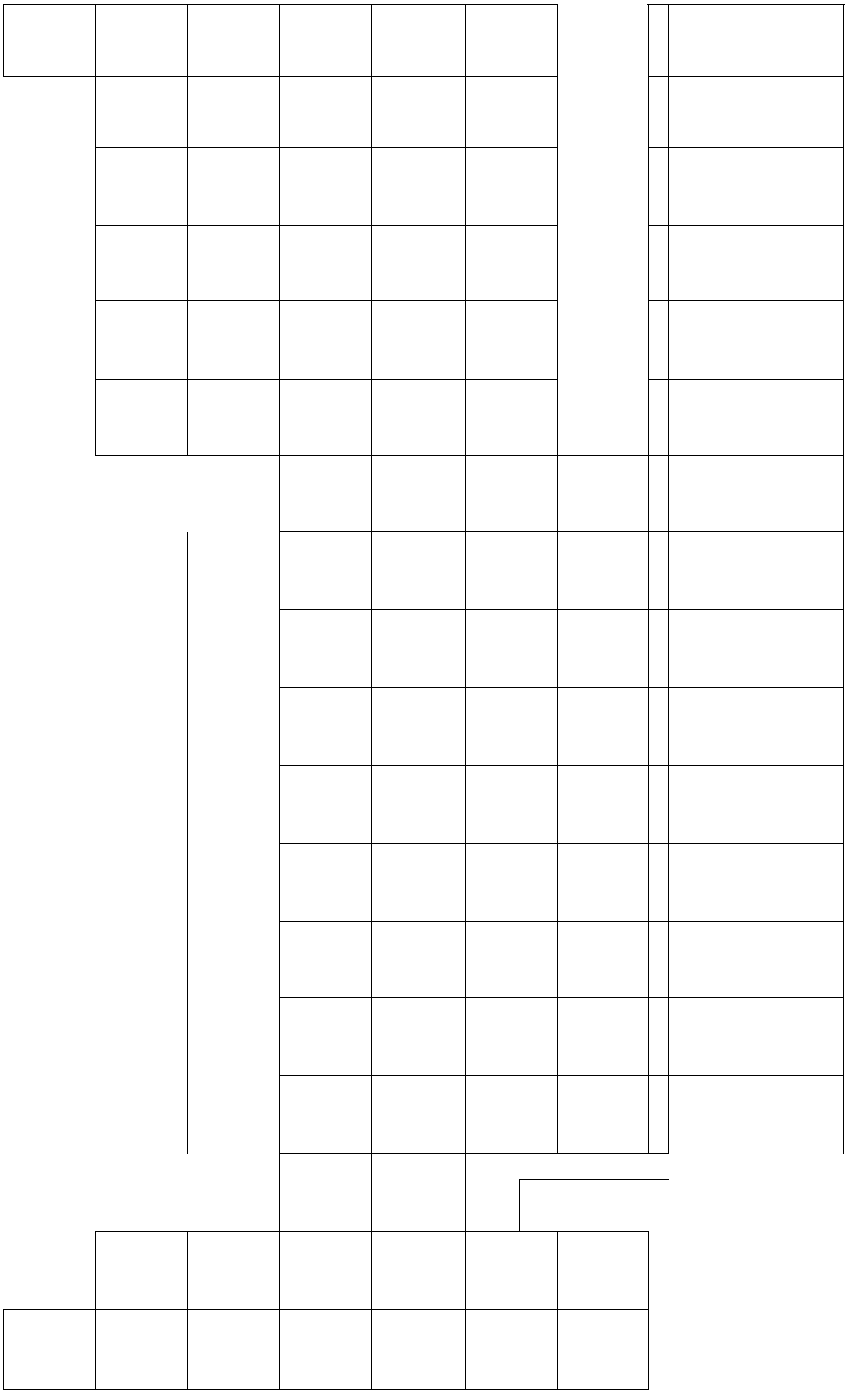
Mendeljejev je imao malo drugačiji pristup, u grupe je smještao po sedam elemenata, ali zapravo je pošao od iste premise. Ideja je odjednom izgledala briljantno i čudesno razumljivo. Kako su se svojstva ponavljala periodično, izum je postao poznat kao periodni sustav.

Mendeljejev je, navodno, bio inspiriran kartaškom igrom koju u Sjevernoj Americi zovu *solitaire,* a drugdje je poznata kao pasijans, u kojoj su karte vodoravno nanizane po boji i okomito po broju. Koristeći sličan koncept, poredao je elemente u vodoravne redove nazvane periode i u okomite stupce ili grupe. Kad se čitalo okomito, bio je evidentan jedan skup odnosa, a drugi kad se čitalo vodoravno. Preciznije, okomiti stupci okupljaju tvari koje imaju iste osobine. Tako se bakar nalazi iznad srebra, a srebro iznad zlata zbog njihovih kemijskih osobina kao metala, dok su helij, neon i argon u stupcu koji čine inertni plinovi. (Kasnije se shvatilo da tu periodičnost zapravo određuje broj takozvanih valentnih elektrona, no ako to želite shvatiti, morat ćete proučiti udžbenik iz kemije.) U vodoravnim redovima elementi se nižu od najmanjeg prema najvećem broju protona u jezgri - stoje poznato kao atomski broj.

Do strukture atoma i važnosti protona doći ćemo u sljedećem poglavlju; zasad trebamo shvatiti princip organizacije: vodik ima samo jedan proton pa je njegov atomski broj 1 i prvi je u tablici; uranij ima 92 protona pa je pri kraju i ima atomski broj 92. U tom smislu, kako kaže Phillip Bali, kemija se zaista svodi na brojanje. (Usput, atomski broj ne treba brkati s atomskom težinom ili masom: to je broj protona plus broj neutrona u nekom elementu.)

Još mnogo toga nije bilo poznato ili spoznato. Vodik je najčešći element u svemiru, ali to nitko nije shvatio sljedećih trideset godina. Helij, drugi najčešći element, bio je pronađen samo godinu prije - prije toga nije se niti slutilo da postoji - i čak nije bio pronađen na Zemlji, nego na Suncu. Opažcn je spektroskopom prilikom pomrčine pa je tako nazvan u čast grčkog boga Heliosa. Neće biti izoliran do 1895. godine. No, zahvaljujući izumu Mendeljejcva, kemija je sada bila na čvrstim nogama.

Većini nas periodni sustav predstavlja apstraktnu ljepotu, ali kemičarima je osigurao neprocjenjivo važan red i jasnoću. »Bez sumnje, periodni sustav kemijskih elemenata najelegantnija je organizacijska tablica ikada izumljena«, napisao je Robert E. Krebs u *The Histotj and U se of Our Eaith's Chemical Elements* (Povijest i primjena kemijskih elemenata naše Zemlje) - a slične izjave možete naći vjerojatno u svakoj objavljenoj povijesti kemije.



Danas imamo 'oko 120' poznatih elemenata - devedeset dva koji postoje u prirodi i nekoliko desetaka stvorenih u laboratoriju. Nije poznat točan broj jer superteški, sintetizirani elementi često postoje samo milijuntinu sekunde, a kemičari se ne slažu jesu li uopće primijećeni ili ne. U doba Mendeljejeva bila su poznata samo šezdeset tri elementa, ali dio njegove mudrosti bila je i spoznaja da tada poznati elementi ne čine cjelovitu sliku, da mnogi dijelovi nedostaju. Njegov sustav prilično točno predviđa gdje će se smjestiti novi elementi kada budu pronađeni.

Zapravo, nitko ne zna koliko bi ih moglo biti, iako se sve iznad atomske težine koja iznosi 268 smatra »čistom spekulacijom«; ali sigurno je - ako išta bude pronađeno, skladno će se smjestiti u Mendeljejevljevu sjajnu shemu.

Kemičarimaje 19. stoljeće priredilo još jedno, zadnje veliko iznenađenje. Počelo je 1896. godine kada je Henri Becquerel neoprezno ostavio zamotuljak s uranilnitratom (uranijskom soli) na umotanoj fotografskoj ploči u ladici. Kad je poslije izvadio ploču, s iznenađenjem je ustanovio da su soli na ploči ostavile trag kao daje bila izložena svjetlu. Sol je emitirala nekakve zrake.

S obzirom na važnost onoga stoje otkrio, Becquerelje učinio nešto čudno: cijelu stvar predao je na ispitivanje jednoj studentici. Srećom, ta studentica je bila Marie Curie, nedavno pristigla emigrantica iz Poljske. Radeći sa suprugom Pierreom, Curie je ustanovila da neke vrste kamenja ujednačeno isijavaju velike količine energije, a pritom se ne smanjuju niti se mijenjaju na neki primjetan način. Ono što ona i njen suprug nisu znali - ono što nitko nije mogao znati, sve dok Einstein u sljedećem desetljeću nije objasnio kako stoje stvari - bila je činjenica da to kamenje na iznimno efikasan način pretvara masu u energiju. Marie Curie nazvala je tu pojavu 'radioaktivnost'. U daljnjim istraživanjima Curicvi su pronašli i dva nova elementa - polonij, koji su nazvali po njenoj domovini, i radij. Bračni par Curie i Becquerel 1903. godine dobili su Nobelovu nagradu za fiziku. (Mane Curie 1911. godine dobit će još jednu, za kemiju; ona je jedina osoba koja je nagrađena i za kemiju i za fiziku.)

Na sveučilištu McGill u Montrealu mladi Novozelanđanin Ernest Rutherford počeo se zanimati za nove radioaktivne materijale. S kolegom Frederickom Soddvjem ustanovio je da male količine materije sadrže goleme količine energije i da je radioaktivni raspad zaliha tih tvari vjerojatno zaslužan za dobar dio topline Zemlje. Također, otkrili

su da se radioaktivni elementi pretvaraju u druge elemente - tako, recimo, jedan dan imate atom uranija, a drugi dan atom olova. To je zaista bilo iznimno. Bila je to čista, jednostavna alkemija; nitko nije ni sanjao da se nešto tako može dogoditi prirodno i spontano.

Uvijek pragmatični Rutherford bio je prvi koji će shvatiti da to može imati praktičnu primjenu. Primijetio je da radioaktivnom materijalu, bez obzira na količinu, uvijek treba isto vrijeme kako bi se raspala polovica količine - famozni poluživot, poluvijek ili, točnije, vrijeme polu-raspada* - i da se ta stabilna, pouzdana stopa raspada može koristiti kao neka vrsta sata. Ako izmjerimo količinu radioaktivnosti koju neki materijal ima danas te koliku je morao imati u početku, možemo izračunati njegovu starost. Testirao je komadić uranijeva oksida, glavne rude uranija, i ustanovio daje stara 700 milijuna godina - mnogo starija od dobi koju su mnogi bili spremni prihvatiti kao starost Zemlje.

U proljeće 1904. Rutherford je otputovao u London kako bi održao predavanje u Kraljevskoj ustanovi - slavnoj instituciji koju je osnovao grof od Rumforda prije samo 105 godina, iako se to napudrano doba perika činilo eonima daleko u usporedbi s poduzetničkom odlučnosti kasnih viktorijanaca. Rutherfordje govorio o svojoj novoj teoriji radioaktivnog raspada i tijekom izlaganja pokazao komad uranijeva oksida. Budući daje u publici bio i ostarjeli Kelvin - koji nije bio stalno budan - Rutherfordje taktično naveo kako je sam Kelvin rekao da bi otkriće nekog drugog izvora topline poništilo njegove kalkulacije. Rutherford je pronašao taj drugi izvor. Zahvaljujući otkriću radioaktivnosti, Zemlja bi mogla biti - a očito je i bila - mnogo starija od 24 milijuna godina, koliko su dopuštale Kelvinovc zadnje kalkulacije.

Kelvin se nasmijao na Rutherfordov obziran istup, ali ga to zapravo uopće nije diralo. Nikada nije prihvatio revidirane brojke i do smrti je

* Ako ste se ikada pitali kako atomi određuju kojih će 50 posto odumrijeti, a kojih 5(1 posto opstati do iduće prilike, odgovor glasi: poluživot je samo statistička veličina - vrsta statističke tablice za elementarna pitanja. Zamislite da imate uzorak materijala čiji je poluživot 30 sekundi. To ne znači da će svaki atom u uzorku postojati točno 30. 60 ili 90 sekundi, ili neko uredno mjerljivo razdoblje. Zapravo, svaki će atom živjeti neko potpuno nasumičuo vrijeme koje nema nikakve veze s iimnošeima broja 30; to mogu biti dvije sekunde od sada ili se može protegnuti na godine i desetljeća u budućnosti. Nitko to ne može znati. Ali možemo znati da je za uzorak u cjelini brzina raspada takva da će polovica atoma nestati svakih 30 sekundi. Drugim riječima, to je prosječna brzina i možemo je primijeniti na bilo koju veliku količinu. Na primjer, netko je izračunao da američke kovanice od 10 centi imaju poluživot od tridesetak godina.

vjerovao daje njegov rad na određivanju starosti Zemlje njegov najjači i najvažniji doprinos znanosti — mnogo veći od radova iz područja termodinamike.

Kao i u većini znanstvenih revolucija, Rutherfordova nova otkrića nisu bila svuda prihvaćena s dobrodošlicom. Joh Joly iz Dublina uporno je tvrdio, sve do tridesetih godina 20. stoljeća, da Zemlja nije starija od 89 milijuna godina, a u tome gaje uspjela prekinuti samo smrt. Drugi su se zabrinuli jer im je Rutherford sada dao previše vremena. Cak i uz radioaktivno datiranje i uz poznate rezultate mjerenja raspada, proći će desetljeća prije nego se približimo kojoj milijardi godina stvarne starosti Zemlje. Znanost je bila na pravom tragu, ali još veoma daleko od zaključka.

Kelvin je umro 1907. godine. Tu godinu obilježila je i smrt Dmitrija Mendeljejeva. Kao i Kelvinov, i njegov produktivni rad bio je već daleko iza njega, ali njegove pozne godine bile su mnogo manje spokojne. Medeljejev je s godinama postajao sve ekscentričniji i nezgodniji - nije priznavao postojanje radijacije, elektrona ni ičega drugog što je bilo novo. Posljednja desetljeća proveo je uglavnom bijesno napuštajući laboratorije i predavaonice diljem Europe. Element 101 nazvan je 1955. godine mendelevij, njemu u čast. »Popuno primjereno«, bilježi Paul Strathern, »jer je to nestabilan element.«

Naravno, radijacija je doslovno nastavila svojim putem, ali onako kako nitko nije očekivao. Početkom 20. stoljeća Pierre Curie počeo je osjećati znakove radijacijske bolesti - izrazito tupe bolove u kostima i kroničan osjećaj slabosti - što bi zasigurno vrlo neugodno napredovalo. Ne možemo biti sigurni do koje mjere jer gaje 1906. godine u Parizu pregazila kočija dok je prelazio ulicu, od čega je i umro.

Marie Curie provela je ostatak života radeći, struka ju je poštovala pa je 1914. godine sudjelovala u osnivanju slavnog Instituta za radij na Pariškom sveučilištu. Usprkos dvostrukoj Nobelovoj nagradi, nikada nije izabrana u Akademiju znanosti, uglavnom zato stoje nakon Pierre-ove smrti otpočela vezu s oženjenim fizičarom, dovoljno indiskretnu da skandalizira čak i Francuze - ili barem starce koji su bili na čelu Akademije, što je vjerojatno druga stvar.

Dugo se pretpostavljalo da bi nešto s toliko čudesno mnogo energije, kao stoje radioaktivnost, moralo biti korisno za zdravlje. Proizvođači paste za zube i laksativa godinama su u svoje proizvode dodavali radioaktivni torij, a barem do kasnih dvadesetih Hotel Glen Springs u području Finger Lakes u državi New York (vjerojatno i mnogi drugi)

ponosno je reklamirao terapeutsko djelovanje svojih »radioaktivnih mineralnih izvora«. Do 1938. godine nije bilo zabrane uporabe takvili tvari u robi široke potrošnje. Tada je već bilo prekasno za Mmc Ciirie, koja je 1934. godine umrla od leukemije. Štoviše, radijacija je toliko pogubna i dugotrajna da su njeni spisi iz devedesetih godina 19. stoljeća - čak i njene laboratorijske »kuharice« - i danas previše opasni. Njezine laboratorijske knjige čuvaju se u kutijama obloženim olovom, a oni koji ih žele vidjeti moraju navući zaštitnu odjeću.

Zahvaljujući predanom i po život nenamjerno opasnom radu prvih atomskih znanstvenika, na početku 20. stoljeća postalo je jasno daje Zemlja nesumnjivo poodmakle dobi, iako će proći još pola stoljeća prije nego što itko bude mogao točno utvrditi koliko je ta dob pood-makla. U međuvremenu, znanost je bila na pragu svog novog doba -onog atomskog.

III

OSVIT NOVOG DOBA

Fizičar je onaj koji o atomima *razmišlja na njihov način.*

Nepoznati autor

8

EINSTEINOV SVEMIR

Kako se 19. stoljeće bližilo kraju, znanstvenici su sa zadovoljstvom mogli konstatirati da su svladali većinu misterija fizikalnog svijeta: elektricitet, magnetizam, plinske zakone, optiku, akustiku, kinetiku i statičku mehaniku, da navedemo samo neke koji su kapitulirali pred njima. Otkrili su rendgenske i katodne zrake, elektron i radioaktivnost, izmislili su ohm, watt, kelvin, joule, amper i mali erg.

Ako su neku stvar mogli podvrgnuti oscilacijama, ubrzavanju, perturbacijama, destilacijama, kombinacijama, opterećenjima ili je pretvoriti u plinovito stanje, to bi učinili i pritom proizveli niz univerzalnih zakona od velike važnosti i veličanstvenosti: elektromagnetsku teoriju svjetlosti, Richterov zakon obrnutog razmjera, Charlesov plinski zakon, zakon zbrajanja volumena, nulti zakon, ideju valencije, zakon o djelovanju masa i nebrojene druge. Cijeli je svijet tutnjao i podrhtavao od strojeva i instrumenata koje je proizvela njihova domišljatost. Mnogi mudri ljudi vjerovali su da nije ostalo još mnogo toga što bi znanost mogla otkriti.

Kada je u Kielu jedan mladi Nijemac po imenu Max Planck 1875. godine trebao odlučiti hoće li život posvetiti matematici ili fizici, od srca su mu savjetovali neka ne izabere fiziku, jer je na tom polju već sve otkriveno. Uvjeravali su ga da će stoljeće koje dolazi obilježiti konsolidiranje i rafiniranje spoznaja, a ne revolucija. Planck nije poslušao. Studirao je teorijsku fiziku pa se dušom i tijelom bacio na istraživanje entropije, procesa koji leži u samoj srži termodinamike, stoje

ambicioznom mladiću izgledalo prilično obećavajuće.* Svoje rezultate objavio je 1891. godine i veoma razočarano saznao daje najvažnije istraživanje entropije *već* odradio Willard Gibbs, umirovljeni predavač sa Sveučilišta Yale.

Gibbs je možda najpametnija osoba za koju nitko nije čuo. Skroman gotovo do nevidljivosti, život je uglavnom proveo unutar područja od tri gradska bloka omeđena njegovom kućom i kampusom Yilea u Ncvv Havenu u državi Connecticut. Tijekom prvih deset godina na Yaleu nije se čak potrudio niti da podigne plaću. (Imao je vlastite izvore financiranja.) Od 1871. godine, kada je došao na Sveučilište kao profesor, do smrti 1903. godine njegovi kolegiji privlačili su u prosjeku malo više od jednog studenta po semestru. Bilo je teško pratiti i njegove pisane radove; služio se vrlo osebujnim načinom označavanja koji je mnogima bilo nerazumljiv. No, u njegovim nedokučivim formulacijama skrivali su se briljantni zaključci.

U razdoblju od 1875. do 1878. godine Gibbs je objavio niz radova, pod zajedničkim nazivom *On Eqitilibrium ojHeterogeneous Substances* (O ravnoteži u heterogenim tvarima), koji su iznimno dobro objasnili principe termodinamike - gotovo svega: »plinova, smjesa, površina, krutih tvari, faznih promjena... kemijskih reakcija, elektrokemijskih ćelija, se-dimentacije i osmoze«, citirat ću Williama r I. Croppera. Gibbs je zapravo dokazao da termodinamika nije primjenjiva samo na toplinu i mehaničku energiju u velikim razmjerima, kao u bučnog parnog stroja, nego je prisutna i utječe i na atomsku razinu kemijske reakcije. *G'ibbsov Eqni-libritim* stekao je titulu *»Principia* termodinamike«, ali zbog razloga koji nadilaze zdravorazumske spekulacije Gibbs je te ključne spoznaje odlučio objaviti u časopisu *Transactions oj the Coiinectiatt Academy of Arts and Sciences,* publikaciji kojaje bila nepoznata čak i u samom Connecticutu, zato Planck nije čuo za njega dok nije bilo prekasno.

Nepokolebljiv - dobro, možda malo pokoleban - Planck se posvetio drugim pitanjima.** Ubrzo ćemo se na to vratiti, ali najprije moramo

'* Preciznije, to je mjera nasunnčnosti ili nereda u sustavu. Darrell Ebbing u udžbeniku opće kemije vrlo korisno navodi usporedbu sa špilom karata. Nov tek otvoren špil karata, posložen od asa do kralja, može se opisati kao uređeno stanje. Pomiješajte karte i dovest ćete ih u stanje nereda. Entropija je način mjerenja stupnja tog stanja i određivanja vjerojatnosti određenog ishoda u sljedećim miješanjima. Kako biste u potpunosti shvatili entropiju, nužno je razumjeti koncepte kao što su neunitorninost topline, konstanta rešetke i ste-hionietrijski odnosi, ali to je osnovna ideja.

*'" Planck nije imao sreće u privatnom životu. Njegova voljena prva supruga umrla je rano. \$^{i}K)^{i}$). godine, a mladi od dva sina poginuo je u Prvom svjetskom ratu. Imao je i dvije kćeri.

malo (ali s razlogom) skrenuti u Clcveland u državi Ohio, u instituciju koja se tada zvala Gase School of Applied Science. Tamo je Albert Michelson, fizičar u ranim srednjim godinama, uz asistenciju svog prijatelja, kemičara Edvvarda Morlevja, osamdesetih godina 19. stoljeća proveo niz eksperimenata koji su dali neobične i uznemirujuće rezultate, što će biti odličan temelj za većinu stvari koje su uslijedile.

Iako nenamjerno, Michelson i Morlcv potkopali su dotadašnje vjerovanje u ono što se nazivalo svjetlonosni eter, stabilan i nevidljiv medij bez težine i trenja - i, nažalost, posve izmišljen - a smatralo se da prožima svemir. To je bila Descartesova ideja, koju je prihvatio Newton, a poštovali su je gotovo svi. Eter je u fizici 19. stoljeća zauzimao apsolutno središnje mjesto i bio je način da se objasni kako svjetlost putuje kroz svemirsku prazninu. U 19. stoljeću to je bilo naročito potrebno, jer su se svjetlost i clektromagnetizam tumačili kao valovi, odnosno kao određena vrsta vibracija. Vibracije se moraju događati *u* nečemu; otuda potreba i dugotrajna vjernost eteru. Veliki britanski fizičar *J.J.* Thomson čak je još 1909. godine tvrdio: »Eter nije fantastična tvorevina spekulativnog filozofa, nego je od suštinske važnosti, kao zrak koji udišemo« - a to je tvrdio više od četiri godine nakon stoje bilo prilično nepobitno dokazano da eter ne postoji. Najkraće rečeno, ljudima je eter bio zaista prirastao srcu.

Kada biste željeli ilustrirati Ameriku 19. stoljeća kao zemlju mogućnosti, za primjer sigurno ne biste odabrali život Alberta Michelsona. Rođenje 1852. godine na njemačko-poljskoj granici u obitelji siromašnih židovskih trgovaca, u Sjedinjene Države došao je s roditeljima kao dijete, a odrastao je u doba zlatne groznice u rudarskom naselju u Cali-forniji, gdje je njegov otac imao trgovinu. Kako je bio presiromašan da plati koledž, otputovao je u Washington i danima visio pred ulaznim vratima Bijele kuće, čekajući da predsjednik Ulvsses S. Grant izađe na svoju svakodnevnu šetnju pa da mu se pridruži. (Očito, bilo je to mnogo nevinije doba.) Nakon više takvih zajedničkih šetnji Michelson se toliko približio predsjedniku da mu je Grant osigurao besplatno mjesto na Mornaričkoj akademiji. Tamo je Michelson naučio sve o fizici.

blizankinje, koje je obožavao. Jedna je umrla pri porodu. Preživjela blizankmja preuzela je brigu za dijete i zaljubila se u supruga svoje pokojne sestre. Vjenčali su se, ali dvije godine kasnije i *ona* je umrla pri porodu. Kada je Planck 1944. godine trebao proslaviti osamdeset peti rođendan, jedna saveznička bomba pala je na njegovu kuću i on je izgubio sve - papire, dnevnike, sve stoje u životu skupio. Sljedeće godine njegov jedini sin uhvaćen je u zavjeri i pokušaju atentata na 1 lidera te je pogubljen.

Deset godina poslije, kada je već bio profesor na Case School u Clevelandu, Michelsona je zaokupio pokušaj mjerenja nečega što se naziva 'eterskim vjetrom' - svojevrsnog pramčanog vjetra koji susreću tijela dok prolaze svemirom. Prema jednom predviđanju njutnovske fizike brzina svjetlosti iz perspektive promatraća trebala bi varirati ovisno o tome kreće li se promatrač prema izvoru svjetlosti ili se udaljava od njega, ali nitko nije smislio način na koji bi to izmjerio. Michelson je uočio da Zemlja, na putu oko Sunca, pola godine putuje u jednom smjeru, prema Suncu, a pola u drugom, od njega, pa je smatrao da bi pažljivim mjerenjima u oba razdoblja i usporedbom vremena koje svjetlo utroši na putovanje u ta dva razdoblja mogao dobiti odgovor.

Michelson je nagovorio Alexandera Granama Bella, koji se upravo obogatio izumom telefona, da mu osigura novac za izgradnju osjetljiva instrumenta po vlastitom nacrtu, takozvanog interferometra, kojim bi mogao vrlo precizno mjeriti brzinu svjetlosti. Uz asistenciju genijalnog, ali nevidljivog Morlevja, Michelson se upustio u dugogodišnja savjesna mjerenja. Rad je bio vrlo zahtjevan i iscrpljujući pa su ga morali na neko vrijeme prekinuti kako bi Michelson pronašao vremena za kratak, ali pošten živčani slom, ali do 1887. godine imali su rezultate. No, to uopće nije bilo ono što su ta dva znanstvenika očekivala.

Kako je napisao astrofizičar s Caltecha Kip S. Thorne: »Pokazalo se daje brzina svjetlosti ista u *svim* smjerovima i u *svim* razdobljima.« U dvjesto godina to je bio prvi nagovještaj - nakon *točno* dvije stotine godina - da Nevvtonovi zakoni ne moraju biti primjenjivi svuda i uvijek. Michelson-Morlevjevi podaci postali su. po riječima Williama H. Cro-ppera, »možda najslavniji negativni rezultat u povijesti fizike«. Michelson je za to otkriće dobio Nobelovu nagradu - bio je prvi Amerikanac koji je dobio to priznanje - ali tek nakon dvadeset godina. Eksperimenti Michelsona i Morlevja u međuvremenu su lebdjeli u pozadini znanstvene misli kao neugodan miris.

Zanimljivo, ali usprkos svojim otkrićima, Michelson je u osvit 20. stoljeća bio medu onima koji su vjerovali daje posao znanosti gotovo završen i daje ostalo »još samo nekoliko tornjića i ukrasa koje treba iz-rezbariti«. kako je to opisao jedan autor u časopisu *Nature.*

Naravno, svijet je bio na pragu stoljeća znanosti, u kojoj mnogi neće shvatiti ništa i nitko neće shvatiti sve. Znanstvenici će uskoro biti izgubljeni u nevjerojatnom svijetu čestica i antičestica. u kojem se stvari pojavljuju i nestaju u vremenskom rasponu prema kojem nanosekunde izgledaju razvučeno i dosadno te u kojem je baš sve čudno. Znanostje

iz svijeta makrotizike, u kojoj su se tijela mogla vidjeti, opipati i izmjeriti, ulazila u svijet mikorfizike, u kojoj se događaji izmjenjuju nepojmljivom brzinom, a veličine su daleko izvan granica zamislivog. Uskoro ćemo ući u kvantno doba, a prvi koji će nam pridržati vrata bit će dosad zlosretni Max Planck.

Kao teoretski fizičar na Berlinskom sveučilištu i malo stariji - u četrdeset drugoj godini - Planck je 1900. godine obznanio novu, 'kvantnu teoriju', koja je tvrdila da energija nije kontinuirana pojava, kao voda koja teče, nego da se pojavljuje u pojedinačnim jedinicama koje je nazvao kvantima. To je bila *zaista* nova ideja, i to dobra. Kratkoročno gledano, ponudio je rješenje zagonetke Michelson-Morlevjevih eksperimenata jer je ta teza pokazala da svjetlost uopće ne treba val. Dugoročno, postavit će temelje cjelokupne moderne fizike. U svakom smislu, toje bio prvi znak da će se svijet uskoro promijeniti.

No, najvažniji događaj - osvit novog doba - nastupio je 1905. godine kada se u njemačkom časopisu za fiziku *Annalen der Physik* pojavio niz članaka jednog mladog švicarskog činovnika koji nije bio povezan ni s kakvim sveučilištem niti je imao pristup laboratoriju ili biblioteci većoj od one u Državnom patentnom zavodu u Bernu, gdje je radio kao tehnički inspektor treće klase. (Nedugo prije toga bila mu je odbijena molba za promaknuće u tehničkog inspektora druge klase.)

Njegovo ime bilo je Albert Einstein, a te godine bogate događajima poslao je *uAmtalen der Physik* pet radova, od kojih su tri, kako tvrdi C. P. Snow, »bila među najvećima u povijesti fizike«. Jedan je proučavao fotoelektrični efekt u svjetlu nove Planckove kvantne teorije, drugi se bavio ponašanjem sitnih čestica u suspenziji (stoje poznato kao Brow-novo gibanje), a treći je bio nacrt specijalne teorije relativnosti.

Prvi je svom autoru donio Nobelovu nagradu i objasnio prirodu svjetlosti (i omogućio postojanje televizije, između ostalog).* Drugi je pružio dokaz da atomi zaista postoje - zanimljivo, taje činjenica bila predmet rasprave. A treći je samo promijenio svijet.

Pomalo neodređeno. Einstein je dobio priznanje za »zasluge na području teorijske fizike«. Morao je čekati šesnaest godina, do 1921., kako bi primio nagradu - kad se sve uzme u obzir, to je prilično dugo. ali ništa u usporedbi s Frederickom Reincsom. koji je 1957. godine otkrio neutnno, ali je Nobelovku dobio tek 1995.. trideset osam godina kasnije, ili sa slučajem Nijemca Ernsta Ruska, koji je 1932. godine izumio elektronski mikroskop, a Nobelovu nagradu dobio 1986. godine, nakon više od pola stoljeća. Kako se Nobelova nagrada nikada ne dodjeljuje postlmmno. dugovječnost može biti važan preduvjet za dobivanje tog priznanja, ponekad koliko i genijalnost.

Einstein se rodio u Ulmu u južnoj Njemačkoj 1879. godine, ali je odrastao u Miinchenu. Malo je što u njegovu životu ukazivalo na buduću veličinu. Poznato je da nije naučio govoriti do treće godine. Kada je propao očev posao s elektrikom, obitelj se devedesetih godina 19. stoljeća preselila u Milano, ali tinejdžer Albert odlazi u Švicarsku kako bi nastavio školovanje - iako je u prvom pokušaju pao na prijemnom ispitu za fakultet. Kako bi izbjegao služenje vojske, 1896), godine odrekao se njemačkog državljanstva i upisao četverogodišnji studij za srednjoškolskog nastavnika prirodoslovnih predmeta na Politehničkom institutu u Zurichu. Bio je dobar, ali ne i izniman student.

Diplomirao je 1900. godine, a nakon nekoliko mjeseci počeo je objavljivati radove *uAimaleii der Physik.* Njegov prvi rad na temu fizike tekućina u slamkama za piće (da, baš o tome) pojavio se u istom broju kao i Planckova kvantna teorija. Od 1902. do 1904. napisaoje niz radova iz područja statističke mehanike, a ondaje otkrio daje samozatajni i produktivni J. Willard Gibbs u Connecticutu također obradio to područje u svom radu *Eleineiitaiy Principles oj Statistica! Mechatiics* (Osnovna načela statističke mehanike) iz 1901. godine.

Albert se zaljubio u kolegicu sa studija, Srpkinju Milevu Marić. Godine 1901. dobili su izvanbračno dijete, kćer koju su diskretno dali na usvajanje. Einstein nikada nije vidio svoje dijete. Dvije godine poslije on i Mileva su se vjenčali. U međuvremenu, Einstein je 1902. godine dobio posao u švicarskom Patentnom uredu, u kojem je ostao sljedećih sedam godina. Uživao je u svom poslu: bioje dovoljno izazovan da ga zaokupi, ali ne toliko zahtjevan da ga udalji od fizike. To su bile okolnosti u kojima je 1905. godine razradio svoju specijalnu teoriju relativnosti.

Rad O *elektrodinamici tijela u gibanju* najiznimniji je ikada objavljen znanstveni rad, koliko zbog stila kojim je napisan, toliko i zbog onoga o čemu govori. Nije bilo fusnota ni citata, nije sadržavao gotovo nimalo matematike, nije navodio nijedan rad koji mu je prethodio ili utjecao na njegov, a priznao je pomoć samo jedne osobe, kolege iz Patentnog ureda koji se zvao Michele Besso. Izgledaloje kao daje Einstein - piše C. P Snow - »došao do zaključka čistim razmišljanjem, bez ikakve pomoći, ne slušajući mišljenja drugih. U iznenađujuće velikoj mjeri bilo je upravo tako«.

Njegova slavna jednadžba, $E = mc^2$, nije se pojavila u tom radu, nego u kratkom dodatku koji je uslijedio nakon nekoliko mjeseci. Kao što se sjećate iz školskih dana, E u jednadžbi označava energiju, /// masu, a r- brzinu svjetlosti na kvadrat.

Jednostavno obja šnjeno, jednadžba tvrdi da između mase i energije postoji jednakost. To su dva oblika iste stvari: energija je oslobođena tvar; tvar je buduća energija. Budući daje c^2 (brzina svjetlosti pomnožena sama sa sobom) zaista golem broj, jednadžba govori da postoji velika količina - zaista velika količina - energije koja je sputana u svakoj materijalnoj stvari.*

Možda se ne osjećate naročito eksplozivno, ali ako ste odrasla osoba srednje visine, u svom skromnom tjelesnom okviru imate ništa manje nego $7 \cdot 10^{18}$joula potencijalne energije - dovoljno da eksplodirate snagom 2000 megatonskih hidrogenskih bombi, naravno, pod pretpostavkom da znate kako da tu energiju oslobodite i da to zaista želite izvesti. Baš sve u sebi ima zarobljenu takvu vrstu energije. Samo što još uvijek ne znamo kako bismo je mogli potpuno osloboditi. Cak i uranijska bomba - najrazornija stvar koju smo dosad proizveli - oslobađa manje od 1 promila energije koju bi inače mogla osloboditi kada bismo bili malo domišljatiji.

Osim mnogo toga drugog, Einsteinova teorija objasnila je kako djeluje radijacija: kako grudica uranija može emitirati stalne mlazove visoke energije, a da se pritom ne otopi kao kockica leda. (To je moguće zbog vrlo djelotvornog pretvaranja mase u energiju *a la* $E = me^2$.) Time je objašnjeno kako zvijezde mogu gorjeti milijardama godina i ne ostati bez goriva. (Q.E.D.) Jednim potezom Einstein je u jednostavnoj formuli geolozima i astronomima darovao raskoš milijardi godina. Iznad svega, specijalna teorija pokazala je daje brzina svjetlosti najviša konstanta. Ništa je ne može nadjačati. Taje teorija rasvijetlila (nenamjerna igra riječi) samu bit našeg razumijevanja prirode svemira. Ne slučajno, ali riješila je i problem svjetlonosnog etera, objasnivši da ne postoji. Einstein nam je otkrio svemir u kojem je eter bio izlišan.

Fizičari uglavnom nisu bili naročito zainteresirani za teze činovnika iz švicarskog patentnog zavoda pa su tako Einsteinovi radovi, usprkos obilju korisnih novosti koje su donosili, prošli prilično nezapaženo. Nakon stoje riješio nekoliko najvećih tajni svemira, Einstein se kandidirao za mjesto sveučilišnog predavača, ali je bio odbijen, a zatim i za

* Kako je 'c' postalo simbol za brzinu svjetlosti, ostaje tajna, ali David Bodanis tvrdi da je vjerojatno poteklo od latinskog *cvkritas.* što znači brzina. Relevantno izdanje *().\ford Unolish* DiVfioiMrvi'ii. rječnika koji je objavljen desetljeće prije Einstcinove teorije, tumači 'c' kao simbol za mnogo toga, od ugljena *(carbon)* do knketa *(iiickt't).* ali ne spominje ga kao simbol za svjetlost ili brzinu.

posao srednjoškolskog profesora, gdje su ga također odbili. Vratio se na svoje staro radno mjesto inspektora treće klase - naravno, razmišljao je i dalje. Nije bio još ni blizu kraju.

Kad je pjesnik Paul Valerv jednom upitao Einsteina ima li bilježnicu u koju zapisuje svoje ideje, Einstein gaje blago pogledao iskreno začuđen. »O, pa nije mi potrebna«, odgovorio je. »Rijetko mi što padne na pamet.« Ali kada bi mu nešto palo na pamet - suvišno je reći - obično je bilo revolucionarno. Sljedeća Einsteinova ideja bila je jedna od najvećih koja je ikada ikome pala na pamet - štoviše, baš najveća, kako tvrde Boorse, Motz i Weaver u svojoj povijesti atomske znanosti. »Kao djelo jednog uma«, pišu oni, »nesumnjivo, to je najveće intelektualno dostignuće ljudskog roda«, stoje najveći kompliment koji itko može dobiti.

Albert Einstein navodno je 1907. godine vidio radnika kako pada s krova i počeo razmišljati o gravitaciji, barem se tako ponekad navodi. Nažalost, kao i mnoge dobre priče, čini se da je i ova apokrifna. Sam Einstein tvrdi daje jednostavno sjedio i odjednom počeo razmišljati o problemu gravitacije.

Zapravo, ono čega se Einstein dosjetio prije je bilo nešto kao početak rješavanja problema gravitacije, jer mu je od samoga početka bilo jasno da njegovoj specijalnoj teoriji nedostaje upravo gravitacija. U specijalnoj teoriji bilo je 'specijalno' to što se bavila onim što se neometano giba. Ali što se događa kada nešto što se giba - prvenstveno svjetlost - naiđe na prepreku kao stoje gravitacija? To je bilo pitanje koje će ga zaokupljati gotovo cijelo sljedeće desetljeće, a početkom 1917. godine dovesti do objavljivanja rada »Kozmološka razmatranja opće teorije relativnosti«. Naravno, specijalna teorija relativnosti iz 1905. godine bila je temeljno i važno djelo, ali, kako kaže CP Snovv, da se toga nije sjetio Einstein, sjetio bi se netko drugi, i to vjerojatno u sljedećih pet godina; to je bila ideja koja je samo čekala da se pojavi. Ali opća teorija bila je nešto sasvim drugo. »Bez tog rada«, piše Snovv 1979. godine, »vjerojatno je da bismo do danas čekali na tu teoriju.«

Sa svojom lulom, genijalno samozatajnim ponašanjem i naelektriziranom kosom Einstein je bio previše upečatljiv lik da bi ostao trajno nepoznat, a svijet gaje naglo otkrio po završetku rata 1919. godine. Gotovo odjednom njegove teorije relativnosti stekle su reputaciju da je običnom čovjeku nemoguće da ih shvati. Kako navodi David Bodams u svojoj odličnoj knjizi *B = tnc*^{2}*,* nije pomoglo ni kad su urednici *Ncw*

York Tiiiicsa odlučili objaviti reportažu i - zbog razloga koji uredno izazivaju čuđenje - poslali svog dopisnika za golf, izvjesnog Henrvja Croucha, da napravi intervju.

Croucbje bio beznadno neupućen pa je gotovo sve pogrešno shvatio. Između ostalih dugovječnijih pogrešaka u njegovu tekstu bila je i tvrdnja daje Einstein pronašao izdavača koji je bio dovoljno hrabar da objavi knjigu koju je moglo razumjeti samo dvanaestero ljudi »na cijelom svijetu«. Iako takva knjiga nije postojala, kao ni izdavač, a ni takav krug učenih ljudi, tvrdnja je svejedno bila prihvaćena. Uskoro je u mašti široke populacije broj ljudi koji mogu shvatiti teoriju relativnosti još više smanjen - a treba reći da se znanstveni establišment nije previše potrudio kako bi poljuljao taj mit.

Kada je jedan novinar upitao britanskog astronoma Sira Arthura Eddingtonaje li istina daje on jedan od samo trojice ljudi na svijetu koji mogu shvatiti Einsteinove teorije relativnosti, Eddington se na trenutak duboko zamislio i odgovorio: »Pokušavam se sjetiti tko bi bio onaj treći.« Zapravo, problem teorija relativnosti nije bio u tome što su sadržavale mnogo diferencijalnih jednadžbi, Lorentzove transformacije i ostalu složenu matematiku (iako su ih sadržavale - pa je i samom Ein-steinu povremeno trebala pomoć), nego što su bile tako neuobičajeno neintuitivne.

Zapravo, relativnost tvrdi da prostor i vrijeme nisu apsolutni, nego relativni, i u odnosu na promatrača i na objekt promatranja, a što se brže krećemo, ti efekti postaju izraženiji. Možemo ubrzati čak i gotovo do brzine svjetlosti, a što se više trudimo (i što se brže krećemo), u odnosu na vanjskog promatrača bit ćemo sve izobličeniji.

Popularizatori znanosti uskoro su pokušali pronaći način da te zamisli približe široj publici. Jedan od uspjelijih pokušaja - barem s komercijalne strane - bio je *The ABC ofRelativity* (Abeceda relativnosti), tekst matematičara i filozofa Bertranda Russella. Russell je iskoristio sliku koja je bila upotrebljena već mnogo puta. Od čitatelja je tražio da zamisli vlak dug 90 metara čija brzina iznosi 60 posto od brzine svjetlosti. Nekome tko stoji na peronu i gleda ga dok prolazi, vlak će izgledati kao daje dug samo 70 metara, a sve u njemu izgledat će mu jednako komprimirano. Kada bismo mogli čuti razgovor putnika, glasovi bi im zvučali nejasno i razvučeno, kao gramofonska ploča koja se vrti pre-malom brzinom, a pokreti bi im izgledali jednako usporeno. Čak bi i kazaljke na satovima u vlaku izgledale kao da su sporije za petinu svoje uobičajene brzine.

Međutim - a to je bio najvažniji dio - ljudi u vlaku ne bi imali nikakav osjećaj izobličenja. Njima bi sve u vlaku izgledalo posve normalno. Mi koji smo na peronu izgledali bismo im čudno komprimirano i usporeno. Dakle, sve se svodi na naš položaj u odnosu na tijelo koje se giba.

Zapravo, taj se efekt događa svaki put kada se krećemo. Ako preletite Sjedinjene Države, iz aviona ćete izaći jedan beskrajno sitni djelić sekunde mlađi od onih koji su ostali na aerodromu. Vaš doživljaj vremena i prostora neznatno će promijeniti čak i hodanje po sobi. Izračunato je da će bejzbolska lopta pri brzini od 160 kilometara na sat u letu do cilja povećati svoju masu za (),0()()0()0000()02 grama. Dakle, efekti relativnosti su stvarni i može ih se izmjeriti. Problem je u tome što su te promjene premale kako bi imale ikakvo, makar i najmanje značenje za nas. Ali za ostale pojave u svemiru - svjetlost, gravitaciju, svemir kao takav - to su važne stvari.

Ako ideje relativnosti djeluju čudno, to je samo zato što u svakodnevnom životu ne primjećujemo takvu vrstu ponašanja. No, vratimo se još jednom Bodanisu: svi se susrećemo s drugim vrstama relativnosti - na primjer, u odnosu na zvuk. Ako ste u parku i netko pušta glazbu koja vam smeta, znate da će zvuk biti tiši ako se udaljite. Naravno, glazba nije *zaista* tiša nego se radi samo o tome da se promijenila vaša pozicija u odnosu na nju. Nekome premalenom ili pretromom da ponovi taj postupak - na primjer, pužu - bila bi nevjerojatna ideja da dvojici različitih slušatelja zvučnik istodobno može emitirati glazbu različite glasnoće.

Ideja daje vrijeme dio prostora, najizazovniji je i najmanje intuitivan od svih koncepata u općoj teoriji relativnosti. Vrijeme instinktivno poimamo kao vječno, apsolutno i nepromjenjivo; vjerujemo da ništa ne može omesti njegovo protjecanje. No, prema Einsteinu vrijeme je varijabilno i stalno se mijenja. Cak ima i oblik. Spojeno je - »nerazmrsivo međusobno isprepleteno«, po riječima Stephena Hawkinga - s tri prostorne dimenzije u neobičnu dimenziju poznatu kao prostor-vrijeme.

Prostor-vrijeme obično se objašnjava tako da se od vas traži da zamislite nešto plosnato, ali savitljivo - primjerice, madrac ili ravan komad gume - na kojem leži težak sferičan objekt, na primjer, željezna kugla. Težina željezne kugle uzrokuje lagano istezanje i uleknuće materijala na kojem leži. U grubim crtama to je analogno djelovanju masivnog objekta kao što je Sunce (željezna kugla) na prostor-vrijeme (podlogu): isteže ga, zakrivljuje i izobličuje. Ako manju kuglu zakotrljate po toj

gumi, ona će se pravocrtno gibati, u skladu s Newtonovima zakonima gibanja, ali kad se približi masivnom objektu i kosini materijala koji se pod njom uvija, neodoljivo će je privlačiti masivni objekt pa će se otkotrljati prema njemu. To je gravitacija - proizvod zakrivljenosti prostor-vremena.

Svaki objekt koji ima masu stvara malu udubinu u materiji kozmosa. Zato je svemir, kako je to rekao Dennis Overbve, »najveći madrac koji se uvija«. Tako shvaćena, gravitacija više nije pojava nego rezultat - »nije 'sila', nego nusproizvod zakrivljenosti prostor-vremena«, kako je to objasnio fizičar Michio Kaku: »U određenom smislu gravitacija ne postoji; planete i zvijezde pokreće izobličenje prostora i vremena.«

Dakako, analogija s uleknutim madracem može nam objasniti samo dio teorije, jer se ne bavi i vremenom. Međutim, naš um može shvatiti samo toliko, jer nam je gotovo nemoguće predočiti dimenzije od tri dijela prostora i jednog dijela vremena, a koje su isprepletene kao niti u tkanini. U svakom slučaju, mislim da se možemo složiti daje to bila veoma velika misao za mladog čovjeka koji se zagledao kroz prozor Patentnog zavoda u glavnom gradu Švicarske.

Između ostalog. Einsteinova opća teorija relativnosti tvrdi da se svemir ili širi, ili sažima. No, kako Einstein nije bio kozmolog, prihvatio je prevladavajuće uvjerenje daje svemir određen i vječan. U svoje jednadžbe ubacio je. više-manje automatski nešto što se zove kozmološka konstanta, stoje arbitrarno stvaralo ravnotežu djelovanju gravitacije i služilo kao svojevrsna matematička kočnica. Knjige o povijesti znanosti opraštaju Emsteinu taj promašaj, ali to je bila prilična znanstvena sramota i on je toga bio svjestan. Rekao je daje to - »najveća glupost u mom životu«.

Baš kad je Einstein svojoj teoriji dodao kozmološku konstantu, u Lovvellovoj zvjezdarnici u Arizoni jedan astronom veselog intergalak-tičkog imena Vesto Sliphcr (iako je zapravo bio iz Indiane) bavio se spektrografskim mjerenjima dalekih zvijezda i ustanovio da se čini kako se udaljuju. Svemir nije bio statičan. Zvijezde kojeje promatrao Slipher pokazivale su nesumnjive znakove Dopplerova efekta - istog onog mehanizma koji se krije iza prepoznatljivog rastegnutog *jiii-jainmm* zvuka koji proizvode automobili dok prelijeću kraj nas na trkalištu.* Taj se fenomen isto tako odnosi i na svijetlost galaksija koje se udaljuju, a

Taj etekt na/v,ui je pojohannu ('hristianu Dopplcru. austrijskom fizičaru koji ga je prvi primijetio 1842. godine. Ukratko, radi se o sljedećem: kada se tijelo u gibanju primiče

poznat je kao crveni pomak (svjetlost koja se od nas udaljuje skreće prema crvenom dijelu spektra; svjetlost koja se približava skreće prema plavom).

Slipher je bio prvi koji je primijetio taj efekt svjetlosti i shvatio njegovu potencijalnu važnost za razumijevanje gibanja kozmosa. Nažalost, samog Sliphera nije zamijetio gotovo nitko. Sjetit ćete se da je Lovve-llova zvjezdarnica bila svojevrsna čudačka ustanova, zahvaljujući mar-sovskoj opsjednutosti Percivala Lovvella, koji je 1910. od tog mjesta napravio, u svakom smislu, graničnu postaju za astronomske pothvate. Slipher nije znao za Einsteinovu teoriju relativnosti, a svijet nije znao za Sliphera. Tako da to otkriće nije imalo nikakva utjecaja.

Umjesto toga slava će pripasti jednom nevjerojatno napuhanom egu po imenu Edwin Hubble. Hubble se rodio 1889., deset godina nakon Einsteina, u malom gradu u državi Missouri na rubu planina Ozark, a odrastao je tamo i u Wheatonu, predgrađu Chicaga u državi Illinois. Njegov otac bioje uspješan direktor osiguravajuće tvrtke pa muje život uvijek bio lagodan, uz to, Edvvin je uživao u obilju fizičkih prednosti. Bioje snažan, talentiran sportaš, šarmantan, pametan te je nevjerojatno dobro izgledao, bioje - »toliko zgodan daje to graničilo s neukusom«, po opisu Williama H. Croppera, i »pravi Adonis«, po riječima drugog obožavatelja. Prema vlastitim pričama u svom je životu postigao više--manje uobičajenajunačka djela - spašavao je kupače koji su se utapali, izvodio je na sigurno uplašene vojnike preko bojnih polja u Francuskoj, na egzibicijskim mečevima nokautima je posramio svjetske prvake u boksu. Sve je to zvučalo predobro da bi bilo istina. I nije bilo. Uza sve ostale talente, Hubble je bio i patološki lažljivac.

To je bilo više nego čudno jer je njegov život od ranih dana bio ispunjen takvim istinskim uspjesima da su ponekad zaista zvučali nevjerojatno. Samo najednom srednjoškolskom atletskom natjecanju 1906. godine pobijedio je u skoku s motkom, bacanju kugle, diska i kladiva, skoku u vis i skoku u vis sa zaletom te je sudjelovao u štafeti koja je pobijedila u trci na milju - ukupno sedam prvih mjesta - a u skoku u dalj bioje treći. Iste je godine postavio rekord u skoku u dalj za državu Illinois.

nepomičnom tijelu, njegovi se zvučni valovi sabijaju jer se sudaraju s 'uređajem' koji ih prima (na primjer, vašim ušima), jednako kao što biste očekivali da se to dogodi s bilo čime što je gurnuto s leđa prema nepomičnom tijelu. To sabijanje slušatelj doživljava kao neku vrstu piskutavog, visokog zvuka (ono *jiiii).* Kad se izvor zvuka počne udaljavati, zvučni se valovi šire i produljuju, uzrokujući naglo opadanje piskutavosti zvuka (onaj *jiuimimm).*

Bio je jednako uspješan i kao student pa se bez problema upisao na studij fizike i astronomije na Sveučilištu u Chicagu (sasvim slučajno, pročelnik Odsjeka tada je bio Albert Michelson). Tamo je izabran za jednog od prvih Rhodesovih stipendista na Oxfordu. Tri godine života u Engleskoj očito su mu udarile u glavu jer se u Wheaton vratio 1913. godine u Inverness ogrtaču, pušeći lulu i govoreći neobičnim naglaskom - ne baš britanskim, ali ne baš ni nebritanskim - koji će zadržati do kraja života. Iako je poslije tvrdio daje veći dio drugog desetljeća novog stoljeća proveo radeći kao pravnik u Kentuckvju, zapravo je bio srednjoškolski profesor i košarkaški trener u New Albanvju u državi Indiana, prije nego što će sa zakašnjenjem obraniti doktorat i nakratko se zadržati u vojsci. (U Francusku je stigao mjesec dana prije kraja rata i gotovo nikada nije čuo pucanj ispaljen u žaru borbe.)

U trideset trećoj godini, 1919. preselio se u Californiju i preuzeo mjesto u Opservatoriju Mount Wilson kraj Los Angelesa. Brzo i više nego neočekivano postao je najistaknutiji astronom 20. stoljeća.

Trebalo bi na trenutak zastati i razmotriti koliko se tada zapravo malo znalo o kozmosu. Astronomi danas vjeruju da u vidljivom svemiru ima možda i 140 milijardi galaksija. To je golem broj, mnogo veći nego što možemo zamisliti kada ga izgovorimo. Kada bi galaksije bile smrznuti grašak, bilo bi ga dovoljno da ispuni veliku dvoranu - primjerice, stari Boston Garden ili Royal Albert Hali. (Astrofizičar Bruce Gregorv to je zaista izračunao.) Kada je Hubble 1919. godine prvi put zavirio kroz teleskop, broj poznatih galaksija bio je točno jedan: Mliječna staza. Smatralo se daje sve ostalo ili dio Mliječne staze ili neka od mnogih udaljenih, perifernih nakupina plinova. Hubble je ubrzo pokazao koliko je pogrešno takvo uvjerenje.

U sljedećem desetljeću Hubble je dotakao dva temeljna pitanja svemira: koliko je star i koliko velik? Kako bismo odgovorili na oba, moramo znati dvije stvari - koliko su udaljene pojedine galaksije i koliko se brzo udaljuju od nas (stoje poznato kao njihova brzina recesije). Crveni pomak daje brzinu kojom se galaksije udaljuju, ali nam ne otkriva koliko su udaljene. Za to nam trebaju takozvane 'standardne svijeće' - zvijezde čiji se sjaj može pouzdano izračunati i koristiti kao jedinica za mjerenje sjaja (prema tome, i relativne udaljenosti) ostalih zvijezda.

Hubble je imao sreću stoje stigao upravo kad je jedna oštroumna žena, Hcnrietta Swan Leavitt, smislila način za pronalaženje takvih zvijezda. Hcnrietta Leavitt radila je u Opservatoriju harvardskog koledža

kao računar, kako se to tada zvalo. Računari su čitav radni vijek provodili u proučavanju fotografskih ploča zvijezda i računanju - otud inic. To je bilo samo malo bolje od robovskog rada pod drugim imenom, ali za ženu tada najbliže pravoj astronomiji na I larvardu - ili bilo gdje drugdje, naravno. Ma koliko nepravedan, sustav je imao neke neočekivane prednosti: tako je polovica najboljih umova bila zabavljena poslom koji bi inače pobudio malo zanimanja pa su žene imale priliku da pravilno procjene finu strukturu kozmosa, što je često znalo promaknuti njihovim muškim kolegama.

Jedna harvardska 'računarka', Annic Jump Cannon, iskoristilaje svoje učestale susrete sa zvijezdama za stvaranje toliko praktičnog sustava zvjezdane klasifikacije daje i danas u uporabi. A Hent'ietta Leavittje došla do još značajnijeg otkrića. Primijetila je da jedna vrsta zvijezda, poznatih kao cefeide (prema zviježđu Cefcj - *Cepheus* - gdje su prvi put uočene), pulsira pravilnim ritmom, svojevrsnim zvjezdanim otkucajima srca. Cefeide su prilično rijetke, ali svima nam je poznata barem jedna. *Polaris* ili Sjevernjača je cefeida.

Danas znamo da cefeide tako pulsiraju jer su starije zvijezde koje su prošle svoju 'fazu glavnog niza', rečeno astronomskim žargonom, pa su postale crveni divovi. Kemija crvenili divova malo je preteška za ovu knjigu (zahtijeva razumijevanje svojstava jednostruko ioiiiziramh atoma helija i štošta drugo), pojednostavljeno, to znači da svoje preostalo gorivo sagorijevaju tako da proizvode ritmično, vrlo pravilno pojačavanje i slabljenje sjaja. Genijalnost Henriette Leavitt bila je u tome što je shvatila da usporedbom relativnih veličina cefeida na različitim točkama neba možemo izračunati gdje se nalazi jedna u odnosu na drugu. Možemo ih upotrijebiti kao 'standardne svijeće' - termin koji je ona skovala i koji je još uvijek u općoj uporabi. Metoda je dala samo relativnu udaljenost, a ne apsolutnu, ali toje bio prvi put daje netko uopće smislio upotrebljiv način mjerenja svemira u velikim razmjerima.

(Kako bismo te zaključke mogli staviti u pravu perspektivu, možda bi trebalo spomenuti da je, dok su Leavitt i Cannon na fotografskim pločama procjenjivale osnovne veličine kozmosa prema nejasnim mrlji-cama udaljenih zvijezda, harvardski astronom William S. Pickcring. koji je mogao zuriti kroz prvoklasan teleskop koliko god je želio, razvijao *srojii* teoriju da su tamne mrlje na Mjesecu izazvane sezonskim migracijama rojeva kukaca.)

Udruživši kozmički metar Leavittove s korisnim crvenim pomakom Vesta Slipliera, I lubble je pun elana počeo mjeriti odabrane točke u

svemiru. Tako je 1923. godine dokazao da daleka hrpica paučine u zviježđu Andromcdc, znana kao M31, uopće nije plinoviti oblak, nego roj zvijezda, prava galaksija velika sto tisuća svjetlosnih godina i udaljena najmanje devetsto tisuća svjetlosnih godina. Svemir je bio prostran - mnogo prostraniji - nego stoje itko pretpostavljao. Hubbleje 1924. godine objavio ključni rad »Cefeide u spiralnim maglicama« (maglice, od latinskog *nebulae,* bio je njegov naziv za galaksije), dokazujući da se svemir ne sastoji samo od Mliječne staze nego od mnogo neovisnih galaksija - »svemirskih otoka« - a mnoge su veće od Mliječne staze i jako udaljene.

Hubblcu bi samo to otkriće osiguralo reputaciju, ali tada se pozabavio problemom izračuna koliko je točno svemir veći od pretpostavljenog i došao do još dojmljivijeg otkrića. Hubble je počeo mjeriti spektre udaljenih galaksija - posao kojim se Slipher bavio u Arizoni. Pomoću novog teleskopa na Mount Wilsonu, Hookerovog reflektora sa zrcalom od dva i pol metra, i uz nekoliko pametnih zaključaka, ranih tridesetih godina ustvrdio je da se sve galaksije (osim našeg lokalnog roja) udaljavaju od nas. Štoviše, njihova brzina i udaljenost uredno su proporcionalne: stoje galaksija dalje, brže se kreće.

To je zaista bilo pravo iznenađenje. Svemir se širio brzo i jednoliko u svim pravcima. Nije trebalo mnogo mašte kako bi se bacio pogled unatrag i zaključilo daje sve moralo poteći od jedne središnje točke. Daleko od toga da se radi o stabilnoj, utvrđenoj, vječnoj praznini, kako su svi oduvijek pretpostavljali, to je bio svemir koji je imao svoj početak. Dakle, mogao bi imati i kraj.

Kako je primijetio Stephen Havvking, čudi da nikome prije nije pala na pamet ideja o širenju svemira. Statični svemir - što je trebalo biti jasno Nevvtonu i svakom astronomu koji imalo razmišlja - urušio bi se sam od sebe. Postojao je još jedan problem: kada bi zvijezde u statičnom svemiru beskonačno sjale, posvuda bi bilo nepodnošljivo vruće - bez sumnje, prevruće za bića kao što smo mi. Svemir koji se širi jed nim je potezom razriješio veći dio tih pitanja.

Hubble je bio mnogo bolji promatrač nego mislilac pa nije odmah ispravno procijenio sve implikacije svojih otkrića. To je djelomice bilo takojerje, na veliku žalost, bio potpuno neupućen u Einstenovu opću teoriju relativnosti. Zapravo, to je bilo prilično neobično jer su Einstcin i njegova teorija, ako ništa drugo, dotad već bili svjetski poznati. Štoviše, Albert Michclson - sada već na zalasku života, ali još uvijek jedan od najažurnijih i najuglednijih svjetskih znanstvenika - 1929. godine

prihvatio je mjesto na Mount Wilsonu, kako bi svojim pouzdanim interferometrom mjerio brzinu svjetlosti, pa je morao barem spomenuti primjenjivost Einstcnovc teorije na Hubbleova otkrića.

Kako bilo, Hubble nije odradio teoretski dio posla kada je za to bila prilika. Belgijskom redovniku i znanstveniku Georgesu Lemaitreu (s doktoratom na MIT-u) pripao je zadatak da spoji te dvije niti u vlastitoj 'teoriji vatrometa', koja je tvrdila daje svemir nastao od geometrijske točke, 'prvobitnog atoma', koji je svom snagom prsnuo i otad se stalno širi i udaljava. To je bila ideja koja je vrlo lijepo anticipirala suvremenu koncepciju Velikog praska, ali je bila toliko ispred svog vremena da Lemaitre i danas rijetko kada dobije više od nekoliko rečenica, koje smo mu i ovdje posvetili. Svijetu će trebati još mnogo desetljeća i slučajno otkriće kozmičke pozadinske radijacije Penziasa i Wilsona, s njihovom krčavom antenom u New Jersevju, prije nego se Veliki prasak od zanimljive ideje počne pretvarati u prihvaćenu teoriju.

Ni Hubble ni Einstein neće biti važan dio te velike priče. Iako to tada nitko ne bi pretpostavio, obojica su već bila odradila uglavnom sve što će ikada postići.

Hubble je 1936. objavio popularnu knjigu *The Realni oj the Nebulae,* (Kraljevstvo maglica) u kojoj umiljatim stilom objašnjava svoja velika dostignuća. Tu je napokon pokazao da se susreo s Einsteinovom teorijom - barem donekle - naime, odustao je od nje na četvrtoj od otprilike dvjesto stranica.

Umro je od infarkta 1953. godine. Čekala ga je još jedna, posljednja, sitna neugodnost. Zbog razloga koji su ostali obavljeni velom tajne njegova supruga nije mu htjela upriličiti pogreb niti je ikada otkrila što je učinila s tijelom. Nakon pola stoljeća još uvijek je nepoznato što se na kraju dogodilo s najvećim astronomom 20. stoljeća. U znak sjećanja ostaje vam da pogledate u nebo i svemirski teleskop I lubble, postavljen 1990. godine i nazvan njemu u čast.

9

MOĆNI ATOM

Dok su Einstein i Hubble uspješno razotkrivali strukturu svemira u širokim razmjerima, drugi su se trudili da shvate nešto stoje bilo više na dohvat ruke, ali na svoj način podjednako daleko: sitan i uvijek tajanstven atom.

Kada bismo povijest znanosti htjeli svesti na jednu važnu tvrdnju, kako je jednom primijetio veliki Caltechov fizičar Richard Fevnman, ona bi glasila: »Sve je sazdano od atoma.« Oni su posvuda i tvore sve. Pogledajte oko sebe. Sve su to atomi. Ne samo čvrste stvari, kao zidovi, stolovi i naslonjači, nego i zrak između njih. A ima ih u tolikim količinama da to zaista ne možemo niti zamisliti.

Temeljna radna zajednica atoma je molekula (prema latinskom, 'mala masa[1]). Molekula su dva ili više atoma koji se udružuju u manje ili više stabilnom rasporedu: dodajte jednom atomu kisika dva atoma vodika i dobit ćete molekulu vode. Kemičari radije razmišljaju o molekulama nego o elementima, onako kako pisci obično razmišljaju o riječima, a ne o slovima, pa zato broje molekule, a njih je, najblaže rečeno, mnogo. Na morskoj razini, pri temperaturi od 0 stupnjeva Celsiusa, jedan kubični centimetar zraka (to jest, prostor veličine kocke šećera) sadržava 45 milijardi milijardi molekula. A toliko ih ima u svakom kubičnom centimetru koji vidite oko sebe. Zamislite, koliko je kubičnih centimetara u svijetu iza vašeg prozora - koliko bi kocaka šećera bilo potrebno da se ispuni to vidno polje. A onda zamislite koliko bi ih trebalo da se izgradi svemir. Ukratko, atoma ima u izobilju.

Uz to, nevjerojatno su izdržljivi. Budući da su tako dugovječni, atomi se zaista motaju posvuda. Svaki atom koji posjedujete gotovo je sigurno prošao kroz nekoliko zvijezda i bio dio milijuna organizama na putu da postane dio vas. Svi smo tako bogati atomima i tako brzo reciklirani nakon smrti daje veći broj naših atoma - procjenjuje se, oko milijarda za svakoga - možda jednom pripadao Shakespeareu. Još je po jedna milijarda potekla od Buddhe, Džingis-kana i Bccthovena ili bilo kojeg drugog povijesnog lika kojeg se sjetite. (Naravno, osobe moraju biti povijesne jer atomima treba više desetljeća kako bi se u potpunosti ponovno raspodijelili; ma koliko to željeli, u vama još nema Elvisa Preslevja.)

Dakle, svi smo mi reinkarnacije - iako kratka vijeka. Kad umremo, naši će se atomi razdvojiti i razići kako bi drugdje našli nove korisnike

- kao dio lista, drugog ljudskog bića ili kapi rose. Međutim, sami atomi praktički traju vječno. Nitko zapravo ne zna koliko može preživjeti jedan atom, ali kako tvrdi Martin Rees, to je vjerojatno kojih IO^{30} godina
- a to je tako velik broj da sam čak i ja sretan što ga zapisujem matematičkom notacijom.

Iznad svega, atomi su sitni - vrlo sitni. Kada bi ih se nanizalo pola milijuna jedan do drugog, mogli bi se sakriti iza jedne ljudske vlasi. U takvu mjerilu nemoguće je zamisliti pojedinačan atom iako, naravno, možemo pokušati.

Počnite od milimetra, koji je, recimo, dug kao ova crtica -. Sada zamislite daje ta linija podijeljena na tisuću jednakih dijelova. Svaki od tih dijelova je mikron. To je mjerilo mikroorganizama. Na primjer, tipičan paramecij - sitno, jednostanično slatkovodno stvorenje - širok je oko 2 mikrona, ili 0,002 milimetra, stoje zaista vrlo maleno. Ako biste golim okom htjeli vidjeti paramecij Lako pliva u kapi vode, kap biste trebali povećavati dok u promjeru ne bi imala oko 12 metara. Međutim, ako biste u istoj kapi htjeli vidjeti atome, morali biste je povećati do promjera od 24 *kilometra.*

Drugim riječima, atomi postoje u mjerilu sitnosti nekog sasvim drugog recia. Kako biste došli do mjerila atoma, morali biste uzeti svaki od onih mikronskih odsječaka i usitniti ih na deset tisuća još manjih jedinica. *To* je mjerilo jednog atoma: jedna desetmilijuntina milimetra. Takav stupanj usitnjenosti daleko je od sposobnosti naše mašte, ali o proporcijama možete steći bolju predodžbu ako imate na umu daje jedan atom u odnosu na onu milimetarsku crticu isto što i debljina lista papira prema veličini Empirc State Buildinga.

Naravno, ono što atome čini tako korisnim, njihovo je obilje i krajnja dugovječnost, dok ih je zbog minijaturnosti teško uočiti i razumjeti. Do spoznaje da su atomi upravo to - maleni, brojni, praktično neuništivi - i da je sve načinjeno od njih, nije prvi došao Antoine Laurent Lavoisier, kako biste mogli očekivati, ni Henrv Cavendish ili Humphrv Davy, nego štedljiv i nesustavno obrazovan engleski kveker John Dalton, kojeg smo upoznali u sedmom poglavlju.

Dalton se rodio 1766. godine na rubu Lake Districta, nedaleko Cockermoutha, u obitelji siromašnih i odanih kvekera tkalaca. (Četiri godine poslije i pjesnik William Wordsworth pridružit će se svijetu u Cockermouthu). Bio je iznimno pametan učenik- toliko pametan da je u nevjerojatnoj dobi od dvanaest godina postavljen na čelo mjesne kvekerske škole. To vjerojatno podjednako govori o školi koliko i o Daltonovu ranom razvoju, ali možda i nije tako: iz njegovih dnevnika znamo da je u to doba čitao Nevvtonove *Principia* - na latinskom - i druge podjednako zahtjevne radove. S petnaest godina, i dalje upravljajući školom, dobio je posao u obližnjem gradu Kendalu, a desetljeće poslije preselio se u Manchester, koji je veoma rijetko napuštao sljedećih pedeset godina svog života. U Manchesteru je postao neka vrsta intelektualnog svaštara, objavljivao je knjige i članke u rasponu tema od meteorologije do gramatike. Zahvaljujući njegovim studijama, sljepilo za boje, tegoba od koje je patio, dugo je nosila ime daltonizam. No, reputaciju mu je donijela debela knjiga .4 *Neu> System of Chemical Pliilosoph)'* (Novi sustav kemijske filozofije) iz 1808. godine.

U kratkom poglavlju od samo pet stranica (od devetstotinjak u cijeloj knjizi) učeni ljudi prvi su se put susreli s atomima u obliku koji je bio blizu njihovoj modernoj koncepciji. Dalton je jednostavno zaključio da u biti svega postoje iznimno sitne, nedjeljive čestice. »Kad bismo pokušali stvoriti ili uništiti česticu vodika, bilo bi to isto kao da u Sunčev sustav pokušamo uvesti novi planet ili anihilirati neki koji već postoji«, napisao je.

Zapravo, ni ideja atoma ni sam naziv nisu bili novi. Ijedno i drugo uveli su stari Grci. Daltonov doprinos bio je u tome stoje postavio pitanje relativne veličine i naravi tih atoma te načina njihova spajanja. Na primjer, znao je da je vodik najlakši element pa mu je pripisao atomsku težinu 1. Također, vjerovao je da se voda sastoji od sedam dijelova kisika prema jednom vodika, pa je kisiku dao atomsku težinu 7. Takoje mogao doći do relativne težine poznatih elemenata. Nije baš uvijek bio precizan - atomska težina kisika zapravo je 16, a ne 7 - ali

princip je bio dobar i oblikovao je osnovicu cjelokupne moderne kemije te većeg dijela drugih grana moderne znanosti.

Taj je rad proslavio Daltona - iako na skroman, englesko-kvekerski način. Francuski kemičar RJ. Pelletier doputovao je 1826. godine u Manchester kako bi upoznao atomskog heroja. Pelletier je očekivao da će ga zateći u nekoj velikoj instituciji, pa je ostao zapanjen kada je otkrio da Dalton predaje elementarnu aritmetiku u maloj školi u nekoj zabačenoj ulici. Prema povjesničaru znanosti E. J. Holmyardu, susrevši se s tim velikanom, zbunjeni Pelletier je promucao:

> »Est-ce que j'ai l'honneur de m'addresser a Monsieur Dalton?« jer nije mogao vjerovati vlastitim očima da kemičar europske slave objašnjava nekom dečkiću četiri osnovne računske operacije. »Da«, rekao je trijezni kveker. »Biste li malo sjeli dok ja ovome mladiću razbistrim aritmetiku?«

Iako je Dalton pokušavao izbjeći sve počasti, izabran je u Kraljevsko društvo protiv svoje volje, obasuli su ga medaljama i dobio je lijepu državnu mirovinu. Kada je 1844. godine umro, četiri tisuće ljudi pratilo je njegov lijes, a pogrebna povorka protezala se više od tri kilometra. Bilješka o njemu u *Dictionaij oj National Bioqraphy* jedna je od najdužih, a među ljudima od znanosti 19. stoljeća ravne su joj samo one posvećene Darvvinu i Lvellu.

Stoljeće nakon stoje Dalton iznio svoju koncepciju, onaje i dalje bila na razini hipoteze, a neki istaknuti znanstvenici - na primjer, bečki fizičar Ernst Mach, po kojem je nazvana jedinica ravna brzini zvuka - sumnjao je postoje li uopće atomi. »Atome ne možemo opaziti osjetilima... oni su misaona pojava«, pisao je. Skepticizam s kojim se gledalo na postojanje atoma, naročito na njemačkom govornom području, bio je toliki da se govorilo kako je odigrao ulogu u samoubojstvu velikog teoretskog fizičara i atomskog entuzijasta Ludvviga Bolzmanna 1906. godine.

Einstein je bio taj koji će dati prve neupitne dokaze postojanja atoma svojim radom o Brovvnovu gibanju iz 1905. godine, ali to je privuklo malo pažnje, a Einsteina će ionako ubrzo posve obuzeti rad na općoj relativnosti. Tako je prvi pravi junak atomskog doba. iako ne i prvi na toj sceni, bio Ernest Rutherford.

Rutherford se rodio 1871. godine u zabiti Novog Zelanda; njegovi su roditelji emigrirali iz Škotske kako bi uzgajali malo lana i mnogo djece (da parafraziramo StevenaWeinberga). Odrastajući u udaljenom dijelu još udaljenije zemlje, bio je veoma daleko od znanstvene matice,

ali 1895. godine dobio je stipendiju koja ga je dovela u Cavendishov laboratorij na sveučilištu u Cambridgcu, mjesto koje će postati žarište događanja na polju fizike.

Fizičari su ozloglašeni zbog prijezira koji pokazuju prema znanstvenicima iz ostalih područja. Kada je velikog austrijskog fizičara Wolfganga Paulija napustila žena zbog kemičara, nije mogao doći k sebi od nevje-rice. »Daje otišla s borcem s bikovima, shvatio bih«, u čudu je rekao jednom prijatelju. »Ali, s *kemičarem.. .*<■•■

Rutherford bi mogao razumjeti taj osjećaj. »Sva se znanost svodi ili na fiziku ili na skupljanje maraka«, jednom je rekao, a otada se ta izjava mnogo puta ponovila. Zgodna je ironija daje 1908. godine dobio No-bclovu nagradu za kemiju, a ne za fiziku.

Rutherford je bio sretnik- imao je sreću daje genije, ali još više što je živio u doba kad su fizika i kemija bile tako uzbudljive i tako kompatibilne (bez obzira na njegove stavove). Nikada se više neće tako dobro nadopunjavati.

Uza sav uspjeh, Rutherford nije bio naročito briljantan čovjek, a u matematici je bio prilično grozan. Često bi se tijekom predavanja tako izgubio u vlastitim jednadžbama da bi odustao na polovici i rekao studentima neka zadatke rješavaju sami. Po svjedočenju njegova dugogodišnjeg kolege Jamesa Chadvvicka, otkrivača neutrona, ni u eksperimentima nije bio naročito dobar. Jednostavno je bio uporan i otvorena uma. Natprosječnu pamet zamijenio je za domišljatost i svojevrsnu odvažnost. Po riječima jednog biografa njegov je um »stalno bio usmjeren prema novim granicama, najdalje stoje mogao vidjeti, a to je bilo mnogo dalje od većine drugih ljudi«. Kada bi se našao pred nesavladivim problemom, bio je spreman dulje i vrjednije raditi na njemu nego većina ljudi teje bio skloniji neortodoksnim objašnjenjima. Postigaoje velik uspjeh jer je mogao satima nevjerojatno tvrdoglavo brojati svjetlu-canje ili scintiliranje alfa-čestica - iako je to bila vrsta posla koja se inače dodjeljivala nekom 'nadničaru'. Bio je među prvima-vjerojatno i prvi - koji je shvatio da bismo, ovladamo li energijom koja je sadržana u atomu, mogli proizvoditi dovoljno snažne bombe da »ovaj naš svijet nestane u dimu«.

Fizički je bio velik i krupan, a od njegova bi glasa plašljiviji premirali od straha. Kada je jedan njegov kolega čuo da će Rutherford sudjelovati u radijskoj emisiji koja će se prenositi preko Atlantika, prijezirno je upitao: »Čemu radio?« Uz to, bio je neizmjerno dobrodušno samouvjeren.

Kad mu je netko uputio primjedbu da izgleda kao da stalno jezdi na vrhu vala, on je odgovorio: »Pa ja sam i izazvao val, zar ne?« C. P Snovv sjeća se da je jednom kod krojača u Cambndgeu čuo Rutherfordov komentar: »Svakog dana opseg mije sve veći. Kao i um.«

Ali od opsega i slave bio je još veoma daleko kada je 1895. godine stigao u Cavendish.* To je bilo jedinstveno razdoblje u znanosti prepunoj događaja. Te godine kada je Rutherford došao na Cambridge, na njemačkom sveučilištu u Wiirzburgu Wilhelm Rontgen otkrio je zrake koje danas zovemo njegovim imenom; sljedeće godine Henri Becqu-erel otkrit će radioaktivnost. A sam Cavendishov laboratorij bio je na početku svog dugog razdoblja uspješnosti. Tu će 1887. godine J.J. Thomson s kolegama otkriti elektron, C. T R. Wilson konstruirat će 1911. godine prvi detektor čestica (kao što ćemo vidjeti), a 1932. godine James Chadvvick otkrit će neutron. Još dalje u budućnosti, 1953. godine, upravo u Cavendishu James Watson i Francis Crick otkrit će strukturu DNK.

Rutherford je na početku radio na radiovalovima, i to s određenim uspjehom - bez smetnji je uspio prenijeti signal na udaljenost veću od kilometar i pol, vrlo solidan uspjeh za ono doba - ali odustao je od toga kada gaje jedan stariji kolega uvjerio da radio nema neku budućnost. Međutim, Rutherford uglavnom nije napredovao u Cavendishu, a nakon tri godine osjećao je da nije dospio nikamo paje preuzeo posao na sveučilištu McGill u Montrealu, odakle je započeo njegov dug i neprekidan uspon do prave veličine. U doba kada je dobio Nobelovu nagradu (za »istraživanja dezintegracije elementa i kemije radioaktivnih tvari«, kako se službeno navodi), već je bio prešao na sveučilište u Manchesteru i upravo će tamo ostvariti najvažniji rad na određivanju strukture i prirode atoma.

Prvih godina 20. stoljeća već se znalo da su atomi sastavljeni od dijelova - stoje potvrdilo i Thomsonovo otkriće elektrona - ali nije bilo poznato koliko je tih dijelova ni kako su povezani te u kojem se obliku pojavljuju. Neki su fizičari mislili da bi atomi mogli biti kockasti, jer se kocke mogu vrlo uredno posložiti bez gubitka prostora. Međutim, po prihvaćenijem mišljenju atom je više sličio pecivu s grožđicama ili pudingu od šljiva: gusto, kruto tijelo koji ima pozitivan naboj, ali je arašpi-kan' negativno nabijenim elektronima, kao pecivo grožđicama.

* Ime potječe od istih Cavendisha koji su dali I Ienrv|a. Ov.ij *c* bio Willi.ini Cavendish. sedmi vojvoda od Devonshirea. nadareni matematičar i čelični magnat viktorijanske Fngleske. Sveučilištu je 1870. godine darovao *<iM)()* funti za izgradnju eksperimentalnog laboratorija.

Uz asistenciju svog studenta Hansa Geigera, koji će poslije izumiti detektor radioaktivnosti koji nosi njegovo ime - Rutherford je 1910. godine ispalio ionizirane atome helija, ili alfa-čestice, na zlatni listić.* Na Ruthcrfordovo iznenađenje neke su se čestice odbile. Rekao je da je to bilo kao daje na list papira ispalio granatu kalibra 38 centimetara, a ona mu se vratila u krilo. To se jednostavno nije trebalo dogoditi. Nakon temeljitog razmišljanja shvatio je da postoji samo jedno moguće objašnjenje: čestice koje su se odbile udarile su u nešto malo i gusto u srcu atoma, dok su se druge probile bez zapreke. Rutherford je shvatio daje atom uglavnom prazan prostor s vrlo gustom jezgrom u središtu. To je bilo veliko otkriće, ali istodobno je stvorilo nov problem. Po svim zakonima konvencionalne fizike takvi atomi ne bi smjeli postojati.

Zaustavimo se na trenutak i razmotrimo strukturu atoma kakvu danas poznamo. Svaki je atom sastavljen od tri vrste elementarnih čestica: protona, koji imaju pozitivan električni naboj; elektrona, koji imaju negativan električni naboj; i neutrona, koji nemaju naboja. U jezgri se nalaze protoni i neutroni, a elektroni kruže s vanjske strane. Broj protona daje atomu njegov kemijski identitet. Atom s jednim protonom je atom vodika, onaj s dva protona je helij, s tri protona litij i tako se dalje uspinju na ljestvici. Svaki put kada dodamo proton, dobijemo novi element. (Budući daje broj protona u atomu uvijek uravnotežen jednakim brojem elektrona, negdje će pisati da element definira broj elektrona; no, svodi se na isto. Kako su mi objasnili, protoni daju atomu identitet, a elektroni narav.)

Neutroni ne utječu na identitet atoma, ali povećavaju njegovu masu. Broj neutrona načelno je približno jednak broju protona, ali to može i malo varirati. Dodajte ili oduzmite neutron-dva i dobit ćete drugi izotop istog elementa. Pojmovi na koje nailazite u arheologiji kada se govori o tehnikama određivanja starosti, odnose se na izotope - na primjer, ugljik-14. stoje atom ugljika sa šest protona i osam neutrona (četrnaest je njihov zbroj).

U jezgri atoma nalaze se neutroni i protoni. Jezgra atoma je sitna -iznosi samo jednu milijuntinku milijuntinke volumena atoma - ali fantastično gusta, jer sadrži gotovo cjelokupnu masu atoma. Kako kaže

Geigcr će poslije postati lojalan nacist i bez oklijevanja i?dati kolege Židove, uključujući i mnoge koji su mu pomogli.

Cropper, kada bi se atom povećao na veličinu katedrale, jezgra bi jedva bila veličine muhe - ali mnogo tisuća puta teža od katedrale. Ta pro-stranost - ta neočekivana, neopisiva praznina - 1910. godine dovela je Rutherforda u nedoumicu.

Još je uvijek prilično nevjerojatno kada pomislite da su atomi uglavnom prazan prostor i daje čvrstoća koju oko sebe doživljavate zapravo privid. Kada se dva objekta sudare - za ilustraciju se najčešće koriste biljarske kugle -oni zapravo ne udaraju jedan u drugi. »Uistinu«, kako objašnjava Timothv Ferris, »međusobno se odbijaju njihova polja s negativnim nabojem... Da nema tog električnog naboja, mogle bi netaknuto proći jedna kroz drugu, poput galaksija.« Kad sjednete na stolicu, vi zapravo ne sjedite, nego levitirate iznad nje na visini od jednog angstrema (stomilijunti dio centimetra), a vaši elektroni i elektroni stolice nesavladiva su prepreka njihovoj većoj bliskosti.

Slika atoma s jednim ili dva elektrona koji lete oko jezgre, kao planeti u orbiti oko Sunca, poznata je gotovo svima. Ta je slika nastala 1904. godine, a kao osnova poslužilo je nešto stoje bilo samo malo više od domišljata nagađanja japanskog fizičara Hantara Nagaoke. Potpuno je pogrešna, ali jednako tako i dugovječna. Kako je Isaac Asimov volio napomenuti, taje slika nadahnula generacije pisaca znanstvene fantastike da izmišljaju svjetove unutar svjetova, u kojima su atomi vrlo mali naseljeni sunčevi sustavi ili je naš Sunčev sustav samo mrvica u nekoj mnogo većoj shemi. CERN, Europska organizacija za nuklearna istraživanja, čak i danas koristi Nagaokinu sliku kao logo na svojoj web stranici. Zapravo, kako će fizičari ubrzo shvatiti, elektroni uopće ne sliče planetima koji kruže, nego su više kao krila ventilatora u pokretu i simultano ispunjavaju svaki djelić prostora u svojoj orbiti (s ključnom razlikom: krila ventilatora samo *izgledaju* kao da su istodobno posvuda; elektroni *zaista* jesu).

Suvišno je reći daje 1910. godine sve to bilo malo poznato, kao i mnogo godina poslije. Rutherfordova otkrića stvorila su nove, velike probleme, počevši od teze da nikakav elektron ne bi mogao bez sudaranja kružiti oko jezgre. Prema konvencionalnoj teoriji elektrodinamike leteći elektron trebao bi vrlo brzo iscrpiti svu energiju - otprilike u trenu - i spiralno se zabiti u jezgru uz katastrofalne posljedice za obje strane. Postojalo je i pitanje kako se protoni spajaju unutar jezgre, a da svojim pozitivnim nabojem istodobno ne raznesu sami sebe, kao i ostatak atoma. Bilo je očito da onim što se događa u tom svijetu sitnili

razmjera ne upravljaju zakoni koji su vrijedili u makro svijetu prema kojem smo oblikovali svoja očekivanja.

Kad su fizičari zaronili dublje u taj subatomski svijet, shvatili su da nije samo drugačiji od svega što poznaju nego i drugačiji od bilo čega što su mogli zamisliti. »Budući daje ponašanje atoma toliko različito od običnog iskustva«, primijetio je jednom Richard Fevnman, »na njega se veoma teško privikavamo pa svima izgleda čudno i misteriozno, i početniku i iskusnom fizičaru.« U doba kad je to Fevnman izjavio, fizičari su imali već pola stoljeća da se naviknu na neobičnost ponašanja atoma. Zamislite kako je bilo Rutherfordu i njegovim kolegama u prvom desetljeću 20. stoljeća kada je sve to bilo potpuno novo.

Jedan od onih koji su radili s Rutherfordom bio je i blag, pristojan mladi Danac po imenu Niels Bohr. Dokje razbijao glavu nad strukturom atoma, Bohru je 1913. godine palo na pamet nešto tako uzbudljivo daje odgodio odlazak na bračno putovanje kako bi načinio ono što će postati rad koji je označio prekretnicu.

Budući da fizičari nisu mogli vidjeti nešto toliko sitno kao što je atom, pokušali su shvatiti njegovu strukturu prema njegovu ponašanju kada bi ga podvrgli raznim kušnjama, kao Rutherford koji je ispalio alfa-čestice u zlatni listić. Ne čudi da su rezultati tih eksperimenata ponekad bili zagonetni. Jedna zagonetka koja ih je dugo mučila imala je veze s očitavanjima spektra valnih duljina vodika. Spektri su govorili da atomi vodika emitiraju energiju samo na nekim valnim duljinama, a na drugima ne. To je bilo kao da se osoba pod nadzorom uporno pojavljuje na određenim mjestima, ali nikada se ne vidi na putu između njih. Nitko nije mogao shvatiti zašto se to događa.

Dok se mučio da razjasni taj problem, Bohru je palo na pamet rješenje pa je odmah napisao svoj slavni rad. Pod naslovom »O građi atoma i molekula« objasnio je da elektroni izbjegavaju sudare s jezgrom tako što zauzimaju samo određene, točno definirane orbite. Prema toj novoj teoriji elektron koji se giba između orbita nestaje izjedne i istodobno se pojavljuje u drugoj *ne ulazeći u prostor između njih.* Ta ideja - slavni 'kvantni skok' - veoma je neobična, ali bila je predobra da ne bi bila istinita. Osim što otkriva ono što sprječava elektrone da se spiralno zabijaju u jezgru, objašnjava i začudne valne duljine vodika. Elektroni se pojavljuju samo u određenim orbitama jer postoje samo u tim određenim orbitama. To je bio briljantan zaključak i Bohru je 1922. godine donio Nobelovu nagradu za fiziku, samo godinu nakon što ju je dobio Einstein.

Neumorni Rutherford, sada ponovno u Cambridgcu, gdje je naslijedio J. *J*. Thomsona na čelu Cavendishovog laboratorija, u međuvremenu je razradio model koji objašnjava zašto jezgre ne eksplodiraju. Shvatio je da pozitivni naboj elektrona mora biti izjednačen nekom vrstom neutralizirajućih čestica, koje je nazvao neutronima. Idejajc bila jednostavna i privlačna, ali nije ju bilo lako dokazati. Ruthcrlordov suradnik James Chadwick lovu na neutrone posvetio je jedanaest intenzivnih godina prije nego stoje konačno uspio 1932. godine. I on je 1935. godine dobio Nobelovu nagradu za fiziku. Kako Boorsc i njegovi kolege u svojoj povijesti ističu, zastoj u otkrivanju bio je vjerojatno veoma dobra stvar, jer je ovladavanje neutronom bilo od presudne važnosti za izgradnju atomske bombe. (Budući da neutroni nemaju naboja, ne odbijaju ih električna polja u srcu atoma pa mogu biti ispaljeni u atomsku jezgru kao minijaturna torpeda, izazivajući destruktivan proces poznat kao fisija.) Da je neutron izoliran dvadesetih godina prošlog stoljeća, napominju oni, »vrlo je vjerojatni) da bi atomska bomba bila konstruirana prvo u Europi, i to bez sumnje u Njemačkoj«.

Međutim, Europljani su imali pune ruke posla pokušavajući shvatiti čudno ponašanje elektrona. Glavni problem s kojim su se suočili bio je što se elektron ponekad ponaša kao čestica, a ponekad kao val. Ta nemoguća dualnost gotovo je izludila fizičare. Sljedećeg desetljeća diljem Europe bjesomučno će se razmišljati, pisati i iznositi oprečne hipoteze. Izdanak plemićke loze, princ Louis-Victor de Broglie ustanovio je u Francuskoj da u ponašanju elektrona nastaju određene anomalije kada se promatraju kao valovi. To zapažanje pobudilo je zanimanje Austrijanca Ervvina Schrodingera, koji je dodao nekoliko spretnih poboljšanja pa razvio vrlo upotrebljiv sustav nazvan valna mehanika. Gotovo istodobno njemački fizičar Werner Heisenberg iznio je konkurentnu teoriju nazvanu matrična mehanika. To je bilo matematički tako složeno daje malo tko zaista shvaćao o čemu se radi, uključujući i samog I leisenberga (»Ne znam čak ni *što je* to matrica«, jednom je Heisenberg podijelio svoj očaj s prijateljem), ali činilo se da rješava određene probleme koje SchrOdingerovi valovi nisu uspjeli objasniti.

Kao krajnji ishod, fizika je dobila dvije teorije utemeljene na suprotstavljenim premisama, ali koje su dale iste rezultate. Bila je to nemoguća situacija.

Napokon je I leisenberg 1926. godine iznio slavni kompromis, stvorivši novu disciplinu koja je postala poznata kao kvantna mehanika. Bit je bila u I leisenbergovu prinicipu neodređenosti, koji tvrdi da je elek-

tron čestica, ali čestica koja se može opisati kao val. Neodređenost oko koje je izgrađena ta teorija temelji se na tome da možemo točno znati kojom se brzinom elektron giba kroz prostor ili možemo točno znati gdje je u određenom trenutku, ali ne možemo znati oboje.* Svaki pokušaj mjerenja jednog neizbježno će omesti ono drugo. Tu se jednostavno ne radi o potrebi za preciznijim instrumentima; to je nepromjenjiva osobina svemira.

U praksi to znači da nikada ne možemo sasvim točno predvidjeti gdje će u određenom trenutku biti neki elektron. Možemo samo navesti vjerojatnost njegova pojavljivanja na tom mjestu. Na neki način, kako je to rekao Dennis Overbve, elektron ne postoji dok ga ne primijetimo. Ili, nešto drugačije rečeno, dok ga ne primijetimo, elektron moramo smatrati nečim stoje »istodobno svuda i nigdje«.

Ako vas je to zbunilo, možda će vas utješiti da su bili zbunjeni i fizičari. Overbve bilježi: »Bohr je jednom rekao da osoba koja se ne razbjesni kada prvi put čuje za kvantnu teoriju, sigurno nije razumjela o čemu se tu govori.« Upitan kako se može predočiti atom, *}* leisebergje odgovorio: »Ni ne pokušavajte.«

Dakle, pokazalo se da atom baš i ne odgovara predodžbi koju je imala većina ljudi. Elektron ne leti oko jezgre kao planet oko svog sunca, nego je amorfniji i sličniji oblaku. 'Ljuska' atoma nije nekakav tvrd, sjajan oklop - pretpostavka na koju nas ponekad navode ilustracije - nego samo najudaljeniji od tih čupavih oblaka elektrona. Sam oblak zapravo je samo zona statističke vjerojatnosti koja označava područje izvan kojeg elektron veoma rijetko zaluta. Dakle, kada bismo ga mogli vidjeti, atom bi izgledao više kao vrlo čupava teniska loptica nego metalna kugla glatke površine (naravno, ne izgleda ni ovako, ni onako, jer nije ni približno sličan nečemu što ste ikada vidjeli - ipak se tu radi o svijetu veoma različitom od onoga koji vidimo oko sebe).

Činilo se da neobičnostima nema kraja. Prvi put, kako bilježi James Trcfil, znanstvenici su se susreli »s područjem svemira koje naš mozak ne može shvatiti jer za to jednostavno nije prilagođen«. Ili, kako to opisuje Fcvnman, »stvari u malom mjerilu *uopće* se ne ponašaju kao

Kada govorimo o I leisenbergovu principu, postoji mala neodređenost glede uporabe pojma *neodređenost.* U pogovoru svojoj drami *C.openhiioen.* Miehael Fravn bilježi da su razni prevoditelji u njemačkom jeziku rabili više riječi - *Vnstcherheit, l'nseharie, l'n^finmi^kcit* i *l 'nbestininilheil* - ali nijedna u potpunosti ne odgovara engleskom *tiiuertaiiiity (nesigurnost,* op. prev). Fravn smatra kako bi *neodređenost* (engl. *indetenninaey)* bila bolji naziv za taj princip, a *tieodreditvst (iiideieiiititiabilit)')* još bolja. Sam I leiscnberg uglavnom je rabio *t'nhestiintittheit.*

stvari u velikom mjerilu«. Kada su fizičari zaronili dublje, shvatili su da su otkrili svijet u kojem ne samo da elektroni mogu skakati iz jedne orbite na drugu, ne putujući kroz prostor između njih, nego da se materija može pojaviti zaista ni iz čega - »i, bez sumnje, jednako brzo ponovno nestati«, kako kaže Alan Lightman s MIT-a.

Možda je najzanimljivija od kvantnih nesigurnosti bila ideja koja potječe iz načela jednoznačnosti Wolfganga Paulija iz 1925. godine, a prema kojoj određeni parovi subatomskih čestica, čak i kad ih razdvaja prilična udaljenost, mogu u trenu 'znati' što radi ona druga. Cestice imaju svojstvo poznato kao *spin,* a prema kvantnoj teoriji, u trenutku kad utvrdite smjer okretanja jedne čestice, ma koliko daleko bila, njena sestrinska čestica odmah će se početi okretati istom brzinom u suprotnom smjeru.

Kako to opisuje znanstveni publicist Lawrence Joseph, to je kao da imate dvije identične biljarske kugle, jednu u Ohiju, a drugu na Fidži-ju, i u istom trenutku kada zavrtite jednu, druga se odmah počne okretati potpuno jednakom brzinom u suprotnom smjeru. Zanimljivo je da je taj fenomen dokazan 1997. godine kada su fizičari sa Ženevskog sveučilišta pokrenuli fotone u suprotnom smjeru na udaljenosti od jedanaest kilometara i dokazali da djelovanje na jedne izaziva trenutnu reakciju u druge.

Stvari su otišle tako daleko daje Bohr na jednoj konferenciji o novoj teoriji rekao da nije pitanje samo je li luda nego je li dovoljno luda. Kako bi ilustrirao neintuitivnu prirodu kvantnog svijeta, Schrodinger je izveo slavni zamišljeni pokus u kojem je hipotetička mačka smještena u kutiju s jednim atomom radioaktivne tvari, koji je povezan s ampulom cijanovodične kiseline. Kada bi se čestica raspala za jedan sat, pokrenula bi mehanizam koji bi razbio ampulu i otrovao mačku. Ako ne, mačka bi ostala živa. Ali mi ne znamo što se događa, pa zato, znanstveno gledano, nemamo izbora nego da mačku istodobno smatramo sto posto živom i sto posto mrtvom. Kako je s prizvukom shvatljiva uzbuđenja primijetio Stephen Havvking, to znači da nije moguće »točno predvidjeti buduće događaje ako ne možemo točno izmjeriti ni sadašnje stanje svemira!«

Zbog takvih neobičnosti kvantna teorija, ili barem neki njeni aspekti, nije se svidjela mnogim fizičarima. Pogotovo Einsteinu. To je bilo i više nego ironično jer je upravo on u svojoj *anims iiirubilis,* 1905. godini, tako uvjerljivo objasnio kako se fotoni svjetla mogu ponekad ponašati kao čestice, a ponekad kao valovi - a ta tvrdnja nalazi se u samom srcu nove

fizike. »Kvantna teorija je vrijedna poštovanja«, pristojno je komentirao, ali zapravo mu se nije svidjela. »Bog se ne kocka«, rekao je.*

Einstein nije mogao podnijeti ideju da bi Bog mogao stvoriti svemir u kojem se neke stvari nikada ne znaju. Štoviše, ideja djelovanja na daljinu - da jedna čestica istodobno može utjecati na drugu, i to bilijun kilometara daleko - predstavljala je teško kršenje specijalne teorije relativnosti. Ništa ne može nadmašiti brzinu svjetlosti, a eto, ima fizičara koji tvrde da na subatomskoj razini informacija to nekako može. (Usput rečeno, nitko nije objasnio kako to čestice postižu. Znanstvenici su taj problem rješavali, kako kaže fizičar Yakir Aharanov, »tako da o tome nisu razmišljali«.)

Najveći problem bio je u tome stoje kvantna fizika uvela neurednost koje prije nije bilo. Odjednom su bile potrebne dvije vrste zakona kako bi se objasnilo ponašanje svemira - kvantna teorija za vrlo malen i teorija relativnosti za veći svemir izvan toga. Gravitacijski dio teorije relativnosti sjajno je objasnio zašto planeti kruže oko sunca i zašto se galaksije gomilaju u *grozdove, ali* pokazalo se da uopće nema *utjecaja.* na razini čestica. Kako bismo objasnili što atome drži na okupu, bile su potrebne druge sile, a tridesetih godina prošlog stoljeća otkrivene su dvije: jaka i slaba nuklearna sila. Jaka sila drži atom na okupu; ona omogućava da protoni budu usađeni u jezgru. Slaba sila djeluje u raznim drugim situacijama, uglavnom u slučaju kontroliranja brzine nekih vrsta radioaktivnog raspada.

Unatoč imenu, slaba nuklearna sila jača je deset milijardi milijardi milijardi puta od gravitacije, a još je moćnija jaka nuklearna sila - puno moćnija - ali njihov utjecaj proteže se samo na najmanje udaljenosti. Djelovanje jake sile doseže samo do otprilike jedne stotisućine polumjera atoma. Zato su jezgre atoma tako kompaktne i guste pa su elementi s velikim, prenatrpanim jezgrama često vrlo nestabilni: jaka sila jednostavno ne može držati sve protone.

Kao posljedica svega toga, fizika je na kraju dobila dvije skupine zakona -jednu za vrlo mali, drugu za veliki svemir - koji žive prilično odvojenim životima. Einsteinu se ni to nije svidjelo. Ostatak života tragao je za načinom da spoji ta dva kraka, pokušavajući pronaći veliku jedinstvenu teoriju, ali nije uspio. Povremeno bi pomislio da ju je pronašao, ali uvijek bi se na kraju ispostavilo da je promašio. Kako je

Tako se barem gotovo uvijek navodi. Točan citat glasi: »Teško je zaviriti n Božje karte. Ali to da se On kocka i koristi 'telepatske' metode.... n to ne mogu ni na trenutak povjerovati.«

vrijeme prolazilo, sve je više marginaliziran pa su ga čak počeli pomalo sažalijevati. Gotovo bez iznimke, piše Snovv, »njegovi su kolege mislili, i još uvijek misle, daje uludo potrošio drugu polovicu svog života«.

Ali drugdje je došlo do pravog napretka. Do sredine četrdesetih godina 20. stoljeća znanstvenici su postigli vrlo visok stupanj razumijevanja atoma - što su i više nego djelotvorno demonstrirali u kolovozu 1945. godine eksplozijom dviju atomskih bombi iznad Japana.

Do tog trenutka fizičarima se moglo oprostiti što su mislili da su gotovo savladali atom. No, u fizici čestica sve će tek postati veoma komplicirano. Prije nego se upustimo u tu pomalo napornu priču do istog razdoblja moramo dovesti i drugu nit naše povijesti, tako što ćemo razmotriti važnu i poučnu priču o pohlepi, prijevari, lošoj znanosti, nekoliko nepotrebnih pogibija i konačnom utvrđivanju starosti Zemlje.

10

KAKO SE OTARASITI OLOVA

Krajem četrdesetih godina 20. stoljeća Clair Patterson (koji je, usprkos imenu, bio podrijetlom sa sela u Iovvi), postdiplomac na sveučilištu u Chicagu, primijenio je novu metodu određivanja sadržaja jednog izotopa olova, pokušavajući napokon odrediti točnu starost Zemlje. Na nesreću, svi njegovi uzorci stijena postali su kontaminirani -vrlo kontaminirani. Uglavnom su imali oko dvjesto puta veću razinu olova od uobičajeno očekivane. Proći će mnogo godina prije nego Patterson shvati daje razlog za to povezan sa žaljenja vrijednim izumiteljem iz Ohia po imenu Thomas Midglev mladi.

Midglev je bio inženjer i svijet bi bez sumnje bio sigurnije mjesto da je to i ostao. Umjesto toga razvio je zanimanje za industrijsku primjenu kemije. Dok je 1921. godine radio za General Motorsov istraživački tim u Davtonu u državi Ohio, ispitivao je spoj pod nazivom tetraetil-olovo i otkrio da on uvelike smanjuje smetnje u radu stroja, takozvano 'lupanje' motora.

Tako je bilo općepoznato daje olovo opasno, ranih godina 20. stoljeća moglo ga se naći u svim vrstama potrošne robe. T Irana je pakirana u konzerve zapečaćene olovnim lemom. Voda se često skladištila u spremnicima obloženim olovom. Kao pesticid, upotrebljavanje olovni arsenat, kojim je prskano voće. Olova je bilo čak i u sastavu zubnih pasta. Teško da je postojao proizvod koji u život potrošača nije unosio barem malo olova. Međutim, ništa nije doseglo takav stupanj i takvu dugotrajnu prisnost kao dodavanje olova u gorivo motornih vozila.

Olovo je neurotoksin. Ako se njime kontaminirate, možete trajno oštetiti mozak i središnji živčani sustav. Između ostalog, simptomi povezani s prevelikim izlaganjem olovu su sljepilo, nesanica, otkazivanje bubrega, gubitak sluha, rak, uzetost i konvulzije. U najakutnijem obliku izaziva nagle i zastrašujuće halucinacije, podjednako potresne i za žrtve i za promatrače, a uglavnom završavaju komom i smrti. Zaista, u životu vam ne treba previše olova.

S druge strane, olovo je bilo lako izdvojiti i obraditi, a industrijska proizvodnja bila je gotovo nepristojno profitabilna - tetraetil-olovo zaista je zaustavilo 'lupanje' motora. Tako su 1923. godine tri najveće američke korporacije, General Motors, Du Pont i Standard Oil iz New Jersevja, ušle u zajednički projekt nazvan Ethyl Gasoline Corporation (poslije skraćeno na Ethyl Corporation) s ciljem da proizvode onoliko tetraetil-olova koliko je svijet voljan kupiti, što se pokazalo kao vrlo uspješan posao. Svoj dodatak nazvali su 'etil' jer je zvučalo pitomije i manje otrovno nego 'olovo', a 1. veljače 1923. uveli su ga u javnu potrošnju (i to na više načina nego je to većina ljudi znala).

Među radnicima u proizvodnji uskoro su se počeli primjećivati znakovi kao što su teturanje i poremećaji koncentracije, simptomi upravo otrovanih. Ethyl Corporation istodobnoje počeo primjenjivati politiku mirnog, ali nepokolebljivog poricanja, koja će ih dobro služiti sljedećih nekoliko desetljeća. Kako piše Sharon Bertsch McGravne u svojoj iznimno zanimljivoj povijesti industrijske kemije, *Prometheans in the Lab* (Prometeanci u laboratoriju), kada su namještenici ujednom tvorničkom postrojenju počeli patiti od halucinacija kojima nije bilo lijeka, predstavnik korporacije hladnokrvno je izvijestio novinare: »Ti su ljudi vjerojatno skrenuli jer su previše radili.« U ranim danima proizvodnje olovnog benzina ukupno je umrlo barem petnaest radnika, a razbolio se nepoznat broj ostalih, i to često vrlo teško - točne brojke su nepoznate jer je korporacija gotovo uvijek uspijevala zataškati novosti o sramotnim propustima, izlijevanjima i trovanjima. Međutim, ponekad je bilo nemoguće suzbiti širenje vijesti - naročito 1924. godine, kada je u jednoj jedinoj tvorničkog hali s lošom ventilacijom za samo nekoliko dana umrlo petero radnika, dok se trideset petero pretvorilo u doživotne teturajuće olupine.

Dok su kružile glasine o opasnostima novog proizvoda, zapjenjeni izumitelj etila Thomas Midgley odlučio je upriličiti demonstraciju za novinare kako bi ušutkao njihovu zabrinutost. Dok je brbljao o tome kako je kompanija predana očuvanju sigurnosti, polio si je ruke

tetractil-olovom. zatim šezdeset sekundi pod nosom držao pun vrč iste tvari, stalno ponavljajući da to isto može ponoviti sutradan, bez ikakva straha od opasnosti. Zapravo, Midglevje predobro znao kakve su opasnosti od trovanja: nekoliko mjeseci prije i sam se ozbiljno razbolio zbog prevelikog izlaganja pa, osim kad je trebalo uvjeravati novinare, toj tvari više nije ni prilazio, ako je to ikako bilo moguće.

Nadahnut uspjehom olovnog benzina Midglev se okrenuo drugom tehnološkom problemu toga doba. Dvadesetih godina hladnjaci su često bili veoma nepouzdani jer su koristili opasne plinove koji bi često procurili. Jedan takav slučaj istjecanja plina u bolnici u Clevelandu u državi Ohio 1929. godine ubio je više od stotinu ljudi. Midglevje odlučio stvoriti plin koji je stabilan, nezapaljiv, koji ne korodira i bezopasan je za udisanje. Zahvaljujući svom instinktu za štetno, koji je bio gotovo nevjerojatan, izumio je fluorokJorougljike ili freone.

Rijetko je kada ijedan industrijski proizvod bio prihvaćen brže i na veću štetu. Proizvodnja freona počela je ranih tridesetih godina 20. stoljeća i našla je tisuću načina primjene, i to u svemu, od klimatizacije u automobilima do dezodoransa, sve dok nakon pola stoljeća nije primijećeno da proždire ozon u stratosferi. Kako ćemo vidjeti, to nije bilo dobro.

Ozon je forma kisika u kojoj svaka molekula ima tri atoma kisika umjesto uobičajena dva. To je svojevrsni kemijski čudak, utoliko stoje na razini tla zagađivač, a visoko gore u stratosferi koristan je jer upija opasno ultraljubičasto zračenje. Međutim, korisnog ozona nema u izobilju. Kada bi bio ravnomjerno raspoređen kroz stratosferu, oblikovao bi sloj debeo svega koja 2 milimetra. Zato gaje tako lako poremetiti.

Fluoroklorougljika također nema u nekom izobilju - čini samo jedan dio prema milijardi svega ostalog u atmosferi - ali je do krajnosti destruktivan. Jedan kilogram freona može zarobiti i uništiti 70 000 kilograma atmosferskog ozona. Freoni se zadržavaju veoma dugo - u prosjeku oko sto godina - i cijelo vrijeme izazivaju katastrofu. Uz to, te tvari imaju veliku moć zaustavljanja toplinskih zraka. Jedna molekula freona pojačava efekt staklenika oko deset tisuća puta djelotvornije nego molekula ugljikovog dioksida - iako ni ugljikov dioksid nije beznačajan kao staklenički plin. Ukratko, moguće je da se fluoroklorougljici pokažu kao najgori izum 20. stoljeća.

Midglev to nije znao jer je umro mnogo prije nego je itko shvatio koliko su freoni destruktivni. Njegova je smrt bila neobična, nezaboravna. Kako je nakon preboljene dječje paralize ostao invalid, Midglev

je izumio spravu od niza motoriziranih poluga koje su ga automatski podizale i okretale u krevetu. No, 1944. godine zapleo se u žice kad se sprava uključila i zadavila ga.

Ako vas je zanimalo utvrđivanje dobi raznih predmeta, četrdesetih godina 20. stoljeća sveučilište u Chicagu bilojc pravo mjesto za vas. Willard Libby bio je na putu da izumi tehniku radioaktivnog datiranja, što će znanstvenicima omogućiti točno utvrđivanje starosti kostiju i drugih organskih ostataka, što do tada nije bilo moguće. Najstariji pouzdani datumi nisu sezali dalje od Prve dinastije u Egiptu - oko 3(K)0 godina prije Krista. Nitko, primjerice, nije mogao sa sigurnošću reći kada su se povukle zadnje ledene ploče ili vi kojem su razdoblju kromanjonci oslikali spilje u Lascauxu u Francuskoj.

Libbvjeva ideja bila je tako korisna da će 1960. godine za nju dobiti Nobelovu nagradu. Ideja se temeljila na spoznaji da sva živa bića sadrže izotop zvan ugljik-14, koji od trenutka smrti počinje propadati mjerljivom brzinom. Ugljik-14 ima poluživot - to jest, vrijeme potrebno da nestane polovica bilo kojeg uzorka ugljika-14 - od približno 5600 godina, pa je Libbv mogao izračunati koliko je nestalo od određenog uzorka ugljika i prilično točno odrediti starost predmeta - ali samo do određene točnosti. Nakon osam poluživota ostaje samo 0,39 posto radioaktivnog ugljika, stoje premalo da mjerenje bude sasvim pouzdano, pa radioaktivno datiranje vrijedi samo za predmete do približno četrdeset tisuća godina starosti.

Zanimljivo, ali baš kada se ta tehnika počela posvuda prihvaćati, postali su očiti neki njeni nedostaci. Kao prvo, ustanovljeno je da je jedna od temeljnih komponenti Libbvjeve formule, nazvana konstanta raspada, bila precijenjena za približno 3 posto. No, dotad je već bilo izvršeno tisuće mjerenja diljem svijeta. Umjesto da sva obave još jednom, znanstvenici su odlučili zadržati nepreciznu konstantu. »Zato je«, piše Tim Flannerv, »svaki datum ugrubo određen radioaktivnim datiranjem koji se danas navodi premlad za približno 3 posto.« Problemi nisu ostali samo na tome. Također, vrlo je brzo ustanovljeno da uzorci ugljika-14 mogu lako biti kontaminirani ugljikom iz drugih izvora - na primjer, mrvicom biljne tvari koja je neprimijećeno pokupljena s uzorkom. Za mlade uzorke - one ispod dvadeset tisuća godina ili tu negdje - manja kontaminacija nije uvijek važna, ah u starijih uzoraka može predstavljati ozbiljan problem jer je moguće izbrojiti vrlo malo preostalih atoma. U prvom slučaju, da posudimo Flannervjevu usporedbu, to je

kao da u tisući dolara izbrojimo dolar manje; u drugom, to je više kao da smo izostavili jedan od dva dolara koja smo trebali izbrojiti.

Uz to, Libbvjeva metoda počiva na pretpostavci da su količina ugljika-14 u atmosferi i brzina kojom ga živa bića apsorbiraju bile konstantne u cijeloj povijesti. A nije bilo tako. Sada znamo da se količina atmosferskog ugljika-14 mijenja ovisno o tome koliko magnetizam Zemlje odbija kozmičke zrake, ili ih uopće ne odbija, i o činjenici da to tijekom vremena može znatno varirati. To znači da su neki datumi određeni na temelju ugljika-14 dvojbeniji od drugih. Medu dvojbeni-jima su datumi iz doba kad su ljudi stigli na oba američka kontinenta, stoje jedan od razloga zastoje to pitanje stalno predmet rasprave.

lako pomalo neočekivano, ali očitavanja na kraju mogu biti pogrešna i zbog naizgled nepovezanih vanjskih faktora - kao stoje prehrana onih čije kosti proučavamo. Jedan nedavan slučaj uključio je i dugotrajnu raspravu oko toga je li sifilis nastao u Novom ili Starom svijetu. Arheolozi u Hullu ustanovili su da su redovnici pokopani na samostanskom groblju bolovali od sifilisa, ali početni zaključak, da je do toga došlo prije Kolumbova putovanja, doveden je u pitanje podatkom da su jeli dosta ribe zbog čega su njihove kosti prividno starije nego što zaista jesu. Redovnici su mogli imati sifilis, ali kako su ga i kada dobili, to je još uvijek velika i neriješena zagonetka.

Zbog brojnih nedostataka ugljika-14 znanstvenici su izumili druge metode datiranja drevnih materija; između ostalih, i termoluminiscen-ciju, koja mjeri elektrone zarobljene u zemnim ostacima, te elektronsku spinsku rezonanciju, koja se izvodi bombardiranjem uzorka elektromagnetskim valovima i mjerenje vibracija elektrona. Ali, čak ni najbolje tehnike nisu mogle datirati ništa starije od otprilike dvjesto tisuća godina, a uopće nisu mogle odrediti starost anorganskih tvari kao stoje stijenje - a to, naravno, moramo učiniti ako želimo odrediti starost našeg planeta.

Problemi oko određivanja starosti stijenja bili su toliki da su u jednom trenutku od toga odustali gotovo svi na svijetu. Da nije bilo jednog odlučnog engleskog profesora koji se zvao Arthur Holmes, taje potraga mogla biti potpuno zapostavljena.

Holmes je bio pravi heroj, koliko zbog prepreka koje je savladao, toliko i zbog postignutih rezultata. Dvadesetih godina prošlog stoljeća, kada je bio u naponu svoje karijere, geologija više nije bila u modi -fizika je bila novi izvor uzbuđenja tog doba - i osjećao se ozbiljan nedostatak sredstava, naročito u Britaniji, njenoj duhovnoj domovini. Na

sveučilištu Durham cijeli Odsjek geologije godinama se svodio na samog I Iolmesa. Cesto je morao posuđivati ili koristiti skrpanu opremu kako bi mogao vršiti radiometrijska mjerenja starosti stijena. U jednom trenutku morao je obustaviti kalkulacije na čitavu godinu, čekajući da mu sveučilište osigura jednostavan stroj za računanje. Povremeno bi potpuno napuštao akademski svijet kako bi zaradio dovoljno za izdržavanje obitelji - neko vrijeme imao je antikvarnicu u mjestu Nevvcastle na Tyneu - a ponekad ne bi imao čak ni 5 funti za godišnju članarinu u Geološkom društvu.

Tehnika koju je Holmes koristio u svom radu bila je teoretski jasna i potekla je izravno iz procesa koji je 1904. godine prvi primijetio Ernest Rutherford. Temeljila se na tome da neki atomi imaju dovoljno predvidljivu brzinu raspada iz jednog elementa u drugi pa nam mogu poslužiti kao sat. Ako znamo koliko je vremena potrebno da kalij-40 postane argon-40 i izmjerimo količinu svakog od tih elemenata u uzorku, možemo izračunati koliko je star materijal. Holmesov doprinos bio je u tome stoje izmjerio brzinu raspadanja uranija i njegova prelaska u olovo te je upotrijebio za izračunavanje starosti stijena, a na taj način - nadao se - i cijele Zemlje.

Ali trebalo je svladati mnoge tehničke poteškoće. Holmesu su bile potrebne - ili bi mu veoma dobro došle - sofisticirane spravice koje bi vršile vrlo fina mjerenja vrlo malih uzoraka, ali, kao što smo vidjeli, jedino stoje uspio dobiti biloje jednostavno računalo. Zatoje bio pravi uspjeh kadaje 1946. godine s izvjesnom sigurnošću objavio daje Zemlja stara najmanje tri milijarde godina, a vjerojatno i starija. Nažalost, tada se susreo s još jednom velikom preprekom: konzervativnost kolega znanstvenika onemogućila je prihvaćanje njegove metode. Iako su spremno hvalili metodologiju, mnogi su tvrdili da nije ustanovio starost Zemlje, nego samo starost tvari od kojih je Zemlja načinjena.

Baš u to doba Harrison Brovvn sa sveučilišta u Chicagu uspostavio je novu metodu određivanja izotopa olova u eruptivnim stijenama (što znači, onima koje su nastale zagrijavanjem, za razliku od onih u sedi-mentnim slojevima). Shvativši da će to biti vrlo dosadan posao, zadatak je dodijelio mladom Clairu Pattersonu kao projekt za doktorsku disertaciju. Navodno je uvjeravao Pattersona da će određivanje starosti Zemlje uz pomoć te metode biti »čas posla«. Zapravo, potrajat će godinama.

Patterson je počeo raditi na projektu 1948. godine. U usporedbi sa živopisnim doprinosima ljudskom napretku za koje je zaslužan Tho-mas Midglev, Pattersonovo otkrivanje starosti Zemlje čini se kao pravi

antiklimaks. Najprije na Sveučilištu u Chicagu, a onda na California Institute of Technology (kamo se preselio 1952.) radio je sedam godina u sterilnom laboratoriju, obavljajući vrlo precizna mjerenja omjera olova i uranija u pažljivo izabranim uzorcima starih stijena.

Problem mjerenja starosti Zemlje je u tome stoje potrebno iznimno staro stijenje koje sadrži kristale s olovom i uranijem, a koji su stari koliko i sam planet - bilo što mlade navelo bi nas očito na pogrešan zaključak o mnogo kasnijim datumima - ali na Zemlji se rijetko može naći zaista staro stijenje. Kasnih četrdesetih nitko nije znao zastoje tako. Štoviše, a to je tek neobično, dobro ćemo zagaziti u sveinirsko doba prije nego će itko ponuditi prihvatljiv odgovor na pitanje kamo je nestalo sve staro stijenje sa Zemlje. (Odgovor je u tektonici ploča, do čega ćemo, naravno, doći.) Pattersonu je u međuvremenu preostalo jedino da pokuša izvesti zaključak iz podataka na temelju vrlo ograničena materijala. Na kraju se iznimno lukavo dosjetio da nestašicu stijenja može zaobići koristeći stijenje koje nije sa Zemlje. Okrenuo se meteoritima.

Njegova pretpostavka - prilično hrabra, ali pokazalo se i točna - bila je da su mnogi mcteoriti zapravo ostaci građevnog materijala iz ranih dana Sunčeva sustava pa su tako uspjeli sačuvati više-manje netaknutu unutarnju kemiju. Izmjerite starost tog lutajućeg kamenja i bit ćete dovoljno blizu godinama starosti Zemlje.

Kao i uvijek, ništa nije bilo tako jednostavno kao što možda zvuči u ovako lepršavu opisu. Meteorita nema u izobilju, a do uzoraka nije baš lako doći. Štoviše, pokazalo se da je Brownova tehnika mjerenja nezgodno komplicirana i trebalo ju je temeljito pročistiti. Najveći problem predstavljali su Pattersonovi uzorci koji su bili stalno i nepredvidivo kontaminirani velikim dozama atmosferskog olova kad god bi bili izloženi zraku. To gaje na kraju navelo da izgradi sterilan laboratorij - prvi na svijetu, kako tvrdi najmanje jedan izvor.

Pattersonu je trebalo sedam godina strpljiva rada samo kako bi pronašao i izmjerio prikladne uzorke za završno ispitivanje. U proljeće 1953. godine donio je uzorke u Državni laboratoriji Argonne u Illino-isu, gdje mu je bilo omogućeno korištenje najnovijeg tipa spektrografa masa, stroja koji je mogao detektirati i izmjeriti najsitnije količine uranija i olova zarobljene u drevnim kristalima. Kada je napokon dobio rezultate, Patterson je bio toliko uzbuđen da se odvezao ravno u roditeljski dom u Iowi, gdje gaje majka smjestila u bolnicu jer mu se činilo da ima srčani udar.

Ubrzo nakon toga Patterson je najednom sastanku u Wisconsinu objavio daje definitivna starost Zemlje 4550 milijuna godina (plus ili minus 70 milijuna godina) - »brojka koja je i nakon 50 godina ostala nepromijenjena«, s divljenjem primjećuje McGravne. Nakon dvjesto godina pokušaja Zemlja je napokon imala dob.

Patterson je gotovo odmah usmjerio svoje zanimanje na pitanje otkud toliko olova u atmosferi. Bio je zapanjen kada je shvatio daje ono malo poznatog o djelovanju olova na čovjeka bilo gotovo u pravilu pogrešno ili je navodilo na pogrešne zaključke - što i ne čudi, s obzirom da su tijekom četrdeset godina sva istraživanja djelovanja olova financirali isključivo proizvođači olovnih aditiva.

U jednoj se takvoj studiji liječnik bez specijaliziranog obrazovanja u kemijskoj patologiji upustio u petogodišnje istraživanje u kojem su dobrovoljci udisali ili gutali veće količine olova. Nakon toga testirani su im urin i stolica. Nažalost, čini se da taj liječnik nije znao da se olovo ne izlučuje kao otpadna tvar. Umjesto toga akumulira se u kostima i krvi - zato je toliko opasno - ali nije bilo ni krvnih, ni koštanih pretraga. Na temelju tih rezultata olovo je dobilo prolaznu zdravstvenu ocjenu.

Patterson je brzo ustanovio da u atmosferi ima mnogo olova - i dalje je tako jer olovo nikada ne nestaje - a čini se da ga oko 90 posto dolazi iz ispušnih cijevi automobila; ali to nije mogao dokazati. Trebao je usporediti sadašnju razinu olova u atmosferi s razinom do 1923. godine, kad je počela komercijalna proizvodnja tetraetil-olova. Zaključio je da bi ledene kape mogle dati odgovor.

Znalo se da se snježne padaline u krajevima kao stoje Grenland akumuliraju u razlučivim godišnjim slojevima (jer sezonske razlike u temperaturi od zime do ljeta proizvode blage promjene u boji). Kada bi se vraćao unatrag kroz te slojeve i izmjerio količinu olova u svakom, mogao bi izračunati globalnu koncentraciju atmosferskog olova za bilo koje razdoblje tijekom stotinu ili čak tisuću godina. Ta teza postala je temelj za proučavanje ledenih kapa, na čemu počiva i veći dio radova moderne klimatologije.

Patterson je ustanovio da prije 1923. godine u atmosferi gotovo i nije bilo olova te da se razina olova otad stalno i opasno povećava. Nakon toga izbacivanje olova iz benzina postalo je njegova životna misija. Postao je uporan i često vrlo glasan kritičar industrije olova i njenih interesa.

To će se pokazati kao paklena misija. Ethyl je bio moćna globalna korporacija s vrlo dobrim i brojnim vezama. (Medu njenim direktorima bili su sudac Vrhovnog suda Levvis Povvell i Gilbert Grosvenor iz Društva National Geographic.) Pattersonu su odjednom ukinuta sredstva za istraživanje ili ih je bilo teško dobiti. American Petroleum Institute raskinuo je istraživački ugovor s njim, kao i Public Health Service SAD-a (javna zdravstvena služba), navodno neutralno državno tijelo.

A kako je Patterson sve više bio smetnja svojoj instituciji, uprava Caltecha bila je sve češće pod pritiskom predstavnika industrije olova da ga ušutka ili otpusti. Kako piše Jamie Lincoln Kitman u časopisu *Nation,* uprava Ethvla navodno je 2000. godine ponudila financiranje mjesta u predsjedništvu Caltecha »ako najure Pattersona«. Apsurdno, ali Patterson nije bio uključen u odbor stručnjaka koji su 1971. godine u organizaciji National Research Councila (Državnog istraživačkog vijeća) trebali istražiti opasnosti od trovanja atmosferskim olovom, iako je već tada bio uvjerljivo vodeći američki stručnjak za atmosfcrsko olovo.

Na svoju veliku čast, Patterson nikada nije pokleknuo. Zahvaljujući njegovim naporima, 1970. godine uveden je Zakon o čistom zraku (Clean Air Act), a 1986. godine olovni benzin je konačno i potpuno povučen iz prodaje u Sjedinjenim Državama. Gotovo istog trenutka razina olova u krvi Amerikanaca smanjila se za 80 posto. Budući daje olovo vječno, Amerikanci danas u krvi imaju otprilike 625 puta više olova nego njihovi zemljaci prije sto godina. No, količina olova u atmosferi i dalje raste potpuno legalno, i to za sto tisuća tona godišnje, uglavnom zbog kopanja i taljenja rude te industrijskih aktivnosti. Olovo u bojama za interijere zabranjeno je u Sjedinjenim Državama »44 godine nakon što je zabranjeno gotovo u cijeloj Europi«, kako napominje McGravne. S obzirom na veliku toksičnost, zanimljivo je da olovni lem nije uklonjen s američkih konzervi za hranu sve do 1993. godine.

Što se tiče Ethyl Corporation, ona je i dalje jaka, iako GM, Standard Oil i Du Pont više nemaju svoje udjele u kompaniji. (Prodali su joj ili 1962. godine pod nazivom Albemarle Paper.) Kako piše McGravne, sve do veljače 2001. godine Ethyl je i dalje tvrdio kako »istraživanja nisu pokazala da olovni benzin predstavlja prijetnju ljudskom zdravlju ili okolini«. Na Ethylovoj web stranici u povijesti kompanije uopće se ne spominje olovo - naravno, ni Thomas Midgley- nego se za izvorni proizvod samo kaže daje »sadržavao određenu kombinaciju kemikalija«.

Ethyl više ne proizvodi olovni benzin, iako je prema financijskim izvještajima kompanije iz 2001. godine tetraetil-olovo (ili TEL, kako se naziva) donijelo 25,1 milijun dolara zarade u 2000. godini (od sveukupne prodaje od 795 milijuna dolara, stoje više od 24,1 milijun za 1999. godinu, ali manje od 117 milijuna dolara u 1998. godini). Kompanija u izvještaju ističe odlučnost da »maksimira gotovinsku zaradu od TEL-a jer je njegova upotreba i dalje u silaznoj putanji diljem svijeta«. Ethyl diljem svijeta prodaje TEL zahvaljujući sporazumu s kompanijom Associated Octel Ltd. of England.

Što se tiče druge pokore koju nanije ostavio Thomas Midglev, floro-klorougljika, oni su 1974. godine zabranjeni u Sjedinjenim Državama, ali to su uporni vragolani i svaki koji je prije te godine ispušten u atmosferu (primjerice, iz dezodoransa ili laka za kosu) gotovo će sigurno i dalje biti tu te će proždirati ozon još dugo nakon što vi i ja odradimo svoje. Još gore, svake godine u atmosferu i dalje ispuštamo goleme količine freona. Kako kaže Wayne Biddle, više od 27 milijuna kilograma te tvari, u vrijednosti od 1,5 milijarde dolara, svake godine još uvijek pronalazi put do tržišta. A tko to proizvodi? Mi - to jest, još uvijek ga proizvode mnoge velike korporacije u svojim tvornicama u inozemstvu. U zemljama Trećeg svijeta neće biti zabranjen do 2010. godine.

Clair Patterson je umro 1995. godine. Za svoj rad nije dobio Nobe-lovu nagradu. Geolozima je nikada ne dodjeljuju. Što je još čudnije, nije postao ni slavan ni zapažen zbog pola stoljeća dosljednih i vrlo nesebičnih dostignuća. S razlogom bi se moglo tvrditi daje bio najutjecajniji geolog 20. stoljeća. No, tko je uopće čuo za Claira Pattersona? Većina geoloških udžbenika uopće ga ne spominje. U dvije nedavno objavljene popularne knjige o povijesti datiranja Zemlje čak su mu i ime pogrešno napisali. Početkom 2001. godine recenzent jedne od tih knjiga u časopisu *Nature* dodao je još jednu, prilično nevjerojatnu pogrešku, navodeći daje Patterson bio žena.

Kako bilo, zahvaljujući radu Claira Pattersona Zemljaje 1953. godine napokon imala dob oko koje su se svi mogli složiti. Jedini problem bio je u tome stoje bila starija od svemira u kojem se nalazi.

11

KVARKOVI MUSTERA MARKA

Britanski znanstvenik C. T. R. Wilson proučavao je 1911. godine formacije oblaka redovno se pentrajući na vrh Ben Nevisa, škotske planine poznate po čestim kišama, kada je shvatio da mora postojati lakši način. U Cavendishovom laboratoriju u Cambridgeu sagradio je umjetnu komoru za oblake - jednostavan uređaj u kojem je mogao rashlađivati zrak i povećavati mu vlažnost kako bi stvorio prihvatljiv model oblaka u laboratorijskim uvjetima.

Uređaj je dobro radio, ali imao je i dodatnu, neočekivanu uporabnu vrijednost. Kada bi Wilson u komoru ubacio alfa-česticu kako bi pokrenuo proces stvaranja svojih umjetnih oblaka, ona bi ostavila vidljiv trag - sličan tragu aviona. Wilson je upravo izumio detektor čestica. To je bio uvjerljiv dokaz da subatomske čestice zaista postoje.

Poslije su druga dvojica znanstvenika iz Cavendisha izumili bolji uređaj za protonske zrake, dok je Ernest Lavvrence na Berkelevju u Californiji gradio svoj slavni i impresivni ciklotron ili atomsku drobi-licu, kako se dugo i sa zanosom nazivalo takve uređaje. Sve su te naprave radile - rade još i danas - na više-manje istom principu. Radilo se o tome da se proton ili koja druga nabijena čestica ubrza do vrlo velike brzine dok se kreće po određenoj putanji (ponekad kružnoj, ponekad pravocrtnoj), a zatim se tom česticom udari u drugu i promatra ono što će se razletjeti na sve strane. Zato su nazvane atomskim drobi-licama. To nije bila najprofinjenija znanost, ali uglavnom je bila djelotvorna.

Kako su fizičari konstruirali sve veće i ambicioznije strojeve, počeli su pronalaziti ili prepoznavati, kako se činilo, nebrojene čestice ili obitelji čestica: muoni, pioni, hiperoni, mezoni, K-mczoni, Higgsovi bozoni, posredujući vektorski bozom, barioni, tahioni. Cakje i fizičarima postalo malo neugodno. »Mladiću«, odgovorio je Enrico Fermi kada ga je jedan student upitao za ime određene čestice, »kada bih mogao zapamtiti imena svih tih čestica, bio bih botaničar.«

Danas akceleratori imaju imena koja zvuče kao nešto što bi Flash Gordon upotrebljavao u borbi: supraprotonski sinhrotron, veliki elek-tronsko-pozitronski kolajder *(collider),* veliki hadronski kolajder, relati-vistički kolajder teških iona. Oni uz golemu količinu energije (neki rade samo noću kako stanovnici okolnih gradova ne bi imali problema sa slabljenjem kućne rasvjete kada se uključi aparat) mogu dovesti čestice u tako živahno stanje da jedan elektron za manje od sekunde može napraviti i do 47000 krugova po tunelu od sedam kilometara. Strahuje se da bi znanstvenici u naletu zanosa mogli nenamjerno stvoriti crnu rupu ili čak nešto što se zove 'neobični kvarkovi', koji teoretski mogu biti u interakciji s drugim subatomskim česticama i nekontrolirano se razmnožiti. Ako ovo čitate, to se nije dogodilo.

Za pronalaženje čestica potrebnaje stanovita koncentracija. One nisu samo male i brze nego su često i neugodno nepostojane. Mogu se pojaviti i ponovno nestati u samo 0,000000000000000000000001 (10^{-24}) sekunde. Čak se ni najljenije medu nestabilnim česticama ne zadržavaju dulje od 0,0000001 ($H>^{7}$) sekunde.

Neke su čestice gotovo nevjerojatno neuhvatljive. Svake sekunde Zemlju posjeti deset tisuća bilijun bilijuna neutrina, koji su sitni i vjerojatno bez mase - uglavnom ih izbacuju nuklearna vrenja Sunca - i gotovo svi prolaze ravno kroz planet i sve što je na njemu, uključujući vas i mene, kao da nas nema. Kako bi uhvatili samo nekoliko, znanstvenicima trebaju spremnici u koje stane do 57000 kubičnih metara teške vode (to jest, vode relativno bogate deuterijem) u podzemnim komorama (obično starim rudnicima), gdje ih ne mogu omesti druge vrste zračenja.

Samo ponekad neutrino će u prolazu udariti u neku atomsku jezgru u vodi i proizvesti mali oblačić energije. Znanstvenici broje te oblačiće i tako nas samo malo približavaju razumijevanju temeljnih svojstava svemira, fapanski promatrači objavili su 1998. godine da neutrino ima nešto malo mase - oko jedne desetmilijuntine mase elektrona.

Ono stoje danas zaista potrebno za pronalaženje čestica je novac, i to u velikim količinama. U modernoj fizici postoji zanimljiv obrnuto

proporcionalni odnos između veličine onoga za čim se traga i sredstava potrebnih za to. CERN, Europska organizacija za nuklearna istraživanja, sliči na mali grad. Smješten je na granici Francuske i Švicarske, zapošljava tri tisuće ljudi i obuhvaća prostor koji se mjeri četvornim kilometrima. U sklopu CERN-a nalazi se niz magneta, koji teže više od Eiffelova tornja, i podzemni tunel koji se proteže 26 kilometara u krug.

Razbijanje atoma je lako. kako je primijetio James Trefil; to radimo svaki put kad upalimo fluorescentno svjetlo. Međutim, razbijanje atomske jezgre zahtijeva mnogo novca i obilno napajanje električnom energijom. Prodiranje do razine kvarka - čestica od kojih su sazdani protoni i neutroni - zahtijeva još više: bilijune volti elektriciteta i budžet omanje srednjoameričke države. CERN-ov novi veliki hadronski kolajder, koji bi prema planu trebao biti gotov 2005. godine, trebat će oko 14 bilijuna volti, a njegova izgradnja stajat će nešto više od 1,5 milijarde dolara.*

Ali te brojke nisu ništa u usporedbi s onim što bi trošio i koliko bi se potrošilo na golemi i nikad ostvareni supraprovodni superkolajder, čija je izgradnja počela osamdesetih godina prošlog stoljeća u Texasu kraj mjesta Waxahachie, sve dok nije doživio vlastitu superkoliziju s Kongresom Sjedinjenih Država. Taj je uređaj trebao omogućiti sondiranje »suštinske prirode tvari«, kako se to uvijek kaže, simulirajući uvjete što sličnije onima u svemiru u prvom deset tisuća milijarditom djeliću sekunde. Cestice su prema planu trebale biti zavitlane kroz tunel dug 84 kilometra i postići zaista moćnih 99 bilijuna volti energije. Plan je bio veličanstven, ali izgradnja uređaja stajala bi 8 milijardi dolara (iznos koji je na kraju narastao na 10 milijardi), a njegov rad godišnje bi stajao stotine milijuna dolara.

To je bio možda najljepši primjer ulijevanja novca u rupu u zemlji; Kongres je potrošio 2 milijarde na projekt kako bi ga obustaviti 1993. godine, nakon što su iskopana 22 kilometra tunela. Tako se Texas može pohvaliti najskupljom rupom u svemiru. Kako mi je rekao prijatelj, novinar Jeff Guinn iz *Fort IWorth Star-Telegrama,* samo mjesto »zapravo je veliko golo polje koje je na rubnim dijelovima načičkano nizom otužnih gradića«.

Nakon debakla sa superkolajderom fizičari čestica nisu više ciljali tako visoko, ali čak i relativno skromni projekti mogu imati proračun od kojeg zastaje dah u usporedbi sa. zapravo, bilo čim. Za izgradnju neutrinskog

Taj skupi pcitliv.it ima i praktične popratne pojave. World Wide Web je CERN-ov izdanak. I/umio 151 |e ('ERN-ov znanstvenik Tim Berners-Lee l'ŽH'J. godine.

opservatorija u starom rudniku Homestake u Lcadu u Južnoj Dakoti trebalo bi 500 milijuna dolara - u rudniku koji je već iskopan - i to prije nego se uzmu u obzir godišnji troškovi pogona. Trebalo bi još i 281 milijun dolara za »troškove pregrađuje«. Samo za održavanje postojećeg akceleratora čestica u Fermilabu u Illinoisu treba 260 milijuna dolara.

Ukratko, fizika čestica veoma je skup pothvat - ali i produkrivan. Danasje broj čestica iznad 150, a pretpostavlja se da ih postoji još stotinjak, nažalost, kako kaže Richard Fevnman, »veoma je taško shvatiti odnose medu svim tim česticama, što priroda želi od njih i kako su povezane«. Svaki put kada uspijemo otključati kutiju, neizbježno ustanovimo daje unutrajošjedna zaključana kutija. Neki misle da postoje čestice, nazvane tahioni, koje mogu putovati brže od svjetlosti. Drugi s čežnjom traže gravitone - samo srce gravitacije. U kojem trenutku stižemo do samog dna, nije lako reći. Carl Sagan u svom *Cos-iiiosu* iznosi mogućnost kako bismo putujući unutra, u elektron, mogli otkriti da i sam sadrži vlastiti svemir, podsjećajući nas tako na sve one znanstveno-fantastične priče iz pedesetih. »Unutar njega postoji golem broj drugih, organiziranih u lokalne ekvivalente galaksija manjih struktura, još sitnijih elementarnih čestica, koje su i same svemiri na slje-dećoj razini i tako dalje - beskonačno poniranje prema dolje, beskrajni svemiri unutar svemira. Ali isto tako i prema gore.«

Za većinu nas to je svijet koji nadilazi našu sposobnost razumijevanja. Kako biste danas mogli pročitati barem elementarni uvod u fiziku čestica, morate se probijati kroz leksičku šikaru ove vrste: »Nabijeni pion i antipion raspadaju se na muon plus antineutrino i antimuon plus neutrino, s prosječnim životom od 2,603-IO^{-16} sekunde, a muon i antimuon raspadaju se na...« I tako to ide dalje - a ovo je navedeno iz knjige pisane za prosječnog čitatelja, iz pera jednog od (inače) najlucidnijih tumača, Stevena Weinberga.

U pokušaju da unese barem malo jednostavnosti u problematiku, šezdesetih godina prošlog stoljeća Caltechov fizičar Murray Gell-Mann izumio je novu klasu čestica, kako kaže Steven Weinberg, samo »kako bi vratio ekonomičnost u mnoštvo hadrona« - stoje zbirni naziv koji fizičari koriste za protone, neutrone i ostale čestice kojima upravlja snažna nuklearna sila. Gell-Mannova teorija tvrdilaje da su svi hadroni sastavljeni od još manjih, još osnovnijih čestica. Njegov kolega Richard Fevnman htio je te nove temeljne čestice nazvati *partouinia,* kao Dollv. ali to nije prošlo. Umjesto toga, postali su poznati kao *kvarkovi.*

Gell-Mann im je nadjenuo ime inspiriran jednom rečenicom u *pinnegatiouu bdijenju:* »Tri kvarka za Mustera Marka!« (Za precizne fizičare *kvarks* se rimuju sa *storks* [sto:ks], a ne *larks* [la:ks], iako je Joyce gotovo sigurno na umu imao ovaj drugi izgovor.) Početna jednostavnost kvarkova nije bila duga vijeka. Kada su ih počeli bolje razumijevati, bilo je nužno da se uvedu i niže podjele. Iako su kvarkovi premaleni da bi imali boju, okus ili bilo koju drugu fizičku karakteristiku koju bismo prepoznali, potrpani svi u šest kategorija - *ttp, doum, strange, eharm, top, boltom* (gornji, donji, čudni, čarobni, vršni, dubinski) - što fizičarima, zanimljivo, predstavlja njihove 'okuse', koji su zatim podijeljeni na 'boje'- crvenu, zelenu i plavu. (Moglo bi se posumnjati da nije slučajno što su ti termini prvi put primijenjeni u Californiji u eri psihodelije.)

Iz svega toga na kraju je nastalo nešto što se zove 'standardni model'. To je zapravo svojevrstan komplet dijelova za modeliranje subatom-skog svijeta. Standardni model sastoji se od šest kvarkova, šest leptona, pet poznatih bozona i jednog pretpostavljenog, Higgsova bozona (nazvanog po škotskom znanstveniku Peteru Higgsu) plus tri od četiri fizičke sile: jake i slabe nuklearne sile te elektromagnetizma.

Raspoređeni su tako da se između temeljnih građevnih blokova materije nalaze kvarkovi; njih na okupu drže čestice nazvane gluoni; a kvarkovi i gluoni zajedno tvore protone i neutrone, materijal atomske jezgre. Leptoni su izvor elektrona i neutrina. Kvarkovi i leptoni zajedno se nazivaju fermionima. Bozoni (nazvani po indijskom fizičaru S. N. Boseu) čestice su koje proizvode i prenose sile, a u njih pripadaju fotoni i gluoni. Higgsov bozon može, ali i ne mora zaista postojati; jednostavno je izmišljen kao sredstvo da čestica dobije masu.

Kao što možete vidjeti, sve je to pomalo nespretno, ali to je najjednostavniji model koji može objasniti sve što se događa u svijetu čestica. Kako je 1985. godine rekao Leon Lederman u jednom televizijskom dokumentarcu, većina fizičara koji proučavaju čestice smatraju da standardnom modelu nedostaje elegancije i jednostavnosti. »Previše je kompliciran. Ima previše arbitrarnih parametara«, rekao je Lederman. Baš i ne zamišljamo Tvorca koji okreće dvadeset ručica podešavajući dvadeset parametara kako bi stvorio svemir kakav znamo. Fizika je zaista samo potraga za krajnjom jednostavnošću, ništa više, ali zasad imamo samo neku vrstu elegantne zbrke - ili, kako je to rekao Lederman: »Stječe se snažan dojam da slika nije lijepa.«

Standardni model nije samo nespretan nego je i nepotpun. Kao prvo, uopće nema što reći na temu gravitacije. Pretražujte standardni model

koliko god hoćete, ali nećete naći ništa što bi objasnilo zašto šešir koji ste stavili na stol neće odlebdjeti do stropa. Kao što smo maloprije primijetili, ne može objasniti ni masu. Da bi čestice uopće dobile nekakvu masu, moramo uvesti hipotetične Higgsove bozone; postoje li oni ili ne, to je pitanje za fiziku 21. stoljeća. Kako je razdragano zaključio Fevnman: »Dakle, zapeli smo na teoriji, ne znamo je li točna ili pogrešna, ali znamo *da je pomalo* pogrešna ili barem nepotpuna.«

U pokušaju da sve povezu, fizičari su došli do onoga što se zove teorija superstruna. Ona se temelji na tezi da su sve te male stvarčice, kao što su kvarkovi i leptoni, o kojima smo dosad razmišljali kao o česticama, zapravo 'strune' -vibrirajuće niti energije koje osciliraju u jedanaest dimenzija, odnosno sastoje se od tri koje već poznajemo, plus vrijeme i sedam drugih dimenzija koje, recimo, nisu dostupne našoj spoznaji. Strune su vrlo malene - dovoljno su sitne da mogu proći kao čestice svedene na točku.

Uvođenjem dodatne dimenzije teorija superstruna omogućila je fizičarima da spoje kvantne zakone i zakon gravitacije ujedan relativno uredan paket, ali to također znači da sve što znanstvenici kažu o toj teoriji, neugodno počinje sličiti razmišljanjima koja bi vas nagnala na bijeg kada bi vam ih iznosio nepoznat čovjek na klupi u parku. Na primjer, evo kako fizičar Michio Kaku objašnjava strukturu svemira iz perspektive superstruna:

> Heterotička struna sastoji se od zatvorene strune koja ima dvije vrste vibracija, u smjeru kazaljke na satu i obrnuto, a koje se različito tretiraju. Vibracije u smjeru kazaljke na satu žive u prostoru od deset dimenzija. One u suprotnom smjeru žive u prostoru od 26 dimenzija, od čega je I 6 dimenzija kompaktifi-orano, (Sjećamo se da je u Kaluzinom originalnom peterodimenzionalnom [modelu] peta dimenzija kompaktificirana tako što je smotana u krug.)

I tako dalje kojih 350 stranica.

Izdanak teorije struna naziva se M teorija, koja uvodi i površine poznate kao membrane - ili samo 'brane', za pomodnije duše iz svijeta fizike. Bojim se daje to stanica na putu znanja na kojoj većina nas treba sići. Postoji rečenica iz *Ncw York 'limesa* koja to širokoj publici objašnjava najjednostavnije stoje moguće:

> Ekpirozni proces počinje davno u neodređenoj prošlosti s parom plosnatih praznih brana koje su postavljene paralelno jedna prema drugoj u zakriv-

> Ijenom peterodimenzionalnom prostoru... Dvije brane, koje čine stjenku pete dimenzije, mogle su se pojaviti ni iz čega kao kvantna fluktuacija u još udaljenijoj prošlosti, a nakon toga se razdvojiti i udaljiti.

Na tu temu nema rasprave. Ali ni razumijevanja. *Ekpiroza* inače potječe od grčke riječi za požar.

Stvari su se u fizici sada toliko zaoštrile daje »nestručnjaku gotovo nemoguće razlučiti legitimnu neobičnost od čiste ludosti«, kako u časopisu *Nature* piše Paul Davies. To je pitanje postalo naročito zanimljivo u jesen 2002. godine, kada su dvojica francuskih fizičara, blizanci Igor i Grichka Bogdanov, postavili ambicioznu teoriju koja je uključivala koncepte kao što je »zamišljeno vrijeme« i »Kubo-Schwinger--Martinovo stanje«, s ciljem da opišu ništavilo koje je bilo svemir prije Velikog praska - razdoblje koje je, kako se oduvijek smatralo, bilo nespoznatljivo (jer je prethodilo rođenju fizike i njenih zakona).

Teorija braće Bogdanov odmah je izazvala raspravu medu fizičarima -je li to lupetanje, djelo genija ili podvala. »Znanstveno, to je višc-manje čista besmislica«, izjavio je Peter Woit, fizičar sa sveučilišta Columbia, za *New York Times,* »ali po tome se mnogo ne razlikuje od većine suvremenih teorija.«

Karl Popper, kojegje Steven Weinberg nazvao »dekanom medu modernim filozofima znanosti«, jednom je rekao da u fizici možda i nema konačne teorije - da umjesto toga svako objašnjenje traži daljnja objašnjenja, proizvodeći »beskonačan lanac sve osnovnijih principa«. Nasuprot tome, moguće je daje takvo znanje naprosto izvan našeg dohvata. »Srećom, čini se da dosad«, piše Weinberg u *Dreams of a Fitial Theoiy* (Maštanje o konačnoj teoriji), »još uvijek nismo stigli do kraja svojih intelektualnih mogućnosti.«

To je područje na kojem će se misao gotovo sigurno i dalje razvijati, a ta će misao gotovo sigurno biti previše složena za većinu nas.

Dok su fizičari sredinom 20. stoljeća bili zabrinuto zagledani u svijet vrlo malog, astronomi nisu mogli u potpunosti razumjeti svemir širokih razmjera, što ih nije ništa manje zaokupljalo.

Kada smo zadnji put sreli Edvvina Hubblea, baš je bio ustanovio da se sve galaksije ti našem vidokrugu udaljuju od nas te da je brzina tog udaljavanja proporcionalna udaljenosti: što je galaksija dalje, brže se kreće. I lubble je shvatio da se to može izraziti jednostavnom jednadžbom. $1I_0 = r/d$ (gdje je //,, konstanta, v je brzina udaljavanja, a d je

njena udaljenost od nas). II_0 je otada poznat kao Hubbleova konstanta, a formula kao I lubbleov zakon. Hubble je tom formulom izračunao daje svemir star oko dvije milijarde godina, stoje bilo malo nezgodno, jer je još od kraja dvadesetih godina bilo sve jasnije da je u svemiru mnogo toga starije - uključujući i samu Zemlju. Ispravljanje te brojke bila je stalna preokupacija kozmologije.

Gotovo jedino stoje u Hubbleovoj konstanti bilo konstantno, bila je količina neslaganja oko pitanja koju joj vrijednost treba dati. Astronomi su 1956. godine otkrili da su varijable cefeida varijabilnije nego što su mislili; pojavljuju se u dvije varijante, a ne u jednoj. To im je omogućilo da ponove računanje i dođu do nove dobi svemira, otprilike između sedam i dvadeset milijardi godina - ne baš previše precizno, ali napokon barem dovoljno staro da obuhvati formiranje Zemlje.

U godinama koje su uslijedile izbila je rasprava koja će trajati i trajati između Allana Sandagea, Hubbleova nasljednika na Mout Wilsonu, i Gerarda de Vaucouleursa, astronoma podrijetlom iz Francuske, a sa sveučilišta u Texasu. Sandage je nakon niza godina brižnih kalkulacija došao do vrijednosti Hubbleove konstante od 50, čime je starost svemira određena na 12 milijardi godina. De Vaucouleurs je bio jednako tako mjeren da Hublleova konstanta iznosi 100.* To bi značilo daje svemir upola manji i mlađi od onog koliko je Sandage vjerovao - deset milijardi godina. Stvari su postale još zamršenije kadaje tim iz zvjezdarnice Carnegie u Californiji, koristeći mjerenja svemirskog teleskopa Hubble, 1994. godine postavio tezu da bi svemir mogao biti star samo 8 milijardi godina - kako su i sami priznali, taje starost bila manja od zvijezda u tom istom svemiru. U veljači 2003. godine tim iz NASA-c i Goddardovog centra za svemirske letove u Marvlandu, uz pomoć novog tipa satelita velikog dometa, nazvanog Wilkinsonova sonda za anizotropiju mikro-valova, priličnoje uvjerljivo objavio daje svemir star 13,7 milijardi godina, manje-više sto milijuna godina. Tako je i ostalo, barem za sad.

S pravom se možete zapitati na što se zapravo odnosi 'konstanta 50' ili 'konstanta 1(10'. Odgovor leži u astronomskim mjernim jedinicama. Astronomi se služe svjetlosnim godinama samo u razgovoru. Inače koriste udaljenost koja se *.'oxc parsck* (kovanica *od par.it.ik sa i sekunda),* koja se temelji na univerzalnoj mjeri zvanoj zvjezdana paralaksa, što odgovara 3.26 svjetlosnih godina. Velike mjere, kao što je veličina svemira, izračunavanju se u niegaparsecima: I megaparsek= 1 milijun parseka. Konstanta se izražava u kilometrima u sekundi po megaparseku. Kad astronomi govore o I Iubbleovoj konstanti 50. misle na '50 kilometara u sekundi po megaparseku'. Naravno, većini nas ta mjera ne znači ništa: s druge strane, većina udaljenosti u astronomskim mjerilima tako je golema da zaista ništa niti ne znače.

Problem u donošenju konačnih zaključaka je u tome što često ostavlja golem prostor za objašnjavanje. Zamislite da stojite noću u polju i pokušavate zaključiti koliko su udaljena dva električna svjetla. Koristeći prilično jednostavna astronomska oruđa možete relativno lako ustanoviti da su te žarulje podjednaka sjaja i da je jedna, recimo, 50 posto dalje od druge. Ali ne možete biti sigurnije li vam bliže, recimo, žarulja od 58 vvatta, koja je udaljena 37 metara, ili žarulja od 61 watta, koja je udaljena 36,7 metara. Uza sve to, morate uzeti u obzir otklone zbog iskrivljenja uzrokovanih promjenama u atmosferi Zemlje, intergalaktičkom prašinom, kontaminirajućim svjetlom zvijezda i ostalim faktorima. Zbog svega toga vaše se računanje nužno temelji na nizu pretpostavki, od kojih svaka može biti izvor sumnje. Problem je i u tome stoje pristup teleskopima uvijek rijedak zgoditak, a za mjerenje crvenog pomaka obično treba veoma mnogo teleskopskog vremena. Ponekad je potrebna cijela noć kako bi se dobila samo jedna ekspozicija. Zato su astronomi ponekad bili prisiljeni (ili voljni) da donose zaključke na temelju primjetno oskudnih dokaza. Kakoje rekao novinar Geoffrev Carr, u kozmologiji imamo »brdo teorije sagrađene na krtičnjaku dokaza«. Ili, kako kaže Martin Rees: »Naše trenutno zadovoljstvo [sadašnjim stupnjem znanja] možda je više odraz male količine podataka nego kvalitete teorije.«

Ta nesigurnost, usput rečeno, može se podjednako odnositi na ono što nam je relativno blizu, kao i na udaljene rubove svemira. Kako piše Donald Goldsmith, kad astronomi kažu daje galaksija M87 udaljena šezdeset milijuna svjetlosnih godina, oni zapravo hoće reći daje udaljena između četrdeset i devedeset milijuna svjetlosnih godina (»ali to često ne naglašavaju pred publikom«) - a to baš i nije isto. Za svemir u širokim razmjerima stvari se po prirodi povećavaju. Uza sav zanos koji prati najnovije spoznaje, još smo daleko od jednoglasnosti.

Jedna zanimljiva teorija nedavno je postavila tezu da svemir nije ni približno tako velik kao što smo mislili; kada zurimo u daljinu, neke galaksije koje vidimo jednostavno bi mogle biti odsjaj, privid što ga stvara svjetlo koje se odbija.

Činjenica je da postoji mnogo toga što ne znamo ni na osnovnoj razini - ne znamo čak ni od čega je načinjen svemir. Kada znanstvenici izračunavaju količinu materije potrebne da sve drži na okupu, uvijek im nešto očajnički nedostaje. Izgleda daje 90 posto svemira, možda čak i 99 posto, načinjeno od 'nevidljive materije' Fritza Zvvickvja - koja je za nas nevidljiva. Pomisao da živimo u svemiru koji većim dijelom ne

možemo čak niti vidjeti, izaziva očaj, ali tako je. Ako ništa drugo, barem su zabavna imena dvaju mogućih glavnih krivaca: kaže se da su oni ili WIMF (engl. *mlakonje,* op. prev. - kratica za 'masivne čestice slabog djelovanja', a to su mrljice nevidljive materije preostale od Velikog praska) ili MACHO (od 'masivni kompaktni isijavajući objekti' - što je zapravo drugo ime za crne rupe, smeđe patuljke i druge zvijezde vrlo slaba sjaja).

Fizičari čestica bili su skloniji čestičnom objašnjenju pomoću WIMP--ova, a astrofizičari zvjezdanom objašnjenju pomoću MACHO-a. Jedno vrijeme vodili su MACIIO-i, ali kako ih nije bilo dovoljno otkriveno, WIMP-ovi su ponovno stekli naklonost - uz mali problem što dosad nije pronađen nijedan WIMP. Pod pretpostavkom da uopće postoje, veoma ih je teško pronaći jer imaju slabo djelovanje. U njihovu slučaju kozmičke zrake izazivale bi preveliku interferenciju. I tako znanstvenici moraju otići mnogo dublje. Jedan kilometar ispod zemlje bombardiranje je kozmičkih čestica milijun puta slabije nego na površini. Ali, kako je rekao jedan komentator, uza sve to, »u završnom računu još uvijek nedostaju dvije trećine svemira«. Za sad ih isto tako možemo zvati i DUNNOS ('tamni nepoznati nereflektirajući neuhvatljivi objekti koji nisu nigdje' - a sama kratica na engleskom znači *oni koji nemaju pojma,* op. prev.)

Na temelju najnovijih podataka ne samo da se svemirske galaksije udaljavaju od nas nego to rade sve većom brzinom. To je suprotno svim očekivanjima. Ne samo da bi svemir mogao biti ispunjen tamnom tvari nego, čini se, i tamnom energijom. Znanstvenici to ponekad nazivaju i vakuumskom energijom ili kvintesencijom. Ma što bilo, čini se daje u ekspanziji koju nitko ne može objasniti. Postavljena je teorija prema kojoj prazni prostor uopće nije tako prazan - ona kaže da postoje čestice materije i antimaterije koje se pojavljuju i nestaju - i da to sve većom brzinom tjera svemir naprijed. Sasvim nevjerojatno, ali jedino što bi sve to moglo razmrsiti Einsteinova je kozmološka konstanta -komadić matematike koji je ubacio u opću teoriju relativnosti kako bi zaustavio pretpostavljeno širenje svemira, što je nazvao »najveća glupost mog života«. Sad se čini daje možda ipak imao pravo.

Tako živimo u svemiru čiju starost ne možemo u potpunosti izračunati, okruženi smo zvijezdama čiju međusobnu udaljenost i udaljenost od nas zapravo ne znamo te ga ispunjava tvar koju ne možemo identificirati, a koja djeluje u skladu sa zakonima fizike čija svojstva zapravo ne razumijemo.

Uz te uznemirujuće misli vratimo se na planet Zemlju i razmotrimo nešto što *možemo* razumjeti - iako vas sada više neće čuditi kada čujete da ni to ne razumijemo potpuno, a da i ono što razumijemo, dugo nismo razumjeli.

12

ZEMLJA SE POMIČE

U jednom od posljednjih profesionalnih istupa prije svoje smrti Albert Einstein napisao je 1955. godine kratak, ali oduševljen predgovor knjizi geologa Charlesa Hapgooda *Earth's Shifting Cnist: A Key to Some Basic Problems ofEarth Science* (Pomična Zemljina kora: Ključ za neke od osnovnih geoloških problema). Hapgoodova knjiga sustavno je srušila ideju da se kontinenti pomiču. Tonom koji je pozivao čitatelja da mu se pridruži u tolerantnom podsmijehu, Hapgood navodi daje nekoliko vrijednih duša primijetilo »očitu sličnost u obliku nekih kontinenata«. Reklo bi se, nastavlja on, »da se Južna Amerika lijepo poklapa s Afrikom i tako dalje... Čak se tvrdi da se geološke formacije s obje strane Atlantika poklapaju«.

Gospodin Hapgood odlučno je odbacio takve teze, napominjući da su geolozi K. E. Caster i J. C. Mendes izvršili opsežna istraživanja s obje strane Atlantika i neupitno ustanovili da ne postoje nikakve sličnosti te vrste. Bog zna koje su to geološke žile razgledavali gospoda Caster i Mendes jer su mnoge geološke formacije s obje strane Atlantika *zaista* iste - ne samo vrlo slične nego identične.

Gospodin Hapgood nije napao *tu* ideju, kao ni mnogi drugi geolozi njegova vremena. Teoriju na koju je Hapgood aludirao prvi je put 1908. godine izložio Frank Burslev Tavlor. američki geolog-amater. Tavlorje potekao iz bogate obitelji, imao je sredstva i bio je oslobođen akademskih ograničenja pa je mogao provoditi nekonvencionalna istraživanja. Bio je jedan od onih koji su zapazili sličnost između oblika atlantskih

obala Afrike i Južne Amerike pa je na temelju tog zapažanja razvio ideju da su se kontinenti jednom u prošlosti razdvojili. Tvrdio je — kako će se kasnije pokazati, proročki - daje uzdizanje planinskih lanaca vjerojatno posljedica zbijanja kontinenata. Međutim, nije uspio skupiti dokaze pa su njegovu teoriju smatrali previše ludom da bi zaslužila ozbiljnije razmatranje.

No, Tavlorovu je ideju prihvatio i djelotvorno usvojio njemački teoretičar Alfred Wegener, meteorolog sa sveučilišta u Marburgu. Wegener je ispitivao mnoge biljne i fosilne anomalije koje se nisu skladno uklapale u standardni model povijesti Zemlje i shvatio da od toga malo što ima smisla ako se konvencionalno tumači. Isti životinjski fosili uporno su se pojavljivali na suprotnim stranama oceana, što je bilo predaleko da bi se moglo preplivati. Pitao se kako su tobolčari doputovali iz Južne Amerike u Australiju? Kako se identični puževi mogu pojaviti u Skandinaviji i u Novoj Engleskoj? I, kad smo već kod toga, kako se mogu objasniti ležišta ugljena i drugi suptropski ostaci na ledenim mjestima kao što su Spitsbergcn, više od 600 kilometara sjeverno od Norveške, ako tamo nisu dospjeli nekako migrirajući iz toplijih krajeva?

Wegenerje razvio teoriju prema kojoj su kontinenti nekada bili jedinstvena kopnena masa nazvana Pangea, gdje su se flora i fauna mogle izmiješati prije nego što će se razdvojiti i otploviti na sadašnja mjesta. Ideju je iznio u knjizi *Die Entstehung der Kontinente nnd Ozeane* (Postanak kontinenata i oceana), kojaje 1912. godine objavljena u Njemačkoj, a nakon tri godine i u Engleskoj, usprkos izbijanju Prvog svjetskog rata.

Zbog rata Wegenerova teorija u početku nije izazvala veliko zanimanje, ali 1920. godine, kada je objavio revidirano i prošireno izdanje, brzo je postala predmetom rasprave. Svi su se složili da se kontinenti pomiču - ali gore-dolje, a ne postrance. Proces vertikalnog kretanja, poznat kao izostaza, generacijama je bio temelj geološkog vjerovanja, iako nitko nije imao nijednu dobru teoriju koja bi objasnila kako je do toga došlo. Jedna ideja, koja se zadržala u udžbenicima sve do mojih školskih dana, bila je teorija 'pečene jabuke7, koju je na samom prijelazu stoljeća iznio Austrijanac Eduard Suess. Tvrdila je da se užarena Zemlja tijekom hlađenja naborala kao pečena jabuka, stvarajući oceanske bazene i planinske lance. Nije važno što je James Hutton još davno dokazao kako bi krajnja posljedica takva statičnog stanja bio bezobličan sferoid, nakon što bi erozija izravnala izbočine i ispunila udubine. Postojao je i problem koji su početkom stoljeća prikazali Rutherford i Soddy- zemaljski radioizotopi sadržavaju velike rezerve topline - tako da ne bi dopustili

hlađenje i sažimanje kakvo opisuje Suess. U svakom slučaju, da je Suessova teorija bila točna, tada bi planine bile ujednačeno raspoređene po površini Zemlje, a nisu; uz to, trebale bi biti približno iste starosti, a već početkom 20. stoljeća bilo je jasno da su neki lanci, kao Ural i Appalachians, stotine milijuna godina stariji od drugih, kao što su Alpe i Stjenjak. Očito, biloje vrijeme za novu teoriju. Nažalost, Alfred Wege-ner nije bio čovjek kojeg bi geolozi odabrali za taj zadatak.

Kao prvo, njegovi radikalni stavovi dovodili su u pitanje temelje njihove discipline, što je rijetko kada djelotvoran način izazivanja naklonosti. Takav izazov bio bi dovoljno bolan i daje potekao od geologa, a Wegener uopće nije imao geološko obrazovanje. Zaboga, bio je meteorolog! Vrijemeznanac - njemački vrijemeznanac. To su bili neoprostivi nedostaci.

I tako su geolozi poduzeli sve što su mogli da odbace njegove dokaze i omalovaže teze. Kako bi se izvukli iz problema distribucije fosila, kad god bi im zatrebalo, izvlačili bi drevne 'kopnene mostove'. Kada je ustanovljeno da je jedna drevna vrsta konja, poznata kao *Hipparion,* istodobno živjela u Francuskoj i na Floridi, odmah se pojavio kopneni most preko Atlantika. Kada je postalo poznato da su drevni tapiri istodobno postojali u Južnoj Americi i Jugoistočnoj Aziji, i tamo je niknuo kopneni most. Uskoro su karte prethistorijskih mora bile prepune hipotetičkih kopnenih mostova - od Sjeverne Amerike do Europe, od Brazila do Afrike, od Jugoistočne Azije do Australije, od Australije do Antarktike. Ti spojni krakovi ne bi se pojavljivali samo kada je bilo potrebno da se živi organizam preseli sjedne kopnene mase na drugu nego su i prigodno nestajali, ne ostavljajući za sobom tragove svog postojanja. Naravno, ništa od toga nije bilo popraćeno ni mrvicom dokaza - nešto toliko pogrešno i nije moglo biti - no, to je tijekom pola stoljeća ipak bilo ortodoksno geološko vjerovanje.

Neke stvari nisu mogli objasniti čak ni kopneni mostovi. Ustanovljeno je daje jedna dobro poznata europska vrsta trilobita živjela i na Nevvfoundlandu - ali samo sjedne strane. Nitko nije mogao uvjerljivo objasniti kako se ta vrsta probila preko 3000 kilometara negostoljubivog oceana, a onda nije uspjela pronaći put do druge strane otoka koji je bio širok samo 300 kilometara. Još veća anomalija bila je druga vrsta trilobita, koja je pronađena samo u Europi i pacifičkom sjeverozapadu Amerike i nigdje drugdje između tih dvaju područja, za što bi prije trebao zračni prijevoz nego kopneni most. Pa ipak, još 1964. godine u prikazu suparničkih teorija *Encyclopacdia Britamiica* za Wegenerovu tezu

kaže daje puna »brojnih teških teoretskih problema«. No, treba reći da je Wegcner griješio. Tvrdio je da Grenland pluta na zapad brzinom od 1,6 kilometara godišnje, što je čista besmislica. (Točnije bi bilo centimetar godišnje.) Uza sve ostalo, nije mogao dati uvjerljive dokaze o načinu pomicanja masa. Da biste povjerovali u njegovu teoriju, morali ste prihvatiti da se masivni kontinenti nekako probijaju kroz čvrstu koru, kao plug kroz zemlju, a pritom iza sebe ne ostavljaju nikakvu brazdu. Ništa dotad poznato nije moglo na prihvatljiv način objasniti što pokreće to masivno gibanje.

Rješenje je ponudio Arthur Holmes, engleski geolog koji je postigao veoma mnogo u određivanju starosti Zemlje. Holmes je bio prvi znanstvenik koji je shvatio da radioaktivno zagrijavanje unutar Zemlje može proizvesti konvekcijske struje. One bi teoretski mogle biti dovoljno moćne da pomiču kontinente. U njegovu popularnom i utjecajnom udžbeniku *Principlcs ofPlrysical Geo(ogy* (Principi fizičke geologije), prvi put objavljenom 1944. godine, Holmesje iznio teoriju pomicanja kontinenata, koja je u osnovi prihvaćena i danas. Za njegovo doba toje bila još uvijek previše radikalna teza pa je sveudilj kritizirana, naročito u Sjedinjenim Državama, gdje je otpor bio dugotrajniji nego drugdje. Jedan se tamošnji kritičar uzbudio jer, kako je bez trunka ironije rekao, Holmes tako jasno i uvjerljivo iznosi svoje argumente da bi mu studenti mogli zaista i povjerovati. Međutim, nova teorija drugdje je naišla na čvrstu, iako suzdržanu podršku. Glasanje na godišnjem sastanku Britanskog udruženja za unaprjeđenje znanosti (British Association for the Advancement of Science) iz 1950. godine pokazalo je da polovica prisutnih prihvaća ideju pomicanja kontinenata. (Hapgood je ubrzo nakon toga citirao taj podatak kao dokaz koliko su tragično zastranili britanski geolozi.) Zanimljivo je daje i sam Holmes ponekad sumnjao u svoju teoriju. Tako je 1953. godine priznao: »Nikada se nisam uspio osloboditi predrasude protiv pomicanja kontinenata; u geološkim kostima, da tako kažem, osjećam daje ta hipoteza čista fantazija.«

U Sjedinjenim Državama ipak nije potpuno izostala podrška teoriji pomicanja kontinenata. Za nju se zalagao Rcginald Dalv s Harvarda, ali on je bio. ako se sjećate, čovjek koji je tvrdio daje Mjesec nastao u kozmičkom sudaru, pa su njegove ideje bile prihvaćene kao zanimljive, čak i vrijedne, ali pomalo pretjerane da bi bile ozbiljno razmatrane. Tako se većina američkih znanstvenika i dalje držala stava da su kontinenti oduvijek na sadašnjim pozicijama i da se izgled površine može pripisati nečemu drugom, a ne bočnom pomicanju.

Zanimljivo je da su geolozi naftnih kompanija godinama znali da ako želite naći naftu, morate uzeti u obzir upravo onu vrstu površinskog gibanja koju podrazumijeva teorija tektonskih ploča. No, naftaši nisu pisali akademske radove; oni su samo pronalazili naftu.

Postojao je još jedan veliki problem u vezi s teorijama o Zemlji koji još uvijek nitko nije bio riješio niti je bio blizu rješenju. Pitanje je bilo -kamo nestaju svi sedimenti. Svake godine rijeke odnose u mora goleme količine erodirane materije - na primjer, 500 milijuna tona kalcija. Ako tu stopu taloženja pomnožimo s brojem godina koliko traje taj proces, doći ćemo do uznemirujuće brojke: na oceanskom dnu trebalo bi biti oko 20 kilometara sedimenata - ili, drugim riječima, oceansko dno dosad bi već trebalo biti visoko iznad najviših točaka površine oceana. Znanstvenici su tom problemu prišli na najzgodniji način. Ignorirali su ga. No, došao je trenutak kada ga više nisu mogli zanemarivati.

Tijekom Drugog svjetskog rata mineralog sa Sveučilišta Princeton Harry Hess bio je zapovjednik jurišnog transportnog broda *Cape Johnson.* Brod je bio opremljen dubinomjerom, novom luksuznom dubinskom sondom koja se koristila za priobalno manevriranje prilikom iskrcavanja, ali Hess je shvatio da se dubinomjer može koristiti i u znanstvene svrhe pa ga uopće nije isključivao, čak ni kad bi bio daleko na pučini ili usred bitke. Ono stoje saznao bilo je potpuno neočekivano. Naime, daje dno oceana drevno, kao što su svi pretpostavljali, trebalo bi biti gusto prekriveno sedimentima, kao što blato prekriva dno rijeke ili jezera. Ali Hessova očitavanja pokazala su daje oceansko dno daleko od glatke ljigave površine nataloženih drevnih odrona. Posvuda je bilo ispresijecano kanjonima, rovovima i usjecima te načičkano vulkanskim izbočinama koje je on nazvao *guyotima,* po nekadašnjem prinstonskom geologu Arnoldu Guvotu. To je bila zagonetka, ali Hessa je čekao rat u kojem je morao sudjelovati pa je ta razmišljanja sasvim potisnuo.

Hess se nakon rata vratio na Princeton svojim predavačkim interesima, ali tajne morskog dna i dalje su ga zaokupljale. Oceanografi pedesetih godina u međuvremenu su provodili sve sofisticiranija istraživanja oceanskog tla. Pritom su naišli na još veće iznenađenje: najveći i naj-razvedeniji planinski lanac na Zemlji bio je - uglavnom - pod vodom. Ocrtavao je neprekinutu liniju, pomalo sličnu uzorku na teniskoj loptici, koja se rasprostirala duž morskog dna po cijelom svijetu. Ako biste pošli s Islanda i putovali na jug, taj biste lanac mogli pratiti do središta Atlantskog oceana, oko juga Afrike, pa preko Indijskog oceana u Tihi,

malo ispod Australije; tamo je zakretao kao da mu je cilj Baja Cali-fornia, a onda je pod oštrim kutom slijedio zapadnu obalu Sjedinjenih Država do Aljaske. Ponegdje su viši vrhovi štrcali iznad vode kao otok ili arhipelag- primjerice, Azori i Kanari u Atlantiku ili Havaji u Tihom oceanu - ali uglavnom su ga, nepoznatog i neočekivanog, prekrivale tisuće hvati slanog mora. Kad se zbroje sve grane, mreža se protegla 75000 kilometara.

O tome se već neko vrijeme ponešto znalo. Ljudi koji su u 19. stoljeću polagali kablove na oceansko dno po liniji njihovog prostiranja zaključili su da na sredini Atlantika postoji nekakva planinska prepreka, ali pravo iznenađenje bila je kontinuiranost i sveukupna dužina tog planinskog lanca. Štoviše, bilo je tu i fizičkih anomalija koje nije bilo moguće objasniti. U sredini Srednjoatlantskog hrpta bio je kanjon -usjek - širok i do 20 kilometara cijelom dužinom od 19 000 kilometara. Činilo se kao da se Zemlja cijepa po šavovima, kao orah koji se probija iz ljuske. Bila je to apsurdna i neugodna ideja, ali dokazi se nisu mogli zanijekati.

A onda je analiza uzoraka šezdesetih godina pokazala daje dno oceana na Srednjoatlantskom hrptu prilično mlado, ali progresivno stari kako se udaljavamo prema istoku ili zapadu. To je proučio Harry Hess i shvatio da može značiti samo jedno: na obje strane središnjeg usjeka oblikuje se nova kora koja gura stariji sloj kore. Dno Atlantskog oceana zapravo čine dvije velike pokretne trake, jedna koja odnosi koru prema Sjevernoj Americi, a druga prema Europi. Taj proces postao je poznat kao širenje morskog dna.

Kada kora dođe do kraja svoga puta na granici s kontinentima, uranja ponovno u Zemlju, u procesu koji se zove subdukcija ili podvlačenje. Tako je objašnjeno kamo nestaje sav sediment. Vraća se u utrobu Zemlje. Također, tako je objašnjeno zastoje oceansko dno posvuda relativno mlado. Nije pronađeno ništa starije od otprilike 175 milijuna godina, stoje predstavljalo zagonetku, jer je kontinentalno stijenje često staro i nekoliko milijardi godina. Hess je sad shvaćao zašto. Oceansko stijenje postojalo je samo onoliko dugo koliko je bilo potrebno da stigne do obale. To je bila prekrasna teorija i objasnilaje mnogo toga. Hess je razradio svoje tvrdnje u važnom radu koji je bio gotovo potpuno zanemaren. Svijet ponekad jednostavno nije spreman za dobru ideju.

Dvojica istraživača u međuvremenu su u zasebnim istraživanjima došli do nevjerojatnih otkrića na temelju neobične činjenice iz povijesti Zemlje, a koja je otkrivena nekoliko desetljeća prije. Francuski fizičar

Bernard Brunhes ustanovio je 1906. godine da se magnetsko polje planeta s vremena na vrijeme preokrene samo od sebe i daje zapis o tim obratima trajno ugrađen u određeno stijenje u trenutku njegova nastanka. Točnije, kad se stijene hlade, čestice magnetičkog minerala magnetita se namagnetiziraju u Zemljinom magnetskom polju. Tako 'pamte' gdje su bili magnetni polovi u doba njihova nastanka. Godinama je to bilo jedva nešto više od zanimljivosti, ali Patrick Blackett s Londonskog sveučilišta i S. K. Runcorn sa sveučilišta u Nev/castleu pedesetih su godina proučavali drevne magnetske uzorke zamrznute u britanskim stijenama i iznenadili se - najblaže rečeno. Naime, ustanovili su da pokazuju kako se Britanija u jednom trenutku davne prošlosti zavrtjela oko osi i otplovila prema sjeveru, kao da se nekako oslobodila sidrišta. Uz to, kad su kartu europskih magnetskih uzoraka stavili uz kartu američkih iz istog razdoblja, ustanovili su da se uredno poklapaju, kao dvije polovice poderanog pisma. To je bilo nevjerojatno. Ali, i njihovi su zaključci bili zanemareni.

Napokon, zadatak da sve to spoje pripaoje dvojici ljudi sa sveučilišta u Cambridgeu, geofizičaru Drummondu Matthevvsu i njegovu postdiplomskom studentu Fredu Vineu. Na temelju magnetnih proučavanja dna Atlantskog oceana iz 1963. godine zaključili su da se morsko dno širi točno onako kako je tvrdio Hess i da se kontinenti pomiču, jedan zlosretni kanadski geolog po imenu Lawrence Morlev istodobno je došao do istog zaključka, ali nije uspio naći izdavača za svoj rad. U poslije znamenitoj 'odbijenici' urednik časopisa *Journal of Geophysical Research* rekao mu je: »Takve su spekulacije zanimljive za razgovor na koktelu, ali nisu za objavljivanje pod egidom ozbiljne znanosti.« Poslije je taj slučaj jedan geolog opisao kao »možda najvažniji rad u znanosti o Zemlji kojemu je uskraćeno objavljivanje«.

U svakom slučaju, napokon je došlo vrijeme za tezu o pomičnoj kori. Pod pokroviteljstvom Kraljevskog društva 1964. godine održanje simpozij uz sudjelovanje većine važnijih imena iz tog područja znanosti, a činilo se kao da su se svi odjednom preobratili. Zaključak skupa bio je daje Zemlja mozaik međusobno isprepletenih segmenata, čija brojna komešanja znatnih razmjera uvelike u?.rokuju pojave na površini planeta.

Naziv 'pomicanje kontinenata' prilično je brzo odbačen kada je postalo jasno da se kreće čitava kora, a ne samo kontinenti, ali trebalo je vremena da se ustali naziv za pojedinačan segment. U početku su to zvali 'litosferskim blokovima', a ponekad 'podnim pločama'. Tek

krajem 1968. godine, objavljivanjem članka trojice američkih seizmo-loga *v\ Journal oj Geopliysical Research,* segmenti su dobili ime pod kojim ih poznajemo i danas: ploče. U istom članku nova je znanost nazvana tektonikom ploča.

Kako stare ideje teško umiru, nisu odmah svi prihvatili uzbudljivu novu teoriju. Još sedamdesetih godina prošlog stoljeća jedan od najpopularnijih i najutjecajnijih geoloških udžbenika, *The Earth* (Zemlja), znamenitog Harolda Jeffrevsa uporno je tvrdio da je tektonika ploča fizički nemoguća, jednako kao i u svom prvom izdanju davne 1924. godine. Na isti su način odbačeni pojmovi konvekcije i širenja morskog dna. A u knjizi *Basin and Range* (Bazeni i planinski lanci), objavljenoj 1980. godine, John McPhec tvrdi da čak ni tada jedan od osam američkih geologa još uvijek nije vjerovao u teoriju tektonskih ploča.

Danas znamo da površinu Zemlje tvori osam do dvanaest velikih ploča (ovisno o tome kako detiniratc pojam 'velik') te dvadeset i nešto manjih, a sve se kreću u različitim pravcima i različitim brzinama. Neke ploče su velike i relativno neaktivne, druge male, ali pokretljive. Njihov odnos s kopnenom masom koja leži na njima samo je slučajan. Sjcvernoamerička ploča, na primjer, mnogo je veća od kontinenta s kojim je povezana. Ugrubo prati zapadnu obalu kontinenta (zbog sudaranja i mrvljenja ruba ploče to je područje seizmički aktivno), ali potpuno zanemaruje istočnu stranu i širi se do polovice Atlantika, sve do središnjeg oceanskog grebena. Island je prepolovljen po sredini, zbog čega je u tektonskom smislu napola Amerika, a napola Europa. Međutim, Novi Zeland je dio goleme ploče Indijskog oceana, iako nije ni blizu Indijskom oceanu. I tako dalje u većini slučajeva.

Pokazalo se daje veza između sadašnje i nekadašnje kopnene mase mnogo složenija nego što je itko mogao zamisliti. Ispostavilo se da je Kazahstan nekada bio spojen s Norveškom i Novom Engleskom. Jedan ugao Staten Islanda, ali samo ugao, nekad je pripadao Europi. Kao i dio Nevvfoundlanda. Uzmite kamenčić s plaže u Massachusettsu i njegov najbliži rođak sada će biti u Africi. Škotski Highlands i veći dio Skandinavije zapravo su američki. Smatra se da su dijelovi Shackeltonova lanca na Antarktici nekada možda pripadali Appalachiansima na istoku SAD-a. jednom riječju, kamenje putuje.

Stalno pomicanje sprječava ploče da se spoje u jednu nepokretnu ploču. Pod pretpostavkom da će se i dalje sve odvijati kao dosad, Atlantski ocean će se širiti dok na kraju ne postane mnogo veći od Tihog. Veliki dio Californije će otploviti i postati nekom vrstom Madagaskara u

Tihom oceanu. Afrika će se pomaknuti na sjever, prema Europi, istiskujući Sredozemlje i izazivajući izdizanje planinskog lanca himalajske veličanstvenosti od Pariza do Calcute. Australija će se približiti otocima na sjeveru pa će se koritima riječnih ušća povezati s Azijom. To su budući rezultati, ali ne i budući događaji. To se odvija već sada. Dok mi ovdje sjedimo, kontinenti plutaju, kao listovi na površini bare. Zahvaljujući uređajima za satelitsku navigaciju, možemo vidjeti da se Europa i Sjeverna Amerika udaljuju brzinom rasta nokta - oko dva metra u prosječnom ljudskom životu. Kada biste bili spremni dovoljno dugo čekati, tako biste mogli stići od Los Angelesa do San Francisca. Promjene ne možemo vidjeti samo zbog kratkoće životnog vijeka. Pogledajte globus i ono što vidite samo je slika kontinenata kakvi su bili samo jednu desetinu od jedan posto sveukupne povijesti Zemlje.

Od svih kamenih planeta, samo Zemlja ima tektoniku, a zastoje tako, ostaje tajna. Ne radi se samo o veličini - u tom smislu Venera je gotovo Zemljina blizanka, ali na njoj ipak nema nikakve tektonske aktivnosti - možda se radi o tome da imamo prave materijale u pravim omjerima pa se zato na Zemlji nešto neprestano pomiče. Misli se - samo se *misli,* ništa više - daje tektonika važan dio organskog zdravlja planeta. Kako kaže fizičar i pisac James Trefil: »Bilo bi teško povjerovati da neprekidno kretanje tektonskih ploča nema nikakva utjecaja na život na Zemlji.« Tvrdi da su izazovi koje postavlja tektonika - na primjer, promjene klime - bili važan poticaj razvoju inteligencije. Drugi vjeruju da su pomaci kontinenata vjerojatan razlog nestanka barem dijela zemaljskih vrsta. U studenom 2002. godine Tony Dickson sa Sveučilišta u Cam-bridgeu objavio je izvještaj u časopisu *Science* u kojem uvjereno tvrdi da bi mogla postojati veza između povijesti stijena i povijesti života. Dickson je utvrdio da se kemijski sastav svjetskih oceana u nekim trenucima povijesti u proteklih pola milijarde godina naglo i dramatično mijenjao te da se te promjene često podudaraju s važnim događajima u biološkoj povijesti - nagli porast sitnih organizama koji su stvorili kredne litice južne obale Engleske, iznenadna i učestala pojava školj-kastih priraslica na morskim organizmima u razdoblju kambrija i tako dalje. Nitko ne zna što uzrokuje povremene i dramatične promjene oceanske kemije, ali moguć i očit krivac mogao bi se naći u otvaranju i zatvaranju oceanskih hrptova.

U svakom slučaju, teorija tektonskih ploča inje samo objasnila površinsku dinamiku Zemlje - kako je drevni *I lipparion* dospio iz Francuske na Floridu, na primjer - nego i brojne unutarnje aktivnosti planeta.

Potresi, formiranje otočnih lanaca, kruženje ugljika, raspored planina, dolazak ledenih doba, podrijetlo samog života - teško da se moglo naći nešto što nije bilo pod izravnim utjecajem velike nove teorije. Kako piše McPhee, geolozi su se našli u neobičnoj situaciji u kojoj je »cijeli svijet odjednom imao smisla«.

Ali, samo do određene točke. Distribucija kontinenata u prošlim razdobljima uopće nije tako uredno protumačena kako misle ljudi izvan geofizičke znanosti. Iako su udžbenici prepuni samouvjerenih prikaza drevnih kopnenih masa s imenima kao što su Laurazia, Gondvvana, Rodinia i Pangea, oni se ponekad temelje na zaključcima koji baš i nisu održivi. Kako je primijetio Georgc Gavlord Simpson u *Fossils and thc History ofLife* (Fosili i povijest života), vrste biljaka i životinja drevnog svijeta imaju nezgodan običaj da se pojavljuju tamo gdje ne bi trebali biti, a izostaju tamo gdje ih se očekuje.

Oblik Gondvvane, nekada moćnog kontinenta koji je objedinjavao Australiju, Afriku, Antarktiku i Južnu Ameriku, rekonstruiranje uglavnom na temelju distribucije jedne vrste drevne paprati pod nazivom *Glossopteris,* koju se moglo naći na svim pravim mjestima. Međutim, *Glossopteris* je mnogo kasnije otkrivena i u dijelovima svijeta koji nisu imali nikakve poznate veze s Gondvvanom. Ta uznemirujuća diskrepancija tada je uglavnom zanemarena - kao i danas. Slično tome, listrosaur, reptil iz trijasa, može se naći od Antarktike pa sve do Azije, što podupire teoriju o nekadašnjoj povezanosti tih kontinenata, ali nije se još pojavio u Južnoj Americi ili Australiji, koje su tada, kako se vjeruje, također bile dio istog kontinenta.

I na površini Zemlje postoje mnoge pojave koje tektonika ne može objasniti. Uzmimo, na primjer, Denver. Kako je poznato, taj je grad na nadmorskoj visini od jedne milje (1,6 km), ali to uzdizanje relativno je novijeg datuma. Dok su dinosauri tumarali Zemljom, Denver je bio dio oceanskog dna. mnogo tisuća metara niže. No, stijene na kojima leži Denver nisu polomljene ni deformirane onako kako bi trebale biti daje Denver izbačen prilikom sudara ploča, uostalom, ta je visoravan i tako predaleko od rubova ploča da bi njihove aktivnosti imale ikakva utjecaja. To bi bilo kao da gurate rub tepiha u nadi da ćete na suprotnom kraju izazvati nabiranje. Izgleda da se Denver milijunima godina misteriozno podizao, kao dizano tijesto. A to vrijedi i za veći dio afričkog juga: područje široko 1600 kilometara tijekom sto milijuna godina podiglo se za kilometar i pol nevezano s ikakvom poznatom tektonskom

aktivnošću. S druge strane, Australija se nakosila i potonula dublje u more. Kako se proteklih sto milijuna godina pomicala na sjever prema Aziji, njen sjeverni dio potonuo je za gotovo 200 metara. Čini se da Indonezija vrlo polako tone i za sobom povlači Australiju. Ništa od toga ne može se objasniti teorijom tektonskih ploča.

Alfred Wegener nije doživio rehabilitaciju svojih ideja. Prilikom jedne ekspedicije na Grenlandu 1930. godine, na svoj pedeseti rođendan sam je krenuo po zalihe. Nije se vratio. Pronašli su ga nakon nekoliko dana smrznuta na ledu. Pokopan je na tom mjestu i još uvijek tamo leži. ali oko jedan metar bliže Sjevernoj Americi nego na dan svoje smrti.

Ni Einstein nije živio dovoljno dugo kako bi shvatio daje uzjahao pogrešnog konja. Umro je u Princetonu u Nevvjersevju 1955. godine, prije nego je objavljeno Ilapgoodovo pljuvanje po teoriji pomicanja kontinenata.

Drugi čovjek koji je odigrao važnu ulogu u nastanku teorije tektonskih ploča, Harry Hess, u to je doba bio na Princetonu i tamo će provesti ostatak svoje karijere. Jedan od njegovih studenata bio je sjajan mladić Walter Alvarez. koji će poslije promijeniti svijet znanosti na posve drugačiji način.

Sto se same geologije tiče. kataklizma je bila tek počela, a upravo je mladi Alvarez pomogao da se taj proces pokrene.

IV

OPASNI PLANET

Povijest bilo kojeg dijela Zemlje, poput života vojnika, sastoji se *od dugih razdoblja dosade i kratkih razdoblja užasa.*

Britanski geolog Derek V. Ager

13

BUM!

Ljudi su dugo znali da nešto nije u redu sa zemljom ispod Mansona u državi Iowi. Čovjek koji je 1912. godine bušio bunar za gradski vodovod pronašao je mnogo neobičnog, deformiranog kamenja - »kristalo-klastičnu breču s pretaljenom maticom« i »preokrenuti eruptivni nabor«, kako je poslije opisano u službenom izvještaju. I voda je bila čudna. Meka gotovo kao kišnica. U Iowi nikada nije bilo prirodne vode s takvim osobinama.

Iako su mansonovsko čudno kamenje i svileno meka voda bili predmet zanimanja, trebala je proći četrdeset jedna godina prije nego što se tim stručnjaka sa sveučilišta u Iowi sjetio da posjeti taj kraj, kojije tada, kao i sada, bio grad od kojih dvije tisuće stanovnika na sjeverozapadnom dijelu te savezne države. Nakon niza eksperimentalnih bušenja 1953. godine sveučilišni geolozi složili su se da se radi o anomaliji pa su deformirano kamenje pripisali nekoj prastaroj i neodređenoj vulkanskoj aktivnosti. To je bilo u skladu s tadašnjim načinom razmišljanja, ali istodobno i potpuno pogrešno.

Podrijetlo traume u geologiji grada Mansona nije bilo u dubini Zemlje, nego barem sto tisuća milijuna kilometara dalje. U davno doba, dok je Manson bio na rubu plitkog mora, stijena promjera oko kilometar i pol, težine 10 milijardi tona i s brzinom otprilike dvjesto puta većom od brzine zvuka zaparala je atmosferu i udarila u Zemlju takvom žestinom i snagom da to teško možemo i zamisliti. Tamo gdje je danas gradić Manson, u trenu je nastala rupa duboka pet kilometara

i široka više od trideset. Vapnenac koji drugdje u Iowi daje jako mineraliziranu vodu bio je izbrisan i zamijenjen dubljim slojem smrvljenog stijenja koje je toliko začudilo bušača iz 1912. godine.

Udar u Mansonu bio je najveći događaj na kopnenoj masi Sjedinjenih Država. Najveći bilo koje vrste. Uopće. Nastali krater bio je tako kolosalan da biste mu jedva mogli vidjeti drugu stranu, i to ako je vedar dan. U odnosu na njega Grand Canvon bi izgledao otužno sitno. Na žalost ljubitelja spektakularnih prizora ledene ploče spuštale su se 2,5 milijuna godina i ispunjavale mansonski krater gustim ledenjačkim naslagama, a onda su ga izglačale, tako daje danas krajolik u Mansonu kilometrima ravan kao površina stola. Naravno, zbog toga nitko od nas nikada nije čuo za krater kod Mansona.

U knjižnici u Mansonu rado će vam pokazati zbirku novinskih članaka i kutiju uzoraka dobivenih tijekom istraživačkih bušenja 1991. i 1992. godine - pokazat će vam ih s velikim oduševljenjem - ali samo ako ih zatražite. Ništa nije stalno izloženo i nigdje u gradu ne postoji nikakvo obilježje.

Za većinu ljudi u Mansonu najveći događaj svih vremena bio je tornado koji je 1979. godine protutnjao Glavnom ulicom i razorio poslovnu četvrt. Jedna od prednosti puste ravnice je što izdaleka možete vidjeti opasnost. Gotovo se cijeli grad nagurao na jednom kraju ulice i pola sata gledao kako im se približava tornado, nadajući se da će skrenuti, a kad su ljudi shvatili da se to neće dogoditi, mudro su se razbje-žali. Osim četvorice, koji, nažalost, nisu bili dovoljno brzi pa su poginuli. Sada se u Mansonu svakog lipnja održavaju tzv. Dani kratera, koji traju tjedan dana i zamišljeni su kao način da se ljudima pomogne da zaborave tu nesretnu godišnjicu. To, zapravo, nema nikakve veze s kraterom. Nitko nije smislio način kako da iskoristi mjesto udara koje nije vidljivo.

»Vrlo rijetko dolaze ljudi koji bi htjeli vidjeti krater, a mi im moramo reći da nemaju što vidjeti«, kaže Anna Schlapkohl. ljubazna gradska knjižničarka. »Odlaze nekako razočarani.« Međutim, većina ljudi, uključujući i većinu građana Iowe, nikada nisu čuli za krater u Mansonu. Cak i za geologe, on jedva zaslužuje 'fusnotu'. No, osamdesetih godina Manson je nakratko bio geološki najuzbudljivije mjesto na planetu Zemlji.

Priča počinje ranili pedesetih godina 20. stoljeća kad je mladi geolog Eugene Shoemaker posjetio Meteor Crater u Arizoni. Danas je Meteor Crater najslavnije mjesto meteorskog udara na svijetu i popularna

turistička atrakcija. Međutim, tada nije bilo mnogo posjetitelja, a i danas ga se često spominje kao Barringerov krater, po bogatom rudarskom inženjeru Danielu M. Barringeru čije je vlasništvo postao 1903. godine. Barringerje vjerovao daje krater stvorio meteor težak 10 milijuna tona, krcat željezom i niklom, pa je s velikim uvjerenjem očekivao da će se obogatiti iskapajući na tom mjestu. Budući da nije znao daje meteor i sve u njemu moralo ispariti prilikom udara, potrošio je bogatstvo probijajući tunele .sljedećih dvadeset šest godina, ali nije ništa pronašao.

Istraživanje kratera po današnjim standardima počelo je početkom 20. stoljeća i bilo je u najmanju ruku primitivno. Glavnom istraživaču toga doba, G. K. Gilbertu sa sveučilišta Columbia, kao model za ispitivanje djelovanja udara služile su pikule koje je bacao u tavu sa zobenom kašom. (Iz meni nedokučivih razloga Gilbert te eksperimente nije provodio u laboratoriju na Columbiji, nego u hotelskoj sobi.) Nekako je na temelju toga zaključio da su krateri na Mjesecu nesumnjivo nastali kao posljedica udara - stoje bila prilično radikalna tvrdnja za ono doba - ali da to ne vrijedi za one na Zemlji. Većina znanstvenika nije otišla čak ni toliko daleko. Za njih su Mjesečevi krateri bili dokaz postojanja drevnih vulkana i ništa više. Nekoliko kratera koji su na Zemlji još bili vidljivi (većina je već bila erodirala) uglavnom su pripisani drugim uzrocima ili ih se smatralo neobičnim i rijetkim pojavama.

Kada se pojavio Shoemaker, prevladavao je opći stav da je Meteor Crater nastao podzemnom eksplozijom pare. Shoemaker nije znao ništa o podzemnim eksplozijama pare - nije ni mogao: to ne postoji - ali znao je sve o dosegu eksplozija. Jedan od njegovih prvih poslova nakon studija bilo je proučavanje mjesta eksplozije na poligonu za nuklearna testiranja Yucca Flats u Nevadi. Kao i Barringer prije njega, zaključio je da u Meteor Crateru ništa ne ukazuje na vulkansku aktivnost, ali pronašao je štošta drugo - anomalno usitnjene silikate i magnetit - stoje ukazivalo na udar iz svemira. Zaintrigiran, počeo je proučavati taj slučaj u svoje slobodno vrijeme.

Radeći najprije s kolegicom Eleanor Helin, a poslije sa svojom suprugom Carolvn i suradnikom Davidom Levvjem, Shoemaker je počeo sustavno pratiti uži Sunčev sustav. Svakog mjeseca provodili su pojedan tjedan u Opservatoriju Palomar u Californiji, tražeći objekte, prvenstveno asteroide, čije putanje prolaze kroz Zemljinu orbitu.

»U doba kada smo počeli, u cijeloj povijesti astronomskih promatranja bilo je otkriveno samo desetak takvih tijela, možda malo više«,

prisjećao se Shoemaker nekoliko godina poslije u televizijskom intervjuu. »Astronomi su u 20. stoljeću zapravo odbacili Sunčev sustav«, dodao je. »Njihov interes okrenuo se zvijezdama, galaksijama.«

Shoemaker i njegovi kolege ustanovili su da asteroidi predstavljaju veću opasnost - mnogo veću - nego što je itko mogao zamisliti.

Kao što većina ljudi zna, asteroidi su stjenoviti objekti koji kruže u slobodnoj formaciji u pojasu između Marsa i Jupitera. Na ilustracijama ih se uvijek prikazuje kao da su nagurani, ali Sunčev sustav zapravo je prostrano područje paje prosječan asteroid od najbližeg susjeda udaljen oko milijun i pol kilometara. Nitko čak ni približno ne zna koliko se asteroida valja svemirom, ali misli se da taj broj ne bi trebao biti manji od milijarde. Pretpostavlja se da su asteroidi nastali umjesto planeta koji se nije uspio formirati zbog neugodne gravitacijske privlačnosti Jupitera, koja je onemogućila - i još onemogućuje - njihovo spajanje.

Kad su asteroidi prvi put primijećeni početkom 19. stoljeća - prvog je otkrio Sicilijanac Giuseppc Piazzi, i to prvog dana novog stoljeća - smatralo ih se planetima pa su prva dva nazvana Ceres i Pallas. Bilo je potrebno nekoliko nadahnutih zaključaka astronoma Williama Herschela da se ispostavi kako po veličini nisu ni blizu planeta, nego mnogo manji. On ih je nazvao asteroidima - latinski za 'zvjezdolik', što je bilo pomalo nezgodno jer uopće ne nalikuju na zvijezde. Sada ih ponekad točnije nazivaju planetoidima.

U 19. stoljeću pronalaženje asteroida postalo je popularno pa ih je do kraja stoljeća bilo poznato oko tisuću. Problem je bio u tome što ih nitko nije sustavno bilježio. Do početka 20. stoljeća bilo je gotovo nemoguće znati je li asteroid koji se upravo pojavio nov ili je primijećen već prije, ali mu se u međuvremenu izgubio trag. Uz to, astrofizika je dotad bila već toliko uznapredovala da nije bilo mnogo astronoma koji su htjeli posvetiti život nečemu tako prizemnom kao što su kameni planetoidi. Samo ih je nekolicinu zanimao Sunčev sustav, naročito Ge-rarda Kuipera, astronoma rođena u Nizozemskoj, po kojem je nazvan Kuiperov pojas kometa. Zahvaljujući njegovu radu na Opservatoriju McDonald u Teksasu, koji su poslije nastavili drugi u Minor Planet centru u Cincinnatiju, i na projektu Spacevvatch u Arizoni, postupno se smanjivao dug popis izgubljenih asteroida paje pri kraju stoljeća ostao nezabilježen samo jedan poznati asteroid - objekt zvan 719 Albert. Zadnji put bio je viđen u listopadu 1911. godine, ali 2000. godine napokon su mu ušli u trag, nakon osamdeset devet godina izbivanja.

Dakle, što se tiče istraživanja astcroida, 20. stoljeće zapravo je bilo samo podulja vježba iz knjigovodstva. Astronomi su tek posljednjih nekoliko godina počeli prebrojavati i motriti ostatak asteroidnc zajednice. Od srpnja 2001. godine imenovano je i identificirano 26000 asteroida - polovica u posljednje dvije godine. Budući da ih treba identificirati još oko milijardu, prebrojavanje je očito tek počelo.

To u nekom smislu i nije važno. Asteroid identifikacijom ne postaje bezopasan. Cak i kada bi svaki asteroid u Sunčevu sustavu imao ime i poznatu orbitu, nitko ne može znati kakve bi perturbacije nekog od njih mogle zavitlati prema nama. Ne možemo predvidjeti aktivnosti kamenja ni na vlastitoj površini. Ako to kamenje slobodno lebdi u prostoru, nemoguće je pretpostaviti što bi se moglo dogoditi. Svaki asteroid koji nas ima na svom popisu ciljeva vrlo vjerojatno nema drugih ciljeva.

Zamislite orbitu Zemlje kao neku vrstu autoputa na kojem smo mi jedino vozilo, ali tu redovno prelaze pješaci koji ne gledaju oko sebe prije nego zakorače na kolnik. Nama je potpuno nepoznato barem 90 posto tih pješaka. Ne znamo gdje žive, kakav im je dnevni raspored, koliko će često naići. Znamo samo da će se u nekom trenutku, u neodređenim razmacima, zakotrljati preko ceste kojom mi prolazimo brže od 100000 kilometara na sat. Kako je to objasnio Stcven Oštro iz Jet Propulsion laboratorija: »Pretpostavimo da pritiskom na nekakav gumb možete osvijetliti sve asteroide na Zemljinoj putanji koji su veći od, recimo, deset metara; na nebu bi bilo preko sto milijuna takvih objekata.« Ukratko, ne biste vidjeli nekoliko tisuća dalekih, treperavih zvijezda, nego milijune i milijune milijuna mnogo bližih objekata koji se nasumično kreću - »a svi se mogu sudariti sa Zemljom i svi kruže nebom u blago različitim putanjama i različitom brzinom. To bi bilo vrlo uznemiravajuće.« Pa, i trebali biste se uznemiriti,jerje zaista tako. Samo, mi to ne možemo vidjeti.

Iako je to samo pretpostavka koja se temelji na statističkoj procjeni učestalosti Mjesečevih kratera, smatra se da našom orbitom redovno prolazi oko dvije tisuće asteroida dovoljno velikih da ugroze postojanje civilizacije. Cak i mali asteroid - recimo, veličine kuće - može uništiti grad. Broj tih relativnih mališana koji svojim orbitama presijecaju Zemljinu putanju gotovo sigurno iznosi stotine tisuća, možda i milijune, i gotovo ih je nemoguće pratiti.

Prvi takav primijećen je tek 1991. godine, i to tek nakon što je već prošao. Dobio je ime 1991 BA, a primijećeno je daje kraj nas prošao

na udaljenosti od 170000 kilometara - u kozmičkim razmjerima to je kao da vam metak prođe kroz rukav, a ne dotakne ruku. Nakon dvije godine promašio nas je nešto veći asteroid za samo 145 000 kilometara - dosad najbliži zabilježeni prolazak. Ni on nije primijećen dok nije prošao, pa bi i njegov dolazak bio potpuno nenajavljen. Kako piše Timothv Ferris u *New Yorkeru,* takvi promašaji 'za dlaku' vjerojatno se događaju dva-tri puta tjedno i prolaze neprimijećeno.

Nijedan zemaljski teleskop ne može uhvatiti objekt promjera sto metara prije nego što bude udaljen samo nekoliko dana puta, i to samo ako je teleskop podešen baš za tu svrhu - stoje malo vjerojatno, jer čak i danas za takvim objektima traga vrlo mali broj ljudi. Uvijek se navodi dojmljiva analogija da je ukupan broj ljudi koji aktivno tragaju za asteroidima manji od namještenika prosječnog McDonaldsova restorana. (Zapravo, sada ih je malo više. Ali ne značajno.)

Dok se Gene Shoemaker trudio da upozori na potencijalne opasnosti užeg Sunčeva sustava, u Italiji se tiho - i na prvi pogled potpuno nevezano - odvijao istraživački rad mladog geologa iz Laboratorija Lamont Dohertv sa Sveučilišta Columbia. Početkom sedamdesetih godina Walter Alvarez bio je na terenskom istraživanju u slikovitom klancu znanom kao prijevoj Bottacione nedaleko Gubbia, grada u umbrijskim brdima, kada mu je pažnju privukla tanka linija crvenkaste ilovače koja je dijelila dva drevna sloja vapnenca -jednog iz razdoblja krede, drugog iz tercijara. Ta točka poznata je u geologiji kao KT granica* i označava vrijeme prije 65 milijuna godina, kada iz evidencije tosilnih slojeva naglo nestaju dmosauri i gotovo polovica ostalih životinjskih vrsta. Alvarez se pitao što taj tanki sloj ilovače, debljine jedva 6 milimetara, povezuje s tako dramatičnim događajem u povijesti Zemlje.

U to doba vladalo je općeprihvaćeno mišljenje o nestanku dinosaura kao i stoljeće prije, u doba Charlesa Lvella - naime, da su dinosauri postupno izumirali tijekom više milijuna godina. Ali taj tanak sloj ilovače jasno je pokazivao da se u Umbriji, ako drugdje i nije, odigralo nešto mnogo žešće prirode. Nažalost, sedamdesetih godina prošlog stoljeća nije bilo metoda za određivanje vremena koje je bilo potrebno da se akumulira takav sloj.

Piše se K T umjesto CT jer *C.* već ima značenje *Camhrian* (kambrijski). Ovisno o izvoru. *K* dolazi ili od grčkog *krcui* ili niemačkog *Krciih.* Oboje može značiti *hreth.* što odgovara značenju.

U uobičajenim prilikama Alvarez bi gotovo sigurno morao ostati na tome; srećom, veoma je dobro poznavao osobu izvan svog područja koja mu je mogla pomoći - to je bio njegov otac Luis. Luis Alvarez bio je istaknuti nuklearni fizičar; desetljeće prije dobioje Nobelovu nagradu za fiziku. Iako je oduvijek s blagim prijezirom gledao na sinovu sklonost prema kamenju, taj gaje problem zaintrigirao. Shvatio je kako bi odgovor mogao ležati u svemirskoj prašini.

Svake godine Zemlja skupi kojih 30000 tona 'kozmičkih sferula' -jednostavno rečeno, svemirske prašine - što bi bilo mnogo kada bi se sakupilo najednu hrpu, ali je zanemarivo malo kada se raspršì po cijelom globusu. U toj sitnoj prašini raštrkani su i egzotični elementi kojih na Zemlji ima zanemarivo malo. Medu njimaje iridij, koji je u svemiru tisuću puta zastupljeniji nego u Zemljinoj kori (smatra se daje glavnina indija potonula u Zemljinu jezgru dok je planet bio mlad).

Luis Alvarez je znao da je njegov kolega iz laboratorija Lawrence Berkelev u Californiji, Frank Asaro, razvio tehniku za vrlo precizno mjerenje kemijskog sastava ilovače koristeći proces koji se zove 'neu-tronska aktivacijska analiza'. Proces se sastoji od bombardiranja uzoraka neutronima u malom nuklearnom reaktoru i pažljivog prebrojavanja emitiranih gama-zraka; to je vrlo naporan posao. Asaro je tu tehniku koristio u analizi komada keramike, ali Alvarez je pretpostavio da će ako se izmjeri količina jednog od egzotičnih elemenata u uzorcima tla koje je sakupio njegov sin te se usporedi s brzinom raspada, doznati koliko je tim uzorcima trebalo da se formiraju. Jednog listopadskog poslije-podneva 1977. godine Luis i Walter Alvarez svratili su do Asara i zamolili ga da im obavi potrebna mjerenja.

To je bio prilično drzak zahtjev. Od Asara su tražili da zahtjevnim mjerenjima geoloških uzoraka posveti mjesece, samo kako bi dokazao ono stoje izgledalo potpuno očito - daje tanki sloj ilovače zaista nastao toliko brzo koliko je na to ukazivala njegova tankoća. Bez sumnje, nitko nije očekivao da će ispitivanje završiti nekim dramatičnim ishodom.

»Da, bili su vrlo šarmantni, vrlo uvjerljivi«, prisjećao se Asaro ujed-nom intervjuu iz 2002. godine. »A kako mi se činilo daje to zanimljiv izazov, pristao sam. Nažalost, imao sam drugog posla pa je prošlo osam mjeseci prije nego sam se toga prihvatio.« Provjerio je u svojim bilješkama iz tog doba. »Dana 21. lipnja 1978. godine u 13 sati i 45 minuta stavili smo uzorak u detektor. Mjerenje je trajalo 224 minute, a kako smo vidjeli da dobivamo zanimljive rezultate, prekinuli smo ga i pogledali što smo dobili.«

Rezultati su zaista bili toliko neočekivani da su trojica znanstvenika najprije pomislili da su pogriješili. Količina iridija u Alvarezovu uzorku bila je preko tristo puta veća od normalne razine — mnogo više od bilo čega što su mogli predvidjeti. Sljedećih mjeseci Asaro i njegova kolegica Helen Michel analizirali su uzorke i po trideset sati bez prekida (»Kada počneš, ne možeš stati«, objasnioje Asaro), ali uvijek s istim rezultatom. Testovi drugih uzoraka - iz Danske, Španjolske, Francuske, Novog Zelanda, Antarktike - pokazali su da se nalazišta iridija nalaze posvuda na svijetu i posvuda su to bile znatno veće količine, ponekad i petsto puta veće od normalne razine. Očito daje taj nagli skok izazvalo nešto veliko i silovito, najvjerojatnije i kataklizmično.

Nakon mnogo razmišljanja Alvarez je zaključio da bi udar asteroida ili kometa u Zemlju bio najprihvatljivije objašnjenje - barem za njih.

Ideja daje Zemlja povremeno bila podvrgnuta razornim udarima, nije bila potpuno nova, kako se danas ponekad prikazuje. Ralph B. Baldwin, astrofizičar sa Sveučilišta Northvvestern, već je 1942. godine iznio takvu mogućnost u članku u časopisu *Popular Astronom}'.* (Članak je objavio u tim novinama jer ga nije prihvatio nijedan akademski izdavač.) I barem dva poznata znanstvenika, Ernst Opik te kemičar i nobelovac Harold Urey, više su puta dali svoj glas u prilog toj tezi. Ta ideja nije bila nepoznata ni medu paleontolozima. Profesor s Državnog sveučilišta Oregon M.W. de Laubcnfels zapravo je anticipirao Alvarezovu teoriju pišući 1956. godine *u Journal ojPaleontolog}'* da su dinosauri možda pretrpjeli smrtonosan udarac u obliku udara iz svemira, a predsjednik Američkog paleontološkog društva Dewey J. McLaren na godišnjoj konferenciji 1970. godine iznio je mogućnost daje izvanzemaljski udar mogao biti uzrok jednog ranijeg događaja poznatog kao 'frasnijsko izumiranje'.

Kao da žele podcrtati da ta ideja više nije nikakva novost, u holivud-skoj produkciji 1979. godine snimljen je film *Meteor* (»Osam kilometara velik... Dolazi brzinom od 50 000 kilometara na sat - a nemate se gdje sakriti!«), u glavnim ulogama: Henry Fonda, Natalie Wood, Karl Malden i jedan jako velik kamen.

Zbog svega toga, kad su Alvarezi u prvom tjednu 1980. godine na sastanku American Association for the Advancement of Science (Američkog udruženja za unaprjeđenje znanosti) obznanili svoje uvjerenje da se izumiranje dinosaura nije odvijalo milijunima godina, kao posljedica nekog polaganog i nezaustavljivog procesa, nego naglo u jednom eksplozivnom događaju, to nije trebao biti šok.

A bio je. Svuda, a naročito u paleontološkom svijetu, to je prihvaćeno kao nečuvena hereza.

»Pa, morate znati«, sjeća se Asaro, »da smo mi u tom području bili amateri. Walter je bio geolog i stručnjak za paleomagnetizam, Luis fizičar, a ja nuklearni kemičar. Pa još objavimo paleontolozima da smo im riješili problem kojim se bave već više od sto godina. Baš i ne čudi da to nisu odmah prihvatili.« Luis Alvarcz se našalio: »Uhvatili su nas da prakticiramo geologiju bez dozvole.«

No, u teoriji udara postojalo je nešto mnogo dublje i potpuno odbojno. Postupnost zemaljskih procesa bilo je temeljno uvjerenje prirodnih znanosti još od Lvellova vremena. Do osamdesetih godina 20. stoljeća katastrofizam je toliko izašao iz mode daje postao gotovo nezamisliv. Ideja razornog udara za većinu geologa bila je, kako je primijetio Euge-ne Shoemaker, »u suprotnosti s njihovom znanstvenom religijom«.

Nije pomoglo ni to stoje Luis Alvarez otvoreno pokazivao prijezir prema paleontolozima i njihovim doprinosima znanstvenoj spoznaji. »Oni zaista nisu kvalitetni znanstvenici. Sličniji su skupljačima maraka«, napisao je u *Ncw York Timesu,* u članku čija oštrica još nije otupjela.

Suparnici Alvarezove teorije iznijeli su nebrojena alternativna objašnjenja za nalazišta iridija - na primjer, da su nastala dugotrajnim vulkanskim erupcijama u Indiji zvanim dekanski trapovi ('trap' dolazi od švedske riječi za jednu vrstu lave, a Deccan je današnje ime te regije) - a iznad svega, odlučno su tvrdili da nema nikakva dokaza da su dinosauri naglo nestali iz fosilnih ostataka na iridijskoj granici. Jedan od najgorljivijih oponenata bio je Charles Officer s Koledža Darth-mouth. Uporno je tvrdio daje iridij ostatak vulkanske aktivnosti, iako je u novinskom intervjuu priznao da za to nema stvarnog dokaza. Još 1988. godine više od polovice američkih paleontologa koji su sudjelovali u anketi i daljeje vjerovalo da izumiranje dinosaura ni na koji način nije povezano s udarom asteroida ili kometa.

Jedino što bi potpuno dokazalo teoriju oca i sina Alvareza, bilo je upravo ono što nisu imali - mjesto udara. I tada nastupa Eugene Shoemaker. On je imao veze s Iovvom - njegova je snaha predavala na Sveučilištu lowa - a krater u Mansonu bio mu je poznat iz vlastitih proučavanja. Zahvaljujući njemu, sve su oči bile uprte u Iowu.

Geologija je struka koja se razlikuje od mjesta do mjesta. U Iowi, državi koja je ravničarska i stratigrafski nezanimljiva, obično je prilično smirena. Nema alpskih vrhunaca ni oštrih glečera, nema velikih nalazišta nafte ni dragocjenih metala, nema ni traga piroklastičkom tečenju. Ako ste geolog u državnoj službi u Iowi, veći dio radnog vremena provest ćete procjenjujući planove raspodjele gnojiva, što svi zaposleni u 'djelatnosti kontroliranog uzgoja životinja' - svinjogojstvu, za obične smrtnike - moraju periodično prijaviti. U Iowi ima petnaest milijuna svinja, dakle, i mnogo gnojiva koje treba raspodijeliti. Uopće se ne rugam - to je životno važan i koristan posao; tako vode u Iowi ostaju čiste - ali uz najbolju volju, to baš i nije uzbudljivo kao kada izbjegavate vulkanske bombe na planini Pinatubo ili čeprkate po pukotinama ledene kore na Grenlandu u potrazi za drevnim ostacima života u kvarcu. Zato možemo zamisliti kakvo je uzbuđenje zavladalo tamošnjim Odsjekom za prirodne resurse kad se sredinom osamdesetih godina 20. stoljeća geološko zanimanje svijeta usmjerilo na grad Manson i njegov krater.

Trovvbridge Hali u Iowa Citvju hrpa je crvenih cigli s prijelaza stoljeća koja udomljuje Odsjek za geologiju Sveučilišta u Iowi i - na nekoj vrsti tavana - geologe iz državnog Odsjeka za prirodne resurse. Nitko se ne sjeća točno kad, a još manje zašto su geolozi u državnoj službi smješteni u akademskoj ustanovi, ali stječe se dojam da je lokacija izabrana zlonamjerno, jer su uredi zbijeni, niskih stropova i ne baš lako dostupni. A kad vam pokažu kamo trebate ići, strahujete da će vas susretljivo odvesti na karnišu krova ili vas izvesti kroz prozor.

Tu su Ray Anderson i Brian Witzke proveli svoj radni vijek, usred neuredne hrpe papira, časopisa, razbacanih karata i pozamašnih uzoraka kamenja. (Geolozima nikada ne manjka pritiskivača za papir.) Ako u takvu prostoru želite nešto pronaći - praznu stolicu, šalicu za kavu, telefon koji zvoni - oko sebe morate razmaknuti hrpe dokumenata.

»Odjednom smo se našli u središtu zbivanja«, rekao mije Anderson, blistao je dok se toga prisjećao, kad sam jednog sumornog, kišnog lipanjskog jutra posjetio njega i Witzkea u njihovu uredu. »To je bilo sjajno doba.«

Pitao sam ih za Genea Shoemakera. čovjeka kojeg, izgleda, svi poštuju. »Bio je sjajan tip«, bez oklijevanja je odgovorio Witzke. »Da nije bilo njega, cijela se stvar nikada ne bi pomaknula. Gak i uz njegovu podršku, trebale su nam dvije godine da nešto postignemo. Bušenje je skup posao - tada je to bilo oko trideset pet dolara za 30 centime-

tara bušenja, sada i više, a mi smo se trebali spustiti na dubinu od 9(K) metara.«

»Ponekad i dublje«, dodao je Anderson.

»Ponekad i dublje«, složio se Witzke. »1 to na nekoliko lokacija. Dakle, radilo se o velikim novcima. Naravno, mnogo većim nego što bi to naš budžet dopustio.«

Zato je došlo do suradnje između dvije geodetske institucije, Iovva Geological Surveva i US Geological Surveva.

»Ili smo mi barem *mislili* daje to suradnja«, rekao je Anderson uz pomalo bolan smiješak.

»Bila nam je to dobra pouka«, nastavio je Witzke. »U to doba bilo je zaista mnogo nadriznanosti - ljudi su brzali s rezultatima koji nisu uvijek mogli izdržati ozbiljnu provjeru.« Jedan od tih trenutaka dogodio se na godišnjem sastanku Američkog geofizičkog saveza 1985. godine, kada su Glenn Izett i C. L. Pillmore iz US Geological Surveva objavili daje krater u Mansonu dovoljno star kako bi bio povezan s izumiranjem dinosaura. Objava je izazvala prilično zanimanje tiska, ali je, nažalost, bila preuranjena. Pažljivije proučavanje podataka pokazalo je da Manson nije bio samo premalen nego se dogodio i devet milijuna godina prerano.

I Witzke i Anderson saznali su za taj napad na svoju karijeru kad su stigli na konferenciju u Južnoj Dakoti. Ljudi su im prilazili sa sućutnim izrazom na licu i govorili: »Čujemo da ste izgubili krater.« Nisu znali da su Izett i ostali znanstvenici iz USGS-a upravo objavili ispravljene podatke koji otkrivaju da krater u Masonu ipak nije mogao biti povezan s nestankom dinosaura.

»To je bilo prilično šokantno«, sjeća se Anderson. »Mislim, imali smo nešto važno, a onda je to odjednom nestalo. No, bilo je još gore kad smo shvatili da se ljudi, za koje smo mislili da surađuju s nama, nisu potrudili da nam jave svoje nalaze.«

»Zašto nisu?«

Slegnuo je ramenima. »Tko zna? U svakom slučaju, to je bio dobar primjer da znanost na izvjesnoj razini može postati neprivlačna.«

Istraživanja su se premjestila na druga mjesta. Jedan od istraživača, Alan I lildebrand sa Sveučilišta u Arizoni, slučajno se 1990. godine sreo s novinarom iz *Houskvi Clironicleci,* koji je znao za veliku, neobjašnjenu prstenastu formaciju, široku 193 kilometra i 48 kilometara duboku, u Chicxulubu blizu grada Progrcso na meksičkom poluotoku Yucat;in, oko 950 kilometara južno od Ne\v Orleansa. Formaciju je 1952. godine

otkrila meksička naftna kompanija Pemex - iste godine kad je Gene Schoemaker prvi put posjetio Meteor Crater u Arizoni - a geolozi iz kompanije zaključili su da je vulkanskog podrijetla, stoje bilo u skladu s tadašnjim razmišljanjima. Hildebrand je tamo otputovao i prilično brzo zaključio da imaju svoj krater. Na zadovoljstvo većine početkom 1991. godine utvrđeno je daje Chicxulub zaista mjesto udara.

Ipak, mnogi još uvijek nisu mogli razumjeti što može izazvati jedan takav udar. Na to se u jednom eseju osvrnuo Stephen Jay Gould: »Sjećam se da sam na početku bio vrlo sumnjičav u djelotvornost takva događaja. .. Zašto bi objekt širok samo devet i pol kilometara izazvao takav kaos na planetu koji je imao promjer od gotovo 13000 kilometara?«

Uskoro se vrlo prikladno ukazala prilika za prirodni test te teorije, i to kad su Shoemaker i Levy otkrili komet Shoemaker-Levy 9, koji je, kako su ubrzo shvatili, putovao prema Jupiteru. Ljudi su prvi put mogli biti svjedoci kozmičkog sudara - i to vrlo dobri svjedoci, zahvaljujući novom Svemirskom teleskopu Hubble. Curtis Peebles tvrdi da većina astronoma nije mnogo očekivala, pogotovo zato što komet nije bio kompaktna sfera, nego niz sastavljen od dvadeset jednog fragmenta. »Slutim«, pisao je jedan astronom, »da će Jupiter progutati te komete, a da se pritom neće niti podrignuti.« Tjedan dana prije udara časopis *Nature* objavio je članak »Stiže nam Veliki fijasko«, predviđajući da će od udara nastati samo meteorska kiša.

Udari su počeli 16. srpnja 1994., trajali su tjedan dana i bili su mnogo jači nego stoje itko očekivao - s mogućom iznimkom Genea Shoema-kera. Jedan fragment, nazvan Nucleus G, udarioje snagom od oko šest milijuna megatona - što je sedamdeset pet puta jače od sveg našeg postojećeg nuklearnog naoružanja. Nucleus G bio je veličine omanje planine, ali je na površini Jupitera stvorio rupe veličine Zemlje. To je bio završni udarac kritičarima Alvarezove teorije.

Luis Alvarez nije dočekao otkriće kratera Chicxulub ni Shoemaker--Levvjeva kometa jer je umro 1988. godine. I Shoemaker je umro rano. Na treću godišnjicu kolizije s Jupiterom sa suprugom je bio u australskoj divljini, kamo su svake godine odlazili u potragu za mjestima udara. Na neasfaltiranom putu u pustinji Tanami - dakle, najednom od najpustijih mjesta na svijetu - zapeli su na blagoj uzvisini upravo u trenutku kad se pojavilo drugo vozilo. Shoemaker je na mjestu poginuo, a njegova je supruga bila ozlijeđena. Dio njegova pepela poslanje na Mjesec u letjelici Lunar Prospector. Ostalo je raspršeno oko Meteor Cratera.

Anderson i Witzke više nisu imali krater koji je ubio dinosaure, »ali i dalje smo imali najveće i najbolje sačuvano mjesto udara na teritoriju Sjedinjenih Država«, kaže Anderson. (Kako bi se održao istaknut status Mansona, potrebno je malo verbalne spretnosti. Drugi krateri su veći - posebno zaljev Chesapeake, koji je 1994. godine također potvrđen kao mjesto udara - ali nalaze se u moru ili su deformirani.) »Chicx-ulub je zatrpan ispod dva ili tri kilometra vapnenca i većim je dijelom pod morem pa ga je teško proučavati«, nastavlja Anderson, »dok je Manson dosta pristupačan. Upravo zato što je zakopan, relativno je netaknut.«

Pitao sam ih koliko bismo unaprijed bili upozoreni kada bi nam se danas približavala takva gromada.

»O, vjerojatno nimalo«, vedro je odgovorio Anderson. »Ne bi bila vidljiva golim okom dok se ne bi zagrijala, a to se ne bi dogodilo dok ne bi ušala u atmosferu, što bi bilo oko sekundu prije nego što udari u Zemlju. Govorimo o nečemu što se kreće više desetaka puta brže od najbržeg metka. Osim ako je netko ne bi opazio teleskopom, a to nipošto nije sigurno, dakle, zatekla bi nas potpuno nepripremljene.«

Koliko je udar jak, ovisi o mnogo toga - između ostalog, o upadnom kutu, brzini i putanji, o tome je li kolizija frontalna ili bočna, kao i o masi i gustoći objekta u koji će udariti - a milijunima godina nakon takva događa ništa nam od toga nije poznato. Međutim, znanstvenici mogu izmjeriti mjesto udara i izračunati količinu oslobođene energije - što su učinili Anderson i Witzke. Na temelju toga mogu sastaviti prihvatljive scenarije prošlih događaja - ili, pomalo zastrašujuće - rekonstruirati kako bi to izgledalo u ovom trenutku.

Asteroid ili komet koji putuje kozmičkim brzinama ušao bi u Zem-ljinu atmosferu takvom brzinom da zrak ispod njega ne bi imao kamo pa bi bio komprimiran, kao u pumpi za bicikl. Kao što zna svatko tko je koristio takvu pumpu, komprimirani zrak brzo se zagrijava, a temperatura ispod njega narasla bi do 60000 kelvina ili deset puta više od površinske temperature Sunca. U trenutku ulaska meteora u atmosferu sve na njegovu putu - ljudi, kuće, tvornice, automobili - prsnuli bi i nestali kao celofan u plamenu.

Sekundu nakon ulaska u atmosferu meteor bi udario u površinu Zemlje, tamo gdje su građani Mansona trenutak prije obavljali svakodnevne poslove. Sam meteor ispario bi istog trena, ali bi eksplozija raz-nijela 1000 kubičnih kilometara stijena, zemlje i pregrijanih plinova. Sve živo u radijusu od 250 kilometara, što ne bi pobila vrelina ulaska,

sada bi uništila eksplozija. Toplinski bi se val širio gotovo brzinom svjetlosti, paleći sve pred sobom.

Prvi znak katastrofe za one izvan zone trenutnog uništenja bio bi bljesak zasljepljujućeg svjetla - najjačeg što gaje ljudsko oko vidjelo -koji bi istog trena ili mmutu-dvije poslije bio popraćen apokaliptičnim prizorom nezamislive veličanstvenosti: uskovitlani zid tame dizao bi se visoko u nebesa i ispunjavao čitavo vidno polje, putujući brzinom od nekoliko tisuća kilometara na sat. Približavanje bi bilo jezivo tiho, jer bi se odvijalo mnogo brže od zvuka. Onaj tko bi u nekoj visokoj zgradi u, primjerice, Omahi ili Des Moinesu slučajno pogledao u pravom smjeru, vidio bi neopisiv uzburkani zastor iza čega bi u trenu uslijedilo ništavilo.

U području koje bi se protezalo od Denvera do Dctroita i obuhvaćalo sada već bivši Chicago, Sant Louis, Kansas City, Twin Cities -ukratko, cijeli Srednji zapad - gotovo sve što stoji uspravno, za samo nekoliko minuta bilo bi pokošeno vatrom, a gotovo sve živo bilo bi mrtvo. U radijusu od 1500 kilometara ljude bi sasjeckala ili smrvila mećava letećih projektila. Izvan tog područja postupno bi se smanjivalo razaranje od eksplozije.

Ali, to bi bio samo prvi udarni val. Možemo samo nagađati, ništa više, kakva bi šteta bila povezana s njim; znamo samo da bi se to događalo žestoko i globalno. Udar bi gotovo sigurno pokrenuo niz razornih potresa. Vulkani diljem svijeta počeli bi tutnjati i rigati vatru. Podigli bi se tsunamiji i počeli uništavati daleke obale. U roku od jednog sata Zemlju bi prekrio oblak crnila, a usijano kamenje i druge krhotine pljuštale bi posvuda i izazivale požare na većem dijelu planeta. Procjenjuje se da bi do kraja prvog elana poginulo barem milijardu i pol ljudi. Masivni poremećaji u ionosfen posvuda bi prekinuli komunikacijske sustave pa preživjeli ne bi znali što se događa na drugim mjestima niti kamo da se skriju. To i ne bi bilo važno. Kako je jedan komentator rekao, bijeg bi značio »izabrati polaganu smrt umjesto brze. Bik) kakav razuman način izmještanja imao bi vrlo mali utjecaj na broj žrtava jer bi održivost života na Zemlji općenito bila smanjena«.

Zbog količine čađi i pepela od udara te požara koji bi uslijedili, Sunce bi mjesecima bilo zamračeno, možda i godinama, što bi poremetilo cikluse rasta i dozrijevanja. Istraživači s Kalifornijskog instituta za tehnologiju 2001. godine analizirali su izotope helija iz sedimenata preostalih iz KT udara i zaključili da je taj događaj oko deset tisuća godina utjecao na klimu Zemlje. To je iskorišteno kao dokaz u prilog tezi da

je izumiranje dinosaura bilo brzo i temeljito - a u geološkom smislu je i bilo. Možemo samo nagađati kako bi čovječanstvo, i bi li uopće, podnijelo takav događaj.

Po svemu sudeći, sjetite se, to bi se dogodilo bez upozorenja, kao grom iz vedra neba.

No, recimo da smo primijetili objekt koji nam se približava. Sto bismo učinili? Svi pretpostavljaju kako bismo poslali nuklearnu bojevu glavu i raznijeli ga u komadiće. Međutim, postoje problemi u vezi s tom idejom. Kao prvo, kako primjećuje John S. Levvis, naši projektili nisu konstruirani za svemirsko djelovanje. Ne znaju kako izbjeći Zemljinu gravitaciju, a čak i da to mogu, nema mehanizama koji bi ih navodili deset milijuna kilometara kroz svemir. Još je manja vjerojatnost da bismo mogli poslati četu svemirskih kauboja da to obave za nas, kao u filmu *AniHigedoti;* više nemamo ni raketu koja bi bila dovoljno jaka da pošalje ljude do Mjeseca. Zadnja koja je to mogla, Saturn 5, umirovljena je prije mnogo godina i nikada nije dobila zamjenu. Također, ne možemo na brzinu izgraditi novu jer su - nevjerojatno - nacrti lansirne rampe Saturna uništeni u sklopu NASA-ine vježbe velikog pospremanja.

Čak i kada bismo nekako uspjeli dovesti bojevu glavu do asteroida i raznijeti ga u komadiće, velika je vjerojatnost da bismo ga samo razmrvili u hrpu kamenja koje bi se obrušilo po nama, kao komet Shoemaker--Levy na Jupiter - s tom razlikom da bi tada to kamenje bilo izrazito radioaktivno. Tom Gehrels, lovac na asteroide sa Sveučilišta u Arizoni, smatra da bi čak i godina dana bila prekratka da se poduzmu odgovarajuće mjere. Ipak je veća vjerojatnost da objekt - čak ni komet - ne bismo vidjeli dok ne bi bio udaljen oko šest mjeseci, a to bi zaista bilo prekasno. Shoemakcr-Levv kružio je oko Jupitera prilično upadljivo od 1929. godine, ali prošlo je više od pola stoljeća prije nego gaje itko primijetio.

Budući da je sve tako teško izračunati te se u kalkulacije mora uključiti i znatan otklon zbog pogrešaka, čak i kada bismo znali da nam se približava neki objekt, sve do samog kraja - barem posljednjih nekoliko tjedana - ne bismo znali je li sudar neizbježan. Dok bi se objekt približavao, živjeli bismo u napetoj neizvjesnosti. Bez sumnje, to bi bili najzanimljiviji mjeseci u povijesti svijeta. A zamislite kakvo bi nastalo slavlje ako bi sve dobro prošlo.

»Dakle, koliko se često događa nešto slično udaru kod Mansona?« upitao sam na odlasku Andersona i Witzkea.

»Hm, u prosjeku jednom u milijun godina«, rekao je Witzke.

»Ali, ne zaboravite«, dodao je Andcrson, »to je bio relativno mali događaj. Znate li koliko je izumiranja vrsta povezano s udarom kod Mansona?«

»Pojma nemam«, odgovorio sam.

»Nijedno«, rekao mije s neobičnim prizvukom zadovoljstva. »Nijedno jedino.«

Naravno, brzo i više-manjc jednoglasno Witzke i Anderson dodali su da bi došlo do strašnog razaranja koje bi zahvatilo veći dio Zemlje, kao stoje opisano, i do potpune anihilacije stotinama kilometara oko nulte točke. Ali život je tvrdokoran i kad se dim raziđe, bilo bi dovoljno preživjelih sretnika iz svih vrsta tako da nijedna ne bi trajno nestala.

Dakle, dobraje vijest to što treba veoma mnogo kako bi se neka vrsta iskorijenila. Loše je to što na dobre vijesti nikada ne možemo računati. Još gore, nije potrebno tražiti okamenjenu opasnost po svemiru. Kako ćemo vidjeti, i sama Zemlja može nam ih pružiti prilično mnogo.

14

UNUTARNJA VATRA

U ljeto 1971. godine mladi geolog Mike Voorhies pješačio je po travnatim poljima u istočnoj Nebraski, nedaleko od gradića Orcharda ti kojem je odrastao. Prolazeći kroz usku vododerinu, primijetio je neobičan odsjaj u šikari pa se popeo da pogleda o čemu se radi. Ugledao je savršeno sačuvanu lubanju mladog nosoroga koju su nanijele nedavne jake kiše.

Ispostavilo se da se nekoliko metara dalje nalazilo jedno od najneo-bičnijih nalazišta fosila ikada otkrivenih u Sjevernoj Americi: sasušcna bara bila je masovna grobnica gomili životinja - bilo je tu nosoroga, zebrastih konja, sabljozubih jelena, deva, kornjača. Sve su pomrle u nekoj misterioznoj kataklizmi prije malo manje od dvanaest milijuna godina, u doba koje je u geologiji poznato kao miocen. Tadaje Nebraska bila prostrana vruća ravnica vrlo slična Serengetiju u današnjoj Africi. Životinje su bile zatrpane i do tri metra ispod vulkanskog pepela. Zagonetka je bila u tome što u Nebraski nema, niti je ikada bilo, vulkana.

Danas se mjesto Voorhicsova otkrića naziva Ashfall Fossil Beds State Park (Državni park pepelom posutih fosila). Tu je i novi tišminkani centar za posjetitelje i muzej s bogatim postavom na temu geologije Nebraske i povijesti nalazišta fosila. U centru je i laboratorij sa staklenim zidom, tako da posjetitelji mogu promatrati paleontologe dok čiste kosti. Onog jutra kad sam onuda prošao, u laboratoriju je radio jedan živahan prosijed momak u plavoj radnoj košulji. Bio je to Mike Voorhies. kojeg sam prepoznao jer sam ga gledao u BBC-jevu dokumentarcu

Ilorizon. U parku fosila nemaju baš mnogo posjetitelja - čini se daje pomalo 'izvan ruke' - pa mi se učinilo da je Voorhiesu drago što mi može pokazati park. Odveo me do mjesta na vrhu vododerine visoke šest metara, gdje je otkrio svoj prvi nalaz.

»To je bilo glupo mjesto za traženje kostiju«, rekao mije sa smiješkom. »Alija nisam tražio kosti. Tada sam razmišljao o izradi geološke mape istočne Nebraske pa sam malo čeprkao. Da nisam prošao kroz tu vododerinu i da kiše nisu upravo tada nanijele lubanju, produžio bih dalje i ovo nikada ne bi bilo pronađeno.« Pokazaoje na natkrivenu udubinu u blizini, koja je postala glavno nalazište. Tu je pronađeno dvjestotinjak životinja koje su bile zajedno zatrpane.

Pitao sam ga zastoje to bilo glupo mjesto za traženje kostiju. »Pa. ako tražite kosti, treba vam ogoljela stijena. Zato se paleontološka istraživanja najčešće vrše na toplim suhim mjestima. Nije stvar u tome da tamo ima više kostiju. Jednostavno postoji više izgleda da ih spazite. U ovakvoj okolini« - zamahnuo je rukom prema prostranoj, jednoličnoj preriji - »ne znate ni odakle da počnete. Tu može biti zaista sjajnih stvari, ali nema površinskih znakova koji bi vas uputili gdje trebate tražiti.«

U početku se mislilo da su životinje bile zakopane žive, stoje iznio i Voorhies u članku za *National Geooraphic* 1981. godine. »U članku su ovo mjesto nazvali 'Pompejima prethistorijskih životinja'«, rekao mije, »što baš nije bio sretan izbor, jer smo malo kasnije shvatili da životinje uopće nisu naglo pocrkale. Sve su patile od nečega što se zove hipertro-tirana plućna osteodistrofija, što dobijete ako udišete mnogo abraziv-nog pepela - a one su ga se morale dobro nadisati jer je sloj pepela na stotine kilometara uokolo bio debeo oko 30 centimetara.« Uzeo je komad sivkastog, glinastog blata i izmrvio mi ga u ruku. Bio je brašnast i pomalo grub. »Gadna stvar za dišne putove«, nastavio je, »zato jer je vrlo fin, ali i dosta oštar. No, dakle, životinje su stigle do ove bare, vjerojatno tražeći nekakvo olakšanje, i uginule u mukama. Čini se da je pepeo uništio sve. Prekrio je travu, obložio svaki list i pretvorio vodu u sivi mulj koji se ne može piti. Sigurno im nije bilo ugodno, nimalo ugodno.«

U BBC-jevu dokumentarcu bilo je rečeno daje tolika količina pepela u Ncbraski bila iznenađenje. No. tamošnja velika nalazišta pepela zapravo su već dugo bila poznata. Gotovo cijelo stoljeće tu se kopala sirovina za proizvodnju kućanskog praška za čišćenje, kao što su Comet i Ajax. Čudno, ali nitko se nije zapitao otkud toliki pepeo.

»Malo mi je neugodno«, rekao je Voorhies, osmjehnuvši se. »ali moram vam reći da mije to prvi put palo na pamet kad me jedan urednik iz *National Geographica* upitao otkud toliki pepeo, a ja sam morao priznati da ne znam. Nitko nije znao.«

Voorhies je slao uzorke kolegama po cijelom zapadu Sjedinjenih Država, ispitujući prepoznaju li išta u tome. Nakon nekoliko mjeseci javio mu se geolog Bili Bonnichsen iz Geological Surveva države Idaho i rekao da pepeo odgovara vulkanskim naslagama na mjestu koje se zove Bruneau-Jarbidge u jugozapadnom Iđahu. Događaj koji je pobio životinje u ravnici Nebraske bila je vulkanska erupcija nezamislivih razmjera - dovoljno velika da ostavi sloj pepela dubok 3 metra kojih 1600 kilometara dalje u istočnoj Nebraski. Pokazalo se da je ispod zapadnog dijela Sjedinjenih Država postojao veliki kotao magme, kolosalno vulkansko ognjište, koje ima kataklizmičke erupcije otprilike svakih šesto tisuća godina. Zadnja takva erupcija dogodila se prije malo više od šesto tisuća godina. Ognjište je još tu. Danas ga zovemo Nacionalni park Yellowstone.

Zapanjujuće malo znamo o onome što nam se događa pod nogama. Zvuči nevjerojatno kada pomislite da Ford dulje proizvodi automobile i da Nobelov odbor dulje dodjeljuje nagrade nego što znamo da Zemlja ima jezgru. A ideja da se kontinenti pomiču po površini kao lopoči dio je općeprihvaćenog znanja manje od jedne generacije. »Ma koliko čudno zvučalo«, napisao je Richard Fevnman, »mi mnogo bolje razumijemo raspodjelu materije u unutrašnjosti Sunca nego što razumijemo unutrašnjost Zemlje.«

Udaljenost od površine do središta Zemlje iznosi 6370 kilometara, što nije veoma daleko. Kako je izračunato, kada bismo probili bunar do središta i u njega bacili ciglu, trebalo bi joj četrdeset pet minuta da stigne do dna (iako bi u tom trenutku bila bez težine, jer bi sva gravitacija Zemlje bila iznad i oko nje, a ne ispod). Naši pokušaji da se probijemo do središta bili su vrlo skromni. Jedan do dva južnoafrička rudnika zlata dopiru do dubine veće od 3 kilometra, ali većina rudnika na Zemlji ne prostire se dublje od 400 metara ispod površine. Daje planet jabuka, još joj ne bismo probili koru. Nismo tome ni blizu.

Ono što su prije stotinjak godina o unutrašnjosti Zemlje znali najbolji znanstveni umovi nije bilo mnogo više od znanja prosječnog rudara - naime, da kroz tlo možemo kopati do određene točke, a onda udarimo u stijenu, i to je bilo otprilike sve. A onda je 1906. godine irski

geolog R. D. Oldham ispitivao seizmografske zapise potresa u Gvatemali i primijetio da su se neki udarni valovi probili do točke duboko u unutrašnjosti Zemlje pa su se odbili pod kutom, kao da su naišli na neku vrstu prepreke. Po tome je zaključio da Zemlja ima jezgru. Tri godine poslije hrvatski seizmolog Andrija Mohorovičić proučavao je ispise potresa u Zagrebu kad je primijetio slično netipično odbijanje, ali na plićoj razini. On je otkrio granicu između kore i prvog sloja ispod nje, Zemljin plašt. Ta zona otada je poznata kao Mohorovičićev diskon-tinuitet, skraćeno - Moho.

Počeli smo dobivati nejasnu predodžbu o slojevitoj unutrašnjosti Zemlje - iako zaista samo nejasnu. Proučavajući seizmografe potresa s Novog Zelanda, danska znanstvenica Inge Lehmann tek je 1936. godine ustanovila da postoje dvije jezgre - unutarnja, za koju danas vjerujemo daje čvrsta, i vanjska (ona koju je prepoznao Oldham), za koju se smatra daje tekuća i daje sjedište magnetizma.

Dok je Lehmann nadopunjavala naše osnovno poznavanje unutrašnjosti Zemlje proučavajući seizmičke valove potresa, dva geologa s Cal-techa u Californiji tražili su način međusobnog uspoređivanja potresa. To su bili Charles Richter i Beno Gutenberg, no njihova je ljestvica odmah postala poznata samo kao Richterova, iz razloga koji nemaju nikakve veze s pravednošću. (To nije imalo veze ni sa samim Richterom. Kao skroman čovjek, ljestvicu nikada nije nazivao svojim imenom, nego ju je uvijek zvao 'ljestvica magnitude'.)

Richterovu ljestvicu nestručnjaci veoma često pogrešno shvaćaju, iako danas nešto manje nego u rano doba, kada su posjetitelji u njegovu uredu često tražili da vide slavnu ljestvicu, misleći da se radi o nekakvu stroju. Naravno, ljestvicaje više ideja nego stvar, arbitrarna mjera Zem-ljine trešnje koja se temelji na površinskim mjerenjima. Raste eksponencijalno pa je potres od 7,3 stupnja pedeset puta jači od onog od 6,3 te 2500 puta jači nego onaj od 5,3 stupnja. Teoretski, nema gornje granice za jačinu potresa - ni donje, kad već o tome govorimo. Ljestvica je jednostavna mjera snage, ali ne govori ništa o oštećenjima. Magnituda potresa od 7 Richtera, koji se događa duboko u plastu - recimo, na dubini od 650 kilometara - možda uopće neće izazvati površinsku štetu, dok mnogo slabiji potres, koji se događa samo 6 ili 7 kilometara ispod površine, može izazvati razaranje širokih razmjera. Uz to, mnogo toga ovisi o prirodi tla, trajanju potresa, učestalosti i jačini naknadnih udara te geografskom položaju pogođenog područja. Sve to znači cia najstrašniji potresi nisu nužno i najsnažniji, iako snaga očito igra veliku ulogu.

Najveći potres od izuma ljestvice bio je (ovisno o izvoru koji citirate) ili onaj iz ožujka 1964. godine, s epicentrom u tjesnacu Princc William na Aljaski, koji je iznosio 9,2 po Richtcrovoj ljestvici, ili onaj u Tihom oceanu uz čileansku obalu iz 1960. godine, koji je prvo zabilježen s magnitudom od 8,6, ali poslije su to neki autoriteti (uključujući i US Geological Survev) revidirali na zaista visok stupanj od 9,5. Kao što po ovome možete zaključiti, mjerenje potresa nije uvijek egzaktna znanost, naročito kad su uključene i interpretacije očitavanja s udaljenih lokacija. U svakom slučaju, oba su potresa bila snažna. Onaj iz 1960. nije samo izazvao štetu širokih razmjera duž južnoameričke obale nego je podigao i divovski tsunami koji se prevaljao gotovo deset tisuća kilometara preko Tihog oceana i pomeo dobar dio centra Hiloa na Havajima te uništio petsto zgrada i ubio šezdesetero ljudi. Slični valovi ubrali su još veći broj žrtava čak u Japanu i na Filipinima.

Po čistom, fokusiranom razaranju možda je najjači potres u zapisanoj povijest bio onaj koji je na Dan svih svetih, 1. studenog 1755. pogodio Portugal i potpuno razorio Lisabon. Malo prije deset sati ujutro grad je pogodio iznenadan bočni udar koji se sada procjenjuje na magnitudu od 9,0; žestoko se treslo punih sedam minuta. Konvulzivna sila bila je tako snažna daje povukla more iz gradske luke i vratila ga u valu od 15 metara, povećavajući razaranje. Kad je pomicanje tla napokon prestalo, preživjeli su uživali u samo tri minute mira prije nego stoje nastupio drugi udar, samo malo manje žestok nego prvi. Treći i završni udar slijedio je nakon dva sata. Na kraju je poginulo šezdeset tisuća ljudi, a gotovo sve zgrade kilometrima uokolo bile su do temelja razorene. Usporedbe radi, potres u San Franciscu iz 1906. godine procijenjen je na 7,8 stupnjeva po Richterovoj ljestvici, a trajao je manje od trideset sekundi.

Potresi su prilično uobičajeni. U prosjeku se svaki dan negdje u svijetu dogode po dva potresa magnitude 2,0 ili više - dovoljno da zdrmaju svakoga tko se nade u blizini. Iako se često grupiraju na određenim mjestima - posebno duž ruba Tihog oceana - mogu se dogoditi gotovo svugdje. U Sjedinjenim Državama čini se da su jedino Florida, istočni Texas i sjever Srednjeg zapada - zasad - gotovo potpuno imuni. U posljednjih dvjesto godina u Novoj Engleskoj dogodila su se dva potresa magnitude 6,0 ili više. U travnju 2002. godine ta je regija zapamtila trešnju jačine 5,1 u blizini jezera Champlain na granici država Nevv York i Vermont, što je izazvalo lokalnu štetu na širem području te

(mogu posvjedočiti) padanje slika sa zidova i djece iz kreveta sve do Ncw Hampshirea.

Najuobičajeniji tip potresa je onaj u kojem se susreću dvije ploče, kao u Californiji duž rasjeda San Andreas. Ploče se međusobno guraju i pritisak raste dok ne popusti jedna ili druga. Općenito, stoje dulji interval između potresa, veći je i nakupljeni pritisak, prema tome, veća je i vjerojatnost za zaista snažan trzaj. To je posebno velika opasnost za Tokvo, koji Bili McGuire, stručnjak za statistiku rizika s Umversitv Collegea u Londonu, opisuje kao »grad koji samo čeka smrt« (što nije slogan koji ćete naći na turističkim prospektima). Tokvo leži na spoju tri tektonske ploče, u zemlji koja je ionako poznata po seizmičkoj nestabilnosti. Ako se sjećate, grad Kobe, gotovo 500 kilometara zapadno, 1995. godine pogodioje potres jačine 7,2 i poginulo je 6394 ljudi. Šteta je procijenjena na 99 milijardi dolara. Ali, to nije ništa - dobro, recimo daje relativno malo - u usporedbi s onim što bi moglo snaći Tokvo.

Tokvoje već pretrpio jedan od najrazornijih potresa modernog doba. Dana 1. rujna 1923. godine, malo prije podneva, grad je pogodio potres koji je postao poznat kao Veliki kanto - događaj koji je bio deset puta jači od potresa u Kobeu. Poginulo je dvjesto tisuća ljudi. Tokvo otad miruje, ali to samo znači da već osamdeset godina napetost ispod površine raste. Na kraju će morati eksplodirati. Tokvoje 1923. godine imao oko tri milijuna stanovnika. Danas se približava brojci od trideset milijuna. Nitko ne želi niti nagađati koliko bi ljudi moglo poginuti, a moguća materijalna šteta procjenjuje se na oko 7 bilijuna dolara.

Još su gora rijetka pomicanja tla drugog tipa - potresi unutar tektonskih ploča, jer ih manje poznajemo i jer se mogu dogoditi bilo gdje i u bilo koje doba. Oni se događaju podalje od granica između ploča pa su potpuno nepredvidivi. A kako dolaze iz mnogo veće dubine, obično se šire preko mnogo većeg područja. Najzloglasniji potres takve vrste koji je ikada pogodio Sjedinjene Države bio je niz od tri potresa u Ne\v Madridu u državi Missouri tijekom zime 1911. godine. Avantura je počela 16. prosinca, nedugo iza ponoći, kad je ljude probudila buka uspaničenih domaćih životinja (uznemirenost životinja prije potresa nije bapska priča, nego potvrđena činjenica, iako ne i potpuno objašnjena), a onda je uslijedila silna tutnjava koja je nadirala duboko iz Zemljine utrobe. Ljudi su izašli iz kuća i ugledali kako se zemlja valja i podiže u valovima od jednog metra, stvarajući pukotine duboke nekoliko metara. Zrak je ispunio jak miris sumpora. Trešnja je trajala četiri minute,

uz uobičajeno razorno djelovanje na građevine. Među svjedocima bio je i umjetnik John James Audubon. koji se tamo slučajno zatekao. Potres je bio toliko snažan daje porušio dimnjake u Cincinnatiju, udaljenom više od šesto kilometara, te je, prema barem jednom svjedočenju, »razbijao barke u lukama na Istočnoj obali... čak je srušio skele koje su bile podignute oko zgrade Capitola u Washingtonu«. Novi potresi jednake magnitude uslijedili su 23. siječnja i 4. veljače. Nevv Madrid otada miruje - ali to i ne čudi, s obzirom na to da nije zapamćeno da se takve epizode dogode dvaput na istom mjestu. Koliko znamo, nasumične su kao i udar groma. Sljedeći bi se mogao dogoditi ispod Chicaga, Pariza ili Kinshase. Nitko to ne može predvidjeti. A što izaziva takva masivna pucanja unutar ploča? Nešto duboko u Zemlji. Više od toga ne znamo.

Šezdesetih godina prošlog stoljeća znanstvenike je toliko mučilo što tako malo znaju o unutrašnjosti Zemlje, da su odlučili nešto poduzeti. Točnije, dosjetili su se da probuše oceansko dno (jer je kora pod kontinentima predebela) do Moho diskontinuiteta i izvuku komadić Zein-ljina plašta kako bi ga u miru proučili. Ako shvate prirodu stijenja u unutrašnjosti Zemlje, možda lakše shvate kakvo je njihovo međusobno djelovanje te tako možda uzmognu predvidjeti potrese i ostale nemile događaje.

Projekt je postao poznat kao Mohole (Moho-rupa) i završio je poprilično katastrofalno. Plan je bio da se bušilica spusti kroz više od 4000 metara tihooceanske vode u blizini meksičke obale pa da se kroz relativno tanke stijene kore izbuši rupa od oko 5000 metara. Bušenje s broda na otvorenom moru, prema riječima jednog oceanografa, »učinkovito je kao da špagetom s vrha Empire State Buildinga pokušavate izbušiti rupu na njujorškom pločniku«. Svaki je pokušaj završio neuspjehom. Najdublje što su prodrli bilo je 180 metara. Projekt Mohole postao je poznat kao No Hole (Bez rupe). U očaju zbog sve većih troškova bez rezultata. Kongres gaje 1966. godine obustavio.

Četiri godine poslije sovjetski znanstvenici odlučili su iskušati sreću na kopnu. Izabrali su mjesto na poluotoku Kola, blizu finske granice, i prionuli na posao u nadi da će prodrijeti do dubine od 15 kilometara. Posao se pokazao težim nego što su očekivali, ali Sovjeti su bili uporni, što je bilo za svaku pohvalu. Kada su nakon devetnaest godina ipak odustali, bili su na dubini od 12 262 metra. Ako uzmemo u obzir da Zemljina kora tvori samo oko 0,3 posto volumena planeta i da rupa na

Koli nije probila nijednu trećinu puta kroz koru. teško možemo tvrditi da sirio osvojili unutrašnjost.

Iako je dubina rupe bila skromna, istraživače je iznenadilo gotovo sve stoje otkrila. Proučavanje seizmičkih valova navelo je znanstvenike da prilično uvjereno pretpostave kako sedimentne stijene sežu do dubine od 4700 metara, zatim sljedećih 2300 metara slijedi granit, nakon čega se nastavlja bazalt. Sedimentni sloj zapravo je bio 50 posto dublji nego se očekivalo, dok bazaltni sloj uopće nisu našli. Štoviše, podzemni je svijet bio mnogo topliji nego stoje itko očekivao, s temperaturom od 180 stupnjeva Celsiusa na dubini od 10000 metara, gotovo dvostruko više od predviđene razine. Najveće iznenađenje bila je činjenica da su stijene u dubini zasićene vodom - nešto što se nije smatralo mogućim.

Budući da ne možemo zaviriti u Zemlju kako bismo saznali čega tamo ima, moramo koristiti druge tehnike, koje se uglavnom sastoje od očitavanja valova dok prolaze kroz unutrašnjost. O plastu znamo samo malo više zahvaljujući takozvanim kimberlitnim cijevima, u kojima nastaju dijamanti. O čemu se radi: u dubini Zemlje dolazi do eksplozije koja nadzvučnom brzinom ispaljuje na površinu topovsku kuglu magme. To je potpuno nasumičan događaj. Kimbcrlitna cijev može eksplodirati u vašem vrtu dok ovo čitate. Kako dolaze iz takvih dubina - do 200 kilometara duboko - kimberlitne cijevi donose čitav niz tvari kojih inače nema na površini ili blizu nje: kamen zvan peridotit, kristale olivina i - samo povremeno, otprilike u jednoj od stotinu cijevi -dijamante. U kimberlitnoj eksploziji na površinu izbija i mnogo ugljika, ali on većinom ispari ili se pretvori u grafit. Samo ponekad pravom brzinom izleti dovoljna količina koja se dovoljno brzo ohladi i postane dijamant. Zahvaljujući takvoj erupciji, Johannesburg je grad s najvećom proizvodnjom dijamanata na svijetu, ali možda postoje i drugi za koje ne znamo. Geolozi pouzdano znaju da u blizini sjeveroistočne Indiane negdje postoji cijev ili grupa cijevi koje bi mogle biti zaista kolosalne. Diljem regije na raštrkanim lokacijama nađeni su dijamanti od 20 karata ili više, ali izvor nikada nije pronađen. Kako piše John McPhee. možda je zatrpan ispod ledenjačkih naslaga, kao krater u Mansonu u Iowi, ili je možda ispod Velikih jezera.

Dakle, koliko znamo o onome što se nalazi u unutrašnjosti Zemlje? Vrlo malo. Znanstvenici se općenito slažu daje svijet ispod nas sastavljen od četiri sloja - stjenovite vanjske kore, plašta od vrelih, žitkih

stijena, tekuće vanjske i krute unutarnje jezgre.* Znamo da na površini dominiraju silikati, koji su relativno lagani i nedovoljno teški kako bi utjecali na sveukupnu gustoću planeta. Dakle, unutra mora biti nešto teže. Znamo da bi negdje u unutrašnjosti morao biti koncentriran pojas samorodnih metalnih elemenata u tekućem stanju, koji su potrebni za postojanje magnetnog polja. To je općenito prihvaćeno. Gotovo sve što slijedi nakon toga - u kakvu su međusobnom odnosu ti slojevi, što uzrokuje njihovo dosad poznato ponašanje, kako će se ponašati bilo kada u budućnosti - nejasno je, i to vrlo nejasno.

Čak i dio koji možemo vidjeti - kora - predmet je prilično oštre rasprave. Gotovo sva geološka literatura navodi daje kontinentalna kora debela 5 do 10 kilometara ispod oceana, oko 40 kilometara ispod kontinenata te između 65 i 95 kilometara ispod velikih planinskih lanaca, ali unutar tih uopćenih mjera postoji mnogo zagonetnih otklona. Na primjer, kora ispod planina Sierra Nevade debela je samo oko 30-40 kilometara, a nitko ne zna zašto. Po zakonima geofizike Sierra Nevada bi trebala tonuti, kao daje na živom pijesku. (Neki misle da se to zaista i događa.)

Kako i kad je Zemlja dobila koru, to su pitanja koja dijele geologe u dva velika tabora - one koji smatraju da se to dogodilo naglo, u ranoj povijesti Zemlje, i one koji misle da se to događalo postupno i mnogo kasnije. Uvjerenja oko tih pitanja vrlo su snažna. Richard Armstrong s Yalea šezdesetih je godina iznio teoriju naglog rasta, a onda je ostatak karijere proveo boreći se s onima koji se s njim nisu slagali. Umro je od raka 1991. godine, ali neposredno prije smrti »okomio se na svoje kritičare u polemici u jednom australskom geološkom časopisu, gdje ih optužuje za podržavanje uvijek istih mitova«, kako je navedeno 1998. u jednom članku u časopisu *Earth.* »Umro je kao ogorčen čovjek«, izjavio je jedan njegov kolega.

Kora i dio vanjskog plašta zove se litosfera (od grčkog *lithos,* što znači kamen), koja pluta na sloju mekših stijena zvanom astenosfera (od grčke riječi koja znači 'bez snage'), ali ti pojmovi nisu u potpunosti

'" Za one koji čeznu za detaljnijom slikom unutrašnjosti Zemlje, evo dimenzija pojedinačnih slojeva izraženih u srednjim vrijednostima: od 0 do 40 kilometara je kora. Od 40 do 400 kilometara je gornji plašt. Od 400 do 650 kilometara je prijelazna zona između gornjeg i donjeg plašta. Od 05(1 do 2700 kilometara je donji plašt. Od 2700 do 2890 kilometara je 'IT sloj. Od 2890 do 5150 kilometara je vanjska jezgra, a od 5150 do 0370 kilometara je unutarnja jezgra.

zadovoljavajući. Ako kažemo da litosfera pluta na astcnosferi, sugeriramo stupanj lagane lepršavosti, a to baš nije točno. Također, pogrešno je zamišljati daje stijenje tekuće kao tvari koje se zaista razlijevaju po nekoj površini. Kamenje viskozan, ali samo onoliko koliko je i staklo viskozno. Možda ne izgleda tako, ali sve staklo na Zemlji slijeva se prema dolje pod neumoljivo privlačnom silom gravitacije. Ako skinete komad zaista starog stakla s prozora neke europske katedrale, vidjet ćete daje primjetno deblje na dnu nego na vrhu. O takvoj 'tečnosti' govorimo. Kazaljka koja pokazuje sate kreće se oko deset puta brže nego što 'teče' stijenje Zemljina plašta.

Gibanje se ne događa samo bočno, kad se ploče pomiču po površini, nego i gore-dolje, jer se stijene podižu i spuštaju u procesu mućkanja koji se zove konvekcija. Konvekciju kao proces prvi je prepoznao ekscentrični grof od Rumforda krajem 18. stoljeća. Šezdeset godina poslije engleski vikar Osmond Fisher proročki je tvrdio kako bi unutrašnjost Zemlje mogla biti u dovoljno tekućem stanju da se njen sadržaj zaista giba, ali trebalo je veoma mnogo vremena da ta ideja dobije podršku.

Kada su geofizičan sedamdesetih godina 20. stoljeća shvatili kakav se metež odvija tamo dolje, bili su prilično šokirani. Kako kaže Shavvna Vogel u knjizi *The Naked Earrh: The Neu> Geophysic* (Gola Zemlja: nova geofizika): »Toje bilo kao da su znanstvenici desetljećima otkrivali slojeve Zemljine atmosfere - troposteru, stratosferu i tako dalje - a onda odjednom saznali da postoji i vjetar.«

Pitanje koliko duboko seže proces konvekcije, otada je postalo predmetom rasprave. Neki kažu da počinje na 650 kilometara dubine, za drugeje to više od 3000 kilometara ispod nas. Kakoje primijetio James Trefil, problem je u tome što »postoje dva skupa podataka iz različitih disciplina koje nije moguće pomiriti«. Gcokemičari kažu da određeni elementi na površini planeta ne potječu iz gornjeg plašta, nego iz veće dubine u unutrašnjosti Zemlje. Prema tome, u gornjem i donjem plastu tvari se sigurno barem povremeno miješaju. Seizmolozi tvrde da nema dokaza koji bi podupro tu tezu.

Dakle, može se samo reći da na nekoj neodređenoj točki na putu prema središtu Zemlje napuštamo astenosferu i uranjamo u čisti plašt. Iako je zaslužan za 82 posto volumena Zemlje i 65 posto mase, plašt ne privlači naročito veliku pažnju, uglavnom zato što se stvari koje podjednako zanimaju i znanstvenike i široku publiku odvijaju ili dublje (kao magnetizam) ili bliže površini (kao potresi). Znamo da se do dubine od otprilike 150 kilometara plašt uglavnom sastoji od vrste stijenja

koje se zove pcridotit, ali još je uvijek nepoznato što ispunjava sljedećih 2650 kilometara. Prema jednom članku iz *Naturea,* čini se da to nije peridotit. Više od toga ne znamo.

Ispod plašta su dvije jezgre, čvrsta unutarnja i tekuća vanjska. Suvišno je reći daje naše poznavanje prirode tih jezgri neizravno, ali znanstvenici ipak mogu postaviti neke razumne teze. Znaju daje tlak u središtu Zemlje dovoljno velik - veći je tri milijuna puta od onih koji se javljaju na površini - da bi se svaka stijena koja se tamo nade pretvorila u krutu tvar. Također, iz povijesti Zemlje (između ostalog) znaju da unutarnja jezgra veoma dobro čuva toplinu. Iako je to samo malo više od pretpostavke, smatra se daje temperatura u jezgri tijekom više od četiri milijarde godina pala za samo 110 stupnjeva Celsiusa. Nitko točno ne zna koliko je vrela Zemljina jezgra, ali procjene se kreću u rasponu od preko 4000 stupnjeva do preko 7000 stupnjeva Celsiusa - stoje otprilike jednako temperaturi površine Sunca.

O vanjskoj se jezgri zna mnogo manje, iako se svi slažu daje tekuća i daje u njoj sjedište magnetizma. E. C. Bullard sa sveučilišta Cambri-dge 1949. godine iznio je teoriju prema kojoj se taj tekući dio Zcmljine jezgre okreće, čime se zapravo pretvara u elektromotor koji proizvodi Zemljino magnetno polje. Pretpostavlja se da se u Zemljinoj unutrašnjosti fluidi u konvekciji ponašaju kao struja u žicama. Nije poznato što se točno događa, ali smatra se prilično sigurnim daje to povezano s vrtnjom jezgre i činjenicom daje tekuća. Tijela koja nemaju tekuću jezgru - primjerice, Mjesec i Mars - nemaju magnetizam.

Znamo da Zemljino magnetno polje ima promjenjivu jakost: u doba dinosaura bilo je oko tri puta jače nego danas. Znamo i da mijenja smjer u prosjeku svakih petsto tisuća godina, iako se u tom prosjeku skriva prilično mnogo nepredvidivosti. Zadnja promjena smjera dogodila se prije oko sedamsto pedeset tisuća godina. Ponekad se smjer ne mijenja milijunima godina - čini se daje najdulje razdoblje trajalo 37 milijuna godina - a u nekim drugim razdobljima to se dogodi nakon samo dvadeset tisuća godina. U posljednjih sto milijuna godina smjer se promijenio oko dvjesto puta, ali nemamo pravu predodžbu zašto. To se naziva najvećim neodgovorenim pitanjem geološke znanosti".

Moguće je da se takvo obrtanje odvija upravo sad. Samo u prošlom stoljeću magnetsko polje Zemlje smanjilo se možda i za 6 posto. Svako smanjivanje magnetizma vjerojatno predstavlja lošu vijest jer. osim što pridržava papiriće na hladnjacima i usmjerava kompas u pravom smjeru, magnetizam je od vitalnog značaja za naš opstanak. Svemir je prepun

opasnih kozmičkih zraka, koje bi u nedostatku magnetske zaštite prodrle kroz naše tijelo i razorile veći dio naše DNK. Kada magnetno polje djeluje, umjesto da završe na površini Zemlje te zrake bezopasno skreću prema dvjema zonama u nedalekom svemiru koje su poznate kao Van Allenovi pojascvi. Uz to, u interakciji su s česticama gornjeg dijela atmosfere, gdje stvaraju čudesne svjetlosne koprene poznate kao aurora ili polarno svjetlo.

Dosad nije uloženo previše napora u koordiniranje onog što se događa na Zemlji s onim što se događa u njoj, i to je glavni razlog našeg neznanja. Kako kaže Shavvna Vogel: »Geolozi i geofizičan rijetko odlaze na iste skupove i ne surađuju na istim problemima.«

Možda ništa tako dobro ne pokazuje naše manjkavo poznavanje dinamike unutrašnjosti Zemlje kao činjenica da smo toliko zatečeni kad ona nešto izvede. Bilo bi teško pronaći bolji podsjetnik za ograničenja naše spoznaje od erupcije vulkana Mount St. Helens u državi Washing-ton iz 1980. godine.

U to doba četrdeset osam država nekadašnje sjevernjačke Unije već šezdeset pet godina nije vidjelo vulkansku erupciju. Dakle, većina vladinih vulkanologa, koji su bili pozvani da nadziru i predviđaju ponašanje Svete Helene u akciji, vidjeli su dotad samo havajske vulkane, a to, kako se pokazalo, uopće nije ista stvar.

Zlokobna tutnjava Svete Helene počela je 20. ožujka. Nakon tjedan dana vulkan je već izbacivao magmu, iako u skromnim količinama, do sto puta dnevno, i stalno su ga protresali potresi. Ljudi su evakuirani, kako se mislilo, na sigurnu udaljenost od 13 kilometara. Kako je grmljavina u planini rasla, vulkan je postajao svjetska atrakcija. Novine su donosile dnevne informacije o mjestima s najboljim pogledom. Televizijske ekipe stalno su dolijetale helikopterima na sljeme, ljudi su se čak i penjali na planinu. Jednog je dana oko vrha kružilo više od sedamdeset helikoptera i laganih aviona. Ali kako su dani prolazili, a grmljavina se nije razvila u nešto dramatičnije, ljudi su postali nestrpljivi, a prevladavalo je mišljenje da vulkan ipak neće provaliti.

No, 19. travnja sjeverna strana planine počela se sumnjivo nadimati. Zanimljivo, ali nitko od odgovornih nije shvatio da to sa sigurnošću ukazuje na bočni udar. Seizmolozi su svoje zaključke nepokolebljivo temeljili na ponašanju havajskih vulkana koji ne provaljuju postrance. Možda je jedina osoba koja je vjerovala da bi se moglo dogoditi nešto zaista gadno bio Jack I lyde, profesor geologije na lokalnom koledžu u Tacomi. Opominjao je da Sveta Helena nema otvoren krater kao

havajski vulkani pa bi se sav nakupljeni pritisak mogao osloboditi na dramatičan i vjerojatno katastrofalan način. Međutim, I Iydc nije bio dio službene ekipe pa se na njegova zapažanja malo tko obazirao.

Svi znamo što se zatim dogodilo. U 8 sati i 32 minute u nedjeljno jutro, 18. svibnja, urušila se sjeverna strana vulkana i pokrenula golem odron zemlje i kamenja, koji se sručio s planinske kose brzinom od gotovo 250 kilometara na sat. To je bio najveći odron zemlje u ljudskoj povijesti i nosio je dovoljno materijala da zakopa cijeli Manhattan na dubinu od 120 metara. Minutu poslije, bitno oslabljena boka, Sveta Helena eksplodiralaje snagom pet stotina bombi veličine one hirošim-ske, izbacujući smrtonosno vreli oblak brzinom do 1050 kilometara na sat - naravno, prebrzo da bi mu itko u blizini pobjegao. Stradali su mnogi koji su mislili da su na sigurnom, naime, bili su dovoljno daleko da vulkan nisu ni vidjeli. Poginulo je pedeset sedmero ljudi. Dvadeset tri tijela nikada nisu pronađena. Broj žrtava bio bi još veći da nije bila nedjelja. Radnim danom unutar smrtonosne zone radili bi brojni drvosječe. Stradali su ljudi udaljeni 30 kilometara.

Najsretniji čovjek toga dana bioje postdiplomant Harry Glicken. On je dežurao na promatračkom mjestu koje je bilo udaljeno 9 kilometara od planine, ali je 18. svibnja imao razgovor za hospitaciju na koledžu u Californiji paje dan prije erupcije napustio poprište. Njegovo je mjesto preuzeo David Johnston. On je prvi izvijestio daje vulkan eksplodirao; nakon nekoliko trenutaka bioje mrtav. Njegovo tijelo nikada nije pronađeno. Nažalost, Glickenova sreća bila je kratka vijeka. Jedanaest mjeseci kasnije bioje među četrdeset trojicom znanstvenika i novinara koji su poginuli na planini Unzen u Japanu u smrtonosnoj lavini zagrijanog pepela, plinova i rastaljenog stijenja - stoje poznato kao piroklastičko tečenje - prilikom katastrofalno pogrešne procjene još jednog vulkana.

Vulkanolozi možda jesu, a možda i nisu najlošiji znanstvenici na svijetu kad se radi o predviđanju, ali su bez sumnje najlošiji na svijetu kada trebaju shvatiti i prihvatiti da su im predviđanja loša. Manje od dvije godine nakon katastrofe na planini Unzen još jedna grupa vulkanologa--promatrača, predvođena Stanlevjem Williamsom sa Sveučilišta u Arizoni, uspela se na rub aktivnog vulkana Galeras u Kolumbiji. Usprkos učestalim pogibijama prethodnih godina, samo dvojica od šesnaest članova Williamsove ekipe nosili su zaštitne kacige ili drugu zaštitnu opremu. Vulkan je provalio, poginula su šestorica znanstvenika i troje turista koji su ih pratili, a teško ih je ranjeno još nekoliko, uključujući i samog Williamsa.

U krajnje nesamokritičnoj knjizi *Stirviving Galeras* (Preživjeti Gale-ras) Williams kaže da je mogao samo »s čuđenjem odmahnuti glavom« kad je poslije saznao da njegovi kolege iz vulkanološkog svijeta tvrde da je previdio ili zanemario važne seizmičke predznake te da se neoprezno ponašao. »Lako je naknadno davati savjete i na događaje iz 1993. primjenjivati znanje koje sada posjedujemo«, piše on. Vjeruje daje bio kriv samo zbog nesretnog odabira vremena kad se Galeras »ponašao hirovito, kako to znaju prirodne sile. Bio sam zavaran i za to ču preuzeti odgovornost. Ali ne osjećam se krivim zbog smrti svojih kolega. Nema tu krivnje. To je bila samo erupcija«.

No, vratimo se u Washington. Mount St. Helens izgubio je 400 metara od svog vrha, a uništeno je 600 četvornih kilometara šume. Razne-senoje dovoljno stabala da se izgradi 150000 kuća (ili 300000, prema nekim izvještajima). Šteta je procijenjena na 2,7 milijardi dolara. Za manje od deset minuta prokuljao je divovski stup dima i pepela visok 18000 metara. Avion koji je letio na udaljenosti od 48 kilometara, kako je javljeno, bio je izrešetan kamenjem.

Devedeset minuta nakon udara pepeo je počeo padati na Yakimu u državi Washington, naselje od pedeset tisuća ljudi koje je udaljeno oko 130 kilometara. Kao što se moglo očekivati, pepeo je pretvorio dan u noć i uvukao se posvuda - zaribao je motore, začepio filtere, sve je paralizirao. Aerodromje bio zatvoren, kao i autoputovi koji vode iz grada i u grad.

Primjećujete da se sve to dogodilo ispod vulkana koji je dva mjeseca prijeteći gunđao. No, u Yakimi ipak nije bilo nikakve procedure u slučaju opasnosti od vulkana. Gradska služba uzbunjivanja, koja bi se trebala aktivirati u trenutku krize, nije emitirala ništajer se »jutarnja nedjeljna ekipa nije znala koristiti opremom«. Yakima je tri dana bila paralizirana i odsječena od svijeta, zatvorena aerodroma i neprohodnih putova. Nakon erupcije Mount St. I Telens na grad je palo samo malo više od 1,5 centimetara pepela. Molim vas da to imate na umu dok budemo razmatrali što bi učinila eksplozija u Yellowstoneu.

15

OPASNA LJEPOTA

Dok je šezdesetih godina prošlog stoljeća proučavao vulkansku povijest Nacionalnog parka Yellowstone, Bob Christiansen iz US Gco-logical Surveva zapazio je nešto što, začudo, nikoga prije nije mučilo: nije mogao pronaći sam vulkan. Već se dugo znalo da je Yellowstone vulkanske prirode - otuda njegovi brojni gejziri i druge pojave koje uključuju isparavanja - a vulkani su, ako ništa drugo, prilično uočljivi. No, Christiansen nigdje u Yellowstoneu nije mogao naći vulkan. Točnije, ono što nije mogao naći bila je formacija zvana kaldera.

Kada govorimo o vulkanima, većina nas pomisli na klasičan stožasti oblik planine Fuji ili Kilimandžaro. koji nastaje kad se izbačena magma akumulira u simetričnoj hrpi. To se može formirati veoma brzo. U Pari-cutinu u Meksiku 1943. godine jedan je seljak s iznenađenjem uočio da se sjedne njegove parcele diže dim. Za tjedan dana postao je zbunjeni vlasnik stošca od 152 metra. Za dvije godine stožac je narastao do 430 metara, a bioje širok preko 800 metara. Na Zemlji ukupno ima oko deset tisuća takvih vidljivih vulkana, a osim nekoliko stotina, svi su ugasli. No, postoji i drugi, manje poznat tip vulkana kod kojeg ne dolazi do izdizanja planina. Ti su vulkani toliko eksplozivni da se otvaraju u jednoj moćnoj provali, ostavljajući za sobom prostranu uleknutu rupu, kalderu (od latinske riječi za kotao). Yello\vstone očito pripada tom drugom tipu, ali Christiansen nigdje nije mogao naći kalderu.

Slučajno se poklopilo da je NASA baš tada počela testirati nove visinske kamere snimajući Yello\vstone. a neki obzirni službenik proslijedio

je kopije snimaka upravi parka, pretpostavljajući da bi mogle poslužiti kao zgodna izložba u nekom od centara za posjetitelje. Kad je Christi-ansen vidio fotografije, odmah je shvatio zašto nije uspio pronaći kalderu: gotovo cijeli Park - 9000 četvornih kilometara - bio je kaldera. Od eksplozije je nastao krater širok gotovo 65 kilometara - pregolem da bi ga se moglo opaziti s bilo koje točke na razini tla. U nekom trenutku u prošlosti Yellowstone je eksplodirao mnogo većom žestinom od bilo čega poznatog ljudskom rodu.

Ispostavilo se daje Yellowstone supervulkan. Leži iznad golema ognjišta, rezervoara rastaljenih stijena koje počinju najmanje 200 kilometara duboko u utrobi Zemlje, i uzdiže se gotovo do površine, oblikujući nešto što se zove 'superčep'. Toplina iz vulkanskog ognjišta pokreće sve gejzire, termalna vrela, oduškc i blatne bare Yellowstonea. Ispod površine je komora puna magme, koja je široka oko 72 kilometra - ugrubo, istih dimenzija kao i Park - i visoka oko 13 kilometara na svojoj najdubljoj točki. Zamislite hrpu TNT-a veliku približno kao prosječna engleska grofovija, koja se *uzdiže 13* kilometara uvis, približno do najviših cirusa, i dobit ćete predodžbu po čemu se motaju posjetitelji Yellowstonea. Pritisak na koru, koji vrši takav kotao magme, podigao je Yellowstone i okolno područje oko pola kilometra više nego što bi inače bili. Kada bi to eksplodiralo, kataklizma bi bila nezamisliva. Kako tvrdi profesor Bili McGuire s Universitv Collegea u Londonu: »Ne biste joj mogli pobjeći u radijusu od tisuću kilometara.« Posljedice koje bi uslijedile bile bi još razornije.

Superčepovi poput onog na kojem leži Yellowstone slični su čašama za martini - uski su u dubini i šire se neposredno ispod površine, stvarajući goleme zdjele pune nestabilne magme. Neke od tih zdjela mogu biti široke i do 1900 kilometara. Sudeći prema važećim teorijama, erupcije nisu uvijek eksplozivne, ponekad izbijaju u obilatom, neprekidnom potoku - poplavi - otopljenog kamenja, kao što se dogodilo s dekanskim trapovima u Indiji prije 65 milijuna godina. Ti su potoci prekrili područje od 500000 četvornih kilometara i vjerojatno su pridonijeli izumiranju dinosaura, a sigurno im nisu pomogli ni svojim otrovnim plinovima. Možda je ta pojava odgovorna za rasjede koji uzrokuju cijepanje kontinenata.

Tikvi čepovi uopće nisu rijetki. Na Zemlji ih je trenutačno aktivno tridesetak, a zbog njih postoje neki od najpoznatijih svjetskih otoka i otočnih lanaca - Island, Ilavaji, Azori, Kanari, otočje Gakipagos, mali Pitcairn usred južnog Pacifika i mnogi drugi - ali osim Yellowstonea,

svi su oceanska. Nitko nema ni najmanju predodžbu o tome kako ili zašto je Yello\vstone završio ispod kontinentalne ploče. Samo su dvije stvari sigurne: da je kora kod Yellowstonea tanka i da je svijet ispod njega veoma užaren. No, je li kora tanka zbog ognjišta ili je ognjište tamo jer je kora tanka, to je pitanje dostojno vatrene debate. Kontinentalna priroda kore važna je za tu vrstu erupcije. Dok drugi supervulka-ni obično uporno krčkaju na relativno dobroćudan način, Yellowstone provaljuje silovito. To se ne događa često, ali kad se dogodi, bolje vam je ne biti u blizini.

Od prve poznate erupcije prije 16,5 milijuna godina Yellowstone je eksplodirao oko stotinu puta, ali zabilježene su i obrađene samo posljednje tri erupcije. Zadnja erupcija bila je tisuću puta jača od one vulkana Mount St. Helens; prethodila joj je erupcija koja je bila 280 putajača, a koliko je bila snažna ona prije *te,* nitko točno ne zna. Barem 2500 putajača od Svete Helene, ali možda i 8000 puta monstruoznija.

Ne možemo je usporediti apsolutno ni s čim. Najveća erupcija u novije doba bio je Krakatau u Indoneziji u kolovozu 1883. godine, eksplozija je devet dana odjekivala svijetom i izazvala prelijevanje mora sve do Engleskog kanala. Ali ako zamislite daje volumen izbačenog materijala iz Krakataua veličine loptice za golf, onda bi materijal iz najveće erupcije Yellowstonea bio veličine kugle iza koje biste se lako mogli sakriti. U tom omjeru erupcija Mount St. Helens ne bi bila veća od zrna graška.

Erupcija u Yellowstoneu prije dva milijuna godina izbacila je dovoljno pepela da zakopa državu New York na dubinu od 20 metara ili Californiju na dubinu od 6 metara. To je bio pepeo koji je u istočnoj Nebraski stvorio fosilna ležišta Mikea Voorhiesa. Ta provala dogodila se u današnjem Iđahu, ali se Zemljina kora milijunima godina, brzinom od 2,5 centimetara godišnje, pomicala preko tog mjesta pa se danas nalazi točno ispod sjeverozapadnog Wyominga. (Samo ognjište ostaje nepomično, kao varilački plamenik usmjeren prema stropu.) Iza nje ostaju bogate vulkanske ravnice idealne za uzgoj krumpira, što farmeri u Iđahu odavno znaju. Geolozi se znaju šaliti da će Yellowstone tijekom sljedećih dva milijuna godina proizvoditi pomfrit za McDonald's, dok će stanovnici Billingsa u Montani skakutati oko gejzira.

Pepeo od posljednje erupcije Yellowstonea prekrio je gotovo svih devetnaest zapadnih država (te dijelove Kanade i Meksika) - gotovo čitave Sjedinjene Države zapadno od Mississippija. Ne zaboravite, to je žitnica Amerike, područje koje proizvodi polovicu žitarica u cijelom

svijetu. Treba imati na umu da pepeo nije poput snijega koja će se otopiti u proljeće. Kada biste željeli ponovno sijati, morali biste naći mjesto kamo ćete skloniti sav taj pepeo. Tisuću je radnika osam mjeseci raščišćavalo ruševine Svjetskog trgovačkog centra u New Yorku, na području od 6,5 hektara. Zamislite koliko bi ih trebalo da se očisti Kansas.

Uza sve to, uopće nismo spomenuli klimatske posljedice. Zadnja erupcija supervulkana na Zemlji bila je Toba na sjevernoj Sumatri prije 74 000 godina. Nitko ne zna točno koje snage, ali bila je nesumnjivo moćna. Uzorci leda dobiveni bušenjem na Grenlandu pokazuju daje nakon provale u Tobi slijedilo najmanje šest godina 'vulkanske zime' i bogzna koliko sezona sa slabim urodom. Pretpostavlja se daje taj događaj doveo ljude na rub izumiranja, svodeći globalnu populaciju na svega nekoliko tisuća pojedinaca. To bi značilo da se moderno čovječanstvo razvilo iz vrlo male populacijske osnove, što bi objasnilo nedostatak genetske raznolikosti u ljudi. U svakom slučaju, postoje dokazi da sljedećih dvadeset tisuća godina ukupan broj ljudi na Zemlji ni u jednom trenutku nije prelazio nekoliko tisuća. Naravno, to je veoma mnogo vremena za oporavak od samo jedne provale vulkana.

Sve je to bilo hipotetski zanimljivo do 1973. godine, kada je, zahvaljujući jednoj neobičnoj pojavi, postalo zamislivo kao neposredna stvarnost: voda u jezeru Yellowstone u srcu Parka počela se prelijevati preko južnog ruba jezera pa je poplavila livadu, dok je na suprotnom kraju jezera misteriozno otjecala. Geolozi su brzo proveli istraživanje i ustanovili da se na velikom dijelu Parka pojavila izbočina zlokobna izgleda. To je podiglo jedan dio jezera i izazvalo izlijevanje vode na drugom dijelu, kao što bi se dogodilo da nagnete dječji bazenčić. Do 1984. godine cijelo se središnje područje Parka - preko 100 četvornih kilometara - podiglo za više od jednog metra u usporedbi s 1924. godinom, kad je izvršeno posljednje službeno geodetsko mjerenje Parka. Zatim se 1985. godine središnji dio Parka spustio za 20 centimetara. Čini se da se sada ponovno diže.

Geolozi su zaključili da je to mogla izazvati samo jedna stvar -uzburkana magma u podzemnoj komori. Yellowstone nije mjesto na kojem se nekada nalazio drevni supervulkan; tu *se sad* nalazi jedan koji je aktivan. Istodobno su uspjeli izračunati da ciklus erupcija u Yellow-stoneu u prosjeku iznosi jednu masivnu provalu svakih 600 000 godina. Zadnja je bila prije 630 000 godina. Čini se daje Yello\vstoneu kucnuo čas.

»Možda vam se tako ne čini, ali vi stojite na najvećem aktivnom vulkanu na svijetu«, rekao mi je jednog prekrasnog lipanjskog jutra Paul Doss, geolog u Nacionalnom parku Yellowstone. Sjahaoje s golemog Harlev-Davidsona i rukovao se sa mnom kada smo se sastali ispred upravne zgrade Parka na lokaciji Mammoth Hot Springs. Doss je rodom iz Indiane, ugodan je, iznimno pametan i nenametljiv čovjek, ali uopće ne izgleda kao službenik nacionalnog parka. Ima prosijedu bradu i kosu svezanu u dug rep. Mala safirna naušnica krasi mu jedno uho, a trbuščić mu lagano napinje besprijekornu službenu uniformu. Sličniji je džezistu nego državnom službeniku. Zapravo, on i jest dže-zist (svira usnu harmoniku). No, bez sumnje, poznaje i voli geologiju. »A za to imam najbolje mjesto na svijetu«, kaže mi dok poskakujemo u starom terencu prema gejziru Old Faithful. Dopustio mije da ga cijeli dan pratim dok obavlja uobičajene dužnosti geologa Parka. Danas mu je prvi zadatak uvodni razgovor s novom grupom turističkih vodiča.

Suvišno je napominjati dajeYellowstone senzacionalno lijep -veličanstvene planine, livade prošarane bizonima, potoci koji rominjaju, nebeski plavo jezero, nebrojeno životinjsko carstvo. »Zbilja, za geologa nema boljeg mjesta«, kaže Doss. »Na usjeku Beartooth ima stijena koje su stare oko tri milijarde godina - na tri četvrtine puta od nastanka Zemlje - a ovdje su mineralni izvori« - pokazuje na sumporne tople izvore po kojima je Mammoth dobio ime - »gdje možete vidjeti kako je izgledalo stijenje u trenutku rođenja. A između imate sve što možete zamisliti. Ni najednom drugom mjestu geologija nije toliko očita - ni toliko lijepa.«

»Dakle, sviđa vam se?« upitao sam ga.

»Ma ne, ja obožavam ovo mjesto«, odgovara mi krajnje iskreno. »Zaista volim biti ovdje. Zime su gadne, a ni plaća nije baš neka, ali kad je dobro, naprosto je...«

Ušutio je kako bi mi pokazao udaljenu provaliju usred planinskog lanca na zapadu, koja se upravo pokazala iza uzvisine. Rekao mije da su te planine poznate kao Gallatini. »Taje provalija široka možda sto kilometara. Dugo nitko nije znao zastoje tamo, a onda je Bob Christi-ansen shvatio daje to vjerojatno zato što su planine bile naprosto razne-sene. Kada samo tako može nestati sto kilometara planina, onda imate posla s nečim veoma moćnim. Christiansenu je trebalo šest godina da sve to poveže.«

Pitao sam ga stoje uzrokovalo provalu Yello\vstonea.

»Ne znam. To nitko ne zna. Vulkani su čudna stvar. Zapravo, uopće ih ne razumijemo. Talijanski Vezuv bio je aktivan tristo godina, sve do erupcije 1944. godine, a onda je jednostavno stao. Otada miruje. Neki vulkanolozi misle da se puni, i to pošteno, što pomalo zabrinjava, jer na njemu i oko njega živi dva milijuna ljudi. No, to nitko pouzdano ne zna.«

»A kako bismo bili upozoreni da se Yellowstone budi?«

On je slegnuo ramenima. »Nitko nije bio tu zadnji put kad je provalio, pa nitko ne zna što su znakovi upozorenja. Vjerojatno bi prethodilo mnogo potresa u nizu i podizanja tla, možda bi došlo do nekih promjena u obrascima ponašanja gejzira i odušcima pare, ali to zapravo nitko ne zna.«

»Dakle, mogao bi eksplodirati bez upozorenja?«

Zamišljeno je kimnuo. Objasnio je kako je problem u tome da gotovo sve što bi moglo predstavljati upozorenje, u Yellowstoneu već postoji. »Potresi su obično uvod u vulkanske erupcije, ali u Parku već ima dosta potresa - prošle godine bilo ih je 260. Većinom su preslabi da bismo ih osjetili, ali svejedno su potresi.«

Promjena u gejzirskim erupcijama također bi se mogla shvatiti kao znak, rekao je, ali i oni nepredvidivo variraju. Najpoznatiji gejzir u Parku nekadaje bio Excelsior. Redovnoje izbacivao spektakularne mlazove visoke i do 100 metara, ali 1888. godine jednostavnoje prestao. A onda je 1985. ponovno provalio, iako samo do visine od 25 metara. Gejzir Steamboat najveći je na svijetu kad je aktivan; izbacuje vodu 120 metara uvis, ali intervali između njegovih erupcija u rasponu su od samo četiri dana do gotovo pedeset godina. »Kada bi provalio danas i ponovno sljedeći tjedan, na temelju toga uopće ne bismo mogli znati kako će se ponašati za tjedan, dva tjedna ili za dvadeset godina«, kaže Doss. »Cijeli je park toliko nestabilan daje zapravo nemoguće izvesti zaključke na temelju ičega što se ovdje događa.«

Evakuacija Yellowstonea ne bi bila jednostavna. Park godišnje posjeti oko tri milijuna ljudi, uglavnom u tri udarna ljetna mjeseca. U parku je relativno malo cesta i namjerno su uske, djelomice kako bi usporile promet, djelomice zbog očuvanja pitoresknog doživljaja, a dijelom i zbog topografskih ograničenja. Sredinom ljeta prolazak kroz park može trajati i pola dana, a do bilo kojeg odredišta putuje se satima. »Kad god ljudi ugledaju životinje, odmah stanu, ma gdje bili«, kaže Doss. »Imamo medvjeđe zastoje. Bizonske zastoje. Vučje zastoje.«

Ujesen 2000. godine sastali su se predstavnici US Geological Sur-veya i stručne službe Nacionalnog parka te nekoliko akademskih stručnjaka kako bi oformili Vulkanski opservatorij Yellowstone (YVO). Već su postojala četiri takva tijela - na Havajima, u Califbrniji, na Aljaski i u Washingtonu - neobično, ali takva opservatorija nije bilo u najvećoj vulkanskoj zoni na svijetu. YVO zapravo i nije konkretan, više je ideja - dogovor o koordiniranom proučavanju i analiziranju raznolike geologije parka. Jedan od prvih zadataka, rekao mi je Doss, bio je izrada 'plana za rizik od potresa i vulkanske aktivnosti' - plana djelovanja u kriznoj situaciji.

»Zar to već ne postoji?«

»Ne. Nažalost. Ali bit će, uskoro.«

»Nije li to pomalo kasno?«

Osmjehnuo se. »Pa, recimo da nije baš prerano.«

Kada to bude obavljeno, trojica ljudi - Christiansen u Menlo parku u Califbrniji, profesor Robert B. Smith sa sveučilišta u Utahu i Doss u samom parku - trebali bi procijeniti stupanj opasnosti od svake potencijalne kataklizme i savjetovati nadzornika parka. Nadzornik bi trebao donijeti odluku treba li evakuirati park. Što se tiče okolnih područja, planovi ne postoje. Kad izađete iz parka, prepušteni ste sami sebi - što i ne bi bilo od velike koristi kada bi Yellowstone veličanstveno eksplodirao.

Dakako, mogli bi proći deseci tisuća godina prije nego dođe taj dan. Doss misli da se to ne mora nikada dogoditi. »Iako postoji obrazac ponašanja iz prošlosti, to ne znači da i dalje vrijedi. Postoje dokazi da obrazac može sačinjavati niz katastrofalnih eksplozija, a potom može uslijediti dugo razdoblje mirovanja. Moguće je da smo mi u jednom takvom razdoblju. Postoje dokazi da se komora magme u ovom razdoblju velikim dijelom hladi i kristalizira. To je opuštanje razornih elemenata; za eksplozivnu erupciju te elemente trebatezapravo *sputati.«*

U međuvremenu, postoji dovoljno drugih opasnosti koje prijete samom Parku i okolici, kao što se na razoran način pokazalo u noći 17. kolovoza 1959. na mjestu koje se zove Hebgen Lake nedaleko parka. U dvadeset minuta prije ponoći Hebgen Lake pogodio je katastrofalan potres. Iako magnitude 7,5, nije bio toliko jak koliko potresi mogu biti, ali bio je tako silovit i iznenadan daje srušio čitav bok planine. Bio je vrhunac ljetne sezone. Srećom, u to doba u Yellowstone nije još dolazilo toliko ljudi. S planine se survalo osamdeset milijuna tona kamenja, brzinom većom od 160 kilometara na sat. Kamenje je jurilo tolikom

snagom i silinom da se uspelo uz planinu na suprotnom kraju doline na visinu od 120 metara. Na putu se našao dio kampa Rock Crcck. Poginulo je dvadeset osmero kampera; devetnaestero je bilo preduboko zatrpano da bi ih se moglo pronaći. Razaranje je bilo brzo, ali i bolno nasumično. Pošteđena su ostala trojica braće koji su spavali u jednom šatoru. Njihove roditelje, koji su bili u susjednom šatoru, odnio je odron i više nisu pronađeni.

»Jednom će se dogoditi velik potres - mislim, zaista velik«, rekao mi je Doss. »Budite sigurni u to. Ovoje rasjedna zona, veoma je pogodna za potrese.«

Usprkos potresu kod Hebgen Lakea i ostalim poznatim rizicima, Yellowstone nije imao stalne seizmometre do sedamdesetih godina prošlog stoljeća.

Kada biste trebali na neki način procijeniti veličanstvenost i nezaustav-ljivost geoloških procesa, ne biste pogriješili ako za predmet proučavanja izaberete Tetone, raskošno nabran planinski lanac na jugu Nacionalnog parka Yellowstone. Prije devet milijuna godina Tetoni nisu postojali. Područje oko lokacije Jackson Hole bilo je samo travnata ravnica. A onda se u Zemlji otvorio rasjed dug 64 kilometra i otad, otprilike svakih devetsto godina, Tetoni pretrpe vrlo jak potres, dovoljno jak da ih izdigne za još 2 metra. Upravo su ih ti udari, koji su se eonima ponavljali, izdigli na sadašnju veličanstvenu visinu od 2000 metara.

Tih devetsto godina je prosjek - i to ne baš točan. Kako tvrde Robert B. Smith i LeeJ. Siegcl u knjizi *IVindou's into the Earth* (Prozori u Zemlju), u kojoj opisuju geološku povijest regije, posljednji veliki potres zadesio je Tetone prije pet do sedam tisuća godina. Ukratko, Tetoni su trusno područje koje kasni najviše na svijetu.

I lidrotermalne eksplozije također su vrlo rizične. Mogu se dogoditi bilo kad i gotovo bilo gdje, a potpuno su nepredvidivc. »Znate, svakodnevno vodimo posjetitelje do termalnih bazena«, rekao mi je Doss dok smo gledali kako Old Faithful izbacuje mlaz vode. »Uostalom, to su došli vidjeti. Jeste li znali da u Yellowstoneu ima više gejzira i toplih izvora nego u ostatku svijeta?«

»Nisam to znao.«

Kininuo je. »Deset tisuća: a nitko ne zna kada bi mogao nastati novi izvor.«

Dovezli smo se do jezera koje se zove Duck Lake, čija površina ima promjer od nekoliko stotina metara. »Potpuno je neupadljiva«, rekao je.

»Samo velika bara. Ali ova velika rupa nije tu oduvijek. U jednom trenutku u posljednjih petnaest tisuća godina izbila je na površinu u velikom stilu. Tu je nadzvučnom brzinom izletjelo sigurno više desetaka milijuna tona zemlje, kamenja i pregrijane vode. Možete zamisliti kako bi bilo da se to dogodilo, recimo, ispod parkirališta kod Old Faithfula ili kraj neke zgrade unutar centra za posjetitelje.« Lice mu je poprimilo tužan izraz.

»Zar ne bi bilo nikakve najave?«

»Vjerojatno ne bi. Zadnja veća eksplozija u parku dogodila se 1989. godine na mjestu zvanom Pork Chop Gevser. Nastao je krater od oko pet metara u promjeru - ne naročito velik, ali bio bi dovoljno velik da ste se tada tamo zatekli. Srećom, nikoga nije bilo u blizini pa nitko nije stradao, ali to se dogodilo bez ikakve najave. U vrlo dalekoj prošlosti bilo je eksplozija koje su za sobom ostavile rupe od kilometar i pol u promjeru. A nitko ne može reći gdje ili kada se to može ponovno dogoditi. Samo se možemo nadati da nećemo biti u blizini kad se dogodi.«

Opasnost su i veliki odroni kamenja. Jedan takav odron dogodio se 1999. godine u kanjonu Gardiner i, srećom, nitko nije stradao. Nešto kasnije tog popodneva Doss i ja stali smo uz prometnu cestu iznad koje se nadvila jedna stijena. Pukotine su bile jasno vidljive. »Mogla bi se odlomiti svakog trena«, zamišljeno je rekao Doss.

»Šalite se«, rekao sam. Ispod nje su neprestano prolazila po dva automobila prepuna, u najdoslovnijem smislu, veselih kampera.

»No, to nije vjerojatno«, dodao je. »Samo kažem da bi *mogla.* Također, mogla bi ovako ostati desetljećima. To ne možemo znati. Ljudi moraju prihvatiti da postoji rizik kada dolaze ovamo. Samo to.«

Dok smo prilazili njegovu autu kako bismo se vratili u Mammoth Hot Springs, Doss je dodao: »Naime, loše stvari uglavnom se ne događaju. Stijene se ne ruše. Zemlja se ne trese. Voda ne probija iznenada na površinu. Uza sve nestabilnosti, ovdje je uglavnom nevjerojatno i prekrasno mirno.«

»Kao i na cijeloj Zemlji«, primijetio sam.

»Točno tako«, složio se.

Rizik u Yello\vstone parku vrijedi za zaposlene koliko i za posjetitelje. Dossje to doživio na najstrašniji način, i to prvi radni tjedan prije pet godina. Troje mladih sezonskih namještenika jedne se noći upustilo u zabranjenu aktivnost znanu kao 'hot-potting' - kupanje u toplim prirodnim bazenima. Iako se to u parku iz očitih razloga nigdje ne

navodi, nisu svi bazeni u Yellowstoncu opasno vrući. U nekima je vrlo ugodno ležati pa su neki od sezonskih radnika imali običaj da se kasno navečer malo okupaju, iako je to bilo u suprotnosti s pravilima. Trojka je vrlo neozbiljno zaboravila ponijeti bateriju, Stoje krajnje opasno, jer je tlo oko bazena uglavnom tanko i lako se drobi pa se može propasti u uzavreli otvor. No, svejedno - na povratku U spavaonicu došli su do potoka koji su već jednom preskočili. Odmakli su se nekoliko koraka unatrag, zagrlili se i skočili sa zaletom. Međutim, to uopće nije bio potok. Bio je to uzavreli bazen. Bili su zalutali u mraku. Nijedan nije preživio.

O tome sam razmišljao sutradan ujutro, kad sam na izlasku iz parka nakratko zastao u području Gornjih gejzira kraj mjesta koje se zove Emerald Pool. Doss me nije stigao tamo odvesti, a mislio sam da ga trebam vidjeti, jer je Emerald Pool historijsko mjesto.

Tu je bračni par biologa, Thomas i Louise Brock, na ljetnom studijskom putovanju 1965. godine izveo nešto ludo. Pokupili su malo žutosmedeg blata s ruba tog prirodnog bazena i ispitali ima li u njemu tragova života. Na njihovo, a zatim i na veliko svjetsko iznenađenje uzorakje bio pun živih mikroba. Pronašli su prve ekstremofile na svijetu - organizme koji mogu živjeti u vodi za koju se dotad smatralo da je prevruća, prezasićena kiselinama ili prezaguŠena sumporom kako bi bila pogodna za život. Emerald Pool bio je sve to, a ipak je bio prikladna sredina za barem dvije vrste živih bića, *Sulpholobus acidocaldarius* i *Tfiermophilus aquaticus* - kako su poslije nazvani. Oduvijek se smatralo da ništa ne može preživjeti na temperaturama većim od 50 stupnjeva, a ovdje su živi organizmi uživali u kužnim i gotovo dvostruko toplijim, kiselkastim vodama.

Jedna od dvije nove bakterije Brockovih, *Thermophilus aquatiais,* tijekom gotovo dvadeset godina bila je samo laboratorijska zanimljivost -dok kalifornijski znanstvenik Kary B. Mullis nije shvatio da u njoj postoje enzimi otporni na toplinu koji se mogu upotrijebiti za izvođenje male kemijske magije poznate kao lančana reakcija polimerizacije, što znanstvenicima omogućuje stvaranje velike količine DNK iz vrlo malog uzorka - u idealnim uvjetima dovoljna je ijedna molekula. To je svojevrsno genetsko fotokopiranje koje je postalo temeljem sveukupne genetike, od akademskih studija do kriminalističke torenzike. Mullisu je to otkriće 1993. godine donijelo Nobelovu nagradu za kemiju.

Znanstvenici su u međuvremenu otkrili još otpornije mikrobe, danas poznate kao hipertermofili, koji žive na temperaturi od 80 stupnjeva

naviše. Frances Ashcroft u knjizi *Life at tlie Extmnes* (Život u krajnostima) tvrdi daje *Pyrolobus ftintctrii* najtopliji organizam koji je dosad pronađen, a živi n stijenkama oceanskih odušaka, gdje temperatura može doseći 113 stupnjeva. Gornjom granicom za život smatra se 120 stupnjeva, iako to zapravo nitko ne zna. U svakom slučaju, otkriće Broc-kovih potpuno je promijenilo našu percepciju živog svijeta. Kako je rekao Jay Bergstralh, znanstvenik iz NASA-e: »Kamo god na Zemlji pošli - čak i ako nam se čini daje to za život najneprijatcljskija okolina - dok god ima tekuće vode i dok postoji neki izvor kemijske energije, pronaći ćemo život.«

Pokazalo se daje život neizmjerno pametniji i prilagodljiviji nego što je itko pretpostavljao. To je veoma dobro jer se čini, kako ćemo vidjeti, da živimo u svijetu koji nas baš i ne želi u svojoj blizini.

V

ŽIVOT KAO TAKAV

Što više istražujem svemir i proučavam detalje njegove građe, nalazim sve više dokaza da je svemir na neki način znao da mi dolazimo.

Freeman Dyson

16

USAMLJENI PLANET

Nije lako biti organizam. Koliko nam je dosad poznato, u cijelom svemiru postoji samo jedno mjesto, jedna neupadljiva točka na rubu Mliječne staze zvana Zemlja, koja pruža uvjete za opstanak, a i to prilično nevoljko.

Od dna najdublje oceanske brazde do vrha najviše planine, zona koja zahvaća gotovo sav poznati život široka je samo oko 20 kilometara - što nije mnogo kad se usporedi s prostranošću šireg univerzuma.

Ljudima je još gore, jer pripadamo onoj skupini živih bića koja su prije četiri stotine milijuna godina donijela nepromišljenu, ali poduzetnu odluku da ispužu iz mora i postanu bića koja žive na kopnu i udišu kisik. Prema jednoj procjeni zbog toga nanije načelno - a u praktičnom smislu potpuno - nedostupno ništa manje nego 99,5 posto nastanjivog prostora na svijetu.

Ne radi se samo o tome da ne možemo disati pod vodom nego ne bismo mogli podnijeti tlak. Budući daje voda oko 780 puta gušća od zraka, što se više spuštamo, tlak sve više raste - za jednu atmosferu na svakih 10 metara dubine. Ako se na kopnu popnete na vrh građevine od 150 metara - recimo, na katedralu u Kolnu ili obelisk u Washingtonu - promjena u tlaku bila bi toliko blaga daje ne bismo ni osjetili. Međutim, na istoj dubini pod vodom žile bi vam kolabirale, a pluća se komprimirala na veličinu limenke Coca-Colc. Začudo, ljudi iz čiste zabave dobrovoljno zaranjaju u takve dubine, bez opreme za disanje, upražnjavajući sport koji se zove slobodno ronjenje ili ronjenje sa

zadrškom disanja (apnca). Očito da se doživljaj pri kojem se naši organi okrutno deformiraju smatra poželjnim iskustvom (iako to iskustvo vjerojatno nije tako poželjno kad te organe treba vratiti u prvobitne dimenzije nakon izranjanja). Međutim, kako bi dospjeli do takvih dubina, ronioce prema dolje moraju vući utezi, i to prilično brzo. Bez pomagala, najdublje stoje itko zaronio još 1995. bilo je 72 metra - pod-vigje izveo Talijan Umberto Pelizzari - zaronio je do te dubine, zadržao se nanosekundu i onda se munjeviti vratio na površinu. (Trenutni rekord u apnei bez utega drži Carlos Goste sa 102 ni. Op. ur.) U ovozemaljskim razmjerima 72 metra je udaljenost koja je kraća od dobrog nogometnog šuta. Dakle, čak i kada postižemo najluđe rezultate, ne možemo se baš pohvaliti da smo gospodari bezdana.

Naravno, drugi organizmi uspijevaju riješiti problem tlaka u dubinama, iako ostaje tajna kako to neki od njih izvode. Najdublja točka u moru je Marijanska brazda u Tihom oceanu. Tamo, na kojih 11,3 kilometara dubine tlak raste do skoro 12 kilograma po kvadratnom milimetru. Ljude smo dolje uspjeli poslati u čvrstom podvodnom plovilu samo jednom, nakratko. Svejedno, tu je dom kolonijama amfipoda (rakušaca) - vrsti rakova sličnih kozicama, samo što su prozirni - koji uspijevaju preživjeti bez ikakve zaštite. Naravno, oceani su uglavnom plići, ali čak i na prosječnoj oceanskoj dubini od 4 kilometra na nas tlači sila ravna težini četrnaest kamiona-miješalica natovarenih betonom.

Gotovo svatko, uključujući i autore nekih popularnih knjiga iz područja oceanografije, pretpostavlja da bi se ljudsko tijelo raspalo pod strahovitim pritiskom dubokog oceana. No, čini se da to zapravo nije tako. Budući da smo uglavnom sačinjeni od vode, a vodu »gotovo nije moguće komprimirati«, kako kaže Frances Ashcroft s Oksfordskog sveučilišta, »tijelo će ostati pod istim tlakom kao i voda koja ga okružuje pa ga dubina neće zdrobiti«. Probleme stvaraju plinovi u našem tijelu, naročito u plućima. *Oni* prolaze kroz kompresiju, ali nepoznato je na kojem stupnju kompresija postaje smrtonosna. Donedavno se smatralo da bi svatko tko zaroni na dubinu od stotinjak metara umro u mukama, jer bi mu implodirala pluća ili bi mu se zdrobio grudni koš. ali ronioci na dah više su puta dokazali suprotno. Gini se, kaže Ashcroft, da su »ljudi sličniji kitovima ili dupinima nego što se vjerovalo«.

Međutim, moglo bi se zakomplicirati mnogo drugih stvari. U doba teških ronilačkih odijela - onih koja su dugini crijevima bila povezana s površinom - ronioci su znali doživjeti nešto čega su se svi užasavali, fenomen poznat kao 'prešanje'. To se događalo kada bi zakazale crpke

za zrak na površini, što bi dovelo do katastrofalnog gubitka tlaka u odijelu. Zrak bi takvom silinom izletio iz odijela da bi nesretni ronilac bio doslovno usisan u kacigu i zrakovodnu cijev. Kada bi ga izvukli na površinu, »u odijelu bi našli samo kosti i komadiće mesa«, napisao je 1947. godine biologJ.B.S. I laldane, dodajući za sumnjičavce: »To se zaista dogodilo.«

(Usput, originalna ronilačka kaciga, koju je 1823. konstruirao Englez Charles Deane. prvotno nije bila namijenjena za ronjenje, nego za gašenje požara. Nazvana je 'kacigom za dim', ali kako je bila izrađena od metala, brzo bi se zagrijala pa je bila beskorisna; Deane je uskoro ustanovio da vatrogasci ne vole ulaziti u goruće građevine ni u kakvoj vrsti opreme, a pogotovo ne u nečemu što se zagrijava kao lonac i u čemu su krajnje nespretni. U pokušaju da spasi svoj proizvod, Deane gaje isprobao pod vodom i ustanovio da je idealan za podvodne spasilačke zadatke.)

Međutim, pravi užas dubina su grčevi - ne toliko zato što su neugodni, iako nesumnjivo jesu, nego zato što su mnogo vjerojatniji. Zrak koji udišemo sačinjava 80 posto dušika. Ako ljudsko tijelo pod-vrgnemo pritisku, taj će se dušik otopiti u krvi i tkivu. Ako se pritisak naglo smanji - kao kada ronilac prebrzo izroni na površinu - plin zarobljen u tijelu počet će se pjeniti kao u tek otvorenoj boci šampanjca, začepit će sitne krvne žile pa će stanice biti lišene kisika, što će izazvati tako strašnu bol da se oni koji je moraju trpjeti previjaju u agoniji -otuda 'grčevi'.

Grčevi su odavno rizik profesije za lovce na spužve i bisere, ali zapadnom svijetu nisu bili naročito zanimljivi sve do 19. stoljeća, a i tada je interes bilo ograničen na ljude koji nisu ulazili u vodu (ili barem ne mnogo, i to uglavnom samo do gležnjeva). To su bili radnici u kesonima. Kesoni su podvodne zatvorene suhe komore bez dna, a služe uglavnom kopanju podvodnih temelja. Bili su ispunjeni komprimiranim zrakom, a pošto bi izašli nakon što su dulje vrijeme radili pod tim umjetnim tlakom, radnici su često osjećali blage simptome kao što su trnci ili svrab kože. No, neki su nepredvidivo osjećali jaču bol u zglobovima ili se čak rušili u agoniji, dok neki više nikada ne bi ni ustali.

Sve je skupa bilo vrlo neobično. Radnik bi otišao na spavanje zdrav, a probudio bi se paraliziran. Ili se uopće ne bi probudio. Ashcroft prenosi priču o direktorima novog tunela ispod Temze. koji su na samom gradilištu priredili slavljenički banket povodom završetka rađena.

Na njihovo veliko iznenađenje šampanjac se nije pjenušao kad su ga otvorili u komprimiranom zraku tunela. Međutim, kad su izašli na svjež zrak londonske večeri, mjehurići su se odmah zapjenili i dojmljivo im oživjeli probavni proces.

Osim potpunog izbjegavanja okoline s visokim tlakom, protiv grčeva uspješno djeluju samo dvije strategije. Prva je da se vrlo kratko izlaže-mo promjenama tlaka. Zato ronioci u apnei, koje sam već spomenuo, mogu (s utezima) bez smetnji zaroniti i do dubine od preko 150 metara. Dolje se ne zadržavaju dovoljno dugo da bi im se komprimirani dušik proširio po tijelu. Drugo rješenje je postupno i pažljivo izranjanje u fazama. To omogućuje bezopasno rasplinjavanje mjehurića dušika.

Dobar dio onoga što znamo o preživljavanju u ekstremnim uvjetima možemo zahvaliti neobičnu tandemu koji su činili otac i sin, John Scott i J. B.S. Haldane. Gak i za zahtjevne standarde britanskih intelektualaca, Haldaneovi su se isticali po ekscentričnosti. Stariji Haldane rođenje 1860. u škotskoj plemićkoj obitelji (njegov brat bio je vikont Haldane), ali svoj radni vijek proveo je relativno skromno, kao profesor fiziologije na Oxfordu. Bio je poznat po rastresenosti. Kada gaje supruga jednom poslala u sobu da se presvuče za večeru, jednostavno se nije vratio; našli su ga u pidžami kako spava u krevetu. Kad su ga probudili, Haldane je objasnio kako je shvatio da se svlači, pa je pretpostavio daje vrijeme za spavanje. Njegova predodžba odmora bila je da otputuje u Cornvvall kako bi proučavao trakavicu u rudara. Književnik Aldous Huxley, unuk T. H. Huxleya, koji je neko vrijeme živio s Haldaneovima, isparodirao gaje pomalo nemilosrdno u liku znanstvenika Edvvarda Tantamounta u romanu *Kontrapunkt života (Point Counter Point).*

Haldancov doprinos umijeću ronjenja bio je u tome što je odredio nužne stajanke pri izranjanju kako bi se izbjegli grčevi, ali raspon njegovih interesa obuhvaćao je cjelokupnu fiziologiju, od proučavanja visinske bolesti u alpinista do problema toplinskog udara u pustinjskim područjima. Posebno gaje zanimalo djelovanje otrovnih plinova na ljudsko tijelo. Da bi bolje shvatio zašto udisanje ugljikovog monoksi-da truje rudare, sustavno je trovao samog sebe te si pritom pažljivo vadio krv i stalno provodio pretrage. Odustao je tek kad je počeo gubiti kontrolu nad mišićima i kad je zasićenost otrovom u krvi dosegla 56 posto - razinu koja je. kako piše Trevor Norton u svojoj zabavnoj povijesti ronjenja *Stars Bencath thc Sca* (Zvijezde pod morem) za dlaku manja od gotovo sigurno smrtonosne.

Haldaneov sin Jack, kasnijim generacijama poznat kao J. B. S., bio je nevjerojatno čudo od djeteta kojeg je od djetinjstva zanimao očev rad. U dobi od tri godine čuli su ga kako nezadovoljno zapitkuje oca: »A je li to oksihemoglobin ili karboksihemoglobin?« Kao mali, Haldane je čitavo djetinjstvo pomagao ocu u eksperimentima. Kad se zamomčio, njih su dvojica često iskušavali plinove i plinske maske, naizmjence istražujući koliko im treba da se onesvijeste.

lakoj. B. S. Haldane nikada nije dobio diplomu iz prirodnih znanosti (studirao je klasične jezike na Oxfordu), postao je sjajan znanstvenik, uglavnom radeći za vladu u Cambridgeu. Biolog Peter Medavvar, koji je čitav život proveo medu olimpijcima duha, nazvao gaje »najpametnijim čovjekom kojeg poznaje«. Huxley je parodirao i mladog Haldanea u romanu *Antic Hay* (Stara slama), ali je iskoristio i njegove ideje o genetskoj manipulaciji ljudima kao temelj zapleta za *Vrli novi svijet (Brave New IVorld).* Uz mnoga druga postignuća, Haldane je odigrao središnju ulogu u spajanju darvinističkih principa evolucije s genetičarskim radom Gregora Mendela i formulirao ono stoje genetičarima poznato kao moderna sinteza.

Možda je mladi Haldane bio jedini čovjek koji je Prvi svjetski rat doživio kao »vrlo ugodan doživljaj«, otvoreno priznajući daje »uživao u mogućnosti da ubija ljude«. Sam je bio dvaput ranjen. Nakon rata postao je uspješan popularizator znanosti pa je napisao dvadeset tri knjige (te preko četiristo znanstvenih radova). Njegove knjige i danas su potpuno čitljive i poučne, iako ih nije uvijek lako naći. Bio je i oduševljeni marksist. Pričalo se, bez pretjeranog sarkazma, daje to bio iz puke potrebe za suprotstavljanjem te da bi, da se rodio u Sovjetskom Savezu, sigurno bio strastveni monarhist. Kako bilo, njegovi su se članci uglavnom pojavljivali prvo u komunističkom *Daily IVorkem.*

Dok su glavni predmet zanimanja njegova oca bili rudari i trovanje, mladi Haldane postao je opsjednut spašavanjem podmorničara i ronilaca od neugodnih posljedica njihova posla. Sredstvima Admiraliteta nabavio je dekompresijsku komoru koju je nazivao 'parni lonac'. To je bio metalni cilindar u koji se moglo hermetički zatvoriti po troje ljudi i podvrgnuti ih raznim vrstama testova, odreda bolnim i gotovo uvijek opasnim. Od dobrovoljaca se moglo tražiti da sjede u ledenoj vodi, udi-šu 'neobičnu atmosferu' ili bi ih se podvrglo naglim promjenama tlaka. U jednom je eksperimentu sam Haldane simulirao opasno naglo izranjanje kako bi vidio što će se dogoditi. I što se dogodilo? Eksplodirale su mu gotovo sve plombe u zubima. »Gotovo svaki eksperiment«, piše

Norton, »završio bi nečijim grčenjcm, krvarenjem ili povraćanjem.« Komora je bila zvučno izolirana pa bi onaj tko je bio unutra neugodu ili opasnost mogao dojaviti samo upornim kuckanjem po stijenki komore ili pokazivanjem poruka na prozorčiću.

Kad se jednom prilikom trovao povećom količinom kisika, Haldane je imao tako ozbiljan napad daje slomio nekoliko kralježaka. Kolabi-ranje pluća bilo je rutinski rizik. Prilično je često bilo i probijanje bubnjića; no, kako je Haldane utješno napisao u jednom ogledu, »bubnjić u načelu zaraste; a ako u njemu i ostane rupa. iako je osoba pomalo nagluha, kroz to uho može ispuštati duhanski dim, stoje u društvenom smislu prednost.«

U cijeloj priči nije toliko nevjerojatno što se sam I Ialdane spremno podvrgavao takvim rizicima i neugodnostima, nego stoje bez pol muke uspijevao nagovoriti kolege i svoje najbliže da uđu u komoru. Prilikom simuliranog izranjanja njegova je supruga imala napad koji je trajao trinaest minuta. Kad se napokon prestala bacakati, pomogao joj je da ustane i zatim je poslao kući neka kuha ručak. Haldane je veoma rado upošljavao svakoga tko bi mu se zatekao u blizini, pa je to jednom nezaboravnom prilikom bio i bivši premijer Španjolske Juan Negrfn. Poslije se doktor Negrfn žalio na laganu drhtavicu i »neobičan baršunast osjećaj na usnama«, ali čini se da se izvukao bez većih ozljeda. Mogao se smatrati vrlo sretnim. Nakon vrlo slična eksperimenta s oduzimanjem kisika Haldane je šest godina bio bez osjeta u stražnjici i donjem dijelu kralježnice.

Među brojnim Haldaneovim specifičnim interesima bilo je i duši-čno pijanstvo. Iz razloga koji su i danas slabo poznati, na dubinama većim od 90 metara dušik postaje narkotik. Pod njegovim utjecajem ronioci bi nudili ribama da udahnu zrak iz njihovih dihalica ili bi se odlučili za malu 'čik-pauzu'. Dušik izaziva i nagle promjene raspoloženja. Haldane je u jednom testu zabilježio daje ispitanik »prelazio iz depresije u ekstazu i obrnuto: u jednom je trenutku molio da ga dekomprimiraju jer se osjeća 'strašno loše", a minutu poslije smijao se i ometao kolegu koji je bio podvrgnut testu spretnosti«. Kako bi izmjerio stopu pogoršanja mentalnog stanja u ispitanika, s dobrovoljcem je u komoru morao ući i znanstvenik koji je provodit) jednostavne matematičke testove. Ali nakon nekoliki) minuta, kako se poslije sjećao Haldane, »ispitivač bi obično bio jednako opijen kao i ispitanik pa bi često zaboravljao pritisnuti prekidač na svojoj štoperici ili zabilježiti rezultat«. Uzrok tog pijanstva čak je i danas tajna. Misli se da bi to

moglo biti isto ono što uzrokuje opijenost alkoholom,* ali kako nitko točno ne zna što *to* uzrokuje, nismo ništa pametniji. U svakom slučaju, ako nismo veoma oprezni, lako upadamo u nevolje kada napustimo kopneni svijet.

Tako smo se vratili (barem približno) našoj prethodnoj konstataciji da Zemlja nije najugodnije mjesto zajedan organizam, čak i ako jejedino takvo mjesto. Iznenađujuće velik postotak onog malog dijela površine planeta koji je dovoljno suh da se na njemu može stajati, ili je prevruć ili prehladan, presuh, prestrm ili previsoko kako bi nam mogao nečemu poslužiti. Mora se priznati daje to djelomice i naša krivnja. Sto se tiče prilagodljivosti, ljudi su nevjerojatno loši. Kao većina životinja, ne volimo previše vruća mjesta, a posebno smo ranjivi jer se tako obilato znojimo i lako podliježemo toplinskim udarima. U najgorim uvjetima - pješice i bez vode u užarenoj pustinji - većina ljudi postane delinčna i kolabira nakon samo sedam do osam sati, a možda više nikada ni ne ustane.

Nismo ništa manje bespomoćni ni pred hladnoćom. Kao svi sisavci, ljudi dobro proizvode toplinu; ali - kako smo gotovo bezdlaki - ne možemo je dobro sačuvati. Čak i pri relativno blagim vremenskim uvjetima najmanje dvije trećine kalorija koje sagorimo odlazi na održavanje tjelesne topline. Naravno, tim se nedostacima možemo prilično dobro suprotstaviti upotrebom odjeće i zaklona, ali čak i s tim prednostima dijelovi Zemlje na kojima smo spremni ili sposobni živjeti vrlo su skromnih razmjera: samo 12 posto cjelokupne kopnene površine, odnosno samo 4 posto cijele površine ako uključimo i mora.

No, ako uzmemo u obzir kakvi su uvjeti drugdje u poznatom svemiru, ne čudi to što koristimo tako mali dio svog planeta, nego što smo uopće uspjeli naći planet koji nam barem malo može poslužiti. Trebate samo pogledati naš Sunčev sustav - ili, kad smo već kod toga, Zemlju u nekim razdobljima njene povijesti - kako biste shvatili daje većina mjesta mnogo neugodnija i mnogo manje naklonjena životu nego naša blaga, plava vodena kugla.

Dosad su znanstvenici koji proučavaju svemir otkrili oko sedamdeset planeta izvan Sunčeva sustava, od približno deset milijardi bilijuna za koje se smatra da postoje, pa ljudi baš i ne mogu tvrditi cia se razumiju u te stvari: čini se da morate imati nevjerojatnu sreću ako želite

I alkoholno i dušiaio pijanstvo iza/iva otapanje promatrane tvari u lipidima (masnoćama) mo/<j;a. 1'tpmstvo |e svojevrsno ra/makan]e pameti. (Op. red.)

naći planet pogodan za život, a stoje taj život napredniji, morate imati više sreće. Različiti promatrači identificirali su dvadesetak posebno sretnih okolnosti koje smo imali na Zemlji, ali kako je ovo 'leteće' istraživanje, smanjit ćemo ih na četiri osnovne.

Odlična lokacija. Do te mjere da to postaje nevjerojatno, mi smo na pravoj udaljenosti od zvijezde prave vrste, koja je dovoljno velika da isijava veliku količinu energije, ali ne toliko velika da brzo sagori. Stoje zvijezda veća, ona sve brže izgara - to je kuriozitet u fizici. Daje naše Sunce deset puta masivnije, iscrpilo bi se nakon deset milijuna godina, umjesto deset milijardi, i sada nas ne bi bilo. Sretni smo i zato što kružimo baš u ovakvoj orbiti. Da smo bliže, sve bi na Zemlji isparilo. Da samo dalje, sve bi se smrznulo.

Na temelju nekih proračuna astrofizičar Michael Hart zaključio je 1978. godine da bi Zemlja bila nenastanjiva daje samo 1 posto dalje ili 5 posto bliže Suncu. To nije mnogo, ali nije ni sasvim točno. Naime, brojke su otada dorađene i zapravo su malo velikodušnije - 5 posto bliže ili 15 posto dalje, smatra se boljom procjenom naše zone naseljivosti - što je još uvijek vrlo uzak pojas.*

Kako bismo shvatili koliko je to usko, dovoljno je da pogledamo Veneru. Venera je bliža Suncu samo 40 milijuna kilometara nego mi. Toplina Sunca do nje stiže samo dvije minute prije nego do nas. Veličinom i sastavom Venera je vrlo slična Zemlji, ali mala razlika u udaljenosti orbite potpuno je promijenila ishod. Čini se daje u ranim danima Sunčeva sustava Venera bila samo malo toplija od Zemlje i vjerojatno je imala oceane. Ali zbog tih nekoliko stupnjeva dodatne topline, Venera nije mogla zadržati svoju površinsku vodu, stoje imalo katastrofalne posljedice za klimu. Kad su njene vode isparile, atomi vodika odletjeli su u svemir, a atomi kisika udružili su se s ugljikom i oblikovali gustu atmosferu od stakleničkog plina, ugljikovog dioksida. Venera je postala zagušljiva. Iako će se moji vršnjaci sjetiti doba kad su se astronomi nadali da bi Venera ispod svojih višeslojnih oblaka mogla kriti život, možda čak i neku vrstu tropskog zelenila, sada znamo da je to previše užarena okolina za ikakvu razumno zamislivu vrstu života. Površinska temperatura je zažarenib 470 stupnjeva, stoje dovoljno vrelo

Otkriće ekstrcmotil.i u uzavrelim blatnim haranu Yello\vstonea i sličnih organizama drugdje navelo je znanstvenike da zaključe kako hi život neke vrste mogao imati još širi raspon - možda hi čak mogao postojati ispod ledene kore l'lutona. Ovdje govorimo o uvjetima koji hi stvorili relativno složena kopnena hica.

da rastali olovo, a atmosferski tlak na površini dcvcdesetjc puta veći od onoga na Zemlji, više nego što ljudsko tijelo može podnijeti. Nedostaje nam tehnologija za izradu odijela, pa čak i svemirskih brodova koji bi nam omogućili posjet. Naše poznavanje površine Venere temelji se na radarskim slikama izdaleka i nešto malo smušenog piskutanja sjedne sovjetske bespilotne sonde koja je s velikom nadom ubačena kroz njene oblake 1972. godine, ali je bila u funkciji još jedva sat vremena prije nego se zauvijek isključila.

Dakle, to se događa kad se približite Suncu samo dvije svjetlosne minute. Ako odete dalje, problem nije toplina nego hladnoća, o čemu ledeno svjedoči Mars. I to je nekada bilo mnogo povoljnije mjesto, ali nije moglo zadržati upotrebljivu atmosferu pa se pretvorilo u zaleđenu pustoš.

No, prava udaljenost od Sunca nije jedino što vam treba, jer bi Mjesec inače bio šumovit i ugodan, a to posve pouzdano nije. Za to vam treba:

Prava vrsta planeta. Mislim da čak ni mnogi geofizičari, kada bi ih se pitalo, ne bi u popis blagoslova uključili život na planetu s rastalje-nom utrobom, ali s dosta sigurnosti možemo reći da bez te magme, koja se vrtloži pod nama, ne bi bilo ni nas. Uz mnogo toga ostalog, Zem-ljina živahna unutrašnjost izazvala je ispuštanje plina, stoje pomoglo u stvaranju atmosfere, a pribavila nam je i magnetno polje koje nas štiti od kozmičke radijacije. Uz to, dala nam je tektoniku ploča, koja stalno obnavlja i nabire površinu. Daje Zemlja savršeno ravna, posvuda bi bila prekrivena 4 kilometra dubokom vodom. U tom samotnom oceanu moglo bi biti života, ali sigurno ne bi bilo nogometa.

Uz to što imamo pogodnu unutrašnjost planeta, imamo i prave elemente u odgovarajućim omjerima. Doslovno smo sačinjeni od prave stvari. To je toliko važno za naš opstanak da ćemo to uskoro podrobnije razmotriti, ali prvo moramo uzeti u obzir dva preostala faktora, počevši s još jednim koji se često previđa:

Zemlja je planet-blizanac. Malo tko doživljava Mjesec kao Zem-ljinog para. ali on to zapravo jest. Mjeseci su najčešće sitni u usporedbi s planetom-gospodarom. Primjerice, Marsovi sateliti Fobos i Dcimos imaju samo desetak kilometara u promjeru. Međutim, naš Mjesec ima više od četvrtine promjera Zemlje, po čemu smo jedini planet u Sunčevu sustavu s povećim mjesecom u odnosu na svoju veličinu (s

iznimkom Plutom, što se ne računa, jer je sam Pluton vrlo malen) - a to nam je veoma važno.

Bez stalnog utjecaja Mjeseca, Zemlja bi posrtala kat) zvrk koji susta-je, s tko zna kakvim posljedicama za klimu i vremenske prilike. Stalan gravitacijski utjecaj Mjeseca održava brzinu i kut pod kojim se Zemlja okreče, što pruža stabilnost potrebnu za dugotrajan i uspješan razvoj života. To neće trajati vječno. Mjesec nam izmiče brzinom od oko četiri centimetra godišnje. U sljedeće dvije milijarde godina odmaknut će tako daleko da nas više neće držati u ravnoteži pa ćemo morati smisliti neko drugo rješenje. U međuvremenu, u Mjesecu ne bismo trebali vidjeti samo zgodan ukras na noćnom nebu nego nešto mnogo važnije.

Astronomi su dugo mislili da su se Zemlja i Mjesec istodobno formirali ili daje Zemlja zarobila Mjesec dok je prolazit) kraj nje. Sada vjerujemo, sjetit ćete se iz jednog od prethodnih poglavlja, daje prije otprilike 4,4 milijarde godina u Zemlju udario objekt veličine Marsa i pritom odvalio dovoljno materijala da od krhotina nastane Mjesec. To je za nas očito bilo veoma dobro - tim više što se dogodilo tako davno. Da se dogodilo 1896. ili prošle srijede, jasno da ne bismo bili baš tako oduševljeni. To nas dovodi do četvrtog i po mnogo čemu najvažnijeg faktora:

Pravo vrijeme. Svemir je nevjerojatno hirovito mjesto prepuno događaja pa je naše postojanje u njemu zaista čudo. Da se prije 4,6 milijardi godina nije odigrao dug i nezamislivo složen niz događaja, na određeni način i u određeno doba - uzmimo samo jedan očit primjer, da dinosaure nije zbrisao meteor tada kad se to dogodilo - možda bismo bili dugački nekoliko centimetara, s brcima i repom, a ovo biste čitali u nekoj jazbini.

Iako u to ne možemo biti sigurni jer nemamo s čime usporediti svoje postojanje - ukoliko želite postati umjereno napredno i misleće društvo, morate biti na pravom kraju vrlo dugog lanca, koji uključuje razumna razdoblja stabilnosti ispresijecana odgovarajućom količinom pometnje i kušnje (ledeno doba izgleda kao posebno koristan primjer), ali koji je obilježen potpunim izostankom prave kataklizme. Kao što ćemo vidjeti na stranicama koje slijede, zaista smo imali sreću što smo se našli u tom položaju.

Tim povodom, vratimo se nakratko elementima od kojih snio sazdani.

Na Zemlji postoje devedeset dva elementa koji se pojavljuju u prirodi, plus sljedećih dvadesetak koji su stvoreni u laboratorijima, ali neke od njih odmah možemo zanemariti - kao što to čine i sami kemičari. Broj zemaljskih elemenata o kojima se začudno malo zna nije zanemariv. Astat, na primjer, gotovo da nije proučen. Ima ime i svoje mjesto u periodnoj tablici elemenata (odmah do polonija Marie Curie), ali ništa više. Problem nije znanstvena ravnodušnost, nego njegova rijetkost. Astata jednostavno nema dovoljno. No, čini se da je francjj najneuhvat-ljiviji element - toliko je rijedak da se smatra kako cijeli naš planet sadrži manje od dvadeset atoma francija. Zemljom je bogato rasprostranjeno samo oko trideset prirodnih elemenata, a jedva ih pet-šest u većoj količini tvori žive organizme.

Kao što možete pretpostaviti, kisik je najobilniji element i zaslužan je za samo malo manje od 50 posto Zemljine kore, ali relativno izobilje nekih drugih elemenata često je neočekivano. Tko bi pogodio, na primjer, daje silicij drugi najrasprostranjeniji element na Zemlji ili daje titanij deseti? Izobilje elemenata ima malo veze s time koliko su nam oni poznati ili korisni. Mnogi manje poznati elementi zapravo su češći nego oni poznatiji. Na Zemlji ima više cerija nego bakra, više neodi-mija i lantana nego kobalta ili dušika. Kositar jedva ulazi medu prvih pedeset, a pretječu ga relativno opskurni elementi kao što su praseodi-mij, samarij, gadolinij i disprozij.

No. izobilje nekog elementa ne znači da gaje lako otkriti. Aluminij je četvrti najčešći element na Zemlji i čini gotovo desetinu svega što nam je pod nogama, ali nije se ni slutilo da postoji dok ga u 19. stoljeću nije otkrio Humphrv Davv, a dugo nakon toga tretiran je kao rijetkost i dragocjenost. Malo je trebalo da američki Kongres postavi sjajnu aluminijsku foliju na vrh obeliska u Washingtonu kako bi pokazao da smo postali otmjena i prosperitetna nacija, dok je francuska carska obitelj istodobno odbacila državni srebrni pribor za jelo i zamijenila ga aluminijskim. Ako noževi i nisu bili oštri, barem su bili 'u špici' modnih zbivanja.

Izobilje ne mora biti nužno povezano ni s važnošću. Ugljik je tek petnaesti po rasprostranjenosti i zastupljen je sa skromnih 0,048 posto u Zemljinoj kori, ali bez njega bismo bili izgubljeni. Ono što atom ugljika izdvaja od ostalih njegova je bestidna promiskuitetnost. To je najveći razvratnik u svijetu atoma, lijepi se na mnoge druge atome (a ponajviše za sebi slične) i čvrsto se drži, oblikujući izdržljive molekularne "vlakiće" - trik prirode nužan za izgradnju proteina i HNK. Kako

je napisao Paul Davies: »Da nije ugljika, ne bi bio moguć život kakav poznamo. Vjerojatno bi bila nemoguća bilo kakva vrsta života.« No, ugljika svejedno nema u tolikom obilju čak ni u nama, koji životno ovisimo o njemu. Na svakih 200 atoma u našem tijelu, 126 je atoma vodika, 51 kisika, a samo 19 ugljika.*

Ostali elementi nisu od presudne važnosti za nastanak života, nego za njegovo održavanje. Željezo nam je potrebno za proizvodnju hemoglobina, bez njega bismo umrli. Kobalt je nužan za izgradnju vitamina B]2- Kalij i vrlo malo natrija doslovno su dobri za živce. Molibden, mangan i vanadij pomažu našim enzimima da rade svoj posao. Cink -blažen bio - oksidira alkohol.

Evoluirali smo tako da te tvari možemo koristiti ili tolerirati - inače nas ovdje ne bi bilo - ali čak i tako živimo u okvirima uskog raspona prihvatljivosti. Selenij je važan za sve nas, ali ako ga uzmete samo malo više, to će vam biti zadnje. Stupanj do kojeg organizmi traže ili toleriraju određene elemente ostatakje njihove evolucije. Ovce i goveda pasu jedni do drugih, ali zapravo imaju vrlo različite mineralne potrebe. Današnja goveda trebaju mnogo bakra jer su se razvila u dijelovima Europe i Afrike gdje je bakra bilo u izobilju. S druge strane, ovce su se razvile u bakrom siromašnim područjima Male Azije. Zapravo ne čudi daje naša tolerancija prema elementima proporcionalna njihovu izobilju u Zemljinoj kori. Evoluirali smo tako da očekujemo, a u nekim slučajevima i trebamo male količine rijetkih elemenata koji se akumuliraju u mesu ili vlaknima koje jedemo. Ali ako povećamo dozu, u nekim slučajevima samo malo, može nam se dogoditi da prijeđemo prag. Mnogo toga ne razumijemo dovoljno dobro. Na primjer, nitko ne zna je li vrlo mala količina arsena korisna za naše zdravlje ili nije. Neki autoriteti kažu da jest; neki da nije. Jedino je sigurno da će vas prevelika količina ubiti.

Svojstva elementa mogu postati još čudnija kad se oni združe. Kisik i vodik, primjerice, elementi su koji će lako izazvati požar, ali ako ih spojite, daju nezapaljivu vodu.** Još je neobičnija kombinacija natrija, jednog od najnestabilnijih elemenata, i klora, jednog od najotrovnijih.

Od preostala četiri, tri su dušika, a četvrti se dijeli između svih ostalih elemenata.

Sam kisik nije zapaljiv; *on* samo podržava zapaljivost drugih tvari. To je dobro, jer da je i kisik zapaljiv, svaki put kad biste zapalili šibicu, planuo bi sav zrak oko vas. Plinoviti vodik. s druge strane, *krajnje* je zapaljiv kao što je 6. svibnja 1937. pokazao cepelin *Hiiulaibtnv* u Lakehurstu u državi Ne\v |ersey. kad je njegov nosivi plin eksplodirao i zapalio se. pri čemu je poginulo trideset šestero ljudi.

Bacite malu grudicu čistog natrija u običnu vodu i ona će eksplodirati ubitačnom snagom. Klor je još zloglasniji po rizičnosti. Iako je koristan u malim koncentracijama, jer ubija mikroorganizme (klor je ono što njušite u Varckini), u većini dozama je smrtonosan. Klor je tijekom Prvog svjetskog rata bio omiljeni bojni otrov. A kako može potvrditi svaki plivač zacrvenjenih očiju, ljudskom tijelu ne odgovara čak ni u krajnje razrijeđenom obliku. No, spojite li ta dva elementa, što dobivate? Natrijcv klorid - običnu kuhinjsku sol.

Općenito, ako element ne pronalazi prirodan put u naše tijelo - recimo, ako nije topljiv u vodi - obično ga ne toleriramo. Olovo nas truje jer mu nismo bili izloženi dok ga nismo počeli ubacivati u posude i vodovodne cijevi. (Nije slučajno daje simbol za olovo Pb, od latinskog *plumbuui,* od čega je poteklo današnje englesko *plumbing* - vodoinsta-lacije). Rimljani su i ne znajući, svoje vino začinjali olovom, pa možda i zbog toga više nisu sila kakva su bili. Kao što smo vidjeli, naši izumi koji sadrže olovo (da ne spominjem živu, kadmij i sva ostala industrijska zagađivala kojima se rutinski punimo) ne ostavljaju nam mnogo prostora za podsmijeh. Ako se elementi na Zemlji ne pojavljuju prirodno, to znači da na njih nismo razvili toleranciju, pa su za nas obično krajnje otrovni, kao stoje slučaj s plutonijem. Naša tolerancija prema plutoniju je nula: nema koncentracije na koju smo imuni.*

Naširoko sam skrenuo kako bih iznio samo jedan mali zaključak: Zemlja nam se uglavnom čini tako čudesno prijateljskom sredinom samo zato što smo se razvili u skladu s uvjetima na njoj. Ne divimo se tome stoje pogodna za život, nego stoje pogodna za *naš* život - a to i nije čudno. Moguće je da mnogo toga što nama izgleda tako sjajno - dobar položaj prema Suncu, odan Mjesec, druželjubiv ugljik, rastaljena magma i sve ostalo - izgleda sjajno samo zato jer smo na to navikli. Tko zna.

Možda su drugi svjetovi dom bićima koja uživaju u svojim srebrn-kastim jezerima žive i lebdećim oblacima amonijaka. Možda su presretni zato što ih njihov planet ne trese do besvijesti svojim pločama u sudaranju i ne izbacuje uokolo rijeke lave, nego postoji u trajnom netek-tonskom mirovanju. Svaki posjetitelj iz daleka gotovo sigurno bi se u najmanju ruku začudio što mi na Zemlji živimo u atmosferi sačinjenoj od dušika, plina koji nije nimalo sklon ikakvim reakcijama, i kisika, koji toliko potiče požare da u svakom gradu moramo imati vatrogasnu službu kako bi se zaštitili od njegovih živahnijih ispada. Ali čak i kada bi naši

l'hitonij je samo umjereno otrovan, a ova teza plod je više antmuklearne histerije. (Op. red.)

gosti bili dvonošei koji udišu kisik i imaju trgovačke centre te sklonost prema akcijskim filmovima, malo je vjerojatno da bi Zemlju smatrali idealnom. Ne bismo im mogli ponuditi čak ni ručak, jer sva naša hrana u tragovima sadrži mangan, selen, cink i druge elemente, od kojih bi barem neki za njih bili otrovni. Njima Zemlja možda uopće ne bi izgledala kao čudesno pogodno mjesto za život.

Fizičar Richard Fcvnman znao se šaliti na račun *a posteriori* zaključaka - zaključivanja unatrag, na temelju poznatih činjenica do mogućih uzroka. »Znate, večeras mi se dogodila fantastična stvar«, rekao bi. »Vidio sam auto s registarskom tablicom ARW357. Možete li to zamisliti? Od milijuna registarskih tablica u ovoj državi, koliki su bili izgledi da večeras vidim baš tu? Fantastično!« Naravno, htio je reći daje svaku banalnu situaciju lako prikazati kao iznimnu ako je doživljavate kao sudbonosnu.

Zato je moguće da svi događaji i uvjeti koji su doveli do razvoja života na Zemlji nisu toliko iznimni kako volimo misliti. Ipak, bili su *dovoljno* iznimni za nas, i jedno je sigurno: moraju nam poslužiti dok ne nađemo nešto bolje.

17

U TROPOSFER

Hvala Bogu na atmosferi. Ona nas grije. Bez nje, Zemlja bi bila beživotna kugla leda s prosječnom temperaturom od minus 50 stupnjeva Celsiusa. Uz to. atmosfera upija i odražava nadolazeće rojeve kozmičkih zraka, nabijenih čestica, ultraljubičaste zrake i tome slično. Ukupni plinoviti pokrov atmosfere odgovara 4 metara debelom zaštitnom sloju betona. Daje nema. ti nevidljivi gosti iz svemira sjekli bi nas kao minijaturni bodeži. Da nema atmosfere koja ih usporava, do besvijesti bi nas izubijale čak i male kišne kapi.

A posebno je zanimljivo to što naše atmosfere baš i nema mnogo. Prostire se uvis oko 190 kilometara, što može zvučati poprilično kad se gleda s razine tla. ali ako smanjimo Zemlju na veličinu standardnog stolnog globusa, to bi odgovaralo debljini nekoliko slojeva laka.

Da bi znanstvenicima bilo lakše, podijelili su atmosferu na četiri nejednaka sloja: troposferu. stratosferu, mezosferu i ionosferu (koja se često naziva termosferom). Troposfera je dio koji nam je prirastao srcu. Samo ona sadrži dovoljno topline i kisika kako bismo mogli postojati, ali čak i ona. kad se počnemo uspinjati. brzo postaje nepogodna za život. Od razine tla do najviše točke, troposfera (ili 'sfera koja se vrtloži') visoka je oko 16 kilometara na ekvatoru i samo 10 do 11 kilometara na umjerenim širinama, gdje živi većina nas. Taj tanak i paperjast sloj sadrži osamdeset posto mase atmosfere, gotovo svu vodu i meteorološke pojave. Između nas i bezdana zaista nema mnogo toga.

Iza troposfere je stratosfera. Kada vidite da se vrh olujnog oblaka spljoštio u klasičan oblik nakovnja, gledate granicu između tropostere i stratosfere. Nevidljivi strop ima i ime, tropopauza, a 1902. godine otkrio ga je jedan Francuz u balonu, Leon-Philippe Teisserenc de Bort. *Pauza* ovdje ne znači da se nešto na trenutak prekida, nego da potpuno prestaje; ima isti grčki korijen kao i *iiieuopauza.* Brzo dizalo, kakvo se može naći u današnjim neboderima, odvezlo bi vas tamo za dvadesetak minuta, iako bismo vam svesrdno savjetovali da ne poduzimate takvo putovanje. Takav nagli uspon, bez prilagođivanja tlaka, u najboljem bi slučaju završio teškim cerebralnim i plućnim edemima, opasnim zadržavanjem tekućina u tjelesnom tkivu. Kada bi se na vidikovcu otvorila vrata, svi u liftu zacijelo bi već bili mrtvi ili na samrti. Cak bi i usporeniji uspon bio popraćen s poprilično tegoba. Temperatura na visini od 10 kilometara zna se spustiti do minus 57 stupnjeva, a trebao bi vam - ili bi vam vrlo dobro došao - i dodatni kisik.

Nakon izlaska iz troposfere temperatura se ponovno brzo penje do 4 stupnja zahvaljujući tome što ozon izvanredno dobro upija sunčeve zrake (i to je otkrio De Bort na svom odvažnom letu iz 1902. godine). Zatim se spušta sve do minus 90 stupnjeva u mezosferi, prije nego na raketni pogon odleti do 1500 stupnjeva ili više u prikladno nazvanoj, ali prilično nestalnoj termosferi, gdje temperatura u smjeni dana i noći može varirati i preko 500 stupnjeva - treba napomenuti daje 'temperatura' na takvoj visini više idejni koncept. Temperatura je zapravo samo mjera brzine molekula. Molekule zraka na morskoj razini toliko su guste da se pojedina molekula može pomaknuti samo za najmanju udaljenost - za osam milijuntinu centimetra, da budemo točni - prije nego što naleti na drugu. Kad te molekule udaraju u nas, to doživljavamo kao toplinu. Ali na visini tcrmosfcrc, 80 kilometara ili više, zrak je tako rijedak da će dvije molekule međusobno biti kilometrima daleko, pa kako su tako rijetke, njihovo djelovanje postaje zanemarivo. To je dobro za satelite i svemirske brodove; naime, kada bi razmjena topline bila učestalija, planuo bi svaki objekt ljudske proizvodnje koji kruži orbitom na toj visini.

No. svemirski brodovi svejedno moraju biti oprezni u vanjskom sloju atmosfere, naročito pri povratku na Zemlju, što je na tragičan način pokazao raketoplan *Coluuibia* u veljači 2003. godine. Iako je atmosfera vrlo tanka, ako letjelica u nju uđe pod nagibom koji je veći od 6 stupnjeva - ili prebrzo - može uznemiriti dovoljno molekula da izazove reakciju vrlo zapaljive prirode. Obrnuto, ako letjelica ude u

termosferu pod premalim kutom, mogla bi se odbiti u svemir, kao kamenčić kad igrate 'žabice' po površini vode.

No, ne morate se otputiti do ruba atmosfere kako biste se podsjetili da smo bića koja su beznadno vezana za Zemlju. Svatko tko je neko vrijeme boravio u nekom gradu na većoj nadmorskoj visini zna da se ne morate uspeti tako visoko kako bi vam se tijelo počelo buniti. Čak i iskusni planinari, usprkos prednosti u vidu kondicije, treninga i boca s kisikom, na velikim visinama brzo postaju podložni zbunjenosti, mučnini, iscrpljenosti, ozeblinama, hipotermiji, migreni, gubitku apetita i mnogim drugim disfunkcijama. Ljudsko tijelo na stotine načina podsjeća svog vlasnika da nije stvoreno za djelovanje tako daleko od razine mora.

»Čak i u najpovoljnijim okolnostima«, piše alpinist Peter Habeler o uvjetima na vrhu Everesta, »svaki korak na takvim visinama zahtijeva golemu snagu volje. Morate se prisiljavati da učinite svaki pokret, uhvatite svako uporište. Stalno vam prijeti težak i ubitačan umor.« U knjizi *The Other Side of Everesl* (Druga strana Everesta) britanski planinar i filmaš Matt Dickinson opisuje kako je u britanskoj ekspediciji na Everest 1924. godine Hovvarda Somervella »obuzelo gušenje kad mu je dušnik začepio komadić inficiranog mesa«. Somcrvell je krajnjim naporom uspio iskašljati to što mu je smetalo. Ispostavilo se da je to zapravo bila »sva sluz iz njegova grla«.

Tjelesne tegobe posebno su naglašene iznad 7500 metara - u području koje alpinisti nazivaju Zonom smrti - ali mnogi ljudi osjećaju ozbiljne smetnje, čak se i teško razbole, na visini od svega 4500 metara. Podložnost ima vrlo malo veze s kondicijom. Ponekad se u visinskim situacijama bolje snalaze bakice, dok se njihovo mnogo snažnije potomstvo pretvara u bespomoćne jadnike, a takvi su sve dok ih ne prebace u niža područja.

Apsolutna granica ljudske tolerancije za trajan boravak seže do oko 5500 metara, ali to ne mogu dugo podnijeti čak ni ljudi prilagođeni životu na visinama. Frances Ashcroft u *Life at the Extremes* piše kako su andski rudnici sumpora na visini od 5800 metara, ali rudari se svake večeri radije spuštaju 460 metara i ponovno se ujutro penju nego da stalno borave na toj visini. Ljudi koji žive na velikim visinama uglavnom su tisućama godina razvijali neproporcionalno velika pluća i grudni koš te imaju za trećinu više crvenih krvnih zrnaca koja nose kisik, iako postoji granica do koje to može ići. jer krv postaje pregusta a da bi mogla normalno kolati. Osim toga, iznad 5500 metara čak ni

najprilagođenije žene ne mogu opskrbiti fetus dovoljnom količinom kisika niti roditi.

Kada su ljudi u Europi osamdesetih godina 18. stoljeća počeli izvoditi eksperimentalne letove balonom, iznenadilo ih je što im je s uspinjanjem postajalo sve hladnije. S usponom, temperatura na svakih 1000 metara pada za oko 1.6 stupnjeva. Bilo bi logično da nanije toplije što smo bliže izvoru topline. Djelomično je objašnjenje da se zapravo ne približavamo Suncu, barem ne znatno. Sunce je udaljeno 150 milijuna kilometara. Približimo li mu se nekoliko stotina metara, jednako je kat) da smo se šumskom požaru ti Australiji primakli za korak pa očekujemo da ćemo namirisati dim stojeći negdje u Ohiju. Odgovor nas vraća na pitanje gustoće molekula u atmosferi. Sunce atomima daje energiju, povećava učestalost njihova poskakivanja i komešanja, dok se oni tako živahni, sudaraju i prenose toplinu. Kad ljeti osjećate toplinu Sunca na leđima, zapravo osjećate uzbuđene atome. Sto se više penjemo, manje je molekula pa je manje i sudara medu njima. Zrakje inače varljiva tvar. Gak i na morskoj razini zrak obično doživljavamo kao nešto eterično i gotovo bez težine. Zapravo, on ima priličnu masu i ta se masa često iskazuje. Kako je prije više od sto godina napisao oceanograf Wyville Thomson: »Kada ujutro ustanemo. često po živi barometra koja se podigla za centimetar ustanovimo kako se noću na nas tiho spustilo gotovo pola tone. ah ne osjećamo nelagodu, nego oduševljenje i živost, jer u gušćem mediju tijelo pokrećemo s manje napora.« Zbog te dodatne polovice tone tlaka ne osjećamo se zdrobljeno iz istog razloga zbog kojeg naše tijelo ne bi bilo zdrobljeno duboko pod morem: sastavljeno je uglavnom od fluida koji se ne mogu komprimirati, nego se prilagođuju izjednačavajući vanjski i unutarnji tlak.

Ali ako zrak pokrenemo, kao pri uraganu ili oštrijem vjetru, brzo ćemo osjetiti da on ima popriličnu masu. Okružuje nas oko 5200 milijuna milijuna tona zraka - 10 milijuna tona po svakom četvornom kilometru planeta - a to nije nimalo zanemariva količina. Kada brzinom od 50 ili 60 kilometara na sat pokraj vas protutnje milijuni tona atmosfere, ne čudi da se stabla lome, a krovovi lete u zrak. Kako bilježi Anthonv Smitli. tipična meteorološka fronta može sadržavati i do 750 milijuna tona hladnog zraka zarobljenog pod milijardama tona toplijeg zraka. Zaista ne čudi da rezultat u meteorološkom smislu zna biti vrlo uzbudljiv.

Hez sumnje, u svijetu iznad nas nema nestašice energije. Izračunato je da jedna oluja može sadržavati količinu energije koja odgovara četverodnevnoj potrošnji elektriciteta za cijele Sjedinjene Države. Olujni

oblaci u određenim uvjetima mogu se podići na visinu od 10 do 15 kilometara te sadržavati uzlazne i silazne struje s brzinom od 150 kilometara na sat. Kako su one obično jedna do druge, piloti kroz njih ne žele letjeti. U svom tom unutarnjem metežu čestice unutar oblaka mogu pokupiti električni naboj. Zbog razloga koji nisu potpuno jasni, lakše čestice obično postaju pozitivno nabijene pa ih zračne struje podižu na vrh oblaka. Teže čestice ostaju pri dnu i akumuliraju negativni naboj. Te negativno nabijene čestice imaju snažnu potrebu da se obruše prema pozitivno nabijenoj Zemlji, i neka je sa srećom svemu što im se nađe na putu. Grom putuje brzinom od 435000 kilometara na sat, a okolni zrak može zagrijati do vrlo užarenih 28000 stupnjeva, stoje nekoliko puta toplije od Sunca. U svakom trenutku diljem globusa odvija se 1800 oluja - kojih 40000 dnevno. Danonoćno diljem planeta svake sekunde u Zemlju udari oko stotinu gromova. Nebo je zaista živahno mjesto.

Većina naših spoznaja o onome što se događa tamo gore iznenađujuće je novijeg datuma. Mlazne struje (jet strcams), koje se obično nalaze na visini od 9000 do 10000 metara, mogu dostići brzinu od 300 kilometara na sat i snažno utječu na vremenske prilike čitavih kontinenata, a ipak se nije niti slutilo da postoje dok piloti u Drugom svjetskom ratu nisu počeli kroz njih prolijetati. Dobar dio atmosferskih pojava još uvijek jedva razumijemo. Oblik valovitog gibanja, popularno znan kao turbulencija, povremeno unosi živost u avionske letove. Dvadesetak takvih incidenata godišnje dovoljno je ozbiljno da bude zabilježeno. Nisu povezani sa strukturom oblaka niti bilo čime drugim što se može otkriti okom ili radarom. To su samo džepovi iznenadne turbulencije usred mirnog neba. U jednom tipičnom incidentu avion na liniji od Singapura do Sydncya letio je preko centralne Australije u mirnim uvjetima, a onda je iznenada propao 90 metara - dovoljno da prema stropu zavitla putnike koji nisu bili vezani. Ozlijeđeno je dvanaestero putnika, od toga jedan teško. Nitko ne zna što uzrokuje takve razorne džepove zraka.

Proces koji pokreće zrak u atmosferi isti je onaj koji pokreće unutarnji motor planeta - konvekcija. Vlažni topli zrak iz ekvatorijalnih područja diže se dok ne udari u barijeru tropopauze, zatim se širi. Dok se udaljava od ekvatora, hladi se i tone. Kada se zrak spusti do dna, neki dijelovi zraka traže područje niskog tlaka kako bi ga ispunili, a onda se vraćaju prema ekvatoru i zatvaraju krug.

Na ekvatoru je proces konvekcije uglavnom stabilan pa je vrijeme predvidivo lijepo, ali u umjerenim zonama obrasci su mnogo više sezonski, lokalni i nasumični, što rezultira neprekidnom borbom između sustava sustava visokog i niskog tlaka zraka. Niskotlačne sustave (ciklone) stvara zrak koji se diže, odnoseći molekule vode u nebo i stvarajući oblake i na kraju kišu. Topli zrak može primiti više vlage nego hladni pa su tropske i ljetne oluje obično najjače. Tako su područja niskog tlaka obično povezana s oblacima i kišom, dok područja višeg tlaka (anticiklone) obično imaju sunčano i lijepo vrijeme. Kad se takva dva sustava sretnu, nastaju oblaci. Na primjer, stratusi - one nelijepe, bezoblične krpe koje nam daju oblačno nebo - nastaju kad uzlaznim strujama koje nose vlagu nedostaje snage da se probiju do gornje razine stabilnijeg zraka, pa se zato počnu širiti, kao dim cigarete kada dođe do stropa. Zaista, ako gledate pušača, možete dobiti prilično dobru predodžbu o tome. Dim se prvo diže okomito (to se zove laminarni tok, ako poželite nekoga impresionirati), a onda se širi u difuznom, valovitom sloju. Ni najveći suprekompjutor na svijetu, koji bi mjerio u najbrižljivije kontroliranoj sredini, ne bi mogao točno predvidjeti kakav će oblik poprimiti to gomilanje, pa možete zamisliti s kakvim se poteškoćama suočavaju meteorolozi kada pokušavaju predvidjeti takva gibanja u vjetrovitom i gibljivom svijetu velikih razmjera.

Međutim, znamo da razlike u tlaku zraka na planetu nastaju zato što je toplina koja potječe od Sunca neravnomjerno raspodijeljena. Zrak to ne podnosi pa se kovitla i nastoji posvuda izjednačiti stanje. Vjetar je naprosto način na koji zrak pokušava sve održati u ravnoteži. Zrak se uvijek seli iz područja visokog tlaka u područja niskog (što se može i očekivati; zamislite bilo što ispunjeno zrakom pod tlakom - balon ili bocu sa zrakom ili avion bez jednog prozora - i sjetite se koliko nestrpljivo taj stlačeni zrak želi otići na neko drugo mjesto), a stoje veća razlika u pritisku, vjetar brže puše.

Kao i koti svega što se giba, i vjetru snaga ne raste s brzinom, nego s njezinim kvadratom, tako da vjetar koji puše brzinom od 30(1 kilometara na sat. nije deset puta jači od vjetra koji puše 30 kilometara na sat nego je sto puta jači - dakle, i toliko puta destruktivniji. Dodajte toj brzini sedam milijuna tona zraka i rezultat može biti vrlo energičan. Tropski uragan u dvadeset četiri sata može osloboditi jednako energije koliko u godinu dana potroši jedna bogata država srednje veličine, poput Britanije ili Francuske.

Taj nagon atmosfere da teži ravnoteži prvi je u 18. stoljeću naslutio Edmond Hallev - čovjek kojeg je bilo posvuda - a tu je pojavu obradio sa zemljakom, Britancem Georgeom Hadlevjem, koji je primijetio da dizanje i spuštanje stupova zraka stvara 'ćelije' (otada poznate kao 'Hadlevjeve ćelije'). Iako je po zanimanju bio pravnik, Hadlevja su ozbiljno zanimale vremenske prilike (uostalom, bioje Englez) pa je iznio tezu o povezanosti svojih ćelija, vrtnje Zemlje i skretanja zraka koje usmjerava pasatne vjetrove. Međutim, jedan profesor strojarstva na Ecole Polytechnique u Parizu, Gustave-Gaspard de Coriolis, razradio je 1835. godine pojedinosti tih interakcija pa ih zato nazivamo Corio-lisovim efektom. (Čini se daje Coriolisovo drugo dostignuće u Školi bilo uvođenje aparata za hlađenje vode, koji su tamo i danas poznati kao Corios.) Zemlja se žustro okreće brzinom od 1675 kilometara na sat na ekvatoru, iako se brzina prilično smanjuje što smo bliže polovima, primjerice, na 900 kilometara u Londonu i Parizu. Kad o tome razmislite, razlog je očit. Ako ste na ekvatoru, Zemlja vas vrtnjom mora odvesti dobar komad puta - oko 40 000 kilometara - kako biste se ponovno našli na istom mjestu, a ako stojite blizu Sjevernog pola, morate putovati samo nekoliko metara da zatvorite krug; no, u oba slučaja potrebna su dvadeset četiri sata da se vratite odakle ste krenuli. Dakle, zaključak je da se brže okrećemo što smo bliže ekvatoru.

Coriolisov efekt objašnjava zašto sve što se giba pravocrtno a okomito na smjer vrtnje Zemlje, na sjevernoj hemisferi skreće udesno a na južnoj ulijevo. To si obično predočavamo tako da zamislimo kako usred velikog vrtuljka bacamo loptu prema nekome tko stoji na rubu. Dok mu lopta stigne u doseg, osoba će se već odmaknuti pa će lopta pasti pokraj njega. Iz njegove perspektive to mu izgleda kao da se u luku udaljila od njega. To je Coriolisov efekt, to stvara vrtloge i vrti uragane. Zbog toga se topovi mornaričke artiljerije moraju usmjeriti nadesno ili nalijevo; inače bi granata ispaljena na 25 kilometara zastranila kojih stotinjak metara i bezopasno bućnula u more.

Unatoč praktične i psihološke važnosti vremenskih prilika za gotovo svakoga, meteorologija se kao znanost razvila kasno, tek pred početak 19. stoljeća (iako je sam pojam *meteorologija* u upotrebi od 1627., kada gaje u knjizi o logici skovao izvjesni T. Granger).

Dio problema bioje i u tome što uspješna meteorologija zahtijeva precizna mjerenja temperature, a pokazalo se da je prilično dugo trebalo da se izrade termometri a to je bilo teže nego što biste očekivali.

Točno očitavanje ovisilo je o točnosti unutarnjeg promjera staklene cjevčice, a što nije bilo lako postići. Prva osoba koja je riješila taj problem bio je Danici Gabnel Fahrenheit, nizozemski graditelj instrumenata, koji je 1717. godine izradio točan termometar. No, iz nepoznatih razloga instrument je baždario tako da je ledište vode postavio na 32 stupnja, a njezino vrelište na 212. Njegova numerička ekscentričnost otpočetka je mučila neke ljude pa je švedski astronom Anders Celsius 1742. godine izradio suparničku skalu. Kao dokaz tezi da izumitelji rijetko kada potpuno shvaćaju stvari, Celsius je vrelište vode stavio na 0, a ledište na 100 stupnjeva, ali su te vrijednosti ubrzo zamijenile mjesta.

Osoba koja se najčešće navodi kao otac moderne meteorologije bio je engleski apotekar Luke Hovvard, koji je početkom 19. stoljeća postao slavan. Njega se danas uglavnom pamti po tome stoje 1803. nadjenuo ime vrstama oblaka, lako je bio aktivan i ugledan član Linneovskog društva te je u svojoj novoj shemi primjenjivao lineovske principe, Hovvard je izabrao mnogo opskurnije Askezijsko društvo za forum na kojem će obznaniti svoju novu klasifikacijsku shemu. (Možda ćete se iz jednog od prethodnih poglavlja sjetiti daje Askezijsko društvo bila organizacija čiji su članovi bili neobično odani užicima dušikovog oksida, ali nadamo se da su Howardovo izlaganje ipak pratili s trijeznom pažnjom koju zaslužuje. O tom detalju proučavatelji Hovvarda ništa ne navode.)

Hovvard je podijelio oblake u tri grupe: stratuse. za slojevite oblake: kumuluse. za one paperjaste (riječ dolazi od latinskog za *nagomilano):* i ciruse (u značenju *zakovitlani),* za visoke, prozračne formacije, koji u načelu predkazuju hladnije vrijeme. Poslije im je dodao i četvrti pojam, nimbus (od latinskog za *oblak)* za kišni oblak. Ljepota Hovvardova sustava bila je u tome što su se temeljne komponente mogle slobodno kombinirati kako bi opisale svaki oblik i veličinu oblaka koji je upravo prošao - stratokumulus, cirostratus, kumulonimbus i tako dalje. Odmah je postao hit, ne samo u Engleskoj. Goethea je taj sustav toliko oduševio daje Howardu posvetio četiri pjesme.

S vremenom je Ilovvardov sustav dobio brojne dodatke, kojih je toliko da enciklopedijsko izdanje slabo čitanog *International CJond Atlasa* (Međunarodnog atlasa oblaka) sadrži dva toma, ali zanimljivo je da svi post-hovvardovski tipovi oblaka - mamatus. pileus. nebulosis. spisatus, tlokus i mediokris. da spomenemo tek neke - nikada nisu ušli u uporabu izvan meteorologije, a kako su mi rekli, ni unutar te discipline nisu veoma česti. U prvom, mnogo tanjem izdanju tog atlasa iz 1896. godine

oblaci su podijeljeni na deset osnovnih tipova, od kojih je deveti tip bio najčupaviji i nalik na udoban jastuk, kumulonimbus.* Čini se da otuda potječe fraza »biti na devetom oblaku«.

Uza svu žestinu i bijes olujnih oblaka koji sliče nakovnju, oblaci su u načelu bezopasna i nevelika stvar. Paperjasti ljetni kumulus, koji je dug nekoliko stotina metara, možda ne sadrži više od 100 do 150 litara vode - »otprilike dovoljno da se napuni kada«, kako je primijetio James Trefil. Neku predodžbu o nematerijalnoj naravi oblaka možete dobiti dok šećete kroz maglu - koja, uostalom, i nije ništa drugo nego oblak koji nema volje da leti. Ponovno ću citirati Trefila: »Ako prođete 100 metara kroz običnu maglu, bit ćete u kontaktu sa samo 8 kubičnih centimetara vode - što nije dovoljno ni da se pošteno napijete.« Prema tome, oblaci nisu naročiti rezervoari vode. U bilo kojem trenutku Zemlju okružuje samo 0,035 posto njezine slatke vode.

Ovisno o tome gdje padne, prognoza za molekulu vode može biti veoma različita. Ako padne na plodno tlo, upit će je biljke ili će ispariti za nekoliko sati ili dana. Ako nade put do podzemnih voda, možda nekoliko godina ne ugleda svjetlo dana - a ako dospije zaista duboko, ni tisuće godina. Kada gledate jezero, gledate zbirku molekula koje su tamo u prosjeku jedno desetljeće. Smatra se da im je vrijeme boravka u oceanu oko sto godina. Oko 60 posto molekula vode iz jednog pljuska vraća se u atmosferu za dan-dva. Kad ispare, na nebu ne provedu više od tjedna ili dva - Drury kaže dvanaest dana - prije nego što ponovno padnu u sljedećoj kiši.

Isparavanje se odvija brzo, što možete lako procijeniti prateći sudbinu neke barice u jednom ljetnom danu. Cak i nešto tako veliko kao stoje Sredozemno more, isparilo bi za tisuću godina kad se ne bi stalno obnavljalo. To se i dogodilo prije nešto manje od 6 milijuna godina pa je izazvalo ono što je u znanosti poznato kao mesinijska kriza saliniteta. Naime, pomicanje kontinenta zatvorilo je Gibraltarski tjesnac. Kako je Sredozemno more isparavalo, njegovi ispareni sastojci padali su kao slatkovodna kiša u druga mora i blago razrijedili njihov salinitet - to ih je na kraju toliko razrijedilo da su se počele

'" Možda ste zapazili koliko su jasni i dobro definirani rubovi kumulusnih oblaka, dok su drugi oblaci mnogo nejasniji. Objašnjenje je u izrazitoj granici između vlažne unutrašnjosti kutnulusnog oblaka i suhog zraka iza nje. Svaku molekulu zraka koja se zadrži iza ruba oblaka odmah upije suhi zrak u pozadini, tako da oblak zadržava svoj fini obris. Mnogo viši eirusi sastavljeni su od leda pa zona između ruba oblaka i zraka u pozadini nije toliko jasno ocrtana pa su obično nejasnih rubova.

smrzavati veće površine nego inače. Povećana ledena zona odražavala je veću količinu Sunčeve energije pa je dovela Zemlju u ledeno doba. lako barem kaže teorija.

Sigurno je točno, barem tako mislimo, da male promjene u dinamici Zemlje mogu imati nezamislive posljedice. Kako ćemo poslije vidjeti, možda nas jc jedan takav događaj i stvorio.

Oceani su pravi pogonski stroj koji pokreće događaje na površini planeta. Meteorolozi sve više tretiraju oceane i atmosferu kao jedinstven sustav pa im moramo pokloniti malo pažnje. Voda odlično zadržava i prenosi toplinu - u nezamislivo velikim količinama. Golfska struja svakodnevno opskrbljuje Europu toplinom koja odgovara desetogodišnjoj potrošnji ugljena, zato Britanija i Irska imaju tako blage zime u usporedbi s Kanadom i Rusijom. No, voda se sporo zagrijava pa su jezera i bazeni hladni, čak i u najtoplijim danima. Zbog toga obično dolazi do raskoraka između službenog, astronomskog početka godišnjeg doba i stvarnog osjećaja daje to godišnje doba počelo. Tako proljeće na sjevernoj hemisferi može teoretski početi u ožujku, ali na većini mjesta to se ne osjeća barem do travnja.

Oceani nisu jednolična masa vode. Na prenošenje topline u oceanima snažno utječu razlike u temperaturi, salinitetu, dubini, gustoći i tako dalje, a to, opet, utječe na klimu. Primjerice, Atlantik je slaniji od Tihog oceana, i to dosta. Stoje voda slanija, gušća je, a gušća voda tone. Bez tog dodatnog tovara soli, atlantske bi struje stizale do Arktika i zagrijavale Sjeverni pol, ali bi Europu lišile ugodne topline. Glavni prijenosnik topline na Zemlji je termoiialinska cirkulacija,* čiji su izvor polagane struje duboko ispod površine - taj proces 1797. godine prvi je opazio znanstvenik-avanturist, grof od Rumforda. Naime, kada se površinske vode približe Europi, tad u odnosu na druge vode postaju guste, pa tonu na veće dubine i počinju se polako vraćati na južnu hemisferu. Kad stignu do Antarktike, zahvaća ih antarktička cirkumpolarna struja i odnosi dalje u Tihi ocean. Proces je vrlo polagan - od sjevernog

Čini se da taj pojam označava razne stvari. U studenom 2002. godine Carl Wunseli s MIT-a objavio je članak u časopisu *Siicinr.* 'Sto je termoiialinska cirkulacija?', u kojem jc naveo da se taj izraz u vodečim publikacijama rabi za upisivanje sedam različitih fenomena (cirkulacija na abisalnom nivou, cirkulacija ko|ti pokreću razlike u gustoći odnosno uzgonu. 'nicndionaliio preokrenuto cirkuliranje mase' i tako dalje) - iako sve to ima veze s oceanskim cirkulacijama i prijenosom topline, pojam ima nejasno i široko značenje pa ga ovdje oprezno rabim.

Atlantika do srednjeg Pacifika voda može putovati i tisuću petsto godina - ali struje prenose prilično velike količine topline i vode, s golemim utjecajem na klimu.

(Što se tiče pitanja kako se uopće može izračunati koliko treba kapi vode da stigne iz jednog oceana u drugi, odgovor glasi: znanstvenici mogu izmjeriti sastojke u vodi, kao što su fluoroklorougljici, i odrediti koliko je vremena prošlo otkako su zadnji put bili u zraku. Uspoređujući velik broj mjerenja s različitih dubina i lokacija, mogu relativno točno pratiti kretanje vode.)

Osim što termohalinska cirkulacija prenosi toplinu, ona spuštanjem i podizanjem vode rasprostranjuje hranjive sastojke, zbog čega je veći dio oceana pogodan za život riba i ostalih morskih stvorenja. Nažalost, čini se daje cirkulacija vrlo osjetljiva na promjene. Prema kompjutorskim simulacijama ciklus može katastrofalno narušiti čak i blago smanjenje količine soli u oceanu - recimo, zbog povećanog taljenja ledenog pokrova na Grenlandu.

Mora nam čine još jednu veliku uslugu. Ona upijaju goleme količine ugljika i mogu ga pohraniti na sigurno. Jedna od neobičnosti našeg Sunčeva sustava je i to što Sunce sada sjaji oko 25 posto jače nego kad je Sunčev sustav bio mlad. Zbog toga bi Zemlja trebala biti mnogo toplija. Kako je objasnio engleski geolog Aubrev Manning: »Ta kolosalna promjena trebala bi imati apsolutno katastrofalno djelovanje na Zemlju, ali čini se da naš svijet nije previše pogođen.«

Pa što to onda održava planet stabilnim i svježim? Život. Bilijuni bilijuna sitnih morskih organizama za koje većina nas nikada nije čula -foraminiferi, kokoliti i krednjaci - hvataju atmosferski ugljik u obliku ugljikovog dioksida, koji pada u obliku kiše, pa ga koriste (u kombinaciji s drugim tvarima) za izgradnju svojih minijaturnih oklopa. Kada u svom oklopu zarobe ugljik, sprječavaju da ponovno ispari u atmosferu, gdje se može opasno nagomilati kao staklenički plin. Ta malena stvorenja ugibaju i padaju na dno mora, gdje se talože u vapnenac. Dok promatrate neku iznimnu prirodnu pojavu, kao što su, na primjer. Bijele stijene kod Dovera u Engleskoj, čini vam se nevjerojatnim da su to izgradili gotovo isključivo sićušni mrtvi morski organizmi, ali još je nevjerojatnije kada shvatite koliko su ugljika tako uskladištili. Petnaestcentimetarska kocka doverske krede sadrži preko tisuću litara komprimiranog ugljikovog dioksida koji inače ne bi služio ničem dobrom. U stijenama u Zemlji zarobljeno je oko dvadeset tisuća puta više ugljika nego što ga ima u atmosferi. Veći dio tog vapnenca na kraju će završiti u vulkanima, a ugljik

će se vratiti u atmosferu i ponovno pasti na Zemlju u obliku kiše pa se sve to naziva dugoročnim kruženjem ugljika. Proces traje veoma dugo - oko pola milijuna godina za jedan atom ugljika - ali u odsutnosti drugih smetnji veoma je uspješan u održavanju stabilnosti klime.

Nažalost, ljudska su bića nemarno sklona narušavanju tog ciklusa izbacivanjem velike količine dodatnog ugljika u atmosferu, bez obzira jesu li foraminiferi spremni za to ili ne. Procjenjuje se da smo od 1850. zrak zagadili s oko 100 milijardi tona dodatnog ugljika, a taj se iznos svake godine povećava za kojih 7 milijardi tona. To i nije tako mnogo. Priroda svake godine - najčešće kroz riganje vulkana i propadanje biljaka - u atmosferu izbaci oko 200 milijardi tona ugljikovog dioksida, gotovo trideset puta više nego mi sa svojim autima i tvornicama. No, da biste shvatili što znači taj naš doprinos, dovoljno je da pogledate izmaglicu koja lebdi nad našim gradovima, nad Grand Canvonom, a ponekad i nad doverskim Bijelim stijenama.

Po uzorcima vrlo starog leda znamo da 'prirodna' razina ugljikovog dioksida u atmosferi - to znači, kakva je bila prije nego smo je počeli povećavati industrijskim djelovanjem - iznosi oko 280 dijelova na milijun. Do 1958. godine, kad su se time počeli baviti ljudi u laboratorijskim kutama, narasla je do 315 dijelova na milijun. Danas je to preko 360 dijelova na milijun, a godišnje raste za, ugrubo, četvrt posto te vrijednosti. Predviđa se da će do kraja 21. stoljeća narasti na 560 dijelova na milijun.

Dosad su nas oceani i šume (koje također vežu dosta ugljika*) uspijevali spasiti od nas samih, no kako je rekao Peter Cox iz britanskog Meteorološkog ureda: »Ako se prijeđe kritični prag, prirodna biosfera prestaje nas štititi od učinka naših emisija, štoviše, počinje ih pojačavati.« Strahuje se da će na Zemlji doći do vrlo naglog zatopljenja. U nemogućnosti da se prilagode, izumrijet će mnoge vrste drveća i ostalih biljaka pa će osloboditi svoje zalihe ugljika, čime će povećati i problem. Takvi ciklusi povremeno su se odvijali u dalekoj prošlosti i bez ljudskog doprinosa. Međutim, dobro je da je priroda čak i u tom slučaju zaista čudesna. Gotovo je sigurno da bi se ugljikov ciklus ponovno sam uspostavio i vratio Zemlju u stanje stabilnosti i sreće. Posljednji put kad se to dogodilo bilo je potrebno samo šezdeset tisuća godina.

Autor (i ne samo on) možda pomalo zanemaruje utjecaj krčenja šuma na rast sadržaja uidjikovot; dioksida u atmosferi. Nije teško i/računati da bi pošutnljavanjc već manjci; dijela (umjetno stvorenih) poljodjelskih površina moglo vezati sav »suvišni« ugljik iz atmosfere. (Op. red.)

18

SKAKUTAVA PUČINA

Zamislite kako bi izgledalo da pokušavate živjeti u svijetu kojim dominira kisikov dihidrid, tvar koja nema okusa ni mirisa, a po svojstvima toliko varira da, iako je načelno bezopasna, može biti i vrlo smrtonosna. Ovisno o stanju, može vas spržiti ili smrznuti. U prisutnosti nekih organskih molekula može formirati opasne karboksilne kiseline koje mogu poskidati lišće sa stabala ili izgristi lica statua. U velikim količinama, kad se uzburka, može udariti snagom kojoj ne može odoljeti nikakva ljudska utvrda. Čak i za one koji su s njom naučili živjeti, taje tvar često smrtonosna. Mi je zovemo voda.

Voda je posvuda. Krumpir je 80 posto voda, krava 74 posto, bakterija 75 posto. Rajčica s 95 posto i nije mnogo više *nego* voda. Cak su i ljudi 65 postotna voda, po čemu smo više tekući nego kruti, i to gotovo u omjeru dva prema jedan. Voda je čudna stvar. Bezoblična je i prozirna, a mi ipak čeznemo da budemo kraj nje. Nema okusa, a mi ipak volimo njen okus. Daleko ćemo putovati i platiti omanji imetak daje vadimo osunčanu. Iako znamo daje opasna i da svake godine podavi desetke tisuća ljudi, ne možemo dočekati da se u njoj probrčkamo.

Budući daje voda toliko sveprisutna, skloni smo previđati koliko je iznimna. Gotovo nijedna njena osobina ne može poslužiti za donošenje ozbiljnih pretpostavki o svojstvima drugih tekućina, i obrnuto. Kada o vodi ne bismo znali ništa i kada bismo njeno ponašanje pokušali pretpostaviti na temelju ponašanja spojeva koji su joj kemijski najsličniji - recimo sumporovodik i selenovodik - očekivali bismo da

vrije na minus 93 stupnja, a daje na sobnoj temperaturi u plinovitom stanju.

Pri ledenju se volumen većine tekućina smanjuje za oko 10 posto. Vode također, ali samo do određene točke. Kad je od smrzavanja dijeli još samo mrvica, počinje se - perverzno, prevarantski i potpuno nevjerojatno - širiti. Kada postigne kruto stanje, gotovo je za desetinu voluminoznija nego prije. Budući da se širi, led pluta na vodi - »krajnje bizarno svojstvo«, kako kaže John Gribbin. Da nema te sjajne svo-jeglavosti, led bi tonuo, a jezera i oceani ledili bi se od dna prema površini. Bez površinskog leda koji zadržava temperaturu vode, toplina bi se iscrpila, voda bi bila sve hladnija i nastajalo bi sve više leda. Ubrzo bi se smrznuli i oceani, i tako bi ostali vrlo dugo, možda zauvijek - što baš i nisu uvjeti koji pogoduju životu. Srećom po nas, čini se daje voda nesvjesna zakona kemije ili fizike.

Svatko zna daje kemijska formula vode IibO, što znači da se sastoji od povećeg atoma kisika kojem su pridružena dva manja atoma vodika. Atomi vodika čvrsto se drže svog domaćina kisika, ali usput se pomalo vežu i s drugim molekulama vode. Molekula vode po prirodi je takva da se upušta u svojevrstan ples s drugim molekulama vode, koje se nakratko međusobno sparuju, a onda svaka kreće dalje - kao neprekidna promjena partnera u kadrili, da upotrijebim zgodnu frazu Roberta Kunziga. Čaša vode možda i ne izgleda kao naročito živahno mjesto, ali u njoj svaka molekula milijardu puta u sekundi promijeni partnera. Zato se molekule vode spajaju i oblikuju tijela, prave bare i jezera, ali ne toliko čvrsto da se ne bi mogle lako razdvojiti, na primjer, kad zaronite u bazen. U svakom trenutku dodiruje ih se samo 15 posto.

U određenom smislu taje veza vrlo snažna - zato molekule vode mogu prskati uvis kad ih usmjerimo kroz cijev i zato kapljice vode na haubi automobila pokazuju tako nepokolebljivu odlučnost da se nanižu uza svoje partnere. Također, voda ima površinsku napetost. Molekule na površini više privlače sebi slične molekule ispod i pokraj sebe nego molekule zraka koje su iznad njih. To stvara svojevrsnu membranu koja je dovoljno jaka da izdrži kukce i kamenčiće koji po njoj poskakuju. Zbog toga nas peče koža kad u more skočimo više na trbuh nego na glavu (kao "daska").

Suvišno je reći kako bismo bez vode bili izgubljeni. Ljudsko se tijelo brzo raspada bez vode. Za nekoliko dana usne nestaju »kao da su odrezane, zubno meso pocrni, nos se smanji za pola duljine, a koža oko očiju toliko se stegne da je nemoguće trepnuti«, navodi se u jednom

izvještaju. Voda nam je toliko životno važna daje lako previdjeti daje sva ostala voda, osim malog postotka vode na kopnu, za nas otrovna -smrtonosno otrovna - zbog soli.

Kako bismo preživjeli, treba nam sol, ali u vrlo malim količinama, a morska voda sadrži mnogo više soli - oko sedamdeset puta više - tiego što možemo metabolizirati bez problema. Litra morske vode sadrži samo oko 2,5 žličice obične soli - onakve kakvu posipamo po hrani -ali i znatne količine drugih elemenata, spojeva i drugih otopljenih krutih tvari, koje se zajedno nazivaju *solima.* Proporcija tih soli i minerala u našem tkivu neobično je slična onoj u morskoj vodi - mi znojimo i plačemo morsku vodu, kako su to rekli Margulis i Sagan - međutim, ne možemo ih podnijeti kad ih unosimo u organizam. Unesete li veliku količinu soli u tijelo, metabolizam će vam vrlo brzo pasti u krizu. Iz svake stanice izlijeću molekule vode kao vatrogasci-dobrovoljci te pokušavaju razrijcditi i ukloniti naglo povećanu količinu soli. Zbog toga stanicama počinje opasno nedostajati voda koja im je potrebna za svakodnevno funkcioniranje. Jednom riječju, dehidriraju. U ekstremnim situacijama dehidracija dovodi do grčevitih napada, nesvijesti i oštećenja mozga. Premorena krvna zrnca u međuvremenu odnose sol u bubrege, koji na kraju postanu preopterećeni i otkazuju. Ako nam bubrezi ne funkcioniraju, umiremo. Zato ne pijemo morsku vodu.

Na Zemlji ima 1,3 milijarde kubičnih kilometara vode, i to je sva voda što će ikada postojati. Sustav je zatvoren: dakle, ništa se ne može ni dodati ni oduzeti. Voda koju pijemo obavlja svoj posao još otkad je Zemlja bila mlada. Oceani su prije 3,8 milijardi godina (više-manjc) dosegli svoj sadašnji volumen.

Vodeno carstvo poznato je kao hidrosfera i uglavnom je oceansko. Devedeset sedam posto sve vode na Zemlji nalazi se u morima, veći je dio u Tihom oceanu, koji je veći od svih kopnenih masa zajedno. Tihi ocean u cjelini sadrži malo više od polovice sveukupne oceanske vode (51.6 posto); Atlantik ima 23,6 posto, a Indijski ocean 21,2, pa za sva ostala mora ostaje 3.6 posto. Prosječna dubina oceana je 3.86 kilometara; Tihi je u prosjeku 300 metara dublji od Atlantskog i Indijskog oceana. Šezdeset posto površine planeta je ocean dublji od 1,6 kilometara. Kao što je primijetio Philip Bali, bilo bi logičnije da svoj planet zovemo Voda, a ne Zemlja.

Od 3 posto slatke vode na Zemlji, veći dio postoji u obliku ledenih ploča. Najmanja količina - 0.036 posto - nalazi se u jezerima, rijekama i rezervoarima, a još manji dio - samo 0,001 posto - postoji u oblacima

kao para. Gotovo 90 posto zemaljskog leda nalazi se na Antarktici, a veći dio ostatka na Grenlandu. Otiđite na Južni pol i stajat ćete na više od 3 kilometra leda, dok će to na Sjevernom polu biti samo 450 centimetara. Samo je na Antarktici oko 25 milijuna kubičnih kilometara leda -dovoljno da, kada bi se otopio, podigne razinu oceana za 60 metara. No, kada bi u obliku kiše iz atmosfere posvuda ujednačeno pala sva voda, oceani bi postali samo nekoliko centimetara dublji.

Usput, razina mora gotovo je apstraktan pojam. Mora uopće nemaju razinu. Zbog plime i oseke, vjetrova, Coriolisove sile i drugih faktora razina vode znatno se razlikuje od oceana do oceana, pa čak i unutar jednog oceana. Tihi ocean viši je oko 45 centimetara duž zapadnog ruba - stoje posljedica centrifugalne sile koju stvara vrtnja Zemlje. Kao kada povučete bačvu punu vode, voda se slijeva prema suprotnom kraju, kao da vas ne želi slijediti: tako i okretanje Zemlje prema istoku nagomilava vodu na zapadnom rubu oceana.

S obzirom na toliku važnost koju mora imaju za nas od davnina, čudi daje svijetu trebalo tako dugo da razvije znanstveno zanimanje za njih. Do kasnog 19. stoljeća znanje o oceanima uglavnom se temeljilo na onome što bi voda nanijela na obalu ili što bi se zaplelo u ribarske mreže, a gotovo sve stoje napisano, više se temeljilo na anegdotama i pretpostavkama nego na fizičkim dokazima. Britanski prirodnjak Edward Forbes tridesetih je godina 19. stoljeća proučavao podmorje Atlantika i Mediterana te je objavio da u morima ispod 600 metara dubine uopće nema života. To je izgledalo kao razumna pretpostavka. Na tim dubinama nema svijetla, dakle, ni biljnog života, a znalo se da je pritisak vode ekstreman. Uslijedilo je iznenađenje kad je 1860. godine zbog popravka izvučen jedan od prvih transatlantskih telegrafskih kablova s dubine veće od 3 kilometra. Kabel je bio gusto prekriven koraljima, školjkama i obiljem drugih živih nakupina.

Prvo zaista organizirano istraživanje mora poduzeto je tek 1872. godine, kada je združena ekspedicija, u organizaciji Britanskog muzeja, Kraljevskog društva i britanske vlade, isplovila iz Portsmoutha na bivšem ratnom brodu *Challnigcr.* Tri i pol godine plovili su svijetom, uzimali uzorke vode, lovili ribu te ispirali mulj i sedimente. To je očito bio veoma jednoličan posao. Od cijele grupe. 240 znanstvenika i članova posade.s broda je pobjegao svaki četvrti, a osam ih je umrlo ili poludjelo - bili su »izludeni zatupljujućom rutinom dugogodišnjeg ispiranja mulja«, smatra povjesničarka Samantha Weinberg. No, preplovili su gotovo 70 000 nautičkih milja, skupili preko 4700 novih vrsta

morskih organizama, prikupili dovoljno informacija da sastave izvještaj u pet tomova (za što im je trebalo devetnaest godina) te da svijetu objave ime nove znanstvene discipline: *oceanografija.* Uz to, mjereći dubinu, ustanovili su da usred Atlantika možda postoje podvodne planine, stoje neke ushićene promatrače navelo na spekulacije o pronalaženju izgubljenog kontinenta, Atlantide.

Budući da su članovi stručnih institucija uglavnom ignorirali mora, zadatak da nam ispričaju što tamo dolje ima pripao je predanim - i vrlo rijetkim - amaterima. Moderna istraživanja morskih dubina 1930. godine započeli su Charles William Beebe i Otis Barton. Iako su bili ravnopravni partneri, živopisniji Beebe uvijek je privlačio veće zanimanje medija. Rođenje 1877. godine u imućnoj obitelji u Nevv Yorku, studirao je zoologiju na sveučilištu Columbia, a zatim se zaposlio kao čuvar ptica u njujorškom Zoološkom društvu. Kada mu je to dosadilo, odlučio se za život pustolova pa je sljedećih četvrt stoljeća naširoko putovao Azijom i Južnom Amerikom u pratnji niza privlačnih pomoćnica čiji je posao inventivno opisivan kao 'povjesničarka i tehničarka[1] ili 'asistentica za riblja pitanja'. Te pothvate popratio je nizom popularnih knjiga s naslovima kao što su *Na rubu džungle* i *Dani u džungli,* iako je napisao i nekoliko cijenjenih knjiga o divljim životinjama i ornitologiji.

Prilikom putovanja na otočje Galapagos sredinom dvadesetih godina otkrioje 'radosti bućkanja', kako je nazivao dubinsko ronjenje. Nedugo nakon toga udružio se s Bartonom, kojije potekao iz još bogatije obitelji, također studirao na Columbiji i isto tako čeznuo za avanturama. Iako se zasluga gotovo uvijek pripisuje Beebeu, zapravo je Barton prvi konstruirao batisferu (od grčke riječi za 'duboko') i osigurao 12 000 dolara za njenu izradu. Tojc bila mala i samim tim gruba komora od lijevanog željeza debelog 3,8 centimetara, s dva prozorčića od kvarcnih blokova debelih 33 centimetra. U nju su mogla stati dva čovjeka, ali samo ako su bili spremni da se iznimno prisno upoznaju. Cak i za standarde onog doba. tehnologija im baš nije bila sofisticirana. Sfera nije imala manevarskih mogućnosti - samo je visjela na kraju dugačke sajle - a imala je najprimitivniji sustav za disanje: kako bi neutralizirali izdahnuti uglji-kov dioksid, otvorili bi limenke s natronskim vapnom, a kako bi upili vlagu, otvorili malu posudu kalcijeva klorida nad kojom su povremeno mahali palminim listovima kako bi potaknuli kemijske reakcije.

No. mala bezimena batisfera odradila je posao koji joj je bio namijenjen. Prilikom prvog zaranjanja u lipnju 1930. na Bahaniima Barton i Beebe postavili su svjetski rekord spustivši se na 183 metra. Do 1934.

rekord su podigli na 900 metara, a tako će ostati do Drugog svjetskog rata. Barton je bio uvjeren da plovilo može izdržati dubinu od 1400 metara, iako je svaki dodatni metar bio popraćen škripanjem svih vijaka i klinova. Na 900 metara njihov je prozorčić bio podvrgnut tlaku od 90 kilograma po centimetru. Da su prešli granice izdržljivosti svoje bati-sfere, smrt na takvoj dubini bila bi trenutačna, što Beebe nikada nije zaboravio napomenuti u svojim brojnim knjigama, člancima i radioemisijama. No, najviše ih je brinulo da pod teretom metalne kugle i dvije tone čelične sajle, a ponajviše zbog trzanja valova, ne pukne brodsko vitlo i pošalje ih na dno mora. U tom slučaju ništa ih ne bi moglo spasiti.

Jedino što njihova spuštanja u dubine nisu dala, bila je ozbiljna znanost, lako su naišli na mnoga bića koja prije nisu bila viđena, ograničena vidljivost i činjenica da nijedan od dvojice neustrašivih akva-nauta nije bio školovan oceanograf, značila je da često nisu znali opisati svoje nalaze do detalja za kojima su čeznuli pravi znanstvenici. Njihova sfera nije imala nikakvo vanjsko svjetlo, samo žarulju od 250 vvatta koju su mogli podignuti do prozora. Kako je voda ispod 150 metara dubine gotovo neprobojna za svjetlost, a oni su u nju zurili kroz 7 centimetara kvarca, tako je i njihova pojava bila podjednako zanimljiva svemu čemu su se nadali da će ugledati. Zbog svega toga mogli su izvijestiti samo da dolje ima mnogo čudnih stvari. Jednom prilikom 1934. godine Beebe je bio zatečen spazivši divovsku zmiju »dugačku više od 6 metara i vrlo široku«. Prebrzo je prošla pa nije mogla biti mnogo više od sjene. Ma što to bilo, nitko poslije nije vidio ništa slično. Zbog takvih neodređenosti akademska zajednica uglavnom je ignorirala njihove izvještaje.

Nakon obaranja rekorda 1934. godine Beebe je izgubio zanimanje za ronjenje pa se upustio u nove avanture, ali Barton je ustrajao. Mora se priznati daje Beebe uvijek govorio kako je Barton pravi mozak cijelog pothvata, ali čini se da Barton nije mogao izaći iz njegove sjene. I on je pisao uzbudljive priče o njihovim podvodnim avanturama, imao je i glavnu ulogu u holivudskom filmu *Titmii dubina,* prikazujući batisferu te brojne uzbudljive i uglavnom izmišljene susrete s agresivnim divovskim lignjem i tome slično. Cak je reklamirao cigarete Camcl (»Od njih mi se ne trzaju živci«). Zaranjanjem na 1370 metara u Tihom oceanu kraj kalifornijske obale 1948. godine povisio je dubinski rekord za 50 posto, ali činilo se da je svijet čvrsto odlučio da ga previdi. U jednoj novinskoj kritici filma čak se navodi daje zvijezda filma Beebe.

Moglo bi se reći da je danas Barton veoma dobro prošao ako ga se uopće spomene.

U svakom slučaju, uskoro će ga potpuno zasjeniti tim iz Švicarske, otac i sin Auguste i Jacques Piccard, koji su konstruirali novi tip sonde nazvane batiskaf (u značenju 'dubinski brod').* Krštcna imenom *Triestc,* po talijanskom gradu u kojemje sagrađena, novaje sprava mogla samostalno manevrirati, iako se to uglavnom svodilo na kretanje gore-dolje. Najednom od prvib zaranjanja 1954. godine spustila se na 4000 metara, gotovo tri puta više od Bartonova rekordnog urona šest godina prije. Međutim, spuštanja su zahtijevala pozamašnu novčanu potporu pa su se Piccardovi polako bližili bankrotu.

Sklopili su ugovor s Američkom mornaricom 1958. godine, čime je Mornarica dobila vlasništvo, a njima je ostalo rukovođenje. Financijski osnaženi Piccardovi ponovno su sagradili svoj ronilački brod, sa sti-jenkama debelim gotovo 13 centimetara i prozorima smanjenim na samo 5 centimetara u promjeru -jedva malo većim od 'špijunke' na vratima. No, batiskaf je sada bio dovoljno čvrst da izdrži zaista golem pritisak pa su se Jacques Piccard i poručnik Američke mornarice Don Walsh u siječnju 1960. godine polako spustili na dno najdubljeg oceanskog kanjona, Marijanske brazde (koju je, ne slučajno, otkrio Harry Hess svojim dubinomjerom), koja je udaljena oko 400 kilometara od Guama u zapadnom Pacifiku. Trebalo im je nešto manje od četiri sata za spuštanje na 10918 metara. Iako je tlak na toj dubini gotovo 1200 kilograma po četvornom centimetru, kada su dotaknuli dno, s iznenađenjem su primijetili da su uznemirili pridnenu ribu list. Nisu imali nikakvu opremu za fotografiranje pa ne postoje vizualni dokumenti o tom događaju.

Nakon samo dvadeset minuta na najdubljoj točki svijeta vratili su se na površinu. To je bio jedini put da su ljudska bića dospjela tako duboko.

Nakon četrdeset godina prirodno je da se postavlja pitanje: zašto otada nitko više nije sišao dolje? Kao prvo, nastavku ronilačkih ekspedicija žestoko se suprotstavio viceadmiral Hvman G. Rickover. čovjek vatrena temperamenta i nasilnih stavova, čija je najvažnija osobina bila kontrola čekovne knjižice Odsjeka. Smatrao je da su podvodna istraživanja bacanje sredstava i istakao da Mornarica nije istraživački institut. Uz to,

Batisferu je nosio kabel, a bjtiskat golemi plovak napunjen avionskim benzinom (bitno lakši od vode). U tome je smislu batiskat bio svojevrsni »podvodni balon«. Nije slučajno da se Pieeard. prije nego stoje sišao u dubine, proslavio visinskim letovima balonom! (Op. red.)

naciju će uskoro potpuno zaokupiti putovanje svemirom i spuštanje čovjeka na Mjesec, prema čemu je istraživanje morskih dubina izgledalo nevažno i prilično staromodno. No, presudno je bilo mišljenje da zaranjanje *Triestea* nije mnogo toga postiglo. Kako je mnogo godina poslije objasnio jedan predstavnik Mornarice: »Nismo naučili bogzna što; samo smo vidjeli da to možemo. Čemu to ponavljati?« Najkraće rečeno, bioje to predug put kako bismo pronašli jednu ribu plosnaticu; uz to, i preskup. Procjenjuje se kako bi ponavljanje te ekshibicije danas stajalo najmanje 100 milijuna dolara.

Kad su istraživači podmorja shvatili da Mornarica nema namjeru nastaviti obećani program, bili su shrvani. Kako bi djelomice stišala kritiku, Mornarica je osigurala sredstva za izgradnju naprednijeg tipa ronilačkog broda, a izvedbu je dodijelila Oceanografskom institutu "vVoods Hole u Massachusettsu. Po imenu *Alvin* - u malo izmijenjenom obliku nazvan je u čast oceanografa Allvna C. Vinea - zamišljen je kao mini-podmornica s potpunim manevarskim mogućnostima, iako ne bi išao onako duboko kao *Trkste.* Postojao je samo jedan problem: konstruktori nisu mogli naći nikoga tko bije sagradio. Kako u knjizi *The Universe BeIow* (Svemir ispod nas) kaže IVilliam J. Broad: »Nijedna velika kompanija, poput General Dvnamicsa, koja je gradila podmornice za Mornaricu, nije htjela preuzeti projekt koji su prezirali i Odsjek za brodogradnju i admiral Rickover. bogovi pomorskog pokroviteljstva.« Na kraju, da ne kažemo nevjerojatno, *Alvina* je izgradila kompanija iz prehrambene industrije, General Mills, u tvornici u kojoj su gradili strojeve za proizvodnju zobenih pahuljica.

O tome čega još ima tamo dolje, ljudi su imali vrlo slabu predodžbu. Još pedesetih godina 20. stoljeća najbolje karte koje su bile dostupne oceanografima uglavnom su se temeljile na rijetkim detaljima iz povremenih istraživanja - ponekad još iz 1929. godine - i zapravo su predstavljale ocean pretpostavki i nagađanja. Američka mornarica imala je odlične karte po kojima je vodila podmornice kroz kanjone *\$iiyotc,* ali kako nisu htjeli da takve informacije dospiju u sovjetske ruke, to je znanje držala u tajnosti. Tako se akademska zajednica morala snalaziti s nepotpunim i zastarjelim podacima ili se oslanjati na pretpostavke. Naše poznavanje oceanskog dna i do danas je ostalo napadno skromno. Ako standardnim kućnim teleskopom pogledate Mjesec, vidjet ćete mnoge kratere - Fracastorius. Blancanus, Zach. Planck i druge koji su promatračima Mjeseca dobro poznati - ali koji bi bili nepoznati da se nalaze na dnu naših oceana. Imamo bolje karte Mjeseca nego vlastitog podmorja.

No, i istraživačke tehnike kopna na određeni su način ostale na razini improvizacije. Kad je 1994. godine jedan korejski trgovački brod zahvatila oluja na Tihom oceanu, s njega je odletjelo 34000 rukavica za hokej na ledu. Pojavile su se posvuda, od Vancouvera do Vijetnama, što je oceanografima pomoglo da točnije nego ikada prate oceanske struje.

Ah'in je star gotovo četrdeset godina, ali još uvijek je najbolje istraživačko plovilo na svijetu. Još uvijek nema ronilačkih brodova koji bi mogli zaroniti barem približno do dubine Marijanske brazde, a samo ih pet, uključujući *Ah'iiia,* može doprijeti do dubina 'abisalne ravnice' -dubokog oceanskog dna - koja pokriva više od polovice površine planeta. Kako bi se prosječan ronilački brod održao u pogonu, dnevno je potrebno oko 25000 dolara, pa ne zaranjaju tek tako, a pogotovo ne u nadi da će nasumce naletjeti na nešto zanimljivo. To je otprilike kao da se naše neposredno iskustvo površinskog svijeta temelji na istraživanju petorice tipova koji su istraživali po mraku vozeći se na traktorima. Kako kaže Robe rt Kunzig, ljudi su istražili »možda milijuna ili milijar-diti dio morske tame. Možda i manje. Možda mnogo manje«.

Ako ništa drugo, oceanografi su vrijedni pa su i uz ograničena sredstva postigli nekoliko važnih otkrića - uključujući ijedno od najvažnijih bioloških iznenađenja 20. stoljeća. *Ah'in* je 1977. godine u blizini otočja Galapagos pronašao vrlo brojne kolonije velikih organizama koji žive oko podvodnih gejzira: crvi cjevaši dugi više od 3 metra, priljepci široki 30 centimetara, mnoštvo kozica i mušmula, vijugave morske zmije. Svi oni svoje postojanje duguju velikim kolonijama bakterija, koje *svojti* energiju i hranu crpe iz vodikovih sulfida - izrazito otrovnih spojeva za kopnena bića - koji stalno izlaze iz tih odušaka. To je svijet koji ne ovisi o Suncu, kisiku ili bilo čemu što inače povezujemo sa životom. To je živi sustav koji se umjesto na fotosintezi temelji na kemosintezi - sustav koji bi kemičari odbacili kao pretjerivanje da je netko bio dovoljno maštovit da ga zamisli.

Kroz te oduške oslobađaju se velike količine topline i energije. Dvadesetak tih odušaka proizvodi energiju kao jedna velika električna centrala, dok je raspon temperatura oko njih golem. Temperatura na mjestu oduška može biti čak 400 stupnjeva, a samo nekoliko metara dalje voda može biti dva ili tri stupnja iznad ledišta. Jedna vrsta crva, nazvanih alvinelidi. pronađena je upravo na rubu te zone. pri čemu im je voda oko glave bila za 7S stupnjeva toplija nego oko repa. Prije toga mislilo se da nijedan složeni organizam ne može preživjeti u vodi toplijoj od

54 stupnja, dok je tamo otkriven organizam koji istodobno uspijeva preživjeti još više temperature / krajnju hladnoću. To je otkriće promijenilo naše poimanje uvjeta nužnih za život.

Uz to, dalo je odgovor na jednu veliku zagonetku oceanografije - za koju mnogi od nas nisu *ni znali* daje zagonetka - naime, zašto oceani s vremenom ne postaju slaniji. Riskirajući da ponavljam očito: u moru ima veoma mnogo soli - dovoljno da zatrpa svaki komadić tla na planetu do visine od 50 metara. Stoljećima je poznato da rijeke odnose minerale u more i da se ti minerali u oceanima pretvaraju u soli. To je bilo poznato. Međutim, razina saliniteta u moru je stabilna - u tome je bila zagonetka. Milijuni galona svježe vode svakodnevno isparavaju iz oceana i ostavljaju za sobom svoje soli pa bi bilo logično da su mora sve slamja, ali nisu. Nešto iz vode izdvaja količinu soli koja odgovara toj dodanoj količini. Veoma dugo nitko nije mogao shvatiti što se iza toga krije.

Alvinovo otkriće dubinskih odušaka dalo je odgovor. Geofizičari su shvatili da ti otvori funkcioniraju vrlo slično tilterima u akvariju. Kad se voda spusti na Zemljinu koru, iz nje se isfiltriraju soli i ostaju u zemlji, a kroz te dimnjake u more se ponovno izbacuje čista voda. Proces nije brz - da bi se pročistio cijeli ocean, potrebno je deset milijuna godina - ali ako vam se ne žuri, čudesno je djelotvoran.

Možda ništa ne govori više o našoj mentalnoj udaljenosti od oceanskih dubina nego podatak da su oceanografi 1957. za glavni cilj Međunarodne geofizičke godine istaknuli proučavanje »upotrebljivosti oceanskih dubina za odlaganje radioaktivnog otpada«. To nije bio tajni zadatak, razumijete, nego je ponosno objavljen javnosti. Zapravo, iako to nije bilo veoma razglašeno, do 1957. godine odlaganje radioaktivnog otpada odvijalo se zastrašujuće predano već više od desetljeća. Od 1946. godine Sjedinjene Države odvozile su 200-litarske bačve radioaktivnog otpada na Fallaronske otoke, koji su udaljeni oko 50 kilometara od kali-tornijske obale, nedaleko od San Francisca, gdje su ih jednostavno bacali u more.

Sve skupa izvodilo se vrlo šlampavo. Bačve su uglavnom bile iste one koje možete vidjeti kako trunu iza benzinskih crpki ili pred tvornicama, bez ikakva zaštitnog sloja. A kad ne bi potonule, što se često događalo, mornarički topnici izbušili bi ih mecima kako bi se napunile vodom (i. dakako, ispraznile svoj plutonij. uranij i stroncij). Prije nego što je ta praksa okončana devedesetih godina prošlog stoljeća

Sjedinjene Države izbacile su mnogo stotina tisuća bačava na pedesetak oceanskih lokacija - samo kod Fallarona gotovo pedeset tisuća. No, Sjedinjene Države nisu u tome bile usamljene, nipošto. Medu ostalim oduševljenim bacačima bile su Rusija, Kina, Japan, Novi Zeland i gotovo sve europske države.

A koliko je sve to utjecalo na podmorski život? Nadamo se, malo, ali zapravo nemamo pojma. Kada se radi o životu pod morem, nevjerojatno je kolike smo neznalice. Cak i najveća oceanska stvorenja veoma su nam slabo poznata - uključujući i najveličanstvenijeg od svih, plavetnog kita, biće takvih levijatanskih proporcija da (citirat ću Davida Attenborougha) njegov »jezik teži kao jedan slon, srce mu je veličine automobila, a pojedine krvne žile toliko su mu široke da biste kroz njih mogli plivati«. To je najveća gargantuovska zvijer koju je proizvela Zemlja, veća i od najglomaznijih dinosaura. A ipak, život plavetnog kita za nas je uglavnom tajna. Najčešće uopće ne znamo gdje su - primjerice, kamo se odlaze pariti ili kojim putem tamo dolaze. Ono malo što o njima znamo, potječe gotovo isključivo od prisluškivanja njihovih pjesama, ali čak su nam i one misterij. Plavetni kit može prekinuti pjesmu i nastaviti je nakon šest mjeseci na istom mjestu. Ponekad počnu novu pjesmu, koju nijedan od njih prije nije mogao čuti, a ipak je svi znaju. Kako to rade i zašto, nije nam ni približno poznato. A to su životinje koje redovno moraju izaći na površinu radi zraka.

O životinjama koje nikada ne izranjaju znamo još manje. Uzmite, na primjer, što znamo o bajkovitom divovskom lignju. Iako ni približno klasi plavetnog kita. to je bez sumnje krupna životinja, očiju veličine nogometne lopte i krakova koji mogu doseći 18 metara. Teška je gotovo tonu i najveći je beskralježnjak na Zemlji. Da jedan primjerak smjestite u manji bazen, ne bi ostalo mnogo mjesta za plivanje. No, nijedan znanstvenik - koliko znamo, nitko živ - nije vidio divovskog lignja uživo. Zoolozi su proveli čitav radni vijek pokušavajući uloviti ili barem na tren vidjeti živog divovskog lignja, ali u tome nikada nisu uspjeli. Najviše ga poznajemo po mrtvim primjercima naplavljenim na plažama - iz nepoznatih razloga najviše na plažama Južnog otoka Novog Zelanda. Sigurno su vrlo brojni, jer su glavna hrana bijelog kita, a bijeli kitovi mogu mnogo pojesti.*

Neproba\ljivi dijelovi divovskog lignja, posebno njihovi kljunovi, akumuliraju se u želucu bijelog kita kao tvar poznata pod nazivom jinbra. koja se koristi kao fiksativ u parfemima. Sljedeći put kad uzmete C'hanel *5* (pod pretpostavkom da ga upotrebljavate), možda ćete se sjetiti da se zalijevate destilatom neviđenog morskog čudovišta.

Prema jednoj procjeni u moru vjerojatno živi trideset milijuna životinjskih vrsta, koje uglavnom još uvijek nisu otkrivene. Tek nedavno, šezdesetih godina 20. stoljeća, izumom epibentalnih saonica - sitastog uređaja koji s morskog dna ne skuplja samo organizme nego i sve što je zakopano u sedimentima ispod te razine - dobili smo prvi nagovještaj o tome koliko je zaista bujan život u dubokom moru. U samo jednom jednosatnom pretraživanju podvodnog grebena, na dubini od oko 1,5 kilometra, Hovvard Sandler i Robcrt Hessler, oceanografi iz Woods Holea, sakupili su više od dvadeset pet tisuća živih bića - crva, morskih zvijezda, morskih krastavaca i tome slično - među kojima je zastupljeno 365 vrsta. Čak i na dubini od oko 5 kilometara pronašli su oko 3700 organizama iz gotovo dvjesto vrsta, s tim da je njihovo sito moglo pokupiti samo ona stvorenja koja su bila prespora ih preglupa da pobjegnu. Krajem šezdesetih stručnjak za biologiju mora John Isaacs dosjetio se da spusti fotoaparat s pričvršćenim mamcem paje usred vrlo gustogjata uskomešanih paklara otkrio primitivno jeguljoliko stvorenje te hitra jata 'grenadirki'. Tamo gdje se nenadano našao neki dobar izvor hrane - na primjer, uginuli kit koji je potonuo na dno - gostilo se čak 390 vrsta podvodnih bića. Zanimljivo je da su mnoga od tih stvorenja, kako se ustanovilo, došla s odušaka udaljenih do 1600 kilometara. To je uključivalo i vrste kao što su priljepci i mušmule, koji uopće nisu poznati kao veliki putnici. Pretpostavlja se da larve određenih organizama plutaju, sve dok nekim nepoznatim kemijskim načinom ne ustanove da su stigle do hrane, pa se tu spuste.

Dakle, ako su mora tako prostrana, zašto ih onda tako lako iscrpljujemo? Za početak, svjetska mora nisu podjednako bogata. Manje od desetine oceana smatra se prirodno produktivnim. Većina vodenih vrsta voli boraviti u plitkoj vodi. gdje ima topline i svjetla te organskih tvari koje pokreću obilan prehrambeni lanac. Koraljni grebeni, na primjer, čine mnogo manje od 1 posto oceanskog prostora, ali na njima živi oko 25 posto sve ribe.

Drugdje oceani nisu ni približno tako bogati. Uzmimo, na primjer. Australiju. S 36 735 kilometara obale i preko 23 milijuna četvornih kilometara teritorijalnih voda. ima više mora od ijedne druge zemlje, a ipak. kako kaže Tim Flannerv. ne ulazi čak ni među prvih pedeset ribolov nih nacija. Baš naprotiv. Australija je veliki uvoznik ribe. A to je zato što je veći dio australskih voda, kao i sama Australija, zapravo pustinja. (Istaknuta iznimka je Veliki koraljni greben kraj Queenslauda.

koji je vrlo plodan.) Budući da je tlo siromašno, odljevne vode ne unose u more gotovo nikakve hranjive tvari.

Cak i tamo gdje život uspijeva, često je krajnje osjetljiv na poremećaje. Sedamdesetih godina prošlog stoljeća ribari iz Australije i u nešto manjem broju s Novog Zelanda na svojim kontinentalnim podvodnim grebenima otkrili su jata malo poznate vrste ribe na dubini od 800 metara. Poznate su kao 'dubokomorski grgeč', vrlo su ukusne i ima ih mnogo. Ubrzo su ribarske flote godišnje počele loviti 40000 tona te ribe. A onda su biolozi došli do nekih uznemirujućih otkrića. Ta vrsta ribe krajnje je dugovječna pa polako odrasta. Neke su stare i 150 godina, pa se 'grgeč' kojeg ste pojeli mogao roditi za vladavine kraljice Victorijc. Ta vrsta riba razvila je tako iznimno usporen način života jer su vode u kojima živi vrlo siromašne hranjivim tvarima. U takvim vodama neke ribe donose potomstvo samo jednom u životu. Takve populacije očito ne mogu podnijeti veće poremećaje. Nažalost, dok su to stručnjaci ustanovili, njihov je broj već bio ozbiljno smanjen. Cak i uz dobar nadzor, proći će desetljeća prije nego se populacija oporavi, ako se ikada oporavi.

No, drugdje je zloporaba oceana više bila motivirana pohlepom nego neznanjem. Mnogi ribari 'perajare' morske pse - to jest, režu im peraje, a onda ih bacaju u more da uginu. Peraje morskog psa 1998. godine prodavale su se na Dalekom istoku za više od 110 dolara po kilogramu, a zdjela juhe od peraje morskog psa nudila se u Tokvju za 100 dolara. World Wildlifc Fund procijenio je 1994. godine da se godišnje ubije između 40 i 70 milijuna morskih pasa.

A 1995. godine oko 37000 ribarskih brodova industrijske veličine, uz oko milijun manjih, izlovljavalo je dva puta više ribe nego samo dvadeset pet godina prije. Neke koćarice danas su velike kao luksuzni brodovi za krstarenje, a za sobom vuku toliko velike mreže da u njih može stati desetak jumbo-jetova. Neki čak koriste i izviđačke avione kako bi iz zraka locirali jata riba.

Procjenjuje se da oko četvrtina svakog ulova sadrži i 'otpad' - ribu koja se ne može iskrcati na obalu jer je presitna. pogrešne vrste ili je ulovljena u pogrešnoj sezoni. Kako je jedan analitičar izjavio za *Ucouoiiiist:* »Još smo u srednjem vijeku. Samo bacamo mreže i čekamo da vidimo što ćemo izvući.« Oko 22 milijuna tona takve neželjene ribe godišnje se baca natrag u more. najčešće u obliku leševa. Za svaki kilogram ulovljenih kozica uništi se oko četiri kilograma ribe i ostalih morskih stvorenja.

Velika područja na dnu Sjevernog mora po sedam puta godišnje počiste koćarice s mrežama potegačama, što je smetnja koju ne može podnijeti nijedan ekosustav. Po mnogim procjenama u Sjevernom su moru izlovljene barem dvije trećine vrsta. Diljem Atlantika stvari ne stoje ništa bolje. Nekadaje ribe zvane golemi obliš bilo u takvu izobilju daje svaki brod u Novoj Engleskoj dnevno mogao uloviti 9 tona te ribe. Danas je gotovo istrijebljena na sjeveroistočnim obalama Amerike.

Međutim, ništa se ne može usporediti sa sudbinom bakalara. Krajem 15. stoljeća istraživač John Cabot pronašao je nevjerojatne količine bakalara na istočnim obalama Sjeverne Amerike - plitkim vodenim područjima koja su bila popularna medu pridnenim ribama. Te je ribe bilo u takvim količinama, kako je izvijestio zapanjeni Cabot, da su ih mornari hvatali košarama. Neki su sprudovi nevjerojatno prostrani. Georgcs Banks, obalno područje u Massachusettsu, veće je nego država kojoj pripada. Grand Banks, plićina uz obalu Newfoundlanda, još je veća i stoljećima je uvijek bila gusto naseljena bakalarom. Smatralo se da su zalihe te ribe neiscrpne. Naravno, to nije bilo ni približno točno.

Procjenjuje se da je količina spolno zrelog bakalara u sjevernom Atlantiku do šezdesetih godina 20. stoljeća spala na 1,6 milijuna tona. Do 1990. spala je na 22000 tona. Bakalar je u komercijalnom smislu izumro. »Ribari su«, napisao je Mark Kurlanskv u svojoj fascinantnoj povijesnoj knjizi *Cod* (Bakalar), »izlovili sve.« Bakalar je možda zauvijek izgubio zapadni Atlantik. Na području Grand Banksa 1992. godine potpuno je obustavljen lov bakalara, ali do jeseni 2002., kako je objavljeno u časopisu *Nature,* riblji fond se još uvijek nije vratio na staro. Kurlanskv navodi daje riba u filetima ili paniranim prutićima izvorno bila bakalar, ali je zamijenjena drugom podvrstom, koljakom, zatim grgečom, a na kraju pacifičkom podvrstom bakalara. Ironično komentira da 'riba' danas znači 'što god je još ostalo'.

To se uglavnom može reći i za mnoge druge jestive morske vrste. Kraj Rhode Islanda u Novoj Engleskoj nekadaje bilo normalno uloviti jastoga od 9 kilograma. Ponekad su bili teži od 13 kilograma. Ako ga ostavimo na miru, jastog može živjeti desetljećima - smatra se i do 70 godina - i nikada ne prestaje rasti. Danas malo koji jastog teži više od kilograma. »Biolozi«, piše *New York Times,* »procjenjuju da se 90 posto jastoga ulovi u roku od godine dana nakon što dostignu dopuštenu minimalnu težinu, s približno šest godina.« Usprkos opadanju ulova, ribari Nove Engleske i dalje dobivaju lokalnu i saveznu financijsku potporu koja ih potiče - u nekim slučajevima gotovo prisiljava - da

nabave veće brodove i intenzivnije iskorištavaju more. Ribari iz Massachusettsa danas su ograničeni na izlov strašne paklare, za koju postoji malo tržište na Dalekom istoku, ali čak se i njihov broj smanjuje

Nevjerojatno smo neupućeni u dinamiku koja upravlja životom u moru. Dok je morski život sve siromašniji u područjima koja su bila prenatrpana živim organizmima, u nekim prirodno oskudnim vodama ima mnogo više života nego što bi ga trebalo biti. Južni ocean oko Antarktike daje samo 3 posto fitoplanktona na svijetu - moglo bi se činiti daje to premalo kako bi se održao složen ekosustav, ali on ipak postoji. Tuljani koji se hrane rakovima nisu životinje za koje često čujemo, ali oni su po brojnosti možda druga vrsta sisavaca na Zemlji, odmah nakon ljudi. Na ledu oko Antarktike živi ih čak 15 milijuna. Tu je i oko 2 milijuna Weddelskih tuljana, barem pola milijuna carskih pingvina i oko 4 milijuna modrih pingvina. Dakle, prehrambeni je lanac vrlo nategnut, ali nekako funkcionira. Zanimljivo, nitko ne zna zašto.

Sve je ovo vrlo neizravan način da se istakne kako o najvećem sustavu na Zemlji znamo vrlo malo. No, kao što ćemo vidjeti na sljedećim stranicama, kada počnemo razmišljati o životu, pronalazimo mnogo toga što ne znamo - kao prvo, čak ni kako je sve to uopće počelo.

19

BUĐENJE ŽIVOTA

Postdiplomant na Sveučilištu u Chicagu Stanley Miller uzeo je 1953. godine dvije laboratorijske tikvice - u jednoj je bilo malo vode, koja je predstavljala prvobitni ocean, a druga je sadržavala mješavinu plinova metana, amonijaka i sumporovodika, koji su predstavljali Zcmljinu ranu atmosferu - povezao ih je gumenim cjevčicama i doveo malo električnih iskri da oponašaju munje. Nakon nekoliko dana voda u tikvicama pretvorila se u zelcnožutu krepku juhu arninokiselina. masnih kiselina, šećera i ostalih organskih spojeva. »Ako Bog to nije napravio na ovaj način«, rekao je Millerov oduševljeni mentor, nobelovac I Iarold Urey, »izmakla Mu je sigurna prilika.«

Novinska izvješća iz tog doba ostavljala su dojam da te tikvice još samo netko treba dobro protresti pa da iz njih ispuže život. No. vrijeme je pokazalo da to nije bilo ni približno tako jednostavno. Usprkos pola stoljeća istraživanja, ni danas nismo bliže sintetiziranju života nego što smo bili l')53. godine - ali mnogo smo manje mjereni da to možemo. Danas su znanstvenici prilično sigurni da rana atmosfera nije bila toliko pogodna za razvoj poput Millcrova i Urevjeva plinovitog variva, nego je bila mnogo manje reaktivna mješavina dušika i ugljikovog dioksida. Ponavljanjem Millcrova eksperimenta s takvim, zahtjevnijim početnim vrijednostima dosad je proizvedena samo jedna poprilično primitivna arninokiselina. U svakom slučaju, stvaranje arninokiselina zapravo i nije problem. Problem su bjelančevine.

Bjelančevine dobijete kada nanižete aminokiseline, i to mnogo njih. Nitko ne zna točno, ali pretpostavlja se da u ljudskom tijelu ima čak milijun vrsta bjelančevina, a svaka od njih malo je čudo. Po svim zakonima vjerojatnosti bjelančevine ne bi smjele postojati. Da bi nastala bjelančevina, aminokiseline (a duga me tradicija obvezuje da ih ovdje nazovem »osnovnim opekama života«) trebaju se složiti određenim redom, kao što se slažu slova kako bi se napisala riječ. Problem je što su riječi u aminokiselinskom rječniku vrlo često iznimno duge. Kako biste napisali 'kolagen', naziv uobičajene vrste bjelančevine, morate ispravnim redom posložiti sedam slova. Kako biste *dobili* kolagen, pravim redoslijedom precizno morate posložiti 1055 aminokiselina. No - očigledno je, i u svemu tome najvažnije - ne stvarate ga *vi.* On se stvara sam, spontano i bez uputa, a upravo je to nevjerojatno.

Iskreno govoreći, ne postoje nikakvi izgledi da se spontano posloži 1055 molekula i stvori kolagen. To se jednostavno neće dogoditi. Kako biste pojmili koliko je mala vjerojatnost postojanja jedne bjelančevine, zamislite tipičan automat za igre na sreću u Las Vegasu, ali veoma proširen - da budemo precizni, na oko 27 metara, kako bi umjesto uobičajena tri-četiri koluta koji se vrte stalo 1055 koluta, a na svakom kolutu je dvadeset simbola (jedan za svaku uobičajenu vrstu aminokiselina).* Koliko biste dugo trebali povlačiti ručku dok se svih 1055 simbola ne bi posložilo pravim redom? Zapravo, zauvijek. Cak i da smanjite broj koluta na 200, stoje zapravo tipičan broj aminokiselina u bjelančevini, izgledi da svih 200 budu u zadanom slijedu su 1 prema $10^{2f"}$ (to je 1 i 260 nula). Taj broj veći je od broja svih atoma u svemiru.

Ukratko, bjelančevine su složene tvorevine. Hemoglobin je dug samo 146 aminokiselina, običan kržljavac u mjerilima bjelančevina, ali čak i on daje IO'^{90} mogućih kombinacija aminokiselina, pa ne čudi da su kemičaru Maxu Pcrutzu sa sveučilišta Cambridge trebale dvadeset tri godine - više-manje cijela karijera - kako bi ga razmrsio. Kada bi nasumični događaji proizveli čak i jednu jedinu bjelančevinu, bila bi to zaprepašćujuća nevjerojatnost - kao da skladištem otpada projuri zračni vrtlog i ostavi za sobom potpuno složen jumbo-jet, prema slikovitoj usporedbi astronoma Frcda I lovlea.

Zapravo postoic dvadeset d\ i|e poznate aminokiseline koje se prirodno pojavljuju *n.* Zemlji, možda ih ima |oš koje čekaju tla ih otkrijemo, ali potrebno ih je samo dvadesetak da proi/vedu nas i večmu ostalih živih stvorenja. I dvadeset druiiu. nazvanu pirolizin. 2002. godine otkrili su istraživači sa Sveučilišta Oliio i nalazi se samo u jedno] vrsti arheje (osnovni oblik života o kojem čemo malo kasnije govoriti) zvanoj *MalhiihV^rciiM luirkeri.*

No, ipak govorimo o nekoliko stotina tisuća vrsta bjelančevina, možda milijun, od kojih je svaka jedinstvena i, koliko nanije poznato, neophodna za održavanje zdravog i sretnog vas. A tu sve počinje. Kako bi bjelančevina bila od koristi, ne samo da mora pravim redoslijedom posložiti aminokiseline nego se zatim treba upustiti u neku vrstu kemijskog origamija i saviti se u točno određeni oblik. Gak i nakon što postigne takvu strukturalnu složenost, bjelančevina nam nije ni od kakve koristi ukoliko se ne može sama reproducirati, a bjelančevine to ne mogu. Za to vam treba DNK. DNK je tata-mata repliciranja - za nekoliko sekundi može napraviti vlastitu kopiju - ali ne može gotovo ništa drugo. Dakle, imamo paradoksalnu situaciju. Bjelančevine ne mogu postojati bez DNK, a DNK nema svrhe bez bjelančevina. Trebamo li stoga pretpostaviti da su se pojavile istodobno kako bi podržale jedna drugu? Ako je bilo tako: čovječe!

No, ima toga još. DNK, bjelančevine i ostale komponente nužne za život ne bi mogle napredovati bez svojevrsne membrane koja ih obuhvaća. Nijedan atom ili molekula nikada nisu mogli samostalno živjeti. Iščupajte bilo koji atom iz svog tijela i on će biti živ koliko i zrno pijeska. Samo kada su zajedno unutar sigurnog utočišta stanice, ti raznoliki materijali mogu sudjelovati u tom začudnom plesu koji nazivamo životom. Bez stanice, oni nisu ništa više od zanimljivih kemikalija. No, bez tih kemikalija, stanica nema svrhe. Kao stoje Davies primijetio: »Ako svaka tvar treba sve ostale, kako je uopće došlo do zajednice molekula?« To je kao da su se svi sastojci u vašoj kuhinji nekako skupili i sami se ispekli u kolač - i to u kolač koji se prema potrebi može podijeliti i proizvesti *još* kolača. Tako ne čudi da to nazivamo čudom života. Također, ne čudi da smo ga tek počeli razumijevati.

Sto je, dakle, razlog toj čudesnoj složenosti? Pa, jedna je mogućnost da to baš i nije - ne *baš* - toliko čudesno kao što se u prvi mah čini. Uzmimo one zapanjujuće nevjerojatne bjelančevine. Ono što njihov sastav čini čudom jest pretpostavka da su se pojavile potpuno oformljene. No, što ako se lanci bjelančevina nisu posložili odjednom? Što ako su se u velikom automatu za igre na sreću stvaranja neki od koluta mogli pridržan, kao kada bi kockar mogao zadržati neku zgodnu orijentaciju kocke? Drugim riječima, što ako nisu nastale odjednom, nego su *evoluirale?*

Zamislite da ste uzeli sve komponente koje čine ljudsko tijelo - vodik, ugljik, kisik i tako dalje - da ste ih stavili u posudu s malo vode.

snažno ili promiješali i dobili gotovog čovjeka. To bi bilo zapanjujuće. E, to je zapravo ono što zagovaraju I Iovle i ostali (uključujući i mnoge gorljive kreaeioniste), kada tvrde da su bjelančevine spontano nastale odjednom. Nisu - nije moguće da su tako nastale. Kao što zagovara Richard Davvkins u *The Blind IVatchuiakcr* (Slijepom uraru), mora daje postojala neka vrsta kumulativnog procesa odabira koji je omogućio da se aminokiseline poslože u blokove. Možda su se dvije-tri aminokise-line povezale s nekim jednostavnim ciljem, a zatim nakon nekog vremena naletjele na neku drugu sličnu grupicu i pritom 'otkrile' neko dodatno poboljšanje.

Takve kemijske reakcije povezane sa životom zapravo su pomalo banalne. Možda nam je nepojmljivo da ih kuhamo u labosu kao Stanlev Miller i Harold Urey, ali svemir to otprilike tako radi. U prirodi se okuplja mnogo molekula koje stvaraju duge lance zvane polimeri. Šećeri se stalno okupljaju i stvaraju škrob. Kristali imaju određeni broj funkcija svojstvenih za život - repliciraju se, odgovaraju na podražaje okoline te poprimaju složenu strukturu. Naravno, nikad nisu postigli sam život, ali opetovano pokazuju daje postizanje složenosti prirodan, spontan i potpuno pouzdan događaj. U svemirskom prostranstvu može i ne mora biti mnogo života, ali ni u čemu ne manjka uređenog spontanog spajanja, od ledene simetrije snježnih pahuljica do privlačnih Saturnovih prstenova.

Prirodni impuls za spajanjem toliko je moćan da mnogi znanstvenici vjeruju daje život možda neizbježniji nego što mislimo - prema riječima belgijskog biokemičara i dobitnika Nobelove nagrade Christiana de Duvea život je »obvezna manifestacija materije, koja se mora pojaviti kada god postoje odgovarajući uvjeti«. De Duve je smatrao vjerojatnim da bi se u svakoj galaksiji takvi uvjeti mogli naći možda i milijun puta.

U kemijskim tvarima koje nas čine živima nedvojbeno nema ništa strašno egzotično. Da želite stvoriti neko živo biće, bila to zlatna ribica, glavica salate ili čovjek, trebala bi vam zapravo samo četiri glavna elementa, ugljik, vodik, kisik i dušik, plus male količine nekoliko ostalih, uglavnom sumpora, fosfora, kalcija i željeza. Spojite to u nekoliko desetaka kombinacija, kako biste dobili neke šećere, kiseline i ostale bazične spojeve, i možete izgraditi sve što je živo. Kao što Davvkins primjećuje: »U tvarima od kojih su načinjena živa bića nema ništa posebno. Živa su bića skupine molekula, poput svega ostalog.«

Stvarje u tome da život začuđuje i pruža zadovoljstvo, možda je čak i čudesan, ali nikako nije nemoguć - kao što stalno svjedočimo svojim

skromnim postojanjem. Doduše, mnoge pojedinosti o počecima života ostaju poprilično nepoznate. Svaki poznati scenarij o uvjetima potrebnim za život sadrži vodu - od »tople bare«, u kojem je prema Darvvi-novoj pretpostavci započeo život, do uzavrelih morskih odušaka koji su trenutačno najpopularniji kandidati za početke života - ali sve to previda činjenicu da pretvaranje monomera u polimere (dakle, početak stvaranja bjelančevina) podrazumijeva vrstu reakcije koja je u biologiji poznata kao "dehidratacijska reakcija'. Kao što je navedeno u jednom vodećem tekstu iz biologije, možda s majušnim nagovještajem nelagode: »Znanstvenici se slažu da zbog zakona o djelovanju masa takve reakcije u primitivnom moru nisu mogle biti energetski moguće, kao ni u bilo kojem vodenom mediju.« To je otprilike kao da u čašu vode uspetc šećer, koji se zatim pretvori u kocku šećera. To se ne bi smjelo dogoditi. No, u prirodi se to nekako događa. Stvarna kemija svega toga možda je previše zakučasta za potrebe ovog teksta, ali dovoljno je da znamo kako se razmočeni monomeri ne pretvaraju u polimere - osim u slučaju stvaranja života na Zemlji. Jedno od velikih neodgovorenih pitanja u biologiji jest kako se i zašto sve to događa baš tako, a ne nekako drukčije.

Jedno od najvećih iznenađenja u geologiji posljednjih desetljeća bilo je otkriće koliko se rano na Zemlji pojavio život. Već u poodmaklim pedesetim godinama 20. stoljeća mislilo se daje život star manje od 600 milijuna godina. Do sedamdesetih godina nekoliko pustolovnih duša imalo je osjećaj da možda datira 2,5 milijarde godina. No, današnja procjena od 3,85 milijardi godina zapanjujuće je mlada. Zemljina se površina skrutnula tek prije otprilike 3,9 milijardi godina.

»Iz te brzine možemo jedino zaključiti kako na planetima s odgovarajućim uvjetima nije 'teško' razviti život na bakterijskom stupnju«, primijetio je 1996. godine Stephen |ay Gould u *Nar York Timesu.* Ili. kao što je jednom rekao, teško je izbjeći zaključak daje »životu, koji se pojavio činije mogao, bilo kemijski suđeno da se pojavi«.

Život je zapravo nastao tako naglo da neki stručnjaci misle da mu je u tome nešto pomoglo - i to možda i jako. Ideja da je zemaljski život možda stigao iz svemira ima iznenađujuće dugu. povremeno čak i slavnu povijest. Veliki lord Kelvin osobno je iznio tu mogućnost još 1871. godine na sastanku Britanskog društva za promicanje znanosti kada je pretpostavio daje »klice života na Zemlju možda donio neki meteorit«. No. to je bila marginalna ideja, sve dojedne nedjelje u rujnu 1969. godine, kada je desetke tisuća Australaca šokirao niz zvučnih

udara i prizor vatrene kugle koja je proletjela nebom s istoka na zapad. Dok je vatrena kugla padala, proizvodila je čudan pucketav zvuk, a za sobom je ostavila smrad, koji su neki usporedili s metilnim alkoholom, a drugi opisali kao jednostavno užasan.

Vatrena je kugla eksplodirala iznad Murchisona, gradiča sa šesto stanovnika u dolini Goulburn, sjeverno od Melbournea, koji su zatim zasuli komadi, neki teži od 5 kilograma. Srećom, nitko nije stradao. Meteont je pripadao vrsti poznatoj kao ugljični hondrit, a mještani su uslužno prikupili i donijeli oko 90 kilograma ostataka. Trenutak nije mogao biti povoljniji. Ni dva mjeseca prije astronauti *11* vratili su se na Zemlju s vrećom punom Mjesečeva kamenja, tako da su laboratoriji diljem svijeta bili spremni - zapravo vapili - za kamenjem izvanzemaljskog podrijetla.

Otkriveno je daje meteoru iz Murchisona star 4,5 milijarde godina, a bio je posut aminokiselinama - s ukupno sedamdeset četiri vrste, od kojih njih osam sudjeluje u stvaranju zemaljskih bjelančevina. Potkraj 2001. godine, više od trideset godina nakon njena pada, tim iz Istraživačkog centra Ames u Calitbrniji objavio je da stijena iz Murchisona sadrži i kompleksne nizove šećera zvane polioli. koji dotad nisu bili pronađeni izvan Zemlje.

Od 1969. godine u Zemljinuje putanju zalutalo još nekoliko ugljičnih hondrita - onaj koji je sletio pokraj jezera Tagish u kanadskom Yukonu u siječnju 2000. godine mogao se vidjeti iznad većeg dijela Sjeverne Amerike - a i oni su potvrdili da je svemir zapravo bogat organskim spojevima. Danas se misli da se I Iallevjev komet sastoji od 25 posto organskih molekula. Ako ih se dovoljno sruši na pogodno mjesto - na primjer, na Zemlju - imate osnovne elemente potrebne za život.

Postoje dva problema vezana uz pojam panspermije, teorije o prenošenju života između nebeskih tijela. Prvijc da ona ne odgovara ni na jedno pitanje kako je nastao život, nego samo prebacuje odgovornost na neko drugo mjesto. Drugi je da panspermija ponekad tako uzbudi i najuglednije pristalice da bismo njihova nagađanja slobodno mogli nazvati nerazboritim. Francis Crick, suotkrivač strukture DNK. i njegov kolega Leslie Orgel smatrali su da su »inteligentni izvanzemaljci namjerno posijali život« na Zemlji, a za tu ideju Gribbin kaže da je »na samoj granici znanstvene doličnosti« - drugim riječima, zamisao koja bi se smatrala potpuno luđačkom da ju je izgovorio itko drugi osim nobelovca. Frcd 1 Iovle i njegov kolega Chandra Wickramasinghe još su više potkopali oduševljenje panspermijom kad su izjavili, kao što je

navedeno u 3. poglavlju, da nam svemir nije podano samo život nego i mnoge bolesti poput gripe i kuge, što su biokemičari lako opovrgli.

Što god daje potaknulo početak života, dogodilo se samo jedanput. To je najneobičnija činjenica u biologiji, možda i najneobičnija činjenica koja nam je poznata. Sve stoje ikada živjelo, biljno ili životinjsko, ima svoje početke u istom prvobitnom trzaju. U jednom trenutku nezamislivo daleke prošlosti nekakav mjehurić kemikalija izmigoljio je u život. Apsorbirao je nešto hranjivih tvari, nježno pulsirao i imao kratak vijek postojanja. To se možda dogodilo i prije, možda i mnogo puta. No, taj pradjedovski paketić napravio je još nešto izvanredno: podijelio se i proizveo nasljednika. Majušni svežanj genetskog materijala prešao je s jednog živog bića na drugo, i otad se nije prestao seliti. Bio je to trenutak stvaranja za sve nas. Biolozi ga ponekad nazivaju Velikim rođenjem.

»Kamo god išli, pogledate li bilo koju životinju, biljku, klicu ili gva-ljicu, ukolikoje živa, koristit će isti rječnik i znat će isti kod. Savje život jedno«, kaže Matt Ridlev. Svi smo mi rezultat jednokratnog genetskog trika koji se prenosi s generacije na generaciju tijekom gotovo četiri milijarde godina, do te mjere da možete uzeti fragment ljudskog genetskog naputka pa njime zakrpati neispravnu stanicu kvasca, a stanica kvasca će ga pokrenuti kao da je njen vlastiti dio. U vrlo doslovnom smislu, to njen dio.

Osvit života - ili nešto vrlo slično tome - nalazi se na polici u uredu srdačne geokemičarke izotopa Victorije Bennett, u zgradi Odsjeka za geologiju Australskog nacionalnog sveučilišta u Canberri. Gospođa Bennett je Amerikanka koja je 1989. godine došla iz Californijc na ANU na dvogodišnji ugovor, a ostala je sve do danas. Kaci sam je posjetio krajem 2001. godine, pokazala mije srednje velik komad stijene koju su sačinjavale tanke naizmjenične pruge bijelog kvarca i sivo-zelenog materijala zvanog klinopiroksen. Stijena je potjecala s otoka Akilia kraj Grenlanda, gdje su 1997. godine otkrivene neobično drevne stijene. Stijene su stare 3,85 milijardi godina i predstavljaju najstarije morske sedimente ikada pronađene.

»Ne možemo sa sigurnošću tvrditi daje stijena koju sada držite nekada sadržavala žive organizme, morali bismo je zdrobiti u prah da to saznamo«, rekla mi je Bennettova. »No, dolazi s istog nalazišta gdje je iskopan najstariji život, takt) da je u njoj *vjerojatno* bilo života.« Ne biste našli ni tosilizirane mikrobe, ma kako pažljivo tražili. Nažalost, svi

jednostavni organizmi ispečeni su u procesu koji je oceanski mulj pretvorio u kamen. Ono što bismo vidjeli umjesto njih, da smrvimo stijenu i mikroskopski je istražimo, bili bi kemijski ostaci koje su ostavili organizmi - izotope ugljika i fosforni mineral apatit, koji pružaju jake dokaze daje stijena nekada sadržavala kolonije živih stvorenja. »Možemo samo nagađati kako je taj organizam izgledao«, rekla je Be-nnettova. »Bio je to vjerojatno najjednostavniji mogući oblik života -no, ipak je bio život. Živio je. Množio se.«

I na koncu je doveo do nas.

Ako se bavite vrlo starim stijenama, a gospoda Bennett nedvojbeno je ta, ANU je već dulje vrijeme pravo mjesto za to. Toje velikim dijelom zasluga genijalnog čovjeka Billa Compstona, koji je danas u mirovini, ali je sedamdesetih izgradio prvu osjetljivu ionsku mikrosondu visokog razlučivanja (Scnsitive High Resolution Ion Micro Probe) - poznatiju kao SHRIMP (engl. *kozica,* op. prev.), kako je od milja zovu prema početnim slovima. Toje stroj koji mjeri brzinu raspadanja tiranija u sićušnim zrncima minerala cirkona. Cirkon se javlja u većini stijena, osim u bazaltu, i iznimno je izdržljiv, preživljava svaki prirodni proces, osim subdukcije. Veći dio Zemljinc kore u određenom je trenutku skliznuo u unutrašnjost, ali ponekad - primjerice, u Zapadnoj Australiji i na Grenlandu - geolozi pronađu površinske slojeve stijena koje su oduvijek na površini. Compstonov stroj omogućio je da se takve stijene datiraju nenadmašnom preciznošću. Prototip SHRIMP-a izgrađen je i standardiziran u radionicama Odsjeka za geologiju, a izgledao je kao nešto stoje sastavljeno od rezervnih dijelova i uz ograničen proračun, ali odlično je radio. Na svom prvom službenom testiranju 1982. datirao je najstariju ikada pronađenu tvar - stijenu staru 4,3 milijarde godina iz Zapadne Australije.

»Toje tada izazvalo poprilično uzbuđenje«, rekla mije Bennettova, »uspjeli smo pronaći nešto tako važno i tako brzo pomoću sasvim nove tehnologije.«

Odvela me da pogledam sadašnji model. SHRIMP II. Bilaje to velika teška naprava od nehrđajućeg čelika, duga oko 3,5 metara i 1,5 metar visoka, čvrste grade poput dubokomorske sonde. Za konzolom je sjedio Bob sa sveučilišta Canterburv s Novog Zelanda i budno pazio na nizove brojki koji su se neprestano mijenjali na ekranu. Rekao mije da je tu od 4 ujutro. Upravo je bilo prošlo 9 sati, a Bob je mogao koristiti stroj do podneva. SHRIMP II radi dvadeset četiri sata na dan; toliko je mnogi) stijena koje treba datirati. Upitate li bilo kojeg geokemičara kako

funkcionira nešto takvo, počet će pričati o zastupljenosti izotopa i nivoima ionizacije s oduševljenjem koje je više dražesno nego razumljivo. Ukratko, stroj bombardira uzorak stijene snopovima nabijenih atoma kako bi u uzorcima cirkona detektirao fine razlike u sadržaju olova i tiranija. Tako se može točno datirati starost stijena. Bob mije rekao da je potrebno oko sedamnaest minuta kako bi se očitalo jedno zrnce cirkona, a kako bi se dobili pouzdani podaci, iz svake stijene treba ih očitati na desetke. Činilo se da postupak u praksi uključuje podjednako raštrkane aktivnosti i da je poticajan koliko i izlet u praonicu rublja. Međutim, Bob se doimao vrlo sretnim: s druge strane, to je uobičajena osobina ljudi s Novog Zelanda.

Kompleks građevina Odsjeka za geologiju bio je čudna kombinacija -dijelom ured. dijelom laboratorij, dijelom radionica. »Sve smo napravili ovdje«, rekla mije Bennettova. »Cak smo imali i svog puhača stakla, ali otišao je u mirovinu. No, još uvijek imamo dva tucača kamena s punim radnim vremenom.« Primijetila je moj začuđen pogled. »Ovuda prođe *mileno* stijena. Moraju se vrlo pažljivo pripremiti. Treba paziti da se ne kontaminiraju prethodnim uzorcima - prašine ili bilo čega drugog. To je prilično osjetljiv proces.« Pokazala mije strojeve za tucanje kamena, koji su zaista bili besprijekorno čisti, ali izgleda da su tucači kamena otišli na kavu. Pokraj strojeva bile su velike kutije s kamenjem svih oblika i veličina. Kroz ANU zaista prođe mnogo stijena.

Kad smo se nakon obilaska ponovno vratili u ured Bennettove. primijetio sam na zidu umjetnički poster sa slikovito maštovitom interpretacijom Zemlje kako je mogla izgledati prije 3,5 milijarde godina, baš kada je u drevnom razdoblju poznatom u geologiji kao arhaik započinjao život. Poster je prikazivao izvanzemaljski krajolik prepun golemih, vrlo aktivnih vulkana i sparno more bakrene boje ispod blješ-tavocrvenog Sunca. U prvom su planu bili plićaci sa stromatolitima. vrstama bakterijskih stijena. To nije izgledalo kao obećavajuće mjesto za stvaranje i održavanje života. Upitao sam je daje li slika točan prikaz.

»Pa. sljedbenici jedne škole kažu da je tada zapravo bilo hladno jer je Sunce bilo mnogo slabije.« (Poslije sam saznao da to biolozi u opuštenijim trenucima nazivaju »problemom kineskog restorana« - naime, imali smo »dim sun« *[dim sini,* engl. = blijedo Sunce; *dim suni,* kineski = vrsta kineskog jela. op. prev. |.) »Bez atmosfere, ultraljubičaste zrake sa Sunca, čak i sa slabog Sunca, u samom bi začetku raskinule sve veze između molekula. A kad tamo« - kucnula je o stromatolite - »imamo organizme koji su gotovo na površini. To je zagonetka.«

»Znači da ne znamo kako je tada izgledao svijet?«

»Mmmm«, složila se zamišljeno.

»U svakom slučaju, čini se da baš i nije pridonosio životu.« Ljubazno je kimnula. »No, mora da je postojalo nešto što mu je pogodovalo. Inače ne bismo bili ovdje.«

Nama takav svijet sigurno ne bi odgovarao. Kada biste iz vremenskog stroja zakoračili u taj drevni svijet, brzo biste odjurili natragjer je tada u Zemljinoj atmosferi bilo kisika koliko ga danas ima na Marsu. Također, Zemlja je bila prepuna kužnih para klorovodične i sumporne kiseline, dovoljno jakih da izgrizu odječu i naprave mjehuriće na koži. Ne bi bilo čistih i blistavih panorama kao na posteru u uredu Victorije Bcnnett. Kemijska smjesa koja je tada činila atmosferu propuštala bi malo Sunčeva svjetla do Zemljine površine. Ono malo što biste mogli vidjeti, bilo bi samo nakratko osvijetljeno sjajnim i čestim bljeskovima munja. To bi ukratko bila Zemlja, ali Zemlja koju ne bismo prepoznali kao svoj planet.

U svijetu arhaika bilo je malo obljetnica i između njih su bili veliki razmaci. Oko dvije milijarde godina bakterijski su organizmi bili jedini oblik života. Živjeli su, razmnožavali se i gomilali, ali nisu pokazivah neku posebnu sklonost da odu na drugu, zahtjevniju razinu postojanja. U jednom trenutku tijekom prve milijarde godina života cijanobakte-rije ili modrozelene alge naučile su iskorištavati slobodno dostupan izvor energije - vodik, koji je u vodi izvanredno obilan. Apsorbirale su molekule vode, pijuckale su vodik, a kao otpad, oslobađale su kisik pa su tako izumile fotosintezu. Kao što kažu Margulis i Sagan, fotosinteza je »nesumnjivo najvažnija pojedinačna metabolička inovacija u povijesti života na planetu« - a nisu je izmislile biljke, nego bakterije.

Kad su se cijanobakterije počele razmnožavati, svijet je počeo ispunjavati O2, na užas organizama za koje je bio otrovan - a tada su to bili svi. U anaerobnom svijetu (tj. svijetu organizama koji ga ne metaboli-raju), kisikje iznimno otrovan. Naša bijela krvna zrnca koriste kisik za ubijanje bakterija koje nas napadaju. Činjenica da je kisik u osnovi toksičan, često iznenađuje neke od nas koji ga smatramo zaslužnim za naše blagostanje, ali to je samo zato što smo evoluirali tako da ga iskorištavamo. Za ostale je smrtonosan. Zbog njega se kvari maslac 1 hrda željezo. Cak ga i mi podnosimo samo do određene granice. Razina kisika u našim stanicama iznosi samo desetinu njegove razine u atmosferi.

Ti novi organizmi, koji su koristili kisik, imali su dvije prednosti. Kisik je donio učinkovitiji način proizvodnje energije i pobjeđivao je

suparničke organizme. Neki su se povukli u muljevit, anaeroban svijet močvara i na dno jezera. Ostali su učinili isto, ali su se kasnije (mnogo kasnije) preselili u probavili trakt biča poput nas. Velik broj tih prastarih stvorenja upravo sada živi u vašem tijelu i pomaže vam da probavite hranu, ali još uvijek se gnušaju i najmanje naznake Oi. Neznani broj ostalih nije se uspio prilagoditi pa je uginuo.

Cijanobakterijc su postigle nekontroliran uspjeh. Isprva se suvišni kisik koji su proizvodile nije akumulirao u atmosferi, nego je sa željezom stvarao željezne okside, koji su tonuli na dno primitivnih mora. Milijunima godina svijet je doslovce hrdao - a taj je fenomen živopisno zabilježen u slojevitim naslagama željezne rude, koje danas diljem svijeta daju toliko željeza. Tijekom mnogih desetaka milijuna godina nije se događalo ništa više od toga. Kada biste se vratili u taj rani protozojski svijet, ne biste pronašli mnogo obečavajučih znakova za budući život na Zemlji. Možda biste tu i tamo u zaklonjenim lokvama naišli na opnu živog taloga ili na sjajne zelene i smeđe slojeve na obalnim stijenama, ali život bi i dalje bio nevidljiv.

No, prije otprilike 3,5 milijarde godina postalo je očito nešto mnogo važnije. Gdje su god mora bila plitka, počele su se pojavljivati vidljive strukture. Kako su prolazile kroz svoje kemijske procese, cijanobakte-rije su postajale pomalo ljepljive, a ta je ljepljivost lovila mikročestice prašine i pijeska, koje su se povezivale i stvarale pomalo čudne, ali čvrste strukture - stromatolite, koji su bili prikazani u plićacima na posteru u uredu Victorije Bennett. Stromatoliti su bili svih oblika i veličina. Ponekad su izgledali poput golemih cvjetača, ponekad poput pahuljastih madraca ('stromatolif dolazi od grčke riječi za *madrac);* ponekad su se javljali u obliku stupova, uzdižući se na desetke metara iznad površine vode - ponekad i do KM) metara visine. U svim svojim pojavnim oblicima bili su neka vrsta žive stijene i predstavljali su prvi svjetski kooperativni pothvat, u kojem su na samoj površini živjeli svojevrsni primitivni organizmi, dok su drugi organizmi živjeli odmah ispod njih, tako daje svaka vrsta iskorištavala uvjete koje je stvorila prethodna. Svijetje dobio svoj prvi ekosustav.

Dug niz godina znanstvenici su znali za stromatolite u fosilnim for-macijama, ali 1961. godine bili su veoma iznenađeni otkrićem zajednice živih stromatolita u udaljenom zaljevu Shark na sjeverozapadnoj obali Australije. To je bilo vrlo neočekivano - zapravo, toliko neočekivano da su protekle godine dok znanstvenici nisu shvatili što su zapravo pronašli. Međutim, danas je zaljev Shark turistička atrakcija

- koliko to već može biti mjesto koje je udaljeno stotinama milja od bilo čega ijoš desetine milja od ičega što bi moglo biti turistička atrakcija. U zaljevu su izgrađeni drveni nogostupi, tako da posjetitelji mogu šetati iznad vode i razgledati stromatolitc koji tiho dišu tik uz površinu. Oni su sivi i bez sjaja, a izgledaju, kao što sam već opisao u jednoj knjizi, poput vrlo velikih kravljih izmetina. No, kad shvatite da zurite u živuće ostatke Zemlje kakva je bila prije 3,5 milijarde godina, zavrti vam se u glavi. Kao stoje rekao Richard Fortey. »Toje pravo putovanje kroz vrijeme, a da svijet ima sluha za svoja prava čuda, ova bi znamenitost bila poznata kao i piramide iz Gfze.« Iako to nikada ne biste pomislili, te sumorne stijene bujaju životom - procjenjuje se da je na svakom četvornom metru stijene oko tri milijarde pojedinačnih organizama (pa, očito je da se radi o procjeni). Ako pažljivo promatrate, ponekad možete vidjeti kako ispuštaju kisik u obliku sićušnih nizova mjehurića koji se dižu na površinu. Tijekom dvije milijarde godina takvi mali napori povećali su razinu kisika u Zemljinoj atmosferi za 20 posto, pripremajući put za sljedeće, složenije poglavlje povijesti života.

Pretpostavlja se da su cijanobakterrje u zaljevu Shark organizmi koji se vjerojatno najsporije razvijaju, a sada su zasigurno i među najrjeđima. Nakon što su pripremile put složenijim oblicima života, gotovo posvuda s lica Zemlje izbrisali su ih upravo ti organizmi čije su postojanje omogućile. (Još uvijek postoje u zaljevu Shark jer je more preslano za stvorenja koja bi se inače njima gostila.)

Jedan od razloga zastoje životu toliko dugo trebalo da postane složen, bio je u tome stoje svijet trebao čekati da jednostavniji organizmi opskrbe atmosferu s dovoljno kisika. »Životinje nisu mogle skupiti dovoljno energije«, kao stoje rekao Fortev. Trebalo je oko dvije milijarde godina - otprilike oko 40 posto Zemljine povijesti - kako bi razina kisika dosegla više-manjc današnju koncentraciju u atmosferi. No, čim su pripreme bile završene, naizgled odjednom, pojavila se potpuno nova vrsta stanice - sadržavala je jezgru i druge male dijelove zajedničkog imena *organvli* (od grčke riječi za *mali alati).* Smatra se daje taj proces započeo kada je neku nepromišljenu ili pustolovnu bakteriju napala ili ulovila druga bakterija pa se ispostavilo da to objema odgovara. Pretpostavlja se daje zatočena bakterija postala mitohondrij. Ti mitohondrij-ska invazija (ili endosimbiotički događaj, kako ga biolozi vole nazivati) omogućila je složen život. (Sličan napad u biljaka proizveo je kloro-plaste. koji im omogućuju fotosintezu.)

Mitohondriji barataju kisikom tako da iz hrane oslobađaju energiju. Bez tog zgodnog i pametnog trika, danas bi život na Zemlji bio tek kaljuža puna jednostavnih mikroba. Mitohondriji su vrlo sićušni - u prostor veličine zrna pijeska možete ih strpati milijardu - ali su i vrlo gladni. Gotovo svaka hranjiva tvar koju apsorbiramo odlazi na njihovu prehranu.

Bez njih ne bismo mogli živjeti ni dvije minute, ali i nakon milijarde godina mitohondriji se ponašaju kao da misle da za nas nema zajedničke budućnosti. Oni su zadržali svoje DNK, RNK i ribosome. Razmnožavaju se u različito vrijeme od svojih stanica domaćina. Izgledaju poput bakterija, dijele se poput bakterija, a ponekad na antibiotike reagiraju poput bakterija. Cak niti ne govore istim genetskim jezikom kao stanica u kojoj žive. Ukratko, kovčezi su im uvijek spremni. To je kao da u vlastitoj kući imate stranca, iako je u gostima već milijardu godina.

Te stanice nove vrste poznate su kao eukarioti (što znači 's pravom jezgrom'), za razliku od stare vrste koja je poznata kao prokarioti ('prije jezgre'), a čini se da su se odjednom pojavile u fosilnim zapisima. Najstariji danas poznati eukarioti, *Gijpania,* otkriveni su 1992. godine u željeznim sedimentima u Michiganu. Takvi su fosili pronađeni samo jednom, a sljedećih petsto milijuna godina više im nema traga.

Zemlja je poduzela prvi korak na putu da postane zaista zanimljiv planet. U usporedbi s novim eiikariotima stari prokarioti bili su tek »vrećice kemikalija«, da se poslužimo izrazom britanskog geologa Stephena Drurvja. Eukarioti su bili veći - i do deset tisuća puta - od svojih jednostavnijih rođaka, a mogli su prenositi čak tisuću puta više DNK. Zahvaljujući tim pomacima, život je postupno postao složen te je stvorio dvije vrste organizama - one koji izlučuju kisik (poput biljaka) i one koji ga upijaju (poput vas i mene).

Jednostanični eukarioti nekada su se nazivali protozoama ('praživotinjama'), ali taj se naziv sve više prijezirno odbacuje. Danas je uvriježen naziv protisti. U usporedbi s bakterijama prije njih protisti su bili čudo projektiranja i sofisticiranosti. Jednostavna ameba, koju čini samo jedna stanica i koja je bez ikakvih ambicija osim postojanja, u svojoj DNK sadrži četiristo milijuna komadića genetskih informacija - dovoljne) da se ispuni osamdeset knjiga od petsto stranica, kao stoje primijetio Carl Sagan.

Eukarioti su naposljetku naučili još neobičniji trik. Trebalo im je dugo vremena - otprilike milijarda godina - ali kad su njime ovladali.

bio je prava stvar. Naučili su se udruživati u složena višestanična bića. Zahvaljujući toj inovaciji, nastala su velika, komplicirana, vidljiva bića poput nas. Planet Zemlja bio je spreman da ude u svoju sljedeću ambicioznu fazu.

No, prije nego se zbog toga previše uzbudimo treba zapamtiti da svijet, kao što ćemo vidjeti, još uvijek pripada najmanjima.

20

MALI SVIJET

Vjerojatno baš i nije pametno previše se zanimati za svoje mikrobe. Louis Pasteur, veliki francuski kemičar i bakteriolog, postao je toliko zaokupljen svojima daje običavao s povećalom kritički zuriti u svaki tanjur koji bi se našao pred njim, a ta mu navika vjerojatno nije donijela mnogo opetovanih poziva na večeru.

Zapravo nema smisla da se pokušavamo sakriti od svojih bakterija jer su one uvijek na nama i oko nas u nezamislivom broju. Ukoliko ste dobra zdravlja i prosječno revni glede higijene, imate stado od otprilike jednog bilijuna bakterija koje pase na vašim mesnatim poljanama - oko stotinu tisuća njih na svakom četvornom centimetru kože. Tu su kako bi objedovali desetak milijardi pahuljica kože koje svakodnevno odbacite, uza sva ona ukusna ulja i okrepljujuće minerale koji kaplju iz svake vaše pore i raspukline. Vi ste im vrhunski švedski stol, koji je udobno topao i u stalnom pokretu. U znak zahvale daju vam tjelesni miris.

A to su samo one bakterije koje nastanjuju vašu kožu. Još su bilijuni njih skriveni u vašoj utrobi i dišnim putovima, pripijeni uz vašu kosu i trepavice, plivaju površinom vaših očiju, buše vašu zubnu caklinu. Samo je vaš probavni sustav domaćin više od stotini bilijuna mikroba, barem za 400 vrsta. Neki se bave šećerima, neki škrobom, a neki napadaju druge bakterije. Iznenađujuće mnogo bakterija, poput sveprisutnih crijevnih spiroheta. nema baš nikakvu vidljivu funkciju. Čini se da im se jednostavno sviđa biti s nama. Svako se ljudsko tijelo sastoji od oko deset bilijardi stanica, ali domaćin je stotini bilijardi bakterijskih sta-

nica. Ukratko, one su veći dio nas. Naravno, s točke gledišta bakterija, mi smo prilično malen dio njih.

Budući da smo mi ljudi dovoljno veliki i pametni da proizvodimo i koristimo antibiotike i antiseptike, lako bismo mogli pomisliti da smo bakterije prognali na rub postojanja. Nemojte u to vjerovati. Bakterije možda ne grade gradove niti imaju zanimljiv društveni život, ali bit će tu kada Sunce eksplodira. Ovo je njihov planet, a mi smo tu samo zato jer nam one to dopuštaju.

Ne zaboravimo, bakterije su se milijardama godina snalazile bez nas. Bez njih ne bismo mogli preživjeti nijedan dan. One prerađuju naše otpadne tvari i čine ih ponovno upotrebljivim; bez njihova marljivog žvakanja ništa ne bi trunulo. One nam pročišćavaju vodu i održavaju tla plodnim. Bakterije sintetiziraju vitamine u našoj utrobi, pretvaraju tvari koje jedemo u korisne šećere i polisaharide i ratuju protiv stranih mikroba kad nam kliznu niz jednjak.

Potpuno ovisimo o bakterijama, one nas preko biljaka opskrbljuju dušikom iz zraka i pretvaraju ga u korisne nukleotide i aminokiseline. To je čudesan i velikodušan pothvat. Kao što su naveli Margulis i Sagan, da bi se to industrijski proizvelo (recimo, prilikom proizvodnje umjetnog gnojiva), proizvođači moraju zagrijati sirovine na 500 stupnjeva i stisnuti ih na 300 atmosfera. Bakterije to stalno rade, bez ikakve vike, i hvala Bogu daje tako, jer nijedan veći organizam ne bi mogao preživjeti bez dušika koji prenose. Uz to, mikrobi nam i dalje osiguravaju zrak koji dišemo i održavaju atmosferu stabilnom. Mikrobi, uključujući i moderne verzije cijanobakterija, snabdijevaju atmosferu većinom kisika. Alge i drugi sićušni organizmi koji ispuštaju mjehuriće po morima godišnje ispuste oko 150 milijardi tona kisika.

Također, začuđujuće su plodni. Neobuzdaniji među njima za manje od deset minuta mogu izroditi novu generaciju; *Clostridium perfringens,* neugodan organizmić koju uzrokuje gangrenu, može se reproducirati za devet minuta, a zatim se odmah počinje ponovno dijeliti. Tim bi tempom jedna bakterija mogla teoretski proizvesti više potomstva za dva dana nego što ima protona u svemiru. »Uz adekvatnu opskrbu hranjivim tvarima, jedna bakterijska stanica u jednom jedinom danu može stvoriti 280000 milijardi individua«, rekao je belgijski biokemičar i nobelovac Christian de Duvc. U istom razdoblju ljudska stanica uspije se podijeliti satno jednom.

U svakih milijun dijeljenja bakterije otprilikejednom proizvedu mutanta. To je obično nesreća za mutanta - promjena je za svaki organizam

uvijek riskantna - ali ponekad je ta nova bakterija obdarena nekom slučajnom prednošću, na primjer, sposobnošću da izbjegne ili odbije napad antibiotika. Uz tu sposobnost brzog razvoja ide još jedna, još više zastrašujuća prednost. Bakterije razmjenjuju informacije. Svaka bakterija može uzeti dijelove genetskog koda od bilo koje druge. Zapravo, kao što su rekli Margulis i Sagan, sve bakterije plivaju u jedinstvenom rezervoaru gena. Svaka promjena u svrhu prilagodbe koja se javi ujed-nom području bakterijskog svemira može se proširiti na neko drugo. To je otprilike kao da čovjek od kukca posudi genetski kod kako bi mogao pustiti krila ili hodati po stropu. S genetske točke gledišta, to znači da su bakterije postale jedinstven superorganizam - sićušan, raspršen, ah nepobjediv.

One će živjeti i napredovati na gotovo svemu što prolijete, kapnete ili otresetc. Samo im dajte malo vlage - kao kad mokrom krpom obrišete stol - i one će procvjetati kao iz ničega. Jest će drvo, ljepilo u tapetama, metale u stvrdnutoj boji. Znanstvenici su u Australiji pronašli mikrobe poznate kao *Thiobacilhis coticretivoratis,* koji su živjeli u - zapravo, nisu mogli živjeti bez nje - sumpornoj kiselini, i to u koncentraciji koja je dovoljno jaka da otopi metal. Vrsta zvana *Mkrococcus radiophilus* pronađena je kako sretno živi u spremnicima otpada nuklearnih reaktora, žderući plutonij i što godje već tamo bilo. Neke bakterije razlazu kemijske tvari od kojih, koliko nam je poznato, nemaju baš nikakve koristi.

Pronađene su kako žive u kipućim kaljužama i jezerima kaustične sode, duboko u stijenama, na dnu mora, u skrovitim bazenima ledene vode u McMurdo Dry Valevs na Antarktici te 11 kilometara duboko u Tihom oceanu, gdje je tlak tisuću puta veći nego na površini, odnosno kao da ste zdrobljeni ispod pedeset mlažnjaka. Neke od njih čine se neuništivim. Prema časopisu *Ecotiomist* bakterija *Deinococcus radioduraiis* »gotovo je imuna na radioaktivnost«. Radijacijom joj raznosite DNK i dijelovi će se odmah ponovno sastaviti, »poput raštrkanih udova besmrtnog stvorenja iz filma strave«.

Možda je najneobičniji slučaj preživljavanja dosad otkriven onaj bakterije *Streptococats,* koja je pronađena u hermetički zatvorenom objektivu kamere koja je dvije godine bila na Mjesecu. Ukratko, malo je sredina u kojima bakterije ne mogu živjeti. »Prilikom sondiranja oceanskih odušaka. koji su toliko vrući da se sonde počinju taliti, upravo su otkrili da čak i tamo ima bakterija«, rekla mije Victoria Bennett.

Dvadesetih godina 20. stoljeća dva znanstvenika s Cikaškog sveučilišta. Edson Bas ti n i Frank (heer. objavili su da su iz naftnih izvora

izolirali vrste bakterija koje žive na dubini od 600 metara. Taje ideja odbačena kao krajnje apsurdna - ništa ne živi na 600 metara — pa se pedeset godina pretpostavljalo da su njihovi uzorei bili kontaminirani površinskim mikrobima. Danas znamo da postoji mnogo mikroba koji žive duboko u Zemlji, a mnogi od njih nemaju nikakve veze s konvencionalnim organskim svijetom. Ti mikrobi jedu stijene ili, bolje rečeno, tvari koje su u stijenama - željezo, sumpor, mangan i tako dalje. A udišu još čudnije stvari - željezo, krom, kobalt, čak i uranij. Tikvi bi procesi mogli imati važnu ulogu u koncentriranju zlata, bakra i drugih plemenitih metala, a vjerojatno i u stvaranju naslaga nafte i zemnog plina. Netko je čak primijetio daje njihovo neumorno grickanje stvorilo Zemljinu koru.

Danas neki znanstvenici smatraju da možda postoji čak 100 bilijuna tona bakterija koje žive ispod naših nogu u ekosustavima znanim kao ispodpovršinski litoautotropski mikropski ekosustavi - ili SLiME. Prema procjeni Thomasa Golda sa sveučilišta Cornell, kada biste sve bakterije iz Zemljme unutrašnjosti pobacali po površini, prekrile bi planet do 15 metara - stoje visina četverokatnice. Ako su te procjene točne, ispod zemlje bi moglo biti više života nego što ga ima na njoj.

Mikrobi se u dubinama smanje i postanu iznimno tromi. Najživah-niji među njima podijele se možda samo jednom u stotinu godina, a drugi ne češće od možda jednom u petsto godina. Kao što je navedeno u *Economistu:* »Čini se daje ključ duga života - ne raditi previše.« Kada je situacija stvarno teška, bakterije su spremne da isključe sve sustave i pričekaju bolja vremena. Znanstvenici su 1997. godine uspješno aktivirali spore bedrenice, koje su osamdeset godina spavale zimskim snom na muzejskom izlošku u Trondheimu u Norveškoj. Neki drugi mikroorganizmi oživjeli su kad su bili oslobođeni iz 118 godina stare limenke mesa i 166 godina stare boce piva. Znanstvenici s Ruske akademije znanosti 1996. godine tvrdili su da su oživjeli bakterije koje su bile zamrznute tri milijuna godina u sibirskom vječno zaleđenom tlu. No, rekordna tvrdnja u prilog izdržljivosti zasad je ona Russella Vreelanda i suradnika sa sveučilišta West Chester u Pennsvlvaniji iz 2000. godine, kada su objavili da su oživjeli 250 milijuna godina staru bakteriju zvanu *Bacilhispcnniaiis,* koja je bila zarobljena 600 metara pod zemljom, medu naslagama soli u Carlsbadu u New Mexicu. Ako je to točno, taj je mikrob stariji od kontinenata.

Izvješće je bilo primljeno s razumljivim dvojbama. Mnogi su biokemičari tvrdili kako bi tijekom tako dugog razdoblja sastavni dijelovi

mikroba postali neupotrebljivi, osim ako se bakterija nije povremeno budila. Međutim, ako se bakterija i jest povremeno prenula, nije pronađen unutarnji izvor energije koji bi mogao toliko dugo trajati. Sumnjičaviji znanstvenici smatrali su daje uzorak možda bio kontaminiran, ako ne prilikom vađenja, onda možda dok je još bio zakopan. Tim sa sveučilišta u Tel Avivu utvrdio je 2001. godine daje *B. permians* gotovo identična vrsti modernih bakterija, *Bacillus marisinortui,* koje su pronađene u Mrtvom moru. Razlikovala su se samo dvije genske sekvence, i to samo neznatno.

»Znači li to«, pisali su izraelski istraživači, »daje *B. permians* tijekom 250 milijuna godina nakupila istu količinu genetskih razlika kakva se može postići za samo tri do pet dana u laboratoriju?« Kao odgovor, Vreeland je iznio pretpostavku đa se »bakterije brže razvijaju u laboratoriju nego u divljini«.

Možda.

Neobično daje već dobrano u svemirskoj eri većina školskih udžbenika dijelila živi svijet na samo dvije kategorije - biljni i životinjski. Mikroorganizmi jedva da su se spominjali. Amebe i slični jednostanični organizmi smatrani su praživotinjama, a alge prabiljkama. Bakterije su također bile strpane u isti koš s biljkama, iako su svi znali da one tamo ne pripadaju. Još je krajem 19. stoljeća njemački prirodoslovac Ernst Haeckel ukazao na to da bakterije zaslužuju da ih se smjesti u zasebno carstvo, koje je nazvao monere, ali biolozi su tu ideju prihvatili tek šezdesetih godina 20. stoljeća, no i tada samo neki od njih. (Samo ću napomenuti da moj pouzdani *rječnik Atnerican Heritage* iz 1969. godine ne prepoznaje taj termin.)

U tradicionalnoj podjeli loše se postupalo i s mnogim organizmima iz vidljivog svijeta. Gljive, odnosno grupa koja obuhvaća gljive, plijesni, snijeti, kvasce i puhare, gotovo su oduvijek smatrane botaničkim objektima, iako u njih gotovo ništa - od toga kako se razmnožavaju i dišu pa do toga kako su građene - ne odgovora ničemu iz biljnog svijeta. Strukturom su sličnije životinjama jer im stanice i?građuje hitin, materijal koji im daje prepoznatljivu teksturu. Od iste se tvari sastoje ljušture kukaca i pandže sisavaca, iako u kukcajelenka nije ni približno ukusna kao u bukovačama. Povrh svega, za razliku od svih biljaka gljive ne vrše fotosintezu, nemaju klorof il pa nisu zelene. Umjesto toga one izravno rastu na svom izvoru hrane, koji može biti gotovo bilo što. Gljive će se hraniti sumporom s betonskog zida ili raspadnutim tvarima između

vaših nožnih prstiju - a to su dvije stvari koje nijedna biljka nikada ne bi napravila. Gotovojedina osobina po kojoj sliče biljkamaje da se ukorijeni uju.

Još nezgodnija za kategorizaciju bila je osebujna grupa organizama službeno poznata kao miksomicete, poznatija kao sluznjače. Bez sumnje, naziv ima veze s njihovom opskurnošću. Ime koje bi zvučalo malo dinamičnije, recimo, 'ambulatorna samoaktivirajuća protoplazma' - a manje kao tvar koju nalazimo u začepljenom odvodu, tim bi izvanrednim tvorevinama gotovo sigurno pribavilo više pažnje koju zaslužuju, jer, da se razumijemo, sluznjače su jedan od najzanimljivijih organizama u prirodi. Kada su uvjeti dobri, postoje kao jednostanične individue, nešto poput ameba. No, kad se uvjeti pogoršaju, otpužu do centralnog okupljališta i postanu, gotovo čudesno, puž balavac. Taj puž nije neki ljepotan i ne odlazi predaleko - obično s dna hrpe otpalog lišća na vrh, gdje je u nešto izloženijem položaju - ali to je možda milijunima godina bio najuspjeliji trik u svemiru.

No, to nije sve. Kad stigne u povoljniju sredinu, sluznjača se još jenom transformira i preuzima oblik biljke. Stanice se nekakvim čudno uređenim procesom rekonfiguriraju, poput članova sićušnog pu-hačkog orkestra, kako bi napravile stabljiku na čijem se vrhu stvori pupoljak poznat kao plodište. U plodištu se nalaze milijuni spora koje se u odgovarajućem trenutku oslobađaju kako bi ih raznio vjetar te kako bi postale jednostanični organizmi koji mogu ponovno započeti taj proces.

Zoolozi su godinama tvrdili da su sluznjače protozoe, dok su miko-lozi inzistirali na tome da su gljive, iako je većini ljudi bilo jasno da zapravo ne pripadaju nigdje. Kada se usavršilo gensko testiranje, ljudi u laboratorijskim kutama bili su iznenađeni kad su otkrili da su sluznjače toliko osebujne i čudne da nisu izravno srodne ni s čim drugim u prirodi, a ponekad čak nijedna s drugom.

U pokušaju da uvede malo reda u sve veće nedostatke klasifikacije, ekolog s Cornella R. H. Whittaker iznio je 1969. godine prijedlog u časopisu *Science* da se život podijeli u pet glavnih grana - poznatih kao carstva - životinje, biljke, gljive, protiste i monere. Naziv protiste bio je modifikacija termina *Protoctista,* koji je stoljeće prije bio predložio škotski biologjohn Hogg, a trebao je označiti svaki organizam koji nije ni biljni ni životinjski.

Iako je nova Whittakerova shema predstavljala velik napredak, protiste su ostale loše definirane. Neki sistematičan taj su termin rezervirali

za velike jcdnostaničnc organizme - eukariote — ali ostali su ga tretirali kao svojevrsnu ladicu-svaštaru, stavljajući u nju sve što se u biologiji ne bi nigdje drugdje uklapalo. Tu su se našle (ovisno o tome koje ste tekstove konzultirali), između mnogo toga ostalog, sluznjače, amebe, čak i morske trave. Prema jednom proračunu ukupno je sadržavala čak dvjesto tisuća različitih vrsta organizama. To je mnogo stvari za jednu ladicu-svaštaru.

Da ironija bude veća, gotovo istodobno kada je Whittakerova klasifikacija od pet carstava počela pronalaziti put do udžbenika, jedan skromni akademac sa sveučilišta u Illinoisu polako je tražio put do otkrića koje će osporiti sve. Zvao se Carl Woese i od sredine šezdesetih godina 20. stoljeća - odnosno, čim je to postalo moguće - samozatajno je proučavao sekvenciju gena u bakterija. U tim ranim danima to je bio iznimno mukotrpan proces. Rad najednoj bakteriji mogao je potrajati cijelu godinu. Tidaje bilo poznato samo petstotinjak vrsta bakterija, što je manje od broja vrsta koje se nalaze u našim ustima. Danas je taj broj otprilike deset puta veći, iako je još uvijek mnogo manji od 26 900 vrsta algi, 70000 gljiva i 30 800 ameba te srodnih organizama čije biografije ispunjavaju anale biologije.

Taj broj nije tako skroman zbog puke znanstvene indiferentnosti. Izoliranje i proučavanje bakterija zna biti iritantno naporno. Samo oko jedan posto bakterija može rasti u kulturi. Ako se uzme u obzir kako su nevjerojatno prilagodljive u prirodi, začuđuje činjenica daje jedino mjesto u kojem ne žele živjeti Petrijeva posuda. Položite ih na krevet od agar-agara i tetošite koliko vam drago, ali većina njih samo će ležati, odbijajući svako poticanje na procvat. Svaka bakterija koja dobro uspijeva u laboratoriju samim je tim iznimna pa su gotovo isključivo upravo to bili organizmi koje su mikrobiolozi proučavali. Prema riječima Woesea, to je »kao da učite o životinjama posjećujući zoološke vrtove«.

Međutim, geni su Woeseu omogućili drugačiji pristup mikroorganizmima. Woese je shvatio da u svijetu mikroba ima više temeljnih podjela negoje itko slutio. Mnogo sićušnih organizama koji su izgledali i ponašali se poput bakterija bili su zapravo nešto potpuno drugo -nešto što se davno odvojilo od bakterija. Woese je te organizme nazvao arheobakterije, što je poslije skraćeno u arheja.

Treba reći da su značajke kojima se arheje razlikuju od bakterija takve da bi mogle ubrzati puls jedino biologu. To su uglavnom razlike u njihovim lipidima i nedostatku nečega što se zove peptidoglikan. Ali u praksi je to golema razlika. Arheje se više razlikuju od bakterija nego što se vi i

ja razlikujemo od raka ili pauka. Wocsc je samostalno otkrio neslućenu podjelu života, toliko temeljnu daje bila iznad razine carstva na vrhuncu Univerzalnog stabla života, kako se ono s dosta poštovanja naziva.

Zaprepastio je svijet - ili barem onaj njegov mali dio koji je obratio pažnju - kada je 1976. godine revidirao Stablo života, tako da više nije obuhvaćalo pet glavnih podjela nego dvadeset tri. Njih je grupirao u tri nove glavne kategorije - *Bacteria,Archaea* i *Eukarja* (ponekad se piše i *Enccuja)* - koje je nazvao domenama. Nova podjela bila je sljedeća:

- *Bactcria:* cijanobakterije, ljubičaste bakterije, gram-pozitivne bakterije, zelene nesumporne bakterije, flavobakterije i termotogali.
- *Archaea:* halofilni arhani, metanosarcini, metanobakterijc, metano-koki, termoceleri, termoproteusi i pirodikti.
- *Eukarya:* diplomadi, mikrosporidi, trichomonadi, flagelate, entame-be, sluznjače, ciliate, biljke, gljive i životinje.

Woeseova nova podjela nije najuriš osvojila biološki svijet. Neki su odbacili njegov sustav zbog prevelikog naglaska na mikropskom. Mnogi su ga jednostavno ignorirali. Prema riječima Frances Ashcroft. Woese je »bio gorko razočaran«. No, njegova nova shema polako je postajala popularna među mikrobiolozima. Botaničari i zoolozi su mnogo sporije prihvaćali njene kvalitete. Nije teško vidjeti zašto. Prema Woeseovu modelu svjetovi botanike i zoologije degradirani su na svega nekoliko grančica na najdaljem izdanku grane *Enkaija.* Sve ostalo pripadajedno-staničnim bićima.

»Ti su ljudi odgojeni da klasificiraju prema krupnim morfološkim sličnostima i razlikama«, rekao je Woese u jednom intervjuu 1996. godine. »Mnogima je teško prihvatiti da se klasifikacija vrši prema sekvenciji molekula.« Ukratko, ako vlastitim očima nisu mogli vidjeti razliku, to im se ne bi svidjelo, pa su tako ustrajali na konvencionalnoj podjeli na pet carstava - rasporedu koji je Woese, kada bi bio raspoložen, nazivao »ne baš korisnim«, a inače »potpuno obmanjujućim«. »Kao i tizika prije nje, biologija je došla do razine kada se objekti njena interesa i njihove interakcije često ne mogu opaziti neposrednim promatranjem«, pisao je Woese.

Veliki stari zoolog s I larvarda Ernst Mavr (kojemu su tada bile devedeset četiri godine, a dok ovo pišem, približava se stotoj i još se uvijek dobro drži) 1998. godine još je više uzburkao strasti izjavivši kaki) bi trebale postojati samo dvije temeljne podjele života - nazvao

ih je 'imperijima'.* U eseju objavljenom u *Proccedings oj the National Acadcni}' of Sciences* Mayr je rekao da su Woeseova otkrića zanimljiva, ali krajnje pogrešno protumačena, napominjući da »Woese nije biolog pa je sasvim logično da nije bolje upoznat s principima klasifikacije«, što je najizravniji način na koji jedan istaknuti znanstvenik može reći da kolega ne zna o čemu govori.

Pojedinosti Mavrovih kritika tehničke su prirode - između mnogo toga ostalog, uključuju pitanja mejotičke seksualnosti, Hennigijsku kladifikaciju i kontroverzne interpretacije genoma *Metliaiiobacterinina tlierifioautropliiciinia* - no, zapravo tvrdi da Woeseov razmještaj remeti ravnotežu Stabla života. Domena bakterija, kaže Mayr, sastoji se od najviše nekoliko tisuća vrsta, dok arhejanska ima tek 175 imenovanih primjeraka, a još ih treba otkriti možda nekoliko tisuća - »ali teško da ih ima više«. Za razliku od domene eukariota - odnosno, kompliciranih organizama koje imaju stanice s jezgrom, poput nas - koje već ima milijune otkrivenih vrsta. Radi 'principa ravnoteže' Mayr zagovara kombiniranje jednostavnih bakterijskih organizama u jednu kategoriju, prokariote, a složeniji i 'visokorazvijeni' ostatak smjestio bi se u imperij eukariota, koji bi imao isti položaj. Drugim riječima, zagovara slično stanje kao i prije. Ta podjela između jednostavnih i složenih stanica »točka je velikog prijeloma u živom svijetu«.

Ako nas Woeseov novi razmještaj može nečemu podučiti, onda je to daje život zaista raznolik i daje većina te raznolikosti sićušna, jedno-stanična i nepoznata. Prirodno je da o evoluciji razmišljamo kao o dugom lancu poboljšanja, neprestanog napretka prema veličini i složenosti - dakle, prema nama. Tako si laskamo. Većina stvarne raznolikosti tijekom evolucije bila je malih razmjera. Mi veliki stvorovi samo smo puka slučajnost - zanimljiv ogranak. Od dvadeset tri glavna ogranka života, samo su tri - biljke, životinje i gljive - dovoljno velika da bi bila vidljiva ljudskim okom, a čak i oni sadrže mikroskopske vrste. Doista, kada bismo prema Woeseovoj klasifikaciji zbrojili svu biomasu planeta - sve žive stvorove, uključujući i biljke - mikrobi bi činili najmanje 80 posto svega postojećeg, možda i više. Svijet pripada vrlo malenima - i to već vrlo dugo.

To kod n.is može lz.i/v.ni zabunu, jer je 'imperij' isto što i "carstvo'. F.mdezima su. međutim, naša "carstva' zapravo "kraljevstva' *(hiiioJoms).* (Op. red.)

Barem jednom u životu morate se zapitati zašto nam onda mikrobi tako često žele nauditi? Kakvo zadovoljstvo može imati jedan mikrob kada nas baci u groznicu ili drhtavicu, ili kada nas izobliči ranama ili, povrh svega, kada uzrokuje našu smrt? Na kraju krajeva, mrtav domaćin baš i neće pružati dugoročno gostoprimstvo.

Za početak, treba zapamtiti daje većina mikroorganizama neutralna ili čak korisna za ljude. Najneobuzdaniji zarazni organizam na Zemlji, bakterija *VVolbadua,* uopće nije opasna za ljude - ili, kad smo već kod toga, za ijednog kralježnjaka - no, ukoliko ste kozica, crv ili voćna mušica, može vas natjerati da požalite što ste se uopće rodili. Sve u svemu, prema *National Geographicu,* za ljude je patogen otprilike samo svaki tisućiti mikrob - a kako smo svjesni što neki od njih mogu učiniti, može nam biti oprošteno što mislimo daje to sasvim dovoljno. Iako ih je većina benigna, mikrobi su još uvijek treći na listi ubojica u zapadnom svijetu - a čak i mnogi koji ne ubijaju tjeraju nas da gorko požalimo njihovo postojanje.

Čineći da se domaćin loše osjeća, mikrobi ostvaruju određene pogodnosti za sebe. Simptomi bolesti često pomažu njihovu širenju. Povraćanje, kihanje i proljev odlične su metode za izlaženje iz jednog domaćina i pripremu za ukrcavanje u drugog. Najučinkovitija strategija je regrutiranje mobilne treće strane. Zarazni organizmi vole komarce jer ih žalac komarca doprema izravno u krvotok, gdje odmah mogu prionuti na posao prije nego što žrtvini obrambeni organizmi dokuče što ih je snašlo. Zato tolike prvoklasne bolesti - malarija, žuta groznica, dengi groznica, eneefalitis i stotinjak ostalih manje poznatih, ali često opakih boleština - počinju ugrizom komarca. Puka je sreća da HIV, uzročnik AIDS-a, nije medu njima - barem zasad. Komarčev metabolizam razgrađuje svaki HrV koji komarac posrče na svojim putovanjima. Ako to mutirani virus jedng dana spriječi, mogli bismo se naći u grdnoj nevolji.

Međutim, bilo bi pogrešno kada bismo to previše logično razmatrali, jer je očigledno da mikroorganizmi nisu proračunata stvorenja. Nije ih briga što vam rade, isto kao što ni vi ne razmišljate o tome koliku im nesreću nanosite kada milijune njih pokoljete sapunom ili dezodoran-som. Jedino kada je patogenom organizmu stalo do vašeg trajnog blagostanja jest onda kada vas dokrajči. Ukoliko vas eliminiraju prije nego si osiguraju transfer, mogli bi i sami izumrijeti. Jared Diamond kaže daje povijest puna bolesti koje su »jednom uzrokovale zastrašujuće epidemije, a zatim jednako misteriozno nestale kao što su se i

pojavile«. Navodi ustrajnu, ali, srećom, kratkotrajnu englesku bolest znojenja, koja je bjesnila od 1485. do 1552., pobivši u svom pohodu desetke tisuća ljudi prije nego se istrošila. Prevelika djelotvornost nije dobra ni za jedan zarazni organizam.

Do velikog broja bolesti ne dolazi zbog toga što određeni organizam želi učiniti vama, nego zbog onoga što vaše tijelo pokušava učiniti tom organizmu. U nastojanju da oslobodi tijelo od patogena, imunološki sustav ponekad uništava stanice ili oštećuje kritična tkiva, tako da kada vam nije dobro, ono što osjećate često nisu patogeni, nego reakcija vašeg imunološkog sustava. U svakom slučaju, obolijevanje je razborita reakcija na infekciju. Bolesni se ljudi povlače u postelju i tako predstavljaju manju prijetnju široj zajednici.

Budući daje oko nas toliko toga što nam može nauditi, naše tijelo sadrži mnogo različitih vrsta obrambenih bijelili krvnih zrnaca - ukupno oko deset milijuna vrsta, a svaka je stvorena da identificira i uništi određenu vrstu napadača. Kako bi bilo krajnje neučinkovito izdržavati deset milijuna zasebnih stajaćih vojski, svaka vrsta bijelih krvnih stanica u stalnoj pripravnosti drži samo nekoliko izviđača. Kada infektivni agent - poznat kao antigen - napadne, odgovarajući izviđači otkrivaju napadača i svojoj vrsti šalju poziv za pojačanje. Dok vaše tijelo proizvodi te snage, vi se vjerojatno osjećate jadno. Oporavak započinje kada trupe konačno krenu u akciju.

Bijela su krvna zrnca nemilosrdna pa proganjaju i ubijaju sve dojed-nog patogena koji mogu pronaći. Kako bi izbjegli izumiranje, napadači su razvili dvije elementarne strategije. Ili napadaju brzo i sele se na drugog domaćina, kao u slučaju uobičajenih zaraznih bolesti poput gripe, ili se preruše, tako da ih bijela zrnca ne mogu uočiti, kao kod I IIV-a. virusa odgovornog za AIDS. koji može godinama bezopasno i neopaže-no sjediti u jezgrama stanica prije nego što krene u akciju.

Jedan od čudnijih aspekata infekcije događa se kada mikrobi koji inače nisu štetni dođu u pogrešne dijelove tijela i »kao da polude«, prema riječima doktora Brvana Marsha, specijalista za infektivne bolesti u Medicinskom centru Dartmouth-I litcbock u Lebanonu u državi Ne\v Hampshire. »To se stalno događa prilikom prometnih nesreća u ljudi s unutarnjim ozljedama. Mikrobi koji su u crijevima inače bezopasni dospiju u ostale dijelove tijela - na primjer, u krvotok - i uzrokuju katastrofu.«

Najstrašniji bakterijski poremećaj koji je potpuno izvan kontrole tre-nutačno je bolest poznata kao nekrotični fascitis. kada bakterije iznutra

izjedaju žrtvu, proždiru unutarnje tkivo, a za sobom ostavljaju kašast i tragičan ostatak. Pacijenti često dolaze s relativno blagim smetnjama -obično se radi o osipu na koži i groznici - ali zatim im se stanje dramatično pogoršava. Kada ih otvore, često se otkrije da su jednostavno izje-deni. Jedini oblik liječenja je »radikalna kirurška ekscizija« - rezanje svakog komadiča zaraženog područja. Sedamdeset posto žrtava umire; velik dio ostalih ostane užasno izobličen. Izvor zaraze je svakodnevna porodica bakterija zvana streptokok grupe A, koji inače uzrokuje samo gnojnu upalu grla. Iz nepoznatih razloga neke od tih bakterija vrlo se rijetko probiju kroz stijenku grla i udu u samo tijelo, gdje izazovu katastrofalno pustošenje. Potpuno su otporne na antibiotike. U Sjedinjenim Državama godišnje se pojavi oko tisuću takvih slučajeva i nitko ne može reći da se to neće pogoršati.

U slučaju meningitisa događa se ista stvar. Najmanje 10 posto mladih odraslih osoba te možda 30 posto tinejdžera nosi smrtonosnu meningokoknu bakteriju, koja poprilično bezopasno živi u grlu. Samo povremeno - u otprilike jedne mlade osobe na svakih stotinu tisuća -ona ude u krvotok i izazove tešku bolest. U najgorem slučaju smrt može nastupiti za dvanaest sati. Toje šokantno brzo. »Čovjek može biti savršeno zdrav za doručkom i umrijeti do večere«, kaže Marsh.

S bakterijama bismo imali mnogo više uspjeha kada protiv njih ne bismo toliko rasipno trošili naše najbolje oružje: antibiotike. Zanimljiva je procjena da se oko 70 posto antibiotika, koji se troše u razvijenom svijetu, daje uzgajanim životinjama, često rutinski u stočnoj hrani, samo zato da bi se potakao rast ili kao preventivna mjera protiv zaraza. Tako bakterije mogu razviti otpornost na te antibiotike. Toje prilika koju su zgrabile s mnogo entuzijazma.

Penicilin je 1952. godine bio potpuno učinkovit protiv svih sojeva bakterija stafilokoka, do te mjere da se američki direktor Savezne uprave za javno zdravstvo William Stevvart osjećao dovoljno sigurnim da 1960. godine izjavi: »Došao je trenutak kada možemo zaključiti poglavlje o zaraznim bolestima. U osnovi smo iskorijenili zaraze u Sjedinjenim Državama.« Međutim, dok je on to govorio, oko 90 posto tih sojeva bilo je u procesu razvijanja imuniteta na penicilin. Uskoro se jedan od tih novih sojeva, nazvan MRSA - meticilin. otporan stafilokok aureus. počeo pojavljivati u bolnicama. Protiv njega ostala je učinkovita samo jedna vrsta antibiotika, vanomicin, ali 1997. godine jedna bolnica u Tokvju izvijestila je da se pojavio soj koji je bio otporan čak i na njega. Za nekoliko mjeseci proširio se na šest drugih japanskih bolnica.

Mikrobi posvuda ponovno počinju dobivati rat: samo u američkim bolnicama godišnje se inficira i umre oko četrnaest tisuća ljudi. Kao stoje naveo James Surovviecki u jednom članku u *Neu> Yorkeru,* kada trebaju birati između razvijanja antibiotika, koje će ljudi uzimati svaki dan tijekom dva tjedna, ili antidepresiva, koje će ljudi uzimati svaki dan i tako do smrti, logično da se farmaceutska industrija odlučuje za potonje. Iako je nekoliko antibiotika nešto malo ojačano, od sedamdesetih godina 20. stoljeća farmaceutska industrija nije nam dala potpuno nov antibiotik.

Naša bezbrižnost još je alarmantnija s obzirom na otkriće da bi mnoge druge boljke mogle biti bakterijskog podrijetla. Proces otkrića započeo je 1983. godine, kada je Barrv Marshall, liječnik u Perthu u Zapadnoj Australiji, otkrio da mnoge slučajeve raka želuca i većinu čireva želuca uzrokuje bakterija *Helicobacter pylori.* Iako je njegova otkrića bilo jednostavno provjeriti, idejaje bila toliko radikalna daje prošlo više od jednog desetljeća prije nego što su njegova otkrića postala općeprihvaćena. Američki nacionalni instituti za zdravlje, na primjer, do 1994. godine nisu službeno poduprli tu ideju. »Od čira su umrle stotine, čak tisuće ljudi, a nisu trebale«, rekao je Marshall novinaru *Forbcsa* 1999. godine.

Otada su daljnja istraživanja pokazala da postoji ili bi mogla postojati bakterijska komponenta u mnogim vrstama ostalih poremećaja -srčanih oboljenja, astme, artritisa, multiple skleroze, nekoliko vrsta mentalnih poremećaja, mnogih vrsta raka, pa čak, kako je bilo spomenuto (ni više ni manje nego u časopisu *Science),* i pretilosti. Možda i nije toliko dalek dan kada ćemo očajnički tražiti učinkovit antibiotik, a neće ga biti.

Može nas malo utješiti što znamo da se i same bakterije mogu razboljeti. Njih ponekad zaraze bakteriofagi (ih, jednostavno, fagi). jedna vrsta virusa. Virus je čudan i nesimpatičan stvor - »dio nukleinske kiseline okružen lošim vijestima«, znamenita je fraza nobelovca Petera Medawara. Manji i jednostavniji od bakterija, virusi sami za sebe nisu živi. U izolaciji su nepokretni i bezopasni. Ali, čim ih uvedete u pogodnog domaćina, bacaju se na posao - ožive. Poznato je oko pet tisuća vrsta virusa, a oni nam donose mnogo stotina bolesti, od gripe i obične prehlade do onih za čovjeka najgorih -velikih boginja, bjesnoće, žute groznice, ebole. dječje paralize i AIDS-a.

Virusi napreduju tako da živoj stanici otimaju genetski materijal i koriste ga za proizvodnju još virusa. Fanatično se razmnožavaju, a zatim se rasprše u potrazi za drugim stanicama koje će napasti. Budući

da sami nisu živi organizmi, mogu si priuštiti da budu vrlo jednostavni. Mnogi od njih, uključujući IIIV, imaju samo deset ili još manje gena, dok ih čak i najjednostavnije bakterije trebaju nekoliko tisuća. Također, vrlo su sićušni, premaleni da bi se vidjeli optičkim mikroskopom. Znanost ih je mogla po prvi put pogledati tek 1943. godine, zahvaljujući izumu elektronskog mikroskopa. No, oni mogu načiniti golemu štetu. U 20. stoljeću samo su velike boginje pobile tristo milijuna ljudi.

Također, imaju obeshrabrujuću sposobnost da se pojave u nekom novom i zapanjujućem obliku te da opet nestanu, brzo kako su i došli. U jednom takvom slučaju 1916. godine, stanovnici Europe i Amerike počeli su obolijevati od čudne bolesti spavanja, koja je postala poznata kao letargijska eneefalitis. Žrtve bi zaspale i ne bi se probudile. Moglo ih se probuditi uz velike poteškoće kako bi nešto pojele ili otišle na zahod, a na pitanja bi odgovarale razborito - znale su tko su i gdje se nalaze - iako im je ponašanje uvijek bilo apatično. Međutim, čim bi im se dopustilo da se odmore, smjesta bi ponovno utonule u dubok san i ostale u tom stanju. Neke su tako provele mjesece prije nego što su umrle. Vrlo ih je malo preživjelo i ponovno došlo k svijesti, ali im se nije povratila prijašnja živost. Živjele su u stanju duboke apatije, »poput ugaslih vulkana«, prema riječima jednog liječnika. Za deset godina ta je bolest ubila oko pet milijuna ljudi i zatim se tiho povukla. Nije privukla veću pažnju jer je u međuvremenu svijet poharala još gora epidemija - zapravo najgora u povijesti.

Ponekad se u engleskom naziva velikom epidemijom svinjske gripe, a ponekad velikom epidemijom španjolske gripe, u svakom slučaju, bila je surova. Prvi svjetski rat pobio je 21 milijun ljudi za četiri godine; španjolskaje gripa napravila isto, ali u samo prva četiri mjeseca. Gotovo 80 posto američkih žrtava u Prvom svjetskom ratu nije bilo pokošeno neprijateljskom vatrom, nego gripom. Stopa smrtnosti u nekim postrojbama bila je čak 80 posto.

Španjolska gripa pojavila se u proljeće 1918. godine kao normalna, nesmrtonosna gripa, ali je sljedećih mjeseci - nitko ne zna kako ni gdje - nekako mutirala u nešto opasnije. Petina žrtava patila je samo od blagih simptoma, ali ostale su postale teško bolesne, dok su mnoge umrle. Neke su podlegle za samo nekoliko sati, dok su ostale izdržale nekoliko dana.

Prvi smrtni slučajevi u Sjedinjenim Državama bili su zabilježeni medu mornarima u Bostonu potkraj kolovoza 1918., ali epidemija se

ubrzo proširila na ostale dijelove zemlje. Škole su zatvarane, javne priredbe obustavljane, a ljudi su posvuda nosili maske. No, ni to nije pomoglo. Između jeseni 1918. i proljeća sljedeće godine u Americi je od gripe pomrlo 548452 ljudi. U Britaniji je bilo 220 000 žrtava, a slično je bilo i u Francuskoj i Njemačkoj. Nitko ne zna globalan broj žrtava jer su evidencije u zemljama Trećeg svijeta često bile loše, no bilo ih je najmanje dvadeset milijuna, a vrlo vjerojatno oko 50 milijuna. Po nekim procjenama ukupan broj žrtava bio je čak 100 milijuna.

U pokušaju da pronađu cjepivo, medicinski su stručnjaci provodili eksperimente na dobrovoljcima u vojnom zatvoru na Deer Islandu u bostonskoj luci. Zatvorenicima je bio obećan oprost ako prežive niz testova. Ti su testovi u najmanju ruku bili rigorozni. Prvo bi ispitanicima ubrizgali zaraženo plućno tkivo uzeto s mrtvih ispitanika, a zatim bi im oči. nos i usta poprskah zaraznim sprejcvima. Ukoliko još uvijek ne bi podlegli, po grlu bi im razmazali izlučevine uzete s bolesnih i umirućih. Ako ništa od toga ne bi uspjelo, morali su sjediti otvorenih usta dok bi im teški bolesnik kašljao u lice.

Pomalo začuđujuće, ali od tristo dobrovoljaca liječnici su za testove odabrali šezdeset dvojicu i nitko od njih nije dobio gripu - nijedan jedini. Jedini koji je obolio bio je zatvorski liječnik, koji je ubrzo i umro. Vjerojatno zato što je epidemija nekoliko tjedana prije prošla kroz zatvor pa su dobrovoljci preživjeli tu najezdu i stekli prirodni imunitet.

O toj gripi iz 1918. godine zna se veoma malo ili uopće ništa. I dalje je zagonetka kako je mogla iznenada buknuti posvuda, u mjestima odijeljenima oceanima, planinskim lancima i drugim zemaljskim preprekama. Izvan tijela domaćina virus može preživjeti najdulje nekoliko sati. ali kako se onda mogao pojaviti i u Madridu. Bombaju i Philadelphiji, i to u istom tjednu?

Najvjerojatnije zato stoje virus bio inkubiran pa su ga proširili ljudi koji su imali samo blage simptome ili ih uopće nisu imali. Cak i u slučaju normalnih epidemija, oko 10 posto ljudi bilo koje populacije imaju gripu, ali nisu toga svjesni jer ne osjećaju njene učinke. Budući da se i dalje normalno kreću, oni su obično veliki kliconoše.

To bi moglo objasniti široku rasprostranjenost epidemije iz 1918. godine, ali to još uvijek ne objašnjava kako se uspjela pritajiti nekoliko mjeseci prije nego što je više-manje posvuda i istodobno eksplozivno planula. Cak je još zagonetnije da je bila najpogubnija za ljude u naponu snage. Gripa obično najteže pogađa djecu i starije, ali 1918. umirali su uglavnom ljudi od dvadesetak i tridesetak godina. Možda je starijim

ljudima dobro došla otpornost koju su stekli u prijašnjem doticaju s istim sojem, ali bilo je nepoznato zašto su bili pošteđeni i najmlađi. Najveća zagonetka od svih bila je zastoje gripa iz 1918. godine bila toliko grozno smrtonosna kada to većina gripa nije. O tome još uvijek nemamo blagoga pojma.

Povremeno se vraćaju određeni sojevi virusa. Neugodan ruski virus poznat kao III NI uzrokovao je 1933. godine velike epidemije širokih razmjera, zatim pedesetih i onda ponovno sedamdesetih. Nije poznato kamo bi svaki put u međuvremenu otišao. Jedna je od hipoteza da se virusi kriju neprimijećeni u populacijama divljih životinja prije nego što iskušaju sreću na novim generacijama ljudi. Nitko ne može isključiti mogućnost da bi se još jednom mogla pojaviti velika epidemija španjolske gripe.

A ako se ne pojavi ona, mogle bi neke druge. Stalno se pojavljuju novi i zastrašujući virusi. Groznice ebola, lassa i Marburg razbuktale su se i zatim zamrle, ali nitko ne može reći da negdje polako ne mutiraju ili jednostavno čekaju povoljnu priliku da se rasplamsaju na katastrofalan način. Danas je jasno daje AIDS bio medu nama mnogo dulje nego stoje to itko slutio. Znanstvenici u Kraljevskoj bolnici u Manchc-steru otkrili su daje mornar koji je 1959. godine umro iz zagonetnih i neizlječivih uzroka zapravo imao AIDS. No, zbog nekog razloga taje bolest sljedećih dvadeset godina ostala u općem mirovanju.

Ćudi da se nisu razmatrale ostale slične bolesti. Lassa groznica, koja je prvi put otkrivena tek 1969. u zapadnoj Africi, iznimno je virulentna i slabo poznata. Dok je 1969. godine proučavao lassa groznicu, od nje je obolio liječnik iz laboratorija na sveučilištu Yale u Nevv Havenu u Connecticutu. On je preživio, ali još više zabrinjava daje tom bolešću također bio zaražen tehničar iz obližnjeg laboratorija, koji joj nije bio izravno izložen, te je na kraju umro.

Srećom, sve je stalo na tome, ali ne možemo računati da ćemo uvijek biti te sreće. Naš način života priziva epidemije. Zračna putovanja omogućuju začuđujuće lako širenje zaraznih bolesti cijelim planetom. Virus ebole mogao bi započeti dan, recimo, u Berlinu, a završiti u Nevv Yorku, Hamburgu ili Nairobiju. ili u svima njima. To također znači da bi medicinski stručnjaci trebali bolje upoznati gotovo svaku bolest koja igdje postoji, ali naravno da nije tako. Jedan Nigerijac iz Clucaga 1990. godine bio je izložen lassa groznici za posjeta domovini, ali simptomi se nisu pojavili sve do povratka u Sjedinjene Države. Umro je u čikaškoj bolnici bez dijagnoze, s tim da nitko nije poduzeo nikakve

mjere opreza prilikom njegova liječenja jer je bilo nepoznato da ima jednu od najsmrtonosnijih i najzaraznijih bolesti na planetu. Nekim čudom nitko se drugi nije zarazio. Drugi put možda nećemo imati toliko sreće.

Uz ovu opasku za razmišljanje vrijeme je da se vratimo svijetu vidljivo živih.

21

ŽIVOT TEČE DALJE

Nije Iako postati fosilom. Sudbina gotovo svih živih organizama - njih preko 99,9 posto - svodi se na to da istrunu. Kada iz vas nestane života, svaka vaša molekula bit će izgrickana ili odnesena te iskorištena u nekom drugom sustavu. Tako stoje stvari. Čak ako i uspijete ući u onu malu grupu organizama, onih manje od 0,1 posto koji neće biti požderani, vrlo su mali izgledi da budete fosilizirani.

Da postanete fosil, mora se dogoditi više toga. Prvo, morate umrijeti na pravom mjestu. Samo oko 15 posto stijena može sačuvati fosile, dakle, nema smisla odapeti u budućem kamenolomu granita. Preminuli mora biti zakopan u sediment u kojem može ostaviti otisak, kao list u vlažnom blatu, ili se razložiti bez pristupa kisika, tako da molekule u kostima i tvrdim dijelovima (i vrlo rijetko u mekšim dijelovima) budu zamijenjene otopljenim mineralima, stvarajući okamenjenu kopiju originala. Zatim, dok Zemljini procesi nehajno pritišću, savijaju i guraju sedimente u kojima leži fosil, fosil nekako mora zadržati prepoznatljiv oblik. I što je najvažnije, nakon desetaka milijuna ili možda stotina milijuna godina skrivanja vaš fosil mora biti pronađen i prepoznat kao nešto što se isplati zadržati.

Pretpostavlja se da se samo svaka milijardita kost fosilizira. Ako je to točno, znači da će potpuno fosilno naslijeđe od svih danas živih Amerikanaca - to jest 270 milijuna ljudi, od kojih svaki ima 206 kostiju -biti oko pedeset kostiju, jedna četvrtina cijelog kostura. Naravno, to ne znači da će ijedna od tih kostiju ikada biti pronađena. Ako imamo na

umu da one mogu biti zakopane bilo gdje na površini od 9,3 milijuna četvornih kilometara, od čega će malo ikada biti prekopano, a još manje pregledano, bilo bi pravo čudo i da budu pronađene. Fosili su u svakom smislu izuzetno rijetki. Većina onoga što je živjelo na Zemlji nije ostavilo nikakav trag. Procjenjuje se daje manje od svake desettisućite vrste uspjelo ući u fosilne zapise. To je samo po sebi zapanjujuće infinitezimalan omjer. Međutim, ukoliko prihvatite uobičajenu procjenu daje Zemlja za svog postojanja proizvela trideset milijardi vrsta stvorenja te izjavu Richarda Leakcvja i Rogera Levvina (u djelu *The Sixth Extinctioii* - Šesto izumiranje) da u fosilnim zapisima ima 250 000 vrsta stvorenja, to smanjuje omjer na samo jedan prema 120000. U svakom slučaju, ono što posjedujemo, sitnije uzorak svekolikog života što gaje Zemlja iznjedrila.

Štoviše, naši su podaci beznadno jednostrani. Većina kopnenih životinja ne ugiba u sedimentima. Strovale se na otvorenom, gdje ih ili pojedu, ili istrunu ili se istroše dok ništa od njih ne ostane. U tom *sm\s\u* fosilni su zapisi *gotovo* apsurdno naklonjeni *morskim st\?ore*-njima. Oko 95 posto od svih otkrivenih fosila pripada životinjama koje su nekada živjele u vodi, uglavnom u plitkim morima.

Sve *ovo* navodim da bih objasnio zašto sam jednog sivog dana u veljači otišao u Prirodoslovni muzej u Londonu kako bih upoznao veselog, pomalo zgužvanog i vrlo simpatičnog paleontologa Richarda Fortevja.

Fortev zna strašno mnogo o strašno mnogo toga. Autor je odlične ironične knjige *Lije: An Utiauthorised Bio$raphy* (Život: neautorizirana biografija), koja pokriva cijelu povorku živih stvorova. No, njegova prva ljubav su vrsta morskih stvorenja zvana trilobiti, kojima su nekada bila krcata mora u ordovicijuu, ali sad već dugo ne postoje, osim u fo-siliziranom obliku. Svi su trilobiti imali zajednički oblik tijela od tri dijela ih režnja - glave, repa, toraksa - po čemu su i dobili ime. Fortev je svoj prvi fosil pronašao dok se kao dječak penjao po stijenama u zaljevu St. David u Walesu. I navukao se za cijeli život.

Odveo me u galeriju s visokim željeznim ormarima. Svaki je ormar ispunjen plitkim ladicama, a svaka je ladica ispunjena kamenini trilo-bitima - s ukupno dvadeset tisuća primjeraka.

»lb se može činiti mnogo«, složio se, »ali ako uzmete u obzir da su milijuni i milijuni trilobita milijunima i milijunima godina živjeli u pradavnim morima, dvadeset tisuća i nije velik broj. A većina ih je samo

djelomično očuvana. Pronalazak cjelovitog fosila trilobita još je uvijek velik događaj za paleontologa.«

Trilobiti su se po prvi put pojavili - potpuno oformljeni, kao iz vedra neba - prije otprilike 540 milijuna godina, uoči početka velike erupcije složenog života popularno poznate kao kambrijska eksplozija, a zatim su nestali, s mnogo ostalih vrsta, u velikom i još uvijek tajanstvenom permskom izumiranju kojih tristo tisuća stoljeća kasnije. Kao što je obično slučaj sa svim izumrlim stvorenjima, postoji razumljivo iskušenje da ih se smatra promašajem, ali trilobiti su zapravo jedna od najuspješnijih životinja koje su ikada živjele. Vladali su tristo milijuna godina - dvostruko dulje od dinosaura. koji su sami po sebi bili veliki povijesni pobjednici. Ljudi su, ističe Fortev, dosad preživjeli pola jednog postotka od toga.

S toliko vremena na raspolaganju, trilobiti su se izvanredno razmnožavali. Većina ih je ostala mala, otprilike veličine današnjih kukaca, ali neki su narasli do veličine pladnja. Zajedno su sačinjavali najmanje pet tisuća rodova i šezdeset tisuća vrsta - iako se stalno otkrivaju nove. Fortev je nedavno bio na konferenciji u Južnoj Americi, gdje mu je pristupila jedna profesorica s malog provincijskog sveučilišta u Argentini. »Imala je kutiju punu zanimljivih stvari - trilobita koji nikada prije nisu bili viđeni u Južnoj Americi, ni igdje drugdje, i još dosta toga. Nije imala opremu za njihovo proučavanje ni sredstava kako bi ih nastavila tražiti. Veliki dijelovi svijeta još su uvijek neistraženi.«

»U pogledu trilobita?«

»Ne, u pogledu svega.«

U 19. stoljeću trilobiti su bili gotovo jedini poznati oblici ranog složenog života pa ih se revno skupljalo i proučavalo. Njihova velika zagonetka bilo je iznenadno pojavljivanje. Cak i danas, kako kaže Fortev, zapanjujuće je kada dođete do prave vrste stijena pa se uspinjetc njome po eonima, i ne pronalazite nikakav vidljiv život, a onda se odjednom »u vašim drhtavim rukama stvori cijeli jedan *Profallotaspis* ili *Elenellus* velik poput raka«. To su bila stvorenja s udovima, škrgama, živčanim sustavom, ticalima, »nekom vrstom mozga«, prema Fortevjevim riječima, te s najčudnijim ikad viđenim očima. Bile su od kalcitnih prutića, od iste tvari koja sačinjava vapnenac, i tvorile su najranije poznati organ vida. Povrh toga, najraniji trilobiti nisu se sastojali samo od jedne poduzetne vrste nego od desetaka njih, a nisu se javljali na samo jednoj ili dvije lokacije nego posvuda. Mnogi mislioci iz 19. stoljeća u tome su

vidjeli trag Božjeg rada i dokaz protiv Darvvinovih evolucijskih ideja. Ako je evolucija tekla sporo, pitali su, kako onda on objašnjava tu iznenadnu pojavu složenih, potpuno formiranih stvorenja? Činjenica je da *on* to nije mogao objasniti.

Činilo se kao da će sve zauvijek ostati tako, sve dok paleontolog Charles Doolittle Walcott jednog dana 1909. godine nije došao do izvanrednog otkrića u kanadskom Stjenjaku, dakle tri mjeseca prije pedesete obljetnice objavljivanja Darvvinova djela *O podrijetla vrsta.*

Walcottje rođen 1850. godine i odrastao je nedaleko Utiče u državi New York, u obitelji skromnih sredstava, koja svi postala još skromnija iznenadnom smrću njegova oca dok je Charles bio još dijete. Kao dječak, Walcottje otkrio daje majstor u pronalaženju fosila, posebno trilo-bita, te je skupio toliko bogatu zbirku da ju je Louis Agassiz kupio za svoj muzej na Harvardu za pravo malo bogatstvo - otprilike 45 000 funti u današnjem novcu. Iako je imao jedva srednjoškolsko obrazovanje te je bio samouk u prirodnim znanostima, Walcott je postao vodeći autoritet za trilobitc i bio je prvi koji je ustvrdio da oni pripadaju člankonoščima, grupi u kojoj su i današnji kukci i rakovi.

Walcott je 1879. godine prihvatio posao terenskog istraživača u novo-osnovanoj Geološkoj upravi Sjedinjenih Država, a kako je odlično služio, za petnaest godina došao je do mjesta njena čelnika. Tajnikom Smithsonian Institutiona imenovanje 1907. godine, gdje je ostao sve do svoje smrti 1927. godine. Usprkos svojim administrativnim obvezama, nastavio je raditi na terenu i mnogo pisati. »Njegove knjige ispunjavaju cijelu policu u knjižnici«, kaže Fortev. Nije slučajno daje bio ravnatelj i osnivač Nacionalne uprave za aeronautiku i astronautiku, NASA-e, pa se tako s pravom može smatrati začetnikom svemirskog doba.

No, danas ga se pamti po oštroumnom, ali i sretnom otkriću u Britanskoj Kolumbiji, visoko iznad malog gradića Ficlda krajem ljeta 1909. godine. Uobičajena verzija priče kaže da je Walcott sa svojom ženom jahao planinskom stazom kada se konj njegove žene poskliznuo na kamenju. Kada je sišao s konja da joj pomogne, Walcott je otkrio daje konj preokrenuo ploču škriljevca koja je sadržavala fosiliziranog raka iznimno stare i neobične vrste. Padao je snijeg- u kanadskom Stjenjaku zima dolazi rano - pa se nisu zadržali, ali Walcott se vratio na to mjesto prvom prilikom sljedeće godine. Tragajući za pretpostavljenom rutom klizanja stijene, popeo se na visinu od 250 metara ispod planinskog vrha. Na 2500 metara iznad morske razine pronašao je izdanak škriljevca koji je bio dug otprilike kao gradski blok, a sadržavao je neusporediv niz fosila

koji je nastao ubrzo nakon trenutka kada je u silnom obilju niknuo složen život - nakon slavne kambrijske eksplozije. Walcott je zapravo pronašao sveti gral paleontologije. Taj je izdanak postao poznat kao Burgesski škriljevac, prema imenu grebena na kojem je bio pronađen, i dugo je bio »naš jedini pogled na zametak modernog života u svom njegovu izobilju«, kao stoje napisao pokojni Stephen Jay Gould u svojoj popularnoj knjizi *Wonderful Life* (Čudesni život).

Skrupulozan kakav je bio, čitajući Walcottove dnevnike Gould je otkrio da je priča o otkriću Bugesskog škriljevca pomalo iskićena -Walcott ne spominje ni konja koji se posklizuo, ni snijeg - ali to je nedvojbeno bilo iznimno otkriće.

Nama, čije je vrijeme na Zemlji ograničeno na nekoliko prolaznih desetljeća, gotovo je nemoguće predočiti koliko je kambrijska erupcija vremenski udaljena od nas. Kada biste mogli letjeti unatrag u prošlost brzinom od jedne godine u sekundi, trebalo bi vam otprilike pola sata do dođete do Kristova doba te malo više od tri tjedna kako biste došli do početaka ljudskog života. No, trebalo bi vam čak dvadeset godina da dođete do osvita razdoblja kambrija. Drugim riječima, bilo je to iznimno davno, a svijet je onda bio potpuno drugačije mjesto.

Samo kao primjer, prije petsto i više milijuna godina, kada je Burgesski škriljevac bio formiran, on nije bio na vrhu planine, nego u podnožju. Točnije, bio je u plitkom oceanskom bazenu na dnu strmog grebena. Mora su u to doba vrvjela životom, ali životinje obično nisu ostavljale traga jer su bile mekih tijela pa su se nakon ugibanja raspadale. No, greben u Burgessu se srušio pa su stvorenja ispod njega bila pokopana u blatnom odronu i sprešana kao cvijeće u herbariju, a njihovi obrisi sačuvani do čudesnih detalja.

Na svojim godišnjim ljetnim putovanjima od 1910. do 1925. godine (kada je imao već sedamdeset pet godina) Walcott je iskopao desetke tisuća primjeraka (Gould kaže osamdeset tisuća; inače besprijekorni kontrolori podataka u *National Geogmphicu* kažu šezdeset tisuća), koje je donio u Washington radi daljnjih proučavanja. S obzirom na količinu i raznolikost, zbirka je bila bez premca. Neki od fosila iz *Burgessa* imali su ljušture; mnogi drugi nisu. Neka su stvorenja imala osjetilo vida, druga su bila slijepa. Raznolikost je bila golema, prema jednom proračunu sastojala se od 140 vrsta. »Burgesski škriljevac sadržavao je niz oprečnih anatomskih oblika kojima nikada poslije nije bilo premca pa se s njima danas ne mogu mjeriti ni sva stvorenja iz svjetskih oceana«, pisao je Gould.

Gould smatra da Walcott, nažalost, nije uspio razabrati važnost onoga što je pronašao. »Pretvarajući pobjedu u poraz«, pisao je Gould u jednom drugom djelu, *Eiglit Little Piggies* (Osam praščića), »Walcott je te veličanstvene fosile počeo tumačiti na najpogrešniji mogući način.« Smjestio ih je u moderne skupine, smatrajući ih precima današnjih crva, meduza i ostalih stvorenja, ne uvažavajući njihovu osebujnost. »Prema takvoj interpretaciji«, uzdahnuo je Gould, »životje započeo prvobitnom jednostavnošću, a zatim je, naravno, neumoljivo krenuo naprijed, prema većem i boljem.«

Walcott je umro 1927. godine, a fosili iz Burgessa uglavnom su bili zaboravljeni. Gotovo pola stoljeća ostali su zatvoreni u ladicama Američkog prirodoslovnog muzeja u Washingtonu, rijetko ih se promatralo i nikada nisu bili osporavani. A onda je 1973. godine zbirku posjetio postdiplomant sa Sveučilišta Cambridge Simon Conway Morris. Bio je zaprepašten onim što je otkrio. Fosili su bili mnogo raznovrsniji i veličanstveniji nego stoje Walcott naveo u svojim djelima. U takso-nomiji koljeno je jedna od kategorija koja opisuje osnovne oblike tijela organizama, a ovdje su, zaključio je Conway Morris, bile pune ladice takvih anatomskih posebnosti - a nekim neobjašnjivim čudom čovjek koji ih je pronašao nije prepoznao nijednu od njih.

Conway Morris je sa svojim mentorom Harryjem Whittingtonom i kolegom postdiplomantom Derekom Briggsom sljedećih nekoliko godina proveo u sustavnoj reviziji cjelokupne zbirke, a kako su se otkrića gomilala, lansirao je uzbudljive monografije jednu za drugom. Mnoga od stvorenja ne samo da su imala oblik tijela koji jednostavno nikada prije ni poslije nije bio viđen nego su bili *bizarno* različiti. Jedno od njih, *Opabinia,* imalo je pet očiju i cjevastu njušku s pandžama na kraju. Drugo, okruglo biće zvano *Ptjtoia* smiješno je sličilo na krišku ananasa. Treće je očigledno teturalo na redovima štulastih nogu, a bilo je toliko čudno da su ga nazvali *Hallucigenia.* U zbirci je bilo toliko neprepoznatih novina da su navodno jednom čuli kako je Convvav Morris nakon otvaranja nove ladice progundao: »Jebemti, ne još jedno koljeno!«

Revizija tog engleskog tima pokazala je daje kambrij bilo razdoblje neviđenih inovacija i eksperimentiranja s konstrukcijom tijela. Gotovo četiri milijarde godina život je ljenčario bez ikakvih vidljivih ambicija glede složenosti, a zatim je iznenada, u razdoblju od samo pet ili deset milijuna godina, stvorio sve osnovne tjelesne konstrukcije koje su i danas u upotrebi. Navedite bilo koje stvorenje, od nematodskog crva

cio Cameron Diaz, i svako ima strukturu koja je po prvi put stvorena na kambrijskom tulumu.

Međutim, najviše je čudilo da se toliko mnogo tjelesnih konstrukcija nije uspjelo probiti, da se tako izrazim, te nije ostavilo potomaka. Prema Ciouldu najmanje petnaest, možda čak i dvadeset životinja iz Burgessa pripadalo je nekom nepoznatom koljenu. (Taj se broj prema nekim popularnim izračunima uskoro popeo čak na 100 - mnogo više nego što su znanstvenici s Cambridgea ikada tvrdili.) »Povijest života«, pisao je Gould. »priča je o masovnom nestanku, nakon čegaje uslijedila diferencijacija unutar nekoliko preživjelih zajednica, a ne tradicionalna priča o postupnom povećavanju izvrsnosti, složenosti i raznolikosti.« Činilo se daje evolucijski uspjeh bio lutrija.

jedno stvorenje koje se *uspjelo* provući, malo crvoliko biće zvano *Pikala gracilan,* imalo je primitivnu kralježnicu, što ga čini najranijim poznatim pretkom svih kasnijih kralježnjaka. uključujući i nas. Medu fosilima iz Burgessa *Pikala* ni u kom slučaju nije bilo u obilju, tako da sam Bog zna koliko su bili blizu izumiranja. Gould u svom slavnom citatu ne ostavlja mjesto sumnji da uspjeh naše loze vidi kao puku sreću: »Premotajte traku života unatrag, do ranih dana Burgesskog škriljevca; ponovno je pustite s iste polazne točke i izgledi da reprizu svojom prisutnošću počasti išta nalik ljudskoj inteligenciji postaju krajnje neznatni.«

Gouldov *Čudesni život* bio je objavljen 1989. godine uz sveopće odobravanje kritike te je postigao velik komercijalni uspjeh. No, tada nije bilo općepoznato da se mnogi znanstvenici uopće ne slažu s Gouldovim zaključcima te da će sve skupa uskoro postalo vrlo gadno. U kontekstu kambrija "eksplozija' će uskoro imati više veze sa suvremenim temperamentom nego s pradavnim fiziološkim činjenicama.

Zapravo, danas nanije poznato da su složeni organizmi postojali najmanje stotinu milijuna godina prije kambrija. To nam je trebalo biti jasno mnogo ranije. Gotovo četrdeset godina nakon Walcottova otkrića u Kanadi mladi geolog Reginald Sprigg na drugom kraju planeta, u Australiji, pronašao je nešto još starije i na svoj način isto toliko izvanredno. Kao mladog nižeg državnog geologa za južnu Australiju. Sprigga su 1946. godine poslali da pregleda napuštene rudnike u gorju Ediacaran u sklopu lanca Flinders, na prostoru pakleno vruće divljine kojih 500 kilometara sjeverno od Adelaidea. Trebao je provjeriti ima li starih rudnika koji bi mogli ponovno proraditi primjenom novije tehnologije.

tako da uopće nije proučavao površinske stijene, a još manje fosile. No, dok je jednog dana ručao, Sprigg je dokono preokrenuo komadinu pješčanika i, blago rečeno, veoma se iznenadio kad je otkrio daje površina stijene prekrivena finim fosilima, poput otisaka lišća u blatu. Te su stijene bile starije od kambrijske eksplozije. Promatrao je osvit vidljivog života.

Sprigg je predao članak časopisu *Nature,* ali je bio odbijen. Zatim ga je pročitao na sljedećem godišnjem sastanku Australskog i Novozelandskog društva za promicanje znanosti, ali nije uspio steći naklonost čelnika društva, koji je rekao da su ediacaranski otisci tek »slučajne anorganske oznake« - likovi koje su napravili vjetar, kiša ili morske mijene, a ne živa bića. Budući da mu nada još nije bila potpuno ugašena, Sprigg je 1948. godine otputovao u London i predstavio svoja otkrića na Međunarodnom geološkom kongresu, ali nije uspio pobuditi zanimanje niti mu je itko povjerovao. Konačno, u pomanjkanju boljeg rješenja, objavio je svoja otkrića u *Radovima Kraljevskog društva Južne Australije.* Zatim je napustio državni posao i posvetio se istraživanju nafte.

Devet godina poslije, 1957. godine, školarac John Mason šetaoje kroz šumu Charmvood u središnjoj Engleskoj i pronašao kamen s čudnim fosilom, sličanim današnjoj lignji gladiusu, a koji je nalikovao ijednom od primjeraka koje je pronašao Sprigg i o kojima je otad bezuspješno govorio. Dječak gaje predao paleontologu na Sveučilištu Lcicester, koji ga je smjesta odredio kao prekambrijski. Slika malog Masona bila je objavljena u novinama, slavljenje kao pravi mali junak; još je uvijek u mnogim knjigama. Primjerakje njemu u čast nazvan *Charnia masoni.*

Neki od originalnih Spriggovih primjeraka iz Ediacarana, s ostalih petnaest tisuća koji su otada pronađeni diljem Flindersova gorja, danas se mogu vidjeti u staklenoj vitrini na katu velikog lijepog Muzeja Južne Australije u Adelaideu, ali ne privlače baš mnogo pažnje. Sitno urezani uzorci slabo su vidljivi i nisu previše zanimljivi neškolovanom oku. Uglavnom su maleni i okrugli, s pokojom nejasnom puzavom trakom. Fortev ih je opisao kao »mekušne bizarnosti«.

Mišljenja oko toga što su ta bića bila i kako su živjela, još su uvijek vrlo podijeljena. Kako se čini, ona nisu imala ni usta ni anus za uzimanje i izbacivanje hrane, ali ni unutarnjih organa koji bi ih prerađivali. »Za života«, kaže Fortev, »većina ih je vjerojatno jednostavno ležala na površini pjeskovitog sedimenta, poput mekog i neživog morskog lista bez unutrašnje grade.« U svom najživljem obliku nisu bila složenija od

meduze. Sva stvorenja iz Ediacarana bila su diploblasti, što znači da su bila izgrađena od dva sloja tkiva. Osim meduza, sve su današnje životinje triploblasti.

Neki stručnjaci misle da to uopće nisu bile životinje, nego nešto više nalik na biljke ili gljive. Razlike između biljke i životinje nisu uvijek jasne, čak ni danas. Današnja spužva čitav životni vijek provede pričvršćena najednom mjestu, nema očiju, mozga i srca koje kuca, a ipak je životinja. »Kada bismo se vratili u prekambrij, te razlike između biljaka i životinja bile bi vjerojatno još nejasnije«, kaže Fortev. »Ne postoji nikakvo pravilo koje kaže da morate očito biti ili jedno ili drugo.«

Ne postoji ni suglasnost oko toga jesu li organizmi iz Ediacarana na ikoji način preci ičemu danas živom (osim možda nekim meduzama). Mnogi ih stručnjaci smatraju svojevrsnim neuspjelim eksperimentom, pokušajem prema složenosti koji se nije održao, vjerojatno zbog toga jer su trome ediacaranske organizme proždrlc ili nadvladale okretnije i složenije životinje iz razdoblja kambrija.

»Danas ne postoji ništa živo što bi im bilo i približno slično«, napisao je Fortey. »Teško ih je interpretirati kao ikakvu vrstu predaka onoga što je uslijedilo.«

Na kraju krajeva, smatralo se da oni i nisu strašno važni za razvoj života na Zemlji. Mnogi stručnjaci vjeruju daje došlo do masovnog istre-bljenja na granici prekambrij-kambrij i da nijedno od bića iz Ediacarana (osim možda meduza) nije uspjelo prijeći u sljedeću fazu. Drugim riječima, pravi složeni život počeo je kambrijskom eksplozijom. U svakom slučaju, tako je to vidio Gould.

Sto se tiče revizora fosila iz Burgesskog škriljevca, znanstvenici su gotovo istog trenutka počeli dovoditi u pitanje njihove interpretacije, a pogotovo Gouldovc interpretacije tih interpretacija. »Od samog početka bilo je mnogo znanstvenika koji su sumnjali u interpretacije Stevea Goulda, koliko god da su se divili načinu na koji ih je iznio«, pisao je Fortev u časopisu *Life.* To je bilo blago rečeno.

»Kada bi Stephen Gould barem tako jasno razmišljao kao što piše!« zavapio je oksforđski akademik Richard Davvkins pišući svoju kritiku *Čudesnog žii'ota* (u *Simday Telegraplui).* Davvkins je priznao da se knjiga »čita u jednom dahu« i daje »literarni *tour de* /n/re«. ali je optužio Goulda da se bavi »bombastičnim i gotovo podmuklim« pogrešnim tumačenjem činjenica tvrdeći da su revizije Burgessa prenerazile paleontološke krugove. »Stajalište koje on napada - da evolucija neumoljive) maršira

prema vrhuncu na kojem je čovjek - napušteno je već pred kojih 50 godina«, bjesnio je Davvkins.

Mnogi drugi kritičari nisu bili toliko suptilni. U *Neu> York Times Book Rcvicivn* jedan je duhovito komentirao kako na temelju Gouldove knjige ispada da se znanstvenici »nabacuju nekim pretpostavkama koje generacijama nisu proučavali. Ili da nevoljko ili s entuzijazmom prihvaćaju ideju da su ljudi isto toliko pogreška prirode koliko i proizvod urednog razvoja«.

No, Gould je pravi bijes izazvao zato što se smatralo da su mnogi njegovi zaključci bili jednostavno pogrešni ili nepromišljeno napuhani. Davvkins je u časopisu *Evohitiou* napao Gouldove tvrdnje da je »evolucija u kambriju bila drugačija *vrsta* procesa od onoga cianas« te je izrazio svoju iziritiranost Gouldovim opetovanim tvrdnjama daje »kambrij bio razdoblje evolucijskog 'eksperimenta', evolucijskih "pokušaja i pogrešaka', evolucijskih 'neuspjelih pokušaja'... To je bilo plodno doba kada su otkriveni svi veliki 'osnovni oblici tijela". Danas evolucija samo prtlja po starim oblicima tijela. U kambriju su se stalno pojavljivala nova koljena i novi razredi. Danas dobivamo samo nove vrste!«

Primjećujući koliko se često barata s tom idejom - da nema novih oblika tijela - Davvkins kaže: »To je kao da vrtlar pogleda hrast i zapanjeno primijeti: 'Nije li čudno da se već dugo godina na ovom drvetu nisu pojavile nove i veće grane? Sada rastu samo izdanci u obliku grančica.'«

»Bilo je to čudno doba«, prisjeća se Fortev. »pogotovo ako znate da je sve to bilo zbog nečega što se dogodilo prije petsto milijuna godina, ali strasti su se stvarno bile prilično uzburkale. U jednoj od svojih knjiga našalio sam se kako mi se čini da trebam staviti zaštitnu kacigu prije nego što počnem pisati o kambrijskom razdoblju. U neku ruku. stvarno sam se tako osjećao.«

Najčudniji je bio odgovor jednog od junaka *(čudesnog života.* Smiona Convvava Morrisa, koji je zaprepastio mnoge iz paleontoloških krugova svojini iznenadnim napadom na Goulda u knjizi 77/e *Cmciblc of (Jvation* (Kovačnica stvaranja). »Nikada u knjizi jednog stručnjaka nisam naišao na takvu žučljivost«. poslije je pisao Fortev. »Slučajni čitatelj *Kovaćuicc stvaranja,* bez poznavanja cijele priče, nikada ne bi zaključio da su autorovi stavovi nekada bili bliski (ako ne i isti) Gouldovima.«

Kada sam o tome zapitao Fortcvja. rekao je: »Pa. bilo je to vrlo čudno, zapravo, poprilično šokantno. jer ga je Gould prikazao vrlo pohvalno. Mogu jedino pretpostaviti da je Smion bio posramljen. Znate, znanost se mijenja, ali knjige ostaju, pretpostavljam da je žalio što je bio

tako neizbrisivo povezan sa stavovima koje više nije zastupao. Tamo je bilo sve o onome 'Jebcmti, još jedno koljeno' pa mislim daje žalio što je poznat zbog toga. Iz Simonove knjige ne biste nikada mogli zaključiti da su njegovi stavovi nekada bili gotovo identični Gouldovima.«

Tako su rani kambrijski fosili bili podvrgnuti kritičkom preispitivanju. Fortev i Derek Briggs - također jedan od glavnih aktera Gouldove knjige - koristili su metodu poznatu kao kladistika kako bi usporedili razne fosile iz Burgessa. Jednostavno rečeno, kladistika se sastoji od organiziranja organizama na temelju zajedničkih svojstava. Kao primjer, Fortev navodi usporedbu rovke i slona. Ako uzmete u obzir slonovu golemu veličinu i dojmljivu surlu, mogli biste zaključiti da on nema ničeg zajedničkog sa sićušnom, njuškavom rovkom. No, kada biste ih oboje usporedili s gušterom, vidjeli biste da su slon i rovka zapravo, više-manje, slične konstrukcije. Fortev zapravo govori o tome da je Gould vidio slonove i rovke tamo gdje su on i Briggs vidjeli sisavce. Oni su vjerovali da stvorenja iz Burgessa nisu bila toliko čudna i raznolika kakvima su se činila na prvi pogled. »Cesto nisu bila čudnija od trilobita«, kaže mi Fortev. »Stvar je u tome da nam je trebalo otprilike jedno stoljeće da se priviknemo na trilobite. Suživot, znate, izaziva naviklost.«

Moram napomenuti da to nije bilo zbog neurednosti ili nepažnje. Tumačenje oblika i suodnosa pradavnih životinja na temelju često iskrivljenih i djelomičnih dokaza očito je škakljiv posao. Jednom je Edward O. Wilson naveo da kada biste uzeli odabrane vrste današnjih kukaca i predstavili ih kao tosile iz Burgessa, nitko nikada ne bi pogodio da su svi om iz istog koljena jer su im oblici tijela toliko različiti. Prilikom revizije veoma su pomogla i otkrića još dva rana kambrijska nalazišta, jednog na Grenlandu i drugog u Kini, uz još nekoliko raštrkanih nalaza, koji su zajedno rezultirali mnogim dodatnim i često boljim primjercima.

Na krajuje zaključeno da fosili iz Burgessa ipak nisu bili toliko različiti. Ispostavilo se daje *Hallucigcnia* bila rekonstruirana naopačke. Njene štulaste noge zapravo su bile bodlje na leđima. *Ptjtoia,* čudno stvorenje koje je izgledalo poput kriške ananasa, nije bilo zasebno stvorenje, nego samo dio veće životinje zvane *Anonialocam.* Mnogi od primjeraka iz Burgessa danas se pripisuju živućim koljenima - upravo tamo kamo ih je Walcott odmah stavio. Smatra se da su *UaUucigcnia* i neke druge u srodstvu s *()nychophoivni.* grupom gusjeničastih životinja. Drugi su preklasificirani kao preci današnjih kolutićavaca. Zapravo, kaže Fortev,

»relativno je malo kambrijskih konstrukcija koje su potpuno nove. Češće se ispostavi da su to samo zanimljive razrade postojećih konstrukcija«. Kao stoje zabilježio u časopisu *Life:* »Nijedan nije bio toliko čudan kao današnji lupar, ni toliko groteskan kao matica termita.«

Tako primjerci iz Burgesskog škriljevca i nisu bili toliko spektakularni. To ne znači da su, kao stoje napisao Fortev, »išta manje zanimljivi ili čudni, samo ih je lakše objasniti«. Njihova čudna tjelesna konstrukcija bila je samo neka vrsta mladenačke razigranosti - vrsta evolucijskog ekvivalenta irokezici i probušenom jeziku. Na kraju su se oblici skrasili u smirenim i stabilnim srednjim godinama.

No, to još uvijek nije davalo odgovor na pitanje odakle su sve te životinje došle - kako su se iznenada i ni od kuda pojavile.

Nažalost, ispostavilo se da kambrijska eksplozija možda i nije bila toliko eksplozivna. Danas se misli da su kambrijske životinje vjerojatno stalno postojale, ali su bile nevidljivo sitne. Ponovno su trilobiti bili rješenje - pogotovo ta naizgled tajanstvena pojava različitih vrsta trilo-bita po naširoko raštrkanim lokacijama diljem zemaljske kugle, a svi su se oni pojavili, više-manje, istodobno.

Na prvi pogled moglo bi se učiniti daje iznenadna pojava mnogih potpuno oformljenih, ali raznolikih stvorenja povećala čudnovatost kambrijske erupcije, no zapravo je bilo suprotno. Jedno je kad se jedno dobro oformljeno biće poput trilobita razvije u izolaciji - to je stvarno čudo - ali kad ih je mnogo, a svi su različiti i jasno povezani te se istodobno pojavljuju u fosilnim zapisima na toliko udaljenima mjestima poput Kine i NewYorka, to onda jasno pokazuje da nam je nepoznat veći dio njihove povijesti. To je najjači dokaz da sujednostavno morali imati pretka - neku pravrstu koja je započela liniju u mnogo ranijoj prošlosti.

Danas se misli da te ranije vrste nismo pronašli jer su bile presićušne da bi se sačuvale. Fortev kaže: »Da budeš složen organizam koji savršeno funkcionira, nije neophodno da budeš velik. Danas je more prepuno sićušnih člankonožaca koji nisu ostavili fosilnih tragova.« Navodi primjer malenog veslonošca kojeg u današnjim morima ima na bilijune te se okuplja u jata dovoljno velika da velika oceanska prostranstva oboje u crno, a naše sveukupno znanje o njegovu podrijetlu jedan je jedini primjerak pronađen u tijelu drevne fosiliziranc ribe.

»Mnogo je vjerojatnije daje kambrijska eksplozija, ako je to za nju prava riječ, predstavljala rast količine nego iznenadnu pojavu novih tjelesnih tipova«, kaže Fortev »Do nje je vjerojatno došlo prilično brzo.

pa je u toni smislu i bila eksplozija.« Baš kao što su sisavci stotinu milijuna godina čekali povoljan čas, sve dok se dinosauri nisu pokupili, te su se tada u golemu broju razmiljeli cijelim planetom, tako su možda i člankonošci i ostali triploblasti čekali u polumikroskopskoj anonimnosti da dominantni ediacaranski organizmi odžive svoje. Fortev kaže: »Znamo da su se sisavci prilično brzo i dramatično povećali nakon što su otišli dinosauri - naravno, kada kažem 'prilično brzo', to mislim u geološkom smislu. Još uvijek govorimo o milijunima godina.«

Usput budi rečeno, na kraju su Reginaldu Spnggu ipak priznate dugo osporavane zasluge. Jedan od važnijih ranih rodova, *Spriggina,* nazvan je njemu u čast, kao i nekoliko vrsta, a sve je postalo poznato kao ediaca-ranska fauna, prema brdima na kojim ih je otkrio. Međutim, dotad su već bili prošli Spriggovi dani lova na fosile. Kada je napustio geologiju, osnovao je uspješnu naftnu kompaniju i na kraju se povukao na imanje u svom voljenom Flindersovu gorju, gdje je otvorio park prirode. Umro je 1994. godine kao bogataš.

22

ZBOGOM SVEMU TOME

Kada ga promatrate iz ljudske perspektive, a očito je da bi nam neka druga bila teško dostupna, život je čudan. Jedva je dočekao da počne, ali kada je započeo, čini se da mu se baš i nije žurilo dalje.

Uzmimo na primjer lišaj. Lišajevi su možda najotporniji vidljivi organizmi na Zemlji, ali su medu najneambicioznijima. Oni sretno i zadovoljno rastu i na sunčanim grobljima, ali posebno dobro uspijevaju u područjima u koja ne bi otišao nijedan drugi organizam - na vjetrovitim planinskim vrhuncima arktičkih pustoši, gdje nema ničega osim stijena, kiše i hladnoće, pa tako ni previše konkurencije. U predjelima Antarktike, gdje ne raste gotovo ništa drugo, možete pronaći golema prostranstva lišajeva - oko 400 vrsta - kako se vjerno drže svakog vjetrom šibanog kamena.

Ljudi dugo nisu mogli razumjeti kako im to uspijeva. Budući da su lišajevi rasli na golom kamenju, bez ikakvog očitog izvora hrane ili proizvodnje sjemenki, mnogi ljudi - obrazovani ljudi - vjerovali su da je to kamenje zahvaćeno procesom u kojem se pretvara u biljke. »Anorganski kamen spontano postaje živom biljkom!« veselio se 1819. godine jedan promatrač, neki dr. Hornschuch.

Pažljiviji pregled pokazao je da su lišajevi više zanimljivi nego čarobni. Oni su zapravo partneri, odnosno kombinacija gljive i alge. Gljive izlučuju kiseline koje otapaju površinu kamena i oslobađaju minerale, koje onda alge pretvaraju u hranu dostatnu za oboje. To nije vrlo

uzbudljiv sporazum, ali je iznimno uspješan. Na Zemlji postoji više od dvadeset tisuća vrsta lišajeva.

Kao i većina stvorenja koja uspijevaju u teškim uvjetima, i lišajevi rastu sporo. Nekim lišajevima treba pola stoljeća da poprime dimenzije gumba na košulji. Oni veličine tanjura, piše David Attenborough, »vjerojatno su stari stotine, ako ne i tisuće godina«. Bilo bi teško zamisliti postojanje koje je manje ispunjeno od njihova. »Oni jednostavno postoje«, dodaje Attenborough, »i tako svjedoče dirljivu činjenicu da život, čak i na najjednostavnijoj razini, nastaje radi sebe samog.«

Lako je previdjeti da život naprosto jest. Kao ljudi, skloni smo vjerovati da život mora imati smisla. Mi imamo planove, težnje i želje. Uvijek želimo u potpunosti iskoristiti opojno postojanje kojim smo obdareni. No, stoje život jednog lišaja? Ipak, njegov nagon da postoji, da bude, jak je koliko i naš - možda i jači. Da meni netko zapovijedi da kao krznena izraslina na nekom kamenu u šumi provedem desetljeća, vjerujem da bih izgubio volju za životom. Lišajevima se to ne događa. Kao gotovo sva živa bića, oni će pretrpjeti sve patnje, izdržat će svaku uvredu, samo za trenutak dodatnog postojanja. Ukratko, život jednostavno želi biti. Ali, zanimljivo je da uglavnom ne želi biti ništa posebno.

To je pomalo čudno jer je život imao mnogo vremena da razvije svoje ambicije. Ako zamislimo daje 4500 milijuna godina zemaljske povijesti sažeto ujedan normalan zemaljski dan, tada život počinje vrlo rano, otprilike u 4 ujutro, pojavom prvih jednostavnih jednostaničnih organizama, ali sljedećih šesnaest sati ne napreduje. Tek u 8 sati i 30 minuta navečer, kada je već prošlo pet šestina dana, Zemlja može pokazati svemiru nešto više od nemirnih mikroba. Tada se konačno javljaju prve morske biljke, a dvadeset minuta nakon njih prve meduze i zagonetna ediacaranska tauna, koju je prvi ugledao Regmald Sprigg u Australiji. U 9 sati i 4 minute navečer na sceni se pojavljuju trilobiti, a za njima gotovo odmah slijede skladna stvorenja iz Burgcsskog škri-ljevca. Nešto prije 10 navečer na kopnu se počinju pojavljivati biljke. Ubrzo zatim, manje od dva sata do kraja dana, slijede prva kopnena stvorenja.

Zahvaljujući blagom vremenu koje traje nekih desetak minuta. Zemlja je do 10 sati i 24 minute pokrivena velikim karbonskim šumama, čiji nam ostaci daju ugljen, a vidljivi su i prvi krilati kukci. Dinosauri se probijaju na scenu nešto prije 11 navečer i zadržavaju se na vlasti oko 45 minuta. Oni nestaju 21 minutu prije ponoći kad započinje doba

sisavaca. Ljudi se pojavljuju 1 minutu i 17 sekundi prije ponoći. Cijela naša zabilježena povijest na toj vremenskoj crti trajala bi tek nekoliko sekundi, a jedan ljudski život bio bi tek tren. A čitavog tog, veoma komprimiranog dana kontinenti klize uokolo i iznenada se vratolomno sudaraju. Planine se podižu i ruše, oceanski bazeni nastaju i nestaju, ledene ploče dolaze i povlače se. I za svo to vrijeme, otprilike triput svake minute, na nekom dijelu planeta pojavi se blistav prasak svjetlosti koji označava udar meteora poput onoga iz Mansona ili većeg. Pravo je čudo kako uopće išta može preživjeti u tako nesigurnom i nesređenom okolišu. Zapravo, malo toga dugo i preživi.

Možda bi još bolje mogli pojmiti našu iznimnu nedavnost, kao dio te 4,5 milijarde godina stare slike, tako da raširimo ruke koliko možemo i zamislimo daje ta duljina cjelokupna povijest Zemlje. Prema riječima Johna McPheca u djelu *Basiii and Rangc* u tom mjerilu prekambrij je udaljenost od vrhova prstiju jedne ruke do zapešća druge. Sav složeni život je najednom dlanu, »ajednim potezom srednje hrapave turpijice za nokte mogli biste izbrisati ljudsku povijest«.

Srećom, taj se trenutak nije dogodio, ali dobri su izgledi da će se dogoditi. Ne bih htio baš sad biti sumoran, ali činjenica je da postoji još jedna iznimno relevantna odlika života na Zemlji: on izumre. Prilično redovito. S obzirom na sve napore koje vrste prođu kako bi se razvile i očuvale, ruše se i izumiru nevjerojatno rutinska. A što su složenije, čini se da izumru brže. I to je možda jedan od razloga zašto toliki dio života nije previše ambiciozan.

Stoga je pravi događaj svaki put kada život učini nešto smjelo, a malo je događaja važnijih od onog kada je život u našoj priči pošao dalje i izašao iz mora.

Kopno je bilo impresivno okružje: vruće, suho, obasjano intenzivnim ultraljubičastim zračenjem, bez mogućnosti plutanja, koje kretanje u vodi čini relativno laganim. Kako bi živjela na kopnu, stvorenja su trebala proći sveopću reviziju svojih anatomija. Primite li ribu za oba kraja, ona će se na sredini uleknuti. kralježnica joj je preslaba da je podupire. Da bi preživjela izvan vode. morska su stvorenja trebala novu unutarnju konstrukciju za držanje tereta - a to nije vrsta prilagodbe koju je moguće obaviti preko noći. Povrh svega i očigledno, svako kopneno stvorenje trebalo je razviti način za uzimanje kisika izravno iz zraka umjesto da ga filtrira iz vode. To nisu bili trivijalni izazovi koje je trebalo prebroditi. S druge strane, postojao je snažan poticaj za

izlazak iz vode: dolje je postalo opasno. Polagano stapanje kontinenata u jedinstvenu kopnenu masu, Pangeu, rezultiralo je s mnogo manje obale nego prije te smanjilo obalna staništa. Stoga je konkurencija bila žestoka. Na scenu je stupila i uznemirujuća nova vrsta grabežljivaca sveždera, tako savršeno razvijenog za napad da se gotovo i nije promijenio kroz sve te duge eone otkad se pojavio: morski pas. Bilo je to najpogodnije vrijeme za traženje alternativnog staništa.

Biljke sit započele proces kolonizacije kopna prije otprilike 450 milijuna godina, a nužno su ih pratili sićušni crvići i ostali organizmi koji su im trebali razgraditi i reciklirati organske tvari. Većim životinjama trebalo je malo dulje da se pojave, ali prije otprilike 400 milijuna godina i one su iskušavale sreću izvan vode. Popularne ilustracije navele su nas da prve pustolovne stanovnike kopna zamišljamo kao neku vrstu ambicioznih riba - nešto poput današnje vodozemnc skokunice, koja u doba suše može skakati od lokve do lokve - ili čak kao potpuno formirane vodozemce. Zapravo, prvi vidljivi pokretni stanovnici suhog kopna bili su vjerojatno sličniji današnjim običnim mokricama, ponekad zvanima ploskanima ili baburama. To su one male bube (zapravo, rakovi) plosnatog, elipsastog tijela, koje se obično uzbune kada podignete kamen ili kladu.

Za one koji su naučili udisati kisik iz zraka vremena su bila dobra. Koncentracija kisika u razdoblju devona i karbona, kada je kopneni život po prvi put procvjetao, bila je čak 35 posto (za razliku od današnjih 20 posto). To je životinjama omogućilo da iznimno brzo narastu do velikih razmjera.

Sasvim je razumljivo da se pitate kako znanstvenici mogu znati kakva je bila koncentracija kisika prije stotina milijuna godina? Odgovor leži u pomalo nepoznatoj, ali genijalnoj znanstvenoj disciplini poznatoj kao izotopska geokemija. Davna mora karbona i devona vrvjela su sićušnim planktonom koji se omatao unutar sićušnih zaštitnih ljuštura. Kao i danas, plankton je i tada stvarao svoje ljušture izvlačeći kisik iz atmosfere i kombinirajući ga s ostalim elementima (napose s ugljikom) te stvarao trajne spojeve poput kalcijeva karbonata. To je isti kemijski trik koji se odvija u dugoročnom ciklusu ugljika (o čemu sam već govorio) - taj proces i nije strašno zanimljiv, ali je presudan za stvaranje nastanjiva planeta.

Na kraju tog procesa svi sićušni organizmi uginu i potonu na dno mora, gdje se polako tlače u vapnenac. Medu sićušnim atomskim djelićima koje plankton sa sobom odnosi u grob i dva su vrlo stabilna

izotopa - kisik-16 i kisik-18. (Ako ste zaboravili stoje to izotop, nema veze, ali tek da se zna, to je atom nekog elementa s određenim brojem neutrona.) Tu nastupaju geokemičari, jer se izotopi akumuliraju različitim brzinama, ovisno o tome koliko je u atmosferi kisika odnosno ugljikovog dioksida u trenutku stvaranja stijene. Usporedbom pradavnih brzina taloženja tih dvaju izotopa geokemičari mogu iščitati kakvi su bili uvjeti u davnom svijetu - koncentraciju kisika, temperaturu zraka i oceana, nastanak i duljinu trajanja ledenih doba te još mnogo toga. Usporedbom svojih nalaza izotopa s ostalim fosilnim ostacima koji ukazuju na druge uvjete, kao stoje koncentracija peludi i tako dalje - znanstvenici mogu prilično pouzdano iznova stvoriti cijele krajobraze koje ljudsko oko nikada nije vidjelo.

Glavni razlog tako drastičnog povećanja sadržaja kisika u razdoblju ranog kopnenog života bile su divovske kraljevske papratnjače i nepregledne močvare, koje su svojom vlažnom prirodom ometale normalan proces recikliranja ugljika. Umjesto da potpuno istrunu, opalo lišće i ostale vegetativne tvari akumulirale su se u bogatim vlažnim sedimentima, koji su na kraju bili stlačeni u nepregledna ležišta ugljena koja čak i danas ekonomski iskorištavamo.

Vrtoglave razine kisika očito su potakle natprosječan rast. Dosad najstarija pronađena naznaka kopnene životinje trag je koji je prije 350 milijuna godina ostavilo stvorenje nalik na stonogu na jednoj stijeni u Škotskoj. Bilo je dugačko više od metra. Do kraja te ere neke su stono-ge dosegle dvostruko veće duljine.

Budući da su takva stvorenja vrebala na plijen, i ne čudi da su kukci u tom razdoblju razvili trik koji ih je držao na sigurnom i podalje od dometa jezika: naučili su letjeti. Neki su u tom novom načinu kretanja bili tako nevjerojatno spretni da otad nisu promijenili svoju tehniku. Tada, kao i danas, konjici su mogli krstariti brzinom većom od 50 kilometara na sat, u trenutku se zaustaviti, lebdjeti, letjeti unatrag te se uzdići razmjerno mnogo više nego ijedan leteći stroj koji su izmislili ljudi. »Američko zrakoplovstvo«, napisao je jedan komentator, »stavilo ih je u vijugave tunele da bi znanstvenici otkrili kako to izvode, ali mogli su samo očajavati.« I oni su se gostili bogatim zrakom. U kar-bonskim šumama konjici su bili veličine gavrana. Drveće i ostala vegetacija također je imala natprosječne proporcije. Preslice i papratnjače rasle su do visine od 15 metara, a likopodiji i do 40 metara.

Prvi kopneni kralježnjaci - odnosno prve kopnene životinje od kojih ćemo mi poteći - pomalo su zagonetka. To je djelomice zbog nestašice

relevantnih fosila, ali dijelom i zbog osebujnog Šveđanina Erika Jarvika, čije su čudne interpretacije i tajanstvenost napredak na tom polju usporile za gotovo pola stoljeća. Jarvikje bio član tima skandinavskih znanstvenika koji su tridesetih i četrdesetih godina 20. stoljeća otišli na Grenland u potrazi za fosiliziranim ribama. Posebno su tražili ribu koja je imala resice na perajama, vrstu za koju se pretpostavljalo daje bila predak nama i ostalim hodajućim stvorenjima poznatima kao tetrapo-di ili četveronošci.

Većina životinja su tetrapodi, a svi živući tetrapodi imaju nešto zajedničko: četiri uda, svaki od kojih završava s maksimalno pet prstiju. Dinosauri, kitovi, ptice, ljudi, čak i ribe - svi su tetrapodi, što jasno ukazuje na to da dolaze od jednog zajedničkog pretka. Pretpostavljalo se da će se trag tog pretka pronaći u eri devona, prije otprilike četiristo milijuna godina. Prije toga ništa nije hodalo po tlu. Nakon toga mnogo je toga hodalo. Srećom, timje pronašao upravo takvo stvorenje, životinju dugu jedan metar, koja je nazvana *hlithyostega.* Analiza fosila pripala jejarvikti, koji je svoje proučavanje započeo 1948. godine, a zadržao se na njemu sljedećih četrdeset osam godina. Nažalost, Jarvik nikome nije dopustio da proučava njegovog tetrapoda. Svjetski paleontolozi morali su se zadovoljiti s dva površna i provizorna rada u kojima je Jarvik naveo da je to stvorenje imalo pet prstiju na svakom od četiri uda, što potvrđuje njegov značaj kao našeg pretka.

Jarvik je umro 1998. godine. Nakon njegove smrti drugi su paleontolozi nestrpljivo pregledali uzorak i otkrili daje Jarvik više nego pogrešno prebrojio prste - zapravo ih je bilo po osam na svakom udu -te nije primijetio da riba nikako nije mogla hodati. Struktura peraja bila je takva da bi se riba srušila pod vlastitom težinom. Ne treba ni reći da to baš i nije pridonijelo našem razumijevanju prvih kopnenih životinja. Danas su poznata tri rana tetrapoda, ali nijedan nema pet prstiju. Ukratko, mi ne znamo baš točno odakle smo došli.

No, došli jesmo, iako postizanje našeg sadašnjeg stanja izvrsnosti nije uvijek bilo izravno. Otkada je počeo život na kopnu, sastojao se od četiri megadinastije, kako se ponekad nazivaju. Prva se sastojala od primitivnih, klipsajućih, ali katkad prilično krupnih vodozemaca i reptila. Najpoznatija životinja toga doba bila je dimetrodon, stvorenje koje je na leđima imalo jedro' pa ga se često brka s dinosaurom (uključujući potpis ispod slike u knjizi Carla Sagana *Komet).* Dimetrodon je zapravo bio sinapsid, kat) što smo i mi nekoć bili. Sinapsidi su bili jedna od četiri glavne podjele ranog reptilskog života, ostale su bile anapsidi,

euriapsidi i diapsidi. Nazivi se jednostavno odnose na broj i razmještaj rupica s obje strane lubanje. Sinapsidi su imali po jednu rupicu u donjem dijelu sljepoočnice; diapsidi su imali dvije; euriapsidi su imali samo jednu rupicu, ali na višem mjestu na glavi.

Vremenom se svaka od tih dinastija podijelila se na daljnje potpodje-le, od kojih su neke napredovale, a neke posrtale. Anapsidi su iznjedrili kornjače, koje su u jednom razdoblju, zvučat će nevjerojatno, vladale kao najnaprednija i najubojitija vrsta na planetu, dok se evolucija s njima nije poigrala pa su prihvatile dugovječnost umjesto dominantnosti. Sinapsidi su se podijelili u četiri struje, od kojih je samo jedna preživjela perm. Srećom, to je bila struja iz koje smo se i mi razvili, a ona se razvila u porodicu protosisavaca poznatih kao terapsidi. Oni su oformili

2. megadinastiju.

Na veliku žalost terapsida, njihovi rođaci diapsidi također su se produktivno razvijali, u njihovu slučaju u dinosaure (između ostalog), koji su se postupno pokazali kao fatalni za terapsidc. Budući da se nisu mogli izravno takmičiti s tim agresivnim novim stvorenjima, terapsidi su uglavnom nestali. Međutim, nekolicina ih se razvila u mala, krznena bića koja su živjela u jazbinama i vrlo dugo čekala povoljan trenutak da nastupe kao mali sisavci. Najveći od njih nisu bili veći od kućne mačke, a većina nije bila veća od miša. Na kraju će se pokazati da ih je to spasilo, ali trebat će pričekati gotovo 150 milijuna godina da iznenada završi

3. megadinastija, doba dinosaura, i makne se s puta 4. megadinastiji i

našem dobu sisavaca.

Svaka od tih masovnih transformacija, kao i mnoge manje u međuvremenu, ovisila je o tom paradoksalno važnom pokretaču napretka: izumiranju. Čudna je činjenica daje smrt vrste u najdoslovnijem smislu način života na Zemlji. Nitko ne zna koliko je bilo vrsta organizama otkako je nastao život. Cesto se navodi broj od trideset milijardi, ali navodio se i broj od četiri tisuće milijardi. Koji god daje stvarni iznos, 99,99 posto svih vrsta koje su ikada živjele nisu više s nama. »Kada se to zaokruži na približnu vrijednost«, kako voli reći David Raup sa sveučilišta u Chicagu, »sve su vrste izumrle.« Prosječan životni vijek za složene vrste iznosi samo oko četiri milijuna godina - a mi smo sada otprilike tu negdje.

Naravno, izumiranje je uvijek loša vijest za žrtve, ali čini se daje to dobro za dinamični planet. »Alternativa za izumiranje je stagnacija«, kaže lan Tattersall iz Američkog prirodoslovnog muzeja, »a stagnacija je rijetko kada dobra u bilo kojoj domeni.« (Možda bih trebao napo-

menuti da ovdje govorimo o izumiranju kao o prirodnom, dugoročnom procesu. Izumiranje izazvano ljudskom bezobzirnošću potpuno je nešto drugo.)

Krize u Zemljinoj povijesti redovito su povezane s kasnijim dramatičnim skokovima. Nakon slabljenja ediacaranske faune uslijedila je kreativna erupcija kambrijskog razdoblja. Izumiranje u ordoviciju prije 440 milijuna godina očistilo je oceane od mnogih nepokretnih biča koja su se hranila procjeđivanjem vode i nekako stvorilo uvjete koji su išli u prilog hitrim ribama i divovskim vodenim reptilima. Oni su pak bili u idealnoj poziciji da protjeraju koloniste na suho kopno kada je udar potkraj razdoblja devona još jednom dobrano prodrmao život. I tako se to ponavljalo u raštrkanim intervalima kroz čitavu povijest. Da se većina tih događaja nije dogodila upravo tako kako se dogodila, mi gotovo sigurno sada ne bismo bili ovdje.

Zemlja je u svojoj povijesti vidjela pet velikih epizoda izumiranja -ordovicijsku, devonsku, permsku, tnjasnu i krednu, tim redom - te mnogo manjih. U ordovicijskom (prije 440 milijuna godina) i devon-skom (prije 365 milijuna) izumiranju bilo je izbrisano po 80 do 85 posto vrsta. U trijasnom (prije 210 milijuna godina) i krednom (65 milijuna godina) izumiranju bilo je izbrisano po 70 do 75 posto vrsta. No, permsko izumiranje prije otprilike 245 milijuna godina bilo je prava grdosija koja je očistila teren za dugo doba dinosaura. U permu je najmanje 95 posto životinja poznatih iz fosilnih zapisa otišlo na put bez povratka. Nestala je čak trećina vrsta kukaca - to je bio jedini put kada su oni nestali *en uiassc.* To je najbliže što smo ikada došli to potpunog istrebljenja.

»Bilo je to pravo masovno izumiranje, pokolj takvih razmjera još nikada prije nije zahvatio Zemlju«, kaže Richard Fortey. Permski događaj bio je osobito poguban za morska stvorenja. Trilobiti su potpuno nestali. Cančice i morski ježinci bili su gotovo izbrisani. Nestali su gotovo svi ostali morski organizmi. Smatra se daje uzevši sve zajedno, na kopnu i u vodi, Zemlja izgubila 52 posto svojih porodica - to je razina iznad roda, a ispod razreda na velikoj skali života (stoje predmet sljedećeg poglavlja) - i možda čak 96 posto svih svojih vrsta. Trebalo je mnogo vremena - prema nekim procjenama čak 80 milijuna godina - dok se brojevi vrsta nisu oporavili.

Treba znati dvoje. Prvo, to su samo uopćene pretpostavke. Procjene o broju živih životinjskih vrsta na kraju perma kreću se od 45 000 do

čak 240000. Ako ne znate koliko je vrsta živjelo, teško da možete sa sigurnošću odrediti razmjer onih koje su se izgubile. Nadalje, govorimo o ugibanju vrsta, a ne jedinki. Broj uginulih jedinki mogaoje biti mnogo veći - u mnogim slučajevima sve jedinke. Vrste koje su doživjele sljedeće faze životne lutrije gotovo sigurno svoju egzistenciju duguju nekolicini šepavih preživjelih predstavnika izbrazdanih ožiljcima.

Između tih velikih pomora bilo je i mnogo manjih, manje poznatih epizoda izumiranja - hemfilij, fraznij, famenij, rankolabrij i desetak ostalih - koji nisu bili toliko pogubni za same vrste, ali često su kritično pogađali određene populacije. Životinje koje pasu, uključujući konje, bile su gotovo izbrisane u hemf ilijskom događaju prije oko 5 milijuna godina. Konji su bili svedeni na samo jednu vrstu, koja se u fosilnim zapisima javlja tako sporadično da se može pretpostaviti kako se neko vrijeme njihala na rubu zaborava. Zamislite ljudsku povijest bez konja, bez životinja ispaše.

U gotovo svakom slučaju, i za velika izumiranja i za ona skromnija, imamo zbunjujuće malo pojma o tome što im je bio uzrok. Gak i kada se odbace one luđe ideje, još je uvijek više teorija o tome stoje uzrokovalo pojave izumiranja nego stoje bilo samih pojava. Utvrđeno je najmanje dvadesetak potencijalnih krivaca, kao uzroka ili glavnih suučesnika, uključujući globalno zatopljenje, globalno zahlađenje, promjene razine mora. smanjenje koncentracije kisika u moru (stanje poznato kao anoksija), epidemije, divovska istjecanja plina metana s morskog dna, udare meteora i kometa, razularene uragane poznate kao hiperuragani. velike vulkanske izljeve i katastrofične Sunčeve bljeskove.

Potonje je posebno intrigantna mogućnost. Nitko ne zna koliki mogu biti Sunčevi proplamsaji jer ih promatramo tek od početka svemirskog doba, ali Sunce je moćan stroj pa su njegove oluje enormne. Tipičan Sunčev plamsaj - nešto što mi na Zemlji ne bismo ni primijetili - oslobađa energiju ekvivalentnu milijardi hidrogenskih bombi pa u svemir razbacuje oko 100 milijardi tona ubojitih čestica visoke energije. Zcm-ljina magnetosfera i atmosfera obično ih zajedno odraze u svemir ili ih usmjere na sigurno, prema polovima (gdje stvaraju dražesno polarno svjetlo), ali smatra se da bi neobično velik mlaz, recimo, stotinu puta veći od običnog bljeska, mogao uništiti naše eterične utvrde. *Light slww* bi bio veličanstven, ali bi pobio vrlo velik dio svega što bi uživalo u njegovu sjaju. Štoviše, kako kaže Bruce Tsurutani iz NASA-ina Laboratorija za mlazni pogon, prilično deprimira to što on »u povijesti ne bi ostaviti ni traga«.

Kao što je to sročio jedan istraživač, sve nam to ostavlja »tone nagađanja i vrlo malo dokaza«. Crni se daje zahlađivanje povezano s najmanje tri velika izumiranja - ordovicijskim, devonskim i permskim - ali ništa više od toga nije općeprihvaćeno, uključujući i to je li se pojedina epizoda odigrala brzo ili sporo. Na primjer, znanstvenici se ne mogu složiti je li se izumiranje potkraj devona - nakon čega su kralježnjaci izašli na kopno - dogodilo u nekoliko milijuna godina, nekoliko tisuća godina ili u jednom intenzivnom danu.

Jedan od razloga zašto je tako teško dati uvjerljivo objašnjenje za izumiranja je i taj daje sam život zapravo iznimno teško iskorijeniti. Kao što smo vidjeli u slučaju udara u Mansonu, moguće je primiti jczovat udarac a ipak se u potpunosti, iako isprva vjerojatno ponešto klimavo, oporaviti. Nakon svih silnih tisuća udara koje je Zemlja pretrpjela, zastoje KT događaj prije 65 milijuna godina, koji je likvidirao dinosaure, bio toliko razoran? Pa, kao prvo. bio je apsolutno enorman. Udario je snagom od 100 milijuna mcgatona. Takvu provalu nije lako zamisliti. Kao što je istaknuo James Lawrence Povvell, da za svakog čovjeka koji danas živi na Zemlji eksplodira po jedna bomba veličine one iz Hiroshime, još bi vam uvijek trebala otprilike milijarda bombi da se dosegne jačina KT udara. No, možda čak ni to samo po sebi ne bi bilo dovoljno da izbriše 70 posto života na Zemlji, uključujući i dinosaure.

KT meteor je imao još jednu prednost - ali samo ako ste bili sisavac - sletio je u plitko more, koje je bilo duboko samo 10 metara, vjerojatno pod pravim kutom, u doba kad je koncentracija kisika bila 10 posto viša nego danas paje svijet bio zapaljiviji. Povrh toga, morsko dno na mjestu udara bilo je prekrivenom stijenom bogatom sumporom. Tako je udar površinu morskog dna veličine Belgije pretvorio u aerosol sumporne kiseline. Mjesecima nakon toga Zemljom su pljuštale kiše dovoljno kisele da sprže kožu.

S druge strane.još važnije pitanje od onoga »Stoje izbrisalo 70 posto vrsta koje su tada postojale?« jest »Kako je preživjelo preostalih 30 posto?« Zastoje taj događaj bio toliko razoran za baš svakog dinosaura koji je postojati, dok su drugi reptili, poput zmija i krokodila, jednostavno preživjeli? Koliko se nama čini, u Sjevernoj Americi nije izumrla nijedna vrsta žaba, vodenjaka, daždevnjaka ili drugih vodozemaca. »Kako su se iz tako neviđene katastrofe izvukla tako osjetljiva stvorenja?« pita Tim Flannerv u SVOJOJ fantastičnoj pretpovijesti Amerike *Etental Ironticr* (Vječna granica).

U morima se dogodilo više-manje to isto. Nestali su svi amoniti, ali njihovi rođaci ladice, koji su živjeli sličnim načinom života, i dalje su nastavili plivati. Neke vrste planktona bile su gotovo izbrisane - na primjer, 92 posto foraminifcra - dok su ostali organizmi poput dijato-meja, koji su bili slična oblika i koji su živjeli uz njih, ostali relativno nedirnuti.

To su teške nedosljednosti. Kao što primjećuje Richard Fortev: »Nekako se čini da nije dovoljno jednostavno nazvati ih 'sretnicima' i na tome stati.« Ako su iza toga događaja uslijedili mjeseci tamnog i zagušljivog dima, što se čini potpuno mogućim, ondaje teško objasniti mnoge preživjele kukce. »Neki kukci poput kornjaša«, napominje Fortev, »mogli su živjeti na drveću ili ostalom uokolo razbacanom. No, stoje sa životinjama poput pčela, koje navodi Sunčevo svjetlo i trebaju pelud? Njihov opstanak baš i nije jednostavno objasniti.«

Povrh svega, tu su i koralji. Koralji trebaju alge kako bi preživjeli, a alge traže Sunčevu svjetlost, dok ijedni i drugi zahtijevaju stalnu minimalnu temperaturu. Posljednjih godina diglo se dosta prašine oko koralja koji ugibaju zbog malih promjena temperatura mora. Ako su toliko osjetljivi na male promjene, kako su onda preživjeli dugu zimu nakon tog udara?

Također, *tu je* i *mnogo regionalnih* varijacija koje je teško objasniti. Čini se da su izumiranja bila mnogo blaža na južnoj nego na sjevernoj hemisferi. Pogotovo se Novi Zeland doima kao daje prošao uglavnom nedirnuto, a gotovo da i nije imao stvorenja koja su živjela u jazbinama. Čak je i njegova vegetacija bila uglavnom pošteđena, dok drugdje razmjeri požarne pošasti upućuju na to daje razaranje bilo globalno. Ukratko, mnogo toga još ne znamo.

Neke su životinje naprosto probujalc - a pomalo iznenađuje da su među tim životinjama ponovno bile kornjače. Kao što kaže Flannerv, razdobije neposredno nakon izumiranja dinosaura mogli bismo nazvati 'doba kornjača'. U Sjevernoj ih je Americi preživjelo šesnaest vrsta, a nedugo nakon toga nastale su još tri.

Očitoje život u vodi predstavljao prednost. KT udar izbrisao je gotovo 90 posto kopnenih vrsta, ali samo deset posto slatkovodnih. Voda je očigledno pružila zaštitu od vrućine i plamena, ali je po svoj prilici pružila i više hrane u posnom razdoblju koji je uslijedio. Sve preživjele kopnene životinje u slučaju opasnosti povlačile bi se u sigurnije okružje - u vodu ili pod zemlju - ijedno i drugo pružalo je dobar zaklon od pustošenja. Životinje koje su imale ulogu strvinara također su uživale

u prednostima. Gušteri su bili, i još su uvijek, otporni na bakterije iz trulih strvina. Zapravo, one ih nedvojbeno privlače, a sigurno je daje veoma dugo bilo mnogo trulih strvina.

Često se pogrešno tvrdi da su samo male životinje preživjele KT događaj. Zapravo, medu preživjelima bili su i krokodili, koji ne samo da su bili veliki nego su bili tri puta veći nego današnji. Međutim, sve u svemu, većina preživjelih bila je malena i skrovita. Zaista, dok je svijet bio mračan i neprijateljski, najbolje je bilo biti malena, toplokrvna noćna zvjerka, prilagodljiva raznoj hrani te oprezna po prirodi - upravo su to osobine kojima su se odlikovali naši preci sisavci. Da smo bili razvijeniji, vjerojatno bismo bili izbrisani. Umjesto toga sisavci su se našli u svijetu kojem su bili jednako prilagođeni kao i sve drugo što je preživjelo.

Međutim, to ne znači da su se sisavci nagomilali i ispunili svaki kutak. »Evolucija se možda i grozi vakuuma«, pisao je paleobiolog Steven M. Stanlev, »ali često joj treba mnogo vremena da ga ispuni.« Sisavci su možda čak deset milijuna godina ostali oprezno mali. Ako ste u ranom tercijaru bili veličine risa, mogli ste biti kralj.

No, kad sujednom započeli, sisavci su se silno proširili - ponekad do gotovo apsurdnih razmjera. Jedno vrijeme postojali su zamorci veličine nosoroga i nosorozi veličine dvokatnice. Gdje god bi se našlo prazno mjesto među grabežljivcima, sisavci bi se podigli (često doslovno) da ga popune. Rani članovi porodice rakuna migrirali su u Južnu Ameriku, otkrili prazno mjesto i razvili se u bića veličine i surovosti medvjeda. Ptice su također nesrazmjerno napredovale. Milijunima godina divovska ptica mesožderka, neletačica zvana *Titanis,* bila je vjerojatno najokrutnije stvorenje u Sjevernoj Americi. Bila je to sigurno najstrašnija ptica svih vremena. Bila je visoka 3 metra, težila je preko 350 kilograma i imala je kljun kojim je mogla otkinuti glavu gotovo svakom tko bije nervirao. Njezina porodica preživjela je impresivnih pedeset milijuna godina, ali sve dok 1963. godine na Floridi nije otkriven njen kostur, nismo imali pojma da je postojala.

Što nas dovodi do još jednog razloga naše nesigurnosti glede izumiranja: ništavnost fosilnih zapisa. Već smo se dotakli velike nevjerojat-nosti da se ikoja skupina kostiju fosilizira, ali zapisi su lošiji nego što možda mislite. Uzmimo dinosaure. Muzeji ostavljaju dojam da imamo globalno izobilje fosila dinosaura. Zapravo, većina muzejskih izložaka je umjetna. Divovski diplodok, koji dominira nad ulaznom dvoranom Prirodoslovnog muzeja u Londonu te oduševljava i informira generacije

posjetitelja, u potpunosti je napravljen od gipsa - izrađen je 1903. godine u Pittsburghu, a Muzeju gaje darovao Andrevv Carnegie. Ulaznom dvoranom Američkog prirodoslovnog muzeja u New Yorku dominira još veći izložak: kostur velike barosaiirice koja brani svoje mlado od napada jurećeg i zubatog alosaura. To je iznimno impresivan izložak -barosaur se izdiže možda 9 metara prema visokom stropu - ali također je potpuno lažan. Svaka od nekoliko stotina kostiju u izlošku je odlje-vak. Posjetite bilo koji veliki prirodoslovni *muzej na svijetu - u Parizu,* Beču, Frankfurtu, Buenos Airesu, Mexicu - i dočekat će vas antikni modeli, a ne pradavne kosti.

Zapravo, o dinosaurima baš i ne znamo mnogo. Dosad je identificirano manje od 1000 vrsta (gotovo pola njih poznato je preko jednog jedinog primjerka), stoje otprilike četvrtina broja vrsta sisavaca koje danas žive. Zapamtite, dinosauri su vladali Zemljom tri puta dulje nego što vladaju sisavci, dakle, ili su dinosauri bili iznimno neproduktivna vrsta ili smo mi tek zagrebli po površini (da se poslužim klišeom).

Za milijune godina kojima su vladali dinosauri još uvijek nije pronađen nijedan jedini fosil. Cak i za razdoblje kasne krede - najprouča-vanijeg pretpovijesnog razdoblja zbog našeg interesa za dinosaure i njihovo izumiranje -još uvijek je ostalo neotkriveno možda tri četvrtine svih vrsta koje su živjele. Životinje krupnije od diplodoka ili opakije od tiranosaura možda su u tisućama lunjale Zemljom, a moglo bi se dogoditi da to nikada ne doznamo. Sve stoje bilo poznato o dinosaurima iz tog razdoblja, donedavno smo znali na temelju samo tristotinjak primjeraka koji su predstavljali tek šesnaest vrsta. Oskudnost zapisa uzrokovala je opće vjerovanje da su dinosauri već bili na odlasku kada se dogodio KT udar.

Krajem osamdesetih godina 20. stoljeća paleontolog iz Javnog muzeja u Milvvaukceju. Peter Sheehan, odlučio je provesti eksperiment. Uz pomoć 200 dobrovoljaca napravio je pomni pregled dobro definiranog, ali i dobrano prekopanog područja slavne formacije Hell Creek u Montani. Pažljivim prosijavanjem dobrovoljci su sakupili svaki zub, kralježak i krhotinu kosti - sve što su prethodni kopači previdjeli. Posao je potrajao tri godine. Kada su završili, otkrili su da su više nego utrostručili - za cijeli planet - broj fosila dinosaura iz kasne krede. To je istraživanje utvrdilo da su dinosauri bili mnogobrojni sve do KT udara. »Nema razloga da vjerujemo kako su dinosauri postupno izu-mirali u posljednja tri milijuna godina razdoblja krede«, izvijestio je Sheehan.

Toliko smo navikli na ideju o svojoj neizbježnosti kao dominantne vrste života da nam je teško pojmiti da smo ovdje samo zbog pravodobnih izvanzemaljskih praskova i ostalih nasumičnih sretnih slučajeva. Nama i svim ostalim živini bićima jedino je zajedničko da su se u 4 milijarde godina naši preci svaki put uspjeli provući kroz čitav niz vrata koja su se zatvarala. To je jezgrovito izrazio Stephen Jay Gould u dobro poznatoj izjavi: »Danas smo ovdje jer baš naša loza nikada nije bila prekinuta - nijednom ni na jednom od milijardu mjesta koja su nas mogla izbrisati iz povijesti.«

Ovo smo poglavlje započeli s tri tvrdnje: život želi biti; život ne želi uvijek biti bogzna što; život povremeno izumre. Tome bismo mogli dodati i četvrtu: život teče dalje. Kao što ćemo vidjeti, često se nastavlja na nevjerojatno zapanjujući način.

23

BOGATSTVO POSTOJANJA

Tu i tamo u Prirodoslovnom muzeju u Londonu u nišama duž slabo osvijetljenih hodnika ili između staklenih vitrina s mineralima, nojevim jajima i ostalim stoljetnim produktivnim neredom, možete pronaći tajanstvena vrata - tajanstvena utoliko što ništa na njima ne privlači po-sjetiteljevu pažnju. Tu i tamo možete vidjeti kojeg rastresenjaka s neposlušnom kosom, koja je zaštitni znak znanstvenika, da se pojavi iza jednih od tih vrata i žurno produži hodnikom, vjerojatno opet nestajući iza nekih drugih vrata, ali to je relativno rijedak događaj. Vrata uglavnom ostaju zatvorena, bez nagovještaja da iza njih postoji još jedan -paralelan - prirodoslovni muzej, koji je podjednako golem i na mnogo načina čudesniji od onoga koji javnost poznaje i obožava.

Prirodoslovni muzej sadrži kojih sedamdeset milijuna predmeta iz svih sfera života i iz svih kutaka planeta, a svake godine zbirci ih se doda još stotinjak tisuća, ali tek iza kulisa dobijete pravi osjećaj kakva je to riznica. Ormari, vitrine i dugačke prostorije prepune su krcatih polica na kojima se u staklenkama čuvaju deseci tisuća ukiseljenih životinja, milijuni kukaca pribodenih na kartonske četverokute, ladice blistavih mekušaca, kosti dinosaura. lubanje ranih ljudi, nepregledni fascikli uredno isprešanih biljaka. Čini vam se kao da lutate Danvinovim mozgom. Samo je u alkoholnoj sobi 24 kilometra polica koje sadrže staklenke i staklenke životinja koje se čuvaju u metilnom alkoholu.

Tu su i primjerci koje je sakupio Joseph Banks u Australiji, Alexan-der von I lumboldt u Amazoniji i Darvvin na putovanju *Beaglcom* ~ i još

mnogo toga stoje ili vrlo rijetko ili povijesno važno, ili oboje. Mnogi bi se voljeli dočepati tih stvari. Neki i jesu. Muzej je 1954. godine dobio iznimnu ornitološku zbirku s imanja predanog sakupljača Richarda Meinertzliagena, autora *Birds oj'Arabia* (Ptice Arabije), između ostalih znanstvenih radova. Mcinertzhagen je godinama bio vjeran posjetitelj Muzeja, dolazio je gotovo svakodnevno radi bilježaka za svoje knjige i monografije. Kada su stigli sanduci, kustosi su ih uzbuđeno otvorili, ali su se, blago rečeno, iznenadili kada su otkrili da dobar dio primjeraka ima etikete Muzeja. Ispostavilo se da se gospodin Mcinertzhagen godinama samoposluživao njihovim zbirkama. Toje objasnilo njegovu naviku da nosi dugi ogrtač čak i za topla vremena.

Nekoliko godina poslije šarmantni, stari redoviti posjetitelj Odsjeka mekušaca - »poprilično otmjen gospodin«, kako mije rečeno, uhvaćen je kako umeće skupocjene morske školjke u šuplje noge svoje invalidske hodalice.

»Pretpostavljam da ovdje ne postoji stvar za kojom netko negdje ne čezne«, rekao mije zamišljeno Richard Fortev dok me vodio u obilazak očaravajućeg svijeta iza kulisa Muzeja. Lutali smo kroz zbrku odjela u kojima su ljudi sjedili za golemim stolovima usredotočeno istražujući člankonošce, palmine listove i kutije požutjelih kostiju. Posvudaje vladalo ozračje polagane temeljitosti ljudi koji ulažu divovske napore u posao koji nikada ne može biti dovršen i ne smije se požurivati. Pročitao sam daje Muzej 1967. godine objavio izvješće o ekspediciji Johna Murrava po Indijskom oceanu, i to četrdeset četiri godine nakon stoje ekspedicija završila. Toje svijet u kojem se stvari kreću vlastitom brzinom, uključujući i tijesno dizalo u kojem smo se Fortev i ja našli s postarijim čovjekom koji je izgledao kao znanstvenik, a s kojim je Fortev srdačno i prisno čavrljao dok smo se vozili otprilike istom brzinom kojom se stvaraju sedimenti.

Kada je čovjek otišao, Fortev mije rekao: »Toje vrlo drag momak koji se zove Norman i koji je proveo četrdeset dvije godine proučavajući jednu vrstu biljke, gospinu travu. Otišao je u mirovinu 1989. godine, ali još uvijek dolazi svaki tjedan.«

»Kako je moguće provesti četrdeset dvije godine na jednoj vrsti biljke?« upitao sam.

»Neobično, zar ne?« složio se Fortev. Razmišljao je trenutak. »Očito je vrlo temeljit.« Vrata dizala su se otvorila i otkrila ciglom zazidan otvor. Fortev je bio zbunjen. »Vrlo čudno«, rekao je. »Tu je nekada bila Botanika.« Pritisnuo je gumb za idući kat pa smo preko stražnjeg

stubišta i diskretnih prolaza kroz još nekoliko odsjeka, gdje su istraživači s ljubavlju rintali nad nekoć živim predmetima, konačno došli do Botanike. Tamo sam upoznao Lena Ellisa i samozatajni svijet briofita - ili mahovina za nas ostale.

Kada je Emerson pjesnički zapisao da mahovine više vole sjevernu stranu drveća (»Mahovina povrh šumske kore bijaše zvijezda Sjcvcr-njača dok noć tamna bješe«), zapravo je mislio na lišajeve, naime, u 19. stoljeću nisu razlikovali mahovine i lišajeve. Prave mahovine zapravo nisu izbirljive oko toga gdje rastu, tako da baš i ne služe kao prirodni kompasi. Zapravo, mahovine ne služe ničemu. »Možda nijedna druga velika grupa biljaka nema toliko malo uporabne vrijednosti, komercijalne i ekonomske, kao mahovine«, zaključio je pomalo tužno Henry S. Conard u djelu *lloic to ktioie tlte Mosses and Liveru'orts* (Kako prepoznati mahovine i jetrenjačej iz 1956. godine, a koje je još uvijek na mnogim policama knjižnica i predstavlja gotovo jedini pokušaj populariziranja te teme.

Međutim, one su plodne. Cak i bez lišajeva, briof iti su marljiva domena, s preko deset tisuća vrsta unutar kojih sedamsto rodova. Velika i dostojanstvena Motf *Flora oj Britaiu and Ireland* (Flora mahovina Britanije i Irske) A. J. E. Smitha proteže se na sedamsto stranica, a Britanija i Irska ni po čemu nisu posebno mahovinasta mjesta. »U tropima su najraznolikije«, rekao mije Lcn Ellis. Taj povučeni i mršavi čovjek radi u Prirodoslovnom muzeju dvadeset sedam godina, a kustos je Odsjeka od 1990. godine. »Možete otići na mjesta poput prašuma Malezije i relativno lako pronaći nove vrste. To sam nedavno i učinio. Spustio sam pogled i ugledao vrstu koja nikada prije nije bila zabilježena.«

»Znači da ne znamo koliko još vrsta možemo otkriti?«

»Ne. Nemamo pojma.«

Možda ne biste pomislili da na svijetu ima toliko ljudi koji su svoj životni vijek spremni posvetiti proučavanju nečega toliko izrazito neupadljivog, ali mahovinara zapravo ima na stotine i vrlo im je stalo do njihova predmeta. »Ah, da«, rekao mije Ellis, »sastanci ponekad znaju biti vrlo burni.«

Zamolio sam ga da mi navede jedan primjer kontroverze.

»Pa. evo jedne koju nanije zadao vaš zemljak«, nasmiješio se i otvorio debeli priručnik koji je sadržavao ilustracije mahovina, čija je najvažnija karakteristika za neupućeno oko bila nevjerojatna međusobna sličnost. »To je nekada bio«, rekao je lupkajući prstom po slici jedne mahovine.

»jedan rod *Drepaiiocladus.* Sad je reorganiziran u tri: *Drepaiiocladus, IVarnstrofia* i *llainataamlis.«*

»I je li to izazvalo tučnjavu?« upitao sam pomalo u nadi.

»Pa, imalo je logike. Imalo je savršene logike. No, to je značilo da mora doći do velikog preslagivanja zbirki tako da su sve knjige neko vrijeme bile zastarjele, pa je bilo dosta gunđanja, znate.«

Mahovine također kriju i tajne, rekao mi je. Jedan slavni slučaj - u svakom slučaju, slavan za mahovinare - odnosi se na povučenu vrstu poznatu kao *Hyophila stanfordensis,* koja je bila otkrivena u kompleksu Sveučilišta Stanford u Californiji, a poslije je otkriveno da raste i pored jednog puteljka u Cornvvallu, ali nikada nije viđena nigdje drugdje. Nitko ne može točno odgovoriti kako je moguće da postoji na dvije toliko nepovezane lokacije. »Danas je poznata kao *Ileiuiediella staiifor-densis«,* rekao je Ellis. »Još jedna revizija.«

Obzirno smo klimnuli.

Kada se pronađe nova mahovina, mora se usporediti sa svim ostalim mahovinama kako bi se provjerilo da već nije zabilježena. Zatim se mora napisati službeni opis i pripremiti ilustracije, a rezultat treba objaviti u nekom uglednom časopisu. Cijeli taj proces rijetko traje kraće od šest mjeseci. Dvadeseto stoljeće nije bilo baš plodno doba za taksonomiju mahovina. Prošlog stoljeća trebalo je uložiti mnogo truda kako bi se razmrsio nered i duplikati zaostali iz 19. stoljeća.

Bilo je to zlatno doba skupljanja mahovina. (Možda se sjećate daje otac Cliarlesa Lvella bio veliki mahovinar.) Jedan Englez prikladnog imena George Hunt (cngl. *limit* = lov; op. prev.) toliko se revno bavio lovom na mahovinu daje vjerojatno pridonio istrebljenju nekih vrsta. No, upravo zahvaljujući takvim pothvatima zbirka Lena Ellisa jedna je od najbogatijih na svijetu. Svih 780000 primjeraka sprešano je u velikim presavijenim listovima teškog papira, neki su vrlo stari i prekriveni paučinastim viktorijanskim rukopisom. Koliko nam je poznato, neke od njih možda je držao Robert Brown, veliki viktorijanski botaničar, otkrivač Brovvnova gibanja ijezgre stanica, kojije osnovao i vodio botanički odsjek Muzeja trideset jednu godinu, sve do smrti 1858. godine. Svi se primjerci čuvaju u sjajnim starim kabinetima od mahagonija, toliko upadljivo lijepim da sam to glasno primijetio.

»Ah, oni su pripadali Siru Josephu Banksu. bili su u njegovoj kući na Trgu Soho«, ležerno je rekao Ellis, kao da opisuje nešto nedavno kupljeno u Ikei. »Dao ih je izraditi za čuvanje svoj i li primjeraka s putovanja *L-jidciU'omvni.«* Zamišljeno je promatrao kabinete, kao da to čim po prvi

put nakon dugo vremena. »Ne znam kako su dospjeli do *nas* u briologi-ji«, dodao je.

To je bila sjajna podudarnost. Joseph Banks bio je najveći engleski botaničar, a putovanje *Endeavourom* - ono na kojem je, između dosta toga ostalog, kapetan Cook 1769. godine ubilježio u kartu prolazak Venere i prisvojio Australiju za britansku krunu - uglavnom, to putovanje bilo je najveća botanička ekspedicija u povijesti. Banks je platio 10000 funti, što bi danas iznosilo oko 600000 funti, kako bi on i još devetorica -jedan prirodoslovac, tajnik, tri umjetnika i četiri sluge - pošli na trogodišnju pustolovinu oko svijeta. Sam bogzna kako je kapetan Cook tretirao taj baršunasti i uglađeni skup, ali čini se da mu se Banks svidio i da nije mogao ništa doli diviti se njegovu botaničkom talentu - stoje osjećaj koji dijeli i potomstvo.

Nikada prije ni poslije nijedna botanička skupina nije uživala u većem trijumfu. Dijelom i zbog toga jer je putovanje obuhvatilo tolika nova ili slabo poznata mjesta - Ognjenu Zemlju, Tahiti, Novi Zeland, Australiju, Novu Gvineju - ali većim dijelom zbog toga stoje Banks bio tako pronicav i inventivan sakupljač. Čak i kada nije mogao sići na obalu Rio de Janeira zbog karantene, prosijao je balu krmiva koje su im poslali za brodsku stoku i došao do novih otkrića. Činilo se da ništa ne može promaknuti njegovom oku. Vratio se s ukupno trideset tisuća primjeraka biljaka, uključujuću tisuću četiristo dotad neviđenih - dovoljno da broj dotad poznatih biljaka na svijetu poveća za jednu četvrtinu.

No, Banksove velike zalihe bile su samo dio sveopće lovine u tom gotovo apsurdno gramzivom razdoblju. Skupljanje biljaka u 18. stoljeću postalo je svojevrsnom internacionalnom manijom. Sve koji bi pronašli nove vrste očekivala je slava i bogatstvo, a botaničari i pustolovi nisu prezali ni pred čim kako bi zadovoljili svjetsku žudnju za hortikulturnim novinama. Thomas Nuttall, čovjek koji je dao ime gli-ciniji (engl. *ii'istcria,* op. prev.) po Casparu Wistaru, došao je u Ameriku kao neobrazovan tiskar, ali otkrio je strast prema biljkama pa je propje-šačio pola te zemlje skupljajući na stotine biljaka koje dotad nisu bile viđene. John Fraser, prema kojem je nazvana Frascrova jela, godinama je u divljini skupljao u ime Katarine Velike, a kad se na kraju pojavio u Rusiji, otkrio je da ima novog cara koji ga smatra ludim i koji je odbio ispuniti ugovor. Fraser je sve odnio u Chelsea, gdje je otvorio rasadnik i lijepo živio prodajući oduševljenoj engleskoj vlasteli rodo-dendrone, azaleje, magnolije, peterolisne lozike. zvjezdane i ostale kolonijalne egzotičnosti.

S pravim primjercima mogle su se zaraditi velike sume. John Lyon, botaničar amater, proveo je dvije teške i opasne godine skupljajući primjerke, ali za svoje napore pokupio je gotovo 125 000 funti u današnjem novcu. Međutim, mnogi su to radili samo iz ljubavi prema botanici. Većinu onoga stoje našao Nuttall je darovao Botaničkom vrtu u Liver-poolu. Na krajnje postao direktor harvardskog Botaničkog vrta te je bio autor enciklopedijskog djela *Getura oj North American Plaiits* (Rodovi sje-vernoameričkih biljaka), koje nije samo napisao nego gaje uglavnom i tiskarski složio.

A to su bile samo biljke. Međutim se pojavila i fauna novih svjetova - klokani, kiviji, rakuni, američki risovi, komarči i ostali nevjerojatni oblici. Odjednom se činilo daje raznovrsnost života na Zemlji naizgled beskrajna, kao što je zapisao Jonathan Svvift u nekoliko slavnih stihova:

> Tako, prirodoslovci zapaziše, buha Imade
> manje buhe koje na nju vrebaju; A one
> pak imadu još manje koje ih ujedaju; I
> tako se nastavlja do beskraja.

Te nove informacije trebalo je evidentirati, posložiti i usporediti s onim stoje bilo poznato. Svijetu je očajnički trebao uporabljiv klasifi-kacijski sustav. Srećom, u Švedskoj je živio čovjek koji je bio sposoban da ga osmisli.

Zvao se Carl Linne (poslije je ime uz dozvolu promijenio u aristo-kratskije *von* Linne), a u engleskom se udomaćio u latiniziranom obliku Carolus Linnaeus. Rođenje 1707. godine u selu Rashult u južnoj Švedskoj kao sin siromašnog, ali ambicioznog luteranskog kapelana. Kao učenik, bio je toliko lijen da gaje njegov iznervirani otac dao u nauk (ili, prema nekima, skoro dao u nauk) postolaru. Zgrožen mogućnošću da provede život zabijajući klince u kožu, mladi Linne izmolio je za još jednu priliku, tako da više nikada nije bio neodlučan glede akademskih postignuća. Medicinu je studirao u Švedskoj i Holandiji, iako je njegova strast bio svijet prirode. Početkom tridesetih godina 18. stoljeća, dok je još bio u dvadesetim, počeo je izrađivati kataloge svjetskih biljnih i životinjskih vrsta, i to po sustavu koji je sam osmislio pa je njegova slava postupno rasla.

Rijetko je kojem čovjeku toliko godila vlastita veličina. Mnogo svog slobodnog vremena provodio je sastavljajući dugačke i laskave portrete

samog sebe, izjavljujući da nikada nije bilo »većeg botaničara ili zoologa« i da ja njegov sistematizacijski sustav »najveće postignuće na polju znanosti«. Skromno je predložio da na njegovu grobu bude natpis *Princcps Botatiiconim,* »Kralj botaničara«. Nije bilo mudro dovoditi u pitanje njegove velikodušne samoprocjene.

Oni koji bi to učinili često bi otkrili da su po njima nazvani korovi.

Druga Linneova upadljiva osobina bila je trajna - mogli bismo reći ponekad i grozničava - zaokupljenost seksom. Naročito gaje fascinirala sličnost između određenih dvokrilnih školjki i ženskog spolovila. Dijelovima jedne vrste čančica nadjeo je ime »vulva«, »labija«, »Venerin brijeg«, »anus« i »himen«. Biljke je grupirao prema prirodi njihovih reproduktivnih organa i dodijelio im zanimljive antropomorfne sklonosti zaljubljivanju. Njegovi opisi cvijeća i njihova ponašanja puni su bilježaka o »promiskuitetnom općenju«, »jalovim konkubinama« i »svadbenom krevetu«. U jednom često citiranom odlomku napisao je kako u proljeće:

> Ljubav doiazi čak i biljkama. Muški i ženski cvjetovi... se vjenčaju... pokazujući svojim spolnim organima jesu li muški ili ženski. Latice cvjetova predstavljaju bračni krevet, koji je Tvorac tako veličanstveno uredio, ukrasio tako plemenitim zavjesama i naminsao s toliko blagih miomirisa kako bi mladoženja sa svojom mladom mogao još svečanije proslaviti svoje vjenčanje. Kada je krevet spreman, vrijeme je da mladoženja zagrli svoju voljenu mladu i preda joj se.

Jedan rod biljaka nazvao je *Clitoria.* Ne iznenađuje da su ga mnogi smatrali čudakom. No, njegov je klasifikacijski sustav bio neodoljiv. Prije Linnea biljkama su davana imena koja su bila naširoko opisna. Obična divlja višnja zvala se *Physalis annio ramosissime rauiis angulosis glabrisjoliis daitoserratis.* Linne je to srezao na *Physalis angulata,* naziv koje je još uvijek u uporabi. Biljni svijet bio je podjednako nesređen i zbog nedosljednosti u imenovanju. Botaničar nije mogao biti siguran je li *Rosa sylt>estris alba cum mborc, jolio glabro* isto što *Rosa syh'cstris inodora scu caiiina.* Linne je razriješio zagonetku nazvavši je jednostavno *Rosa cani-na.* Da bi takvo skraćivanje bilo svima korisno i prihvatljivo, trebalo je mnogo više od puke odlučnosti. To je zahtijevalo instinkt - zapravo, genij - za uočavanje upadljivih kvaliteta vrsta.

Linneov sustav bio je tako dobro utemeljen da mu teško možemo zamisliti alternativu, dok su sistematizacijski sustavi prije Linneova

često bili vrlo hiroviti. Životinje su mogle biti kategorizirane prema tome jesu li divlje ili domaće, kopnene ili vodene, velike ili male, čak i prema tome jesu li smatrane lijepim i plemenitim ili nebitnim. Buffon je životinje grupirao prema njihovoj korisnosti za čovjeka. Anatomija mu je bila gotovo nebitna. Linne je svojim životnim djelom ispravio taj nedostatak, tako što je sva živa bića klasificirao prema njihovim tjelesnim osobinama. Taksonomija ili sistematika - što znači, znanost o klasifikaciji - nikada se više nije osvrnula na prošlost.

Naravno, sve je to potrajalo. Prvo izdanje njegova velikog djela *Sy-stcma Naturae* (Sustav prirode) iz 1735. godine imalo je samo četrnaest stranica. No, raslo je i raslo, sve do dvanaestog izdanja - posljednjeg koje će Linne doživjeti - a koje se prostiralo na tri sveska i 2300 stranica. Na krajnje imenovao ili zabilježio kojih trinaest tisuća vrsta biljaka i životinja. Ostala sn djela bila opsežnija - trotomna *Historici Gaicralis Plaiitanim* (Opća botanika) Johna Rava iz Engleske, koja je bila dovršena generaciju prije, obuhvatila je ni više ni manje nego 18 625 vrsta biljaka - ali ono stoje Linne imao, a nitko drugi nije mogao postići, bili su dosljednost, red, jednostavnost i pravodobnost. Iako njegovo djelo datira iz tridesetih godina 18. stoljeća, u Engleskoj nije postalo općepoznato sve do šezdesetih godina 18. stoljeća, u pravom trenutku da Linnea učini nekom vrstom voljenog vode britanskih prirodoslovaca. Njegov sustav nigdje drugdje nije usvojen s više entuzijazma (zato Linneovsko društvo ima sjedište u Londonu, a ne u Stockholmu).

Linne nije bio bez propusta. Prokrčio je put mitskim čudovištima i »čudovišnim ljudima«, čije je opise lakovjerno preuzeo od pomoraca i ostalih maštovitih putnika. Neka od njih bila su divlji čovjek, *Homo Jerus,* koji je hodao na sve četiri i još uvijek nije svladao umijeće govora, te *Homo caudatus,* »čovjek s repom«. No, ne smijemo zaboraviti daje to, sve u svemu, bilo lakovjernije doba. Gak se i veliki Joseph Banks vrlo zainteresirao i povjerovao u niz prijavljenih slučajeva da su krajem 18. stoljeća uz škotsku obalu viđene sirene. Linneove pogreške uglavnom su bile neutralizirane njegovom solidnom i često briljantnom taksonomijom. Medu ostalim postignućima, pobrinuo se da kitovi zajedno s kravama, miševima i ostalim uobičajenim kopnenim životinjama pripadaju redu kvadripeda (koji su poslije preimenovani u sisavce), što nitko prije nije uočio.

U početku je Linne svakoj biljci namjeravao dati samo ime roda i broj - *(^oiii'oh'iihis 1*, *Coimolviilus 2* i tako dalje - ali ubrzo je shvatio da to nije dovoljno pa nm je pao na pamet binomm poredak, koji je do

danas ostao u osnovi tog sustava. Njegova prvotna ideja bila je da binomni sustav primijeni na sve — stijene, minerale, bolesti, vjetrove, sve što postoji u prirodi. No, taj sustav nisu svi oduševljeno prihvatili. Mnogima je smetala njegova tendencija prema nepristojnom, što je bilo pomalo ironično, jer su nazivi za mnoge biljke i životinje prije Linnea često bili krajnje vulgarni. Maslačak je dugo bio popularno nazivan »popišancem« jer se vjerovalo da ima diuretička svojstva, a ostah nazivi iz svakodnevne uporabe bili su i *kobilji prdac, gole dame, trzomudac, pseća mokraća, otvoreno dupe* i *rit-krpa.* Neki od tih sočnih naziva možda su i nehotice preživjeli u engleskom. Na primjer, »gospina kosa« u nazivu za vrstu mahovine *ne* odnosi se na kosu na gospinoj glavi. U svakom slučaju, dugo je prevladavalo mišljenje kako će prirodne znanosti postati mnogo uzvišenije uz malo klasičnog preimenovanja, tako daje zavladala određena nevjerica prilikom otkrića daje samopro-zvani Kralj Botanike svoje tekstove začinio nazivima kao što su *Clitoria, Fomicata* i *Vulva.*

Vremenom su mnogi su od njih bili potiho odbačeni (iako ne svi: obični papučasti priljepak u službenim prigodama još se uvijek odaziva na *Crepidula fomicata),* a kako su se potrebe prirodnih znanosti počele specijalizirati, došlo je do mnogih drugih pročišćavanja. Sustav je osobito ojačan postupnim uvođenjem dodatnih hijerarhija. Nazivima *rod* i *vrsta* prirodoslovci su se služili više od stotinu godina prije Linnea, a *red, razred* i *porodica* u biološkom smislu počeli su se upotrebljavati pedesetih i šezdesetih godina 18. stoljeća. *Koljeno je* prvi put smišljeno 1876. godine (učinioje to Nijemac Ernst Haeckel), *a porodica* i *red* smatrali su se istoznačnim sve do početka 20. stoljeća. U jednom razdoblju zoolozi su *porodicotn* nazivali ono što su botaničari smatrali *redom,* stoje povremeno znalo zbuniti gotovo sve.*

Linne je podijelio životinjski svijet u šest kategorija: sisavci, gmazovi, ptice, ribe, kukci i »vermes« ili crvi, za sve što se nije uklapalo u prvih pet kategorija. Od samog početka bilo je jasno da jastozi i kozice ne pripadaju u istu kategoriju s crvima pa su stvorene razne nove kategorije poput mekušaca i rakova. Nažalost, te nove klasifikacije nisu podjednako primjenjivali u svim zemljama. U pokušaju da ponovno naprave reda, Britanci su 1842. godine proglasili novu skupinu pravila nazvanih

Za ilustraciju, ljudi su u domeni cucarva. u carstvu animalia. u koljenu ehordata. u pot-koljenu vertebrata. razredu mamnialia. redu primates. porodici honnnid. rodu *Homo.* vrsti *sapiens.* (Rečeno mi je da je kurzivom uobičajeno pisati nazive roda i vrste, ali ne i one viših podjela.) Neki taksonomi koriste daljnje potpodjele: pleme, raodred, mtrared. parvred itd.

Stricklandski kodeks, ali se Francuzima to činilo bahatim pa je Societć Zoologique uzvratilo svojim proturječnim kodeksom. U međuvremenu, kao osnovu za sva svoja imenovanja, Američko ornitološko društvo iz nejasnih razloga odlučilo se za izdanje *Systeme Naturae* iz 1758. godine, a ne ono uobičajeno iz 1766., što znači da su mnoge američke ptice u 19. stoljeću bile upisane pod drugim rodovima nego njihovi ptičji rođaci iz Europe. Prirodoslovci su tek najednom davnom sastanku Međunarodnog kongresa zoologije 1902. godine konačno pokazali duh kompromisa i usvojili univerzalni kodeks.

Taksonomija se ponekad opisuje kao znanost, a ponekad kao umijeće, ali rijetko kao bojište. U tom sustavu čak i danas ima više nereda nego reda. Uzmimo kategoriju koljena, podjelu koja opisuje osnovne konstrukcije organizama. Nekolikoje koljena općenito dobro poznato, kao što su mekušci (tu spadaju školjke i puževi), člankonošci (kukci i rakovi) te svitkovci (mi i sve ostale životinje s kralježnicom ili proto-kralježnicom); dalje stvari skreću u opskurno. Među opskurnijim mogli bismo navesti gnathostomulide (morske crve), žarnjake ili mje-šince (cnidaria: morski klobuci, meduze, vlasulje, koralji) i nježne pria-pulide (ili male »penisne crve«). Bile vam poznate ili ne, to su elementarne podjele. No, iznenađujuće je malo suglasnosti oko toga koliko koljena postoji ili bi trebalo postojati. Većina biologa kao ukupan broj navodi tridesetak, ali neki se odlučuju za broj od kojih dvadesetak, dok Edward O. Wilson u knjizi *Tlie Diversity oj Lije* (Raznovrsnost života) predlaže iznenađujućih osamdeset devet. To ovisi o tome gdje odlučite napraviti podjelu - »trpate« li ili »cijepate«, kako to kažu u svijetu biologije.

Izgledi za neslaganja na svakidašnjoj razini vrsta još su veći. Hoće li se vrsta trave zvati *Aegilops inairva, Aegilops incurvata* ili *Aegilops ovata* možda i nije tema koja bi razbuktala strasti nebotaničara, ali to može postati razlogom velikih razmirica u redovima biologa. Problem je što postoji pet tisuća vrsta trava, a mnoge od njih izgledaju vrlo slično, čak i ljudima koji ih poznaju. Stoga su neke vrste najmanje dvadeset puta otkrivene i imenovane, a čini se da nema nijedne koja nije bila barem dva puta neovisno identificirana. Dvosveščani *Manual of the Grasses of the United States* (Priručnik trava Sjedinjenih Država) posvetio je dvjesto gusto ispisanih stranica sređivanju svih sinonima, kako biološki svijet naziva svoje nehotične, ali prilično česte duplikate. A to se odnosi samo na trave jedne zemlje.

Kako bi se iza šlo na kraj s neslaganjima na globalnoj razini, tijelo poznato kao Međunarodno udruženje za taksonomiju biljaka presuđuje u sporovima o prioritetu i dupliciranju. Povremeno izdaje dekrete, objavljujući da je *Zansclmcria califomica* (česta biljka u kamenim vrtovima) odsad poznata kao *Ephilobium čamim;* ili da *seAglaothaiiinion tantis- siitiiau odsad može smatrati istom vrstom kao lAolaotlianuuou byssoides, ali ne kao i Aglaothaiimion pscndobyssoides. To su obično mali zahvati dovođenja u red koji ne privlače mnogo pažnje, ali kada se dodirnu omiljenih vrtnih biljaka, kao što se ponekad dogodi, neizbježno uslijede krikovi ogorčenja. Krajem osamdesetih godina 20. stoljeća svima poznata krizantema bila je izbačena (iz očito utemeljenih znanstvenih razloga) iz istoimenog roda i prognana u relativno neugledan i nepoželjan rod Daidrautheina.*

Uzgajivači krizantema ponosno su i brojno društvo pa su uputili protest jednom stvarnom odboru, ma kako mu naziv nevjerojatno zvučao - Odboru za spermatofite. (Također postoje odbori za pteridofite, briofite i gljive, između ostalih, a svima im je nadređen Rapporteur--General; to je institucija koju stvarno treba poštovati.) Iako se pravila nomenklature navodno treba strogo pridržavati, botaničari nisu ravnodušni prema javnom mnijenju pa su 1995. godine poništili odluku. Slične presude spasile su od degradiranja petunije, kurike i popularnu vrstu amarilisa, što se ne može reći za mnoge vrste geranija, koje su prije nekoliko godina uz veliko negodovanje prebačene u rod *Pclaroo-niiim.* O tim prepirkama na zabavan je način pisao Charles Elliott u svojim *The Potting-Shed Papers* (Spisima iz pelceraja).

Slične razmirice i preslagivanja mogu se naći u svim ostalim sferama živog, tako da održavanje cjelokupnog poklapanja nije ni približno jednostavno, kao što vam se možda čini. Rezultat je prilično zapanjujuća činjenica da nemamo ni približno pojma - »čak ni najbliži red veličine«, prema riječima Edvvarda C). Wilsona - o broju stvorova koji žive na našem planetu. Procjene se kreću od tri do dvjesto milijuna. Sto je još neobičnije. prema jednoj reportaži u *Ecoiioinistn* čak 97 posto svjetskih biljnih i životinjskih vrsta tek treba otkriti.

Sto se tiče organizama koje *poznamo,* više od 99 posto opisano je samo vrlo površno - »znanstveni naziv, šačica primjeraka u nekom muzeju te nekoliko djelića opisa u znanstvenim časopisima«, tako Wilson opisuje stanje našeg znanja. On je u *Raznovrsnosti života* broj poznatih vrsta svih oblika - biljaka, kukaca, mikroba, algi, svoga - procijenio na 1,4 milijuna, ali odmah je dodao da je to samo nagađanje. Drugi

stručnjaci broj poznatih vrsta postavljaju malo više, na otprilike 1,5 do 1,8 milijuna, ali kako ne postoji središnji registar za takve stvari, ti se brojevi nemaju gdje provjeriti. Ukratko, nalazimo se u čudnoj situaciji u kojoj ne znamo što zapravo znamo.

U načelu bi se trebalo obratiti stručnjacima iz svakog područja specijalizacije, upitati koliko ima vrsta na njihovu području i zbrojiti iznose. Mnogi su to i učinili. Problem je u tome da se rijetko dobiju dva ista rezultata. Prema nekim izvorima broj poznatih vrsta gljiva iznosi sedamdeset tisuća, a prema drugima stotinu tisuća, gotovo upola više. Možete naići na kategorične tvrdnje daje broj opisanih vrsta glista četiri tisuće, ali prema isto tako odrješitim tvrdnjama iznos je dvanaest tisuća. Za kukce brojevi se kreću od 750000 do 950000 vrsta. To su, da se razumijemo, navodno brojevi *poznatih* vrsta. Uvriježeno prihvaćeni brojevi za biljke kreću se od 248000 do 265 000. To se možda i ne čini kao preveliko neslaganje, ali to je preko dvadeset puta više od broja cvjetnica u cijeloj Sjevernoj Americi.

Stvari nije nimalo lako dovesti u red. Početkom šezdesetih godina 20. stoljeća Colin Groves s Australskog nacionalnog sveučilišta započeo je sustavno proučavanje preko 250 poznatih vrsta primata. Cesto bi se ispostavilo da je jedna te ista vrsta opisana više nego jednom - ponekad nekoliko puta - a da otkrivači nisu shvatili da se bave životinjom koja je znanosti već poznata. Grovesu su trebala četiri desetljeća da sve razmrsi, i to za relativno malu grupu lako razlučivih i općenito nekontro-verznih stvorenja. Samo Bog zna kakvi bi bili rezultati da je netko pokušao obaviti sličan zadatak s procijenjenih dvadeset tisuća tipova lišajeva na ovom planetu, pedeset tisuća vrsta mekušaca ih više od četiristo tisuća vrsta kornjaša.

No. sigurno je da nas okružuje mnogo života, iako su stvarne količine samo procjene zasnovane na ekstrapolacijama - i to ponekad izvanredno rastezljivim. U dobro poznatom radu iz osamdesetih godina 20. stoljeća Terry Erwin s Smithsonian Institutiona zasitio je insekticidnom maglom dio šume s devetnaest prašumskih stabala u Panami, zatim je skupio sve što je palo iz krošanja u njegove mreže. Medu lovinom (zapravo, lovinama, jer je sezonski ponavljao eksperiment kako bi uhvatio i vrste koje se sele) bilo je tisuću dvjesto vrsta kornjaša. Na temelju distribucije kornjaša drugdje, broja ostalih vrsta u toj šumi. broja šuma na svijetu, broja ostalih vrsta kukaca, i tako dalje po dugom popisu varijabli, procijenio je kako bi na cijelom planetu trebalo biti oko trideset milijuna vrsta kukaca - iznos za koji je poslije

rekao da je odviše suzdržan. Upotrebom istih ili sličnih podataka ostali su došli do iznosa od trinaest milijuna, osamdeset milijuna ili stotinu milijuna tipova kukaca, no, bez obzira koliko se oprezno do tih iznosa došk), zaključeno je kako se neizbježno temelje na pretpostavkama koliko i na znanosti.

Prema *IVall StreetJoimialu* na čitavom planetu ima »oko 10000 aktivnih sistematičara« - što i nije velik broj, ako uzmete u obzir koliko toga treba zabilježiti. No, dodaje *Journal,* zbog troškova (oko 1250 funti po vrsti) i papirologije godišnje se upiše samo oko petnaest tisuća novih vrsta svih tipova.

»To nije kriza biološke raznovrsnosti, to je sistematičarska kriza!« očajava Koen Maes, podrijetlom Belgijanac, pročelnik Odsjeka za beskralježnjake u Kenijskom nacionalnom muzeju u Nairobiju, s kojim sam se nakratko susreo prilikom posjeta toj zemlji ujesen 2002. godine. Rekao mije da u cijeloj Africi nema specijaliziranih sistematičara. »Bio je jedan u Obali Bjelokosti, ali mislim daje u mirovini«, rekao je. Potrebno je osam do deset godina da se obuči jedan sistematičan ali nitko ne dolazi u Afriku. »Oni su ti koji su pravi fosili«, dodaje Maes. I on bi trebao biti otpušten krajem godine, rekao je. Nakon što je u Keniji proveo sedam godina, ugovor mu neće biti obnovljen. »Nema sredstava«, objasnio mije Maes.

Nekoliko mjeseci prije britanski biolog G.H. Godfrav izjavio je za časopis *Nature* da za sistematičare posvuda postoji kroničan »nedostatak ugleda i sredstava«. Zato su »mnoge vrste loše opisane u odvojenim publikacijama, bez pokušaja da se novi takson* poveže s postojećim vrstama i klasifikacijama«. Nadalje, dobar dio vremena sistematičan ne opisuju nove vrste, nego jednostavno razvrstavaju stare. Prema God-fravu mnogi od njih »provedu veći dio karijere u pokušajima da interpretiraju djela sistematičara iz 19. stoljeća. Oni rekonstruiraju njihove objavljene opise, koji su često nepotpuni, ili čeprkaju po svjetskim muzejima za primjercima koji su često u lošem stanju«. Godfrav posebno naglašava daje zanemarena mogućnost sistematizacije putem Interneta. Činjenica jest daje taksonomija još uvijek starinski sklona papiru.

U pokušaju da stvari uvede u suvremeno doba, Kevin Kelly, suosnivač časopisa *IVirecL* 2001. godine pokrenuo je pothvat nazvan Fiindacija

Formalan naziv za zoološku kategoriju, kao što MI *pliyliim* (koljeno) ili *^aiin* (rod).

svih vrsta, s ciljem da se svaki živi organizam pronađe i zabilježi u bazu podataka. Troškovi takva zadatka procijenjeni su na između 1,3 milijarde i čak 30 milijardi funti. U proljeće 2002. godine Fundacija je u sredstvima imala samo 750000 funti i četiri stalna zaposlenika.

Ukoliko, kao što brojke pokazuju, postoje stotine milijuna vrsta kukaca koje tek treba otkriti i ukoliko se njihovo otkrivanje nastavi sadašnjim tempom, konačan broj kukaca dobit ćemo za malo više od petnaest tisuća godina. Pobrojavanje ostatka životinjskog svijeta moglo bi potrajati malo dulje.

A zašto znamo tako malo? Razloga je gotovo toliko koliko i nepo-brojenih vrsta životinja, ali evo nekoliko glavnih.

Većina živih bića je malena pa ih je lako previdjeti. U praktičnom smislu, to i ne mora uvijek biti loše. Možda ne biste tako zadovoljno drijemali kada biste bili svjesni daje vaš madrac dom za možda 2 milijuna mikroskopskih grinja, koje izlaze u sitne sate kako bi gucnule ulje iz vaših lojnica i gostile se hrskavim pahuljicama vaše kože koje prosipate dok dremuckate i vrpoljite se. Samo ih u vašem jastuku ima možda četrdeset tisuća. (Za njih je vaša glava samo jedan veliki masni bombon.) I nemojte misliti da će čista jastučnica nešto promijeniti. Nečemu stoje veličine kućne grinje, tkanje najgušće tkanine izgleda poput brodskog konopa. Štoviše, ako je vaš jastuk star šest godina - stoje, po svemu sudeći, prosječna starost za jastuk - procijenjeno je da jednu desetinu njegove težine čine »zguljena koža, žive grinje, mrtve grinje i izmet grinja«, da citiram čovjeka koji je to izvagao, dr. Johna Maundera iz Britanskog medicinskog entomološkog centra. (No, to su barem *vaše* grinje. Zamislite samo uza što se privijate svaki put kada ste u hotelskom krevetu.)* Iako su grinje s nama od pamtivijeka, otkrivene su tek 1965. godine.

Ako su nam sve do doba televizije u boji promakla stvorenja koja su s nama toliko intimno povezana kao grinje iz kreveta, ne čudi da nam je jedva poznata većina ostalog svijeta mikro razmjera. Otiđite u šumu - bilo koju šumu - sagnite se, uzmite šaku zemlje i na dlanu ćete držati oko deset milijardi bakterija, a većina njih nepoznata je znanosti. Vaš

Čini se da smo u pogledu higijene zapravo kontraproduktivni. Dr. Maunder vjeruje da je prel.i7.ik na deterdžente za pranje rublja na niskim temperaturama potaknuo razmnožavanje buba. Kao što je rekao: »Ako ušljivo rublje perete na niskim temperaturama, dobijete samo eišee uši.«

će uzorak također sadržavati oko milijun nakupina gljiva mješinarki, kojih dvjesto tisuća dlakavih gljivica poznatih kao plijesni, možda deset tisuća praživotinja (od kojih je najpoznatija ameba) te različite kolnjake, plesnjake, oblice i ostala mikroskopska stvorenja poznata pod zajedničkim imenom *kriptozve.* Velik dio njih također je nepoznat.

Najopsežniji priručnik o mikroorganizmima, *Bcrgcy's Mamini oj Systanatic Bacteriology* (Bergevjev priručnik sustavne bakteriologije), navodi oko četiri tisuće vrsta bakterija. Osamdesetih godina 20. stoljeća dva norveška znanstvenika, Jostein Goksevr i Vigdis Torsvik. nasumce su uzeli jedan gram zemlje iz bukove šume kraj svog laboratorija u Bergcnu i pažljivo analizirali njegov bakterijski sadržaj. Otkrili su da taj jedan mali uzorak sadrži između četiri i pet tisuća bakterijski!] vrsta, više nego što ih ima u cijelom *Bcrgijji'i'ii pri ručnik u.* Zatim su otputovali nekoliko kilometara dalje na obalu, uzeli još jedan gram zemlje i otkrili da sadrži četiri do pet tisuća *drugih* vrsta. Kao što primjećuje Edvvard O. Wilson: »Ako u dva prstohvata supstrata s dvije lokacije u Norveškoj postoji više od 9000 tipova mikroba, koliko ih još treba otkriti u drugim, potpuno drukčijim staništima?« Pa, prema jednoj procjeni moglo bi ih biti čak četiristo milijuna.

Ne tražimo na pravim mjestima. U *Raznovrsnosti života* Wilson navodi kako je jedan botaničar nekoliko dana šetao po deset hektara džungle na Borneu i otkrio tisuću novih vrsta cvjetnica -više nego što ili ima u cijeloj Sjevernoj Americi. Biljke nije bilo teško naći. Jednostavno, tamo nitko prije nije tražio. Keon Maes iz Kenijskog nacionalnog muzeja ispričao mi je daje otišao u jednu oblačnu šumu. kako u Keniji nazivaju šume na planinskim vrhovima, i za pola sata »ne baš predanog traženja« pronašao četiri nove vrste stonoga. od kojih su tri predstavljale novi rod, te jednu novu vrstu drveta. »Velikog drveta«. dodao je i raširio ruke kao da će zaplesati s korpulentnim partnerom. Oblačne šume nalaze se na visoravnima, a neke su izolirane milijunima godina. »Imaju idealnu klimu za biologiju, a gotovo da nisu istražene«, rekao je.

Tropske prašume prekrivaju samo oko 6 posto Zemljine površine, ali udomljuju više od pola njena životinjskog svijeta i otprilike dvije trećine cvjetnica - ali nepoznata nanije većina tog života jer je u njima bilo premalo istraživača. Mnogo toga moglo bi biti prilično vrijedno. Nije ispitano najmanje 99 posto cvjetnica kako bi se otkrila njihova medicinska svojstva. Budući da ne mogu pobjeći od grabežljivaca, biljke

su morale razviti složene kemijske sustave obrane, tako da obiluju intrigantnim spojevima. Danas je gotovo četvrtina svih farmaceutskih lijekova dobivena od samo četrdeset biljaka, dok 16 posto podrijetlo vuku od životinja i mikroba, tako da postoji ozbiljan rizik da sa svakim hektarom posječene šume gubimo medicinski vitalne mogućnosti. Upotrebom metode poznate kao kombinatorna kemija kemičari u laboratorijima mogu generirati 40000 spojeva zaredom, ali ti su proizvodi nasnmični i često beskorisni, dokje svaka prirodna molekula već prošla ono što *Hconomist* naziva »vrhunskim programom ispitivanja: više od tri i pol milijarde godina evolucije«.

Međutim, tražiti nepoznato ne znači jednostavno otputovati na zabitna ili daleka mjesta. U svojoj knjizi *Life: An Unauthorised Biography* Richard Fortev piše kako je jedna drevna bakterija pronađena na zidu seoske gostionice, »gdje su muškarci godinama urinirali« - čini se daje za to otkriće trebalo dosta sreće / predanosti te možda još nečega što nije navedeno.

Nema dovoljno stručnjaka. Opseg onoga što treba otkriti, ispitati i zabilježiti uvelike premašuju broj znanstvenika koji bi to mogli obaviti. Uzmimo, na primjer, otporne i slabo poznate organizme poznate kao *Rotifera bdclloida.* To su mikroskopske životinje koje mogu preživjeti gotovo sve. Kada su uvjeti surovi, sklupčaju se u kompaktan oblik, iskopčaju metabolizam i čekaju bolja vremena. U tom ih stanju možete ubaciti u kipuću vodu ili zamrznuti gotovo do apsolutne nule - to jest, do razine na kojoj popuštaju čak i atomi - a kada to mučenje završi i kada se poboljšaju uvjeti, odmotat će se i nastaviti dalje kao da se ništa nije dogodilo. Dosad je identificirano oko 500 vrsta (iako neki drugi izvori tvrde 360), ali nitko nema pojma koliko bi ih približno moglo biti. Gotovo sve stoje o njima godinama bilo poznato možemo zahvaliti radu predanog amatera, londonskog činovnika Davida Brvcea, koji ih je proučavao u slobodno vrijeme. Ima ih posvuda na svijetu, ali ako pozovete na večeru sve svjetske stručnjake za *Rotiferu bdelloidu,* sigurno nećete morati posuđivati tanjure od susjeda.

Gak i stvorenja koja su toliko važna i sveprisutna kao gljive (a gljive su ijedno i drugo), privlače relativno malo pažnje. Gljiva ima posvuda i javljaju se u mnogim oblicima - kao gljive, plijesni, snijeti i puhare, da imenujemo samo mali uzorak - a ima ih u vrtoglavo velikim količinama. Kada biste skupili sve gljive pronađene na hektaru obične livade, imali biste ih oko 2800 kilograma. To nisu marginalni organizmi. Bez

gljiva ne bi bilo krumpirove snijeti, bolesti brijestova, genitalnog svra-ba ili gljivične infekcije stopala, ali ni jogurta, piva i sireva. Ukupno je identificirano oko sedamdeset tisuća vrsta gljiva, ali pretpostavlja se kako bi ukupan broj mogao biti čak 1,8 milijuna. Mnogo je mikologa zaposleno u industriji proizvodnje sira, jogurta i tome slično, tako da je teško reći koliko ih je aktivno uključeno u istraživanja, ali sa sigurnošću možemo reći da postoji više vrsta gljiva koje treba otkriti nego stoje ljudi koji bi ih trebali pronaći.

Svijet je stvarno velik. Lakoća zračnog putovanja i ostali oblici komunikacije naveli su nas da mislimo kako svijet uopće nije velik, ali na razini tla, gdje istraživači moraju raditi, zapravo je enormno velik -dovoljno da bude pun iznenađenja. Danas se zna da okapiji, najbliži živi žirafini srodnici, žive u znatnom broju u prašumama Zaira - ukupna populacija procjenjuje se na možda trideset tisuća - ali sve do 20. stoljeća nitko nije ni pretpostavio da postoje. Za veliku novozelandsku pticu neletačicu takahe pretpostavljalo se daje izumrla 200 godina prije nego je otkrivena u neprohodnom području Južnog otoka te zemlje. Tim francuskih i britanskih znanstvenika na Tibetu, koji su se 1995. godine izgubili u snježnoj oluji u zabačenoj dolini, naišli su na pasminu konja Rivvoche, koja je prethodno bila poznata samo s prethistorijskih spiljskih crteža. Stanovnici doline bili su iznenađeni kada su saznali da se taj konj u svijetu smatra raritetom.

Neki znanstvenici misle da nas možda čekaju još veća iznenađenja. »Vodeći britanski etnobiolog«, pisao je *Ecoitomist* 1995. godine, »misli kako bi *Megatheriuin,* vrsta divovskog ljenivca koji je možda visok poput žirafe, ... mogao vrebati u nepristupačnom porječju Amazone.« Možda je znakovito da taj etnobiolog nije imenovan; a možda je još znakovitije da se nikad više nije čulo ni za njega ni za njegova divovskog ljenivca. Međutim, nitko ne može kategorički tvrditi da takvo što ne postoji dok se ne istraži svaki obrasli proplanak, a mi smo daleko od toga.

Kada bismo pripremili tisuće terenskih radnika i poslali ih u najudaljenije zakutke svijeta, to ne bi bilo dovoljno jer, gdje god ga može biti, život jest. Izvanredna plodnost života je začuđujuća, čak je ugodna, ali je i problematična. Kako biste sve istražili, trebali biste preokrenuti svaki kamen, protresti lišće sa svakog pedlja šumskog tla. procijediti nezamislive količine pijeska i blata, popeti se u krošnju svakog drveta i osmisliti mnogo učinkovitije načine za istraživanje mora. Cak biste i tada previdjeli cijele ekosustave. Osamdesetih godina 20. stoljeća speleolozi-

-amateri ušli su u duboku spilju u Rumunjskoj koja je dugo bila izolirana od vanjskog svijeta, ne zna se koliko dugo, te su pronašli trideset tri vrste kukaca i ostalih malih stvorenja - pauka, stonoga, ušiju - a svi su bili slijepi, bezbojni i novi za znanost. Hranili su se mikrobima s pjene na površini bazena, dok su se mikrobi hranili sumporovodikom iz vrućih izvora.

Nemogućnost da otkrijemo sve vrste života mogli bismo doživjeti kao frustrirajuću, deprimirajuću, možda i užasavajuću, ali također je možemo smatrati nevjerojatno uzbudljivom. Živimo na planetu koji skriva beskrajno mnogo iznenađenja. Koji bi razumni čovjek htio da bude ikako drugačije?

Tumarajući razbacanim disciplinama suvremene znanosti najviše pažnje privlači spoznaja koliko je ljudi posvetilo svoj život najezoterič-nijim granama istraživanja. U jednom svom eseju Stephcn Jay Gould piše kako je njegovjunak Henry Edvvard Crampton proveo čak pedeset godina, od 1906. do svoje smrti 1956. godine, u samozatajnom proučavanju jednog roda kopnenih puževa poznatih kao *Partula* iz Polinezije. Crampton je iz godine u godinu mjerio do najsitnijeg stupnja - do osam decimalnih mjesta - spirale, lukove i nježne krivulje nebrojenih *Partula,* detaljno popisujući rezultate u pedantne tablice. Jedan jedini redak teksta u Cramptonovoj tablici mogao je predstavljati tjedne mjerenja i računanja.

Samo malo manje predan, ali još neočekivaniji bio je Alfred C. Kin-sey, koji se četrdesetih i pedesetih godina 20. stoljeća proslavio studijama ljudske seksualnosti. Prije nego što mu je misli ispunio seks, da tako kažem, Kinseyjc bio entomolog, i to vrlo ustrajan. U jednoj ekspediciji koja je trajala dvije godine propješačio je 4000 kilometara kako bi skupio zbirku od tristo tisuća osa. Nažalost, nije zabilježeno koliko je žalaca pokupio putem.

Mučilo me pitanje kako se osiguravaju nasljednici u tim zakučastim područjima. U svijetu sigurno ne može biti mnogo institucija koje su spremne podupirati stručnjake za kipare ili pacifičke puževe. Kada smo se opraštali u Prirodoslovnom muzeju u Londonu, upitao sam Richarda Fortevja kako znanost rješava problem nasljednika kad neki znanstvenik napusti svoje mjesto.

Od srca se nasmijao mojoj naivnosti. »Bojim se da nemamo zamjene koje čekaju negdje na klupi dok ih ne pozovemo da uđu u igru. Kada neki stručnjak ode u mirovinu ili, još gore, umre, to može zaustaviti istraživanje tog područja, ponekad na vrlo dugo vrijeme.«

»Pretpostavljam da zato cijenite nekoga tko provede četrdeset dvije godine proučavajući jednu vrstu biljke, čak i ako ne otkrije ništa posebno novo?«

»Upravo tako«, rekao je, »upravo tako.«

A činilo mi se da to zaista i misli.

24

STANICE

Sve započinje jednom stanicom. Prva se stanica podijeli na dvije, dvije postanu četiri i tako dalje. Nakon samo četrdeset sedam udvostruča-vanja u svom tijelu imate deset tisuća bilijuna (10000000000000000) stanica i spremni ste da se razvijete kao ljudsko biće.* A svaka od tih stanica točno zna što treba napraviti kako bi vas očuvala i hranila, od trenutka začeća do vašeg posljednjeg daha.

Pred svojim stanicama nemate nikakvih tajni. One znaju mnogo više o vama nego vi. Svaka od njih nosi kopiju kompletnog genetskog koda - priručnik s uputama za vaše tijelo - pa ne samo da zna obavljati svoj nego i svaki drugi posao u tijelu. Nikada u životu nećete morati podsjetiti neku stanicu da pripazi na svoju razinu adenozin trifosfata ili da pronađe mjesta za dodatni mlaz tolne kiseline koji se neočekivano pojavio. Ona sve to radi za vas, uz još milijune drugih stvari. Svaka stanica u prirodi pravo je čudo. Gak su i najjednostavnije daleko iznad granica ljudske domišljatosti. Da biste izgradili najosnovniju stanicu kvasca, na primjer, morali biste minijatunzirati otprilike isti broj dijelova koliko ih ima u mlažnjaku Boeing 777 i smjestiti ih u sferu promjera od samo 5 mikrona; zatim biste tu sferu trebali nekako nagovoriti da se razmnožava.

'" U procesu razvoja zapravo se izgubi dosta stanica, tako da je broj s kojim se pojavljujemo samo pretpostavka. Ovisno o tome koji izvor konzultirate, on varira i nekoliko redova veličina. Iznos od 10 tisuća bilijuna (ili deset bilijardi) potječe iz *Mikroko~ino<ci* Margulisa i Sagana.

No, stanice kvasca nisu ništa u usporedbi s ljudskim stanicama, koje ne samo da su raznolikijc i kompliciranije nego su neizmjerno rasci-nantnije zbog svojih složenih interakcija.

Vaše su stanice zemlja od deset tisuća bilijuna građana, a svaki je na neki intenzivno specifičan način posvećen vašem općem blagostanju. Nema toga što ne rade za vas. Dopuštaju vam da osjećate ugodu i oblikujete misli. Omogućavaju vam da stojite, protežete se i poskakujete. Kada jedete, one izvlače hranjive tvari, distribuiraju energiju i odnose otpadne tvari - sve ono o čemu ste učili na satu biologije. Također se sjete da vas učine gladnima i da vas poslije nagrade osjećajem zadovoljstva, tako da ne zaboravite ponovno jesti. One čine da raste kosa, da u ušima ima voska, da mozak tiho prede. Upravljaju svakim djelićem vašeg bića. Skočit će u vašu obranu čim ste u opasnosti. One će bez oklijevanja umrijeti za vas - milijarde njih čine to svakodnevno. A za svih tih godina nijednom niste zahvalili nijednoj od njih. Odvojimo trenutak kako bismo ih promotrili s čuđenjem i uvažavanjem koje zaslužuju.

Donekle nam je poznato kako stanice rade to što rade - kako pohranjuju masti, proizvode inzulin te obavljaju mnoge druge funkcije neophodne za održavanje komplicirane tvorevine poput vas - ali samo donekle. Vi imate najmanje 200000 različitih vrsta bjelančevina koje se muče u vama, a zasad nanije poznato što ih radi samo 2 posto. (Drugi navode da je poznato 50 posto: to očito ovisi o tome što mislite pod »poznato«.)

Na staničnoj razini stalno se pojavljuju iznenađenja. Dušikov oksid u prirodi je moćan toksin i čest sastojak onečišćenja zraka. Stoga su znanstvenici bili pomalo iznenađeni kada su sredinom osamdesetih godina 20. stoljeća otkrili da se on na osebujan način proizvodi u ljudskim stanicama. Njegova svrha isprva je bila zagonetka, zatim su ga znanstvenici počeli pronalaziti posvuda - on kontrolira protok krvi i razinu energije stanica, napada karcinome i ostale patogene, regulira osjet mirisa, čak pomaže pri erekciji penisa. Tako je objašnjeno zašto nitroglicerin, poznati eksploziv, ublažava bol srca poznatu kao angina pectoris. (U krvotoku se pretvara u dušikov oksid, opušta mišićne sti-jenke krvnih žila i omogućuje krvi da bolje cirkulira.) U razdoblju od samo jednog desetljeća taje plinovita tvar od nebitnog toksina postala sveprisutan eliksir.

Belgijski biokemičar Christian de Duve tvrdi da posjedujemo »nekoliko stotina« različitih vrsta stanica, a one se veoma razlikuju po veličini i obliku, od živčanih stanica čije niti mogu biti dulje od jednog

metra, preko sićušnih, plosnatih crvenih krvnih zrnaca do štapićastih fotostanica koje nam omogućuju vid. Stanice postoje u raskošno velikom rasponu veličina - nigdje toliko upadljivo kao u trenutku začeća, kada se jedan pulsirajući spermij suočava s jajetom koje je 85 000 puta veće od njega (što daje pravi uvid u pojam muškog osvajanja). Međutim, promjer ljudske stanice u prosjeku iznosi oko 20 mikrona - tojest, oko dva stota dijela milimetra - stoje premaleno da bi bilo vidljivo, ali dovoljno prostrano da sadrži tisuće kompliciranih struktura, poput mitohondrija, te milijune i milijune molekula. U najdoslovnijem smislu stanice se razlikuju i po živahnosti. Sve stanice vaše kože su mrtve. Pomalo je morbidna spoznaja daje svaki centimetar vaše površine preminuo. Ako ste odrasla osoba prosječne visine, vučete više od 2 kilograma mrtve kože, od čega se svaki dan oljušti nekoliko milijuna sićušnih fragmenata. Potegnete li prstom po prašnjavoj polici, crtat ćete uglavnom starom kožom.

Većina živih stanica rijetko traje više od mjesec dana, ali postoje neki važni izuzeci. Stanice jetre mogu preživjeti godinama, iako se njihovi dijelovi obnavljaju svakih nekoliko dana. Stanice mozga traju koliko i vi. Prilikom rođenja dodijeli vam ih se oko stotinu milijardi, i to je sve što ćete ikada imati. Procijenjeno je da ih u jednom satu izgubite oko petsto, stoga - ako trebate obaviti kakvo ozbiljno razmišljanje, nemojte gubiti ni trenutka. Dobra je vijest da se pojedini dijelovi stanica mozga neprestano obnavljaju, tako da, kao i kod stanica jetre, nijedan njihov dio vjerojatno nije stariji od mjesec dana. Zapravo, u nama nema nijednog jedinog dijela - čak nijedne zabludjele molekule - koja je prije devet godina bila dio nas. Možda se ne osjećamo tako, ali na staničnoj razini svi smo mi mlađarija.

Prvi koji je opisao stanicu bio je Robert Hooke, kojeg smo zadnji put susreli kako se prepire s Isaacom Nevvtonom oko zasluga za izum zakona obrnutog kvadrata. Hooke je u svojih šezdeset osam godina postigao mnogo toga - bioje vrstan teoretičar te vješt konstruktor genijalnih i korisnih instrumenata - ali ništa što je napravio nije mu donijelo veću slavu od njegove popularne knjige *Miavpliagia: or Sonic Pliy.<iological Dcscriprions of Miuiatuiv Bodies Madc by Magnifyi>ig Glasscs* (Mikrofagi: ili neki fiziološki opisi minijaturnih tijela načinjeni uz pomoć povećala) iz 1665. godine. Taje knjiga očaranoj publici otkrila svemir vrlo sićušnog, koji je bio mnogo različitiji, napučeniji i finije strukturiran nego što je itko ikada slutio.

Medu mikroskopskim značajkama koje je identificirao Hooke bile su i malene komore u biljaka, koje je nazvao »stanicama« jer su ga podsjećale na redovničke ćelije. Hooke je izračunao da dva i pol četvorna centimetra pluta sadrži oko 1 259 712000 tih sićušnih komora - to je bio prvi put da se u znanosti pojavljuje tako velik broj. Mikroskopi su tada postojali otprilike jednu generaciju, ali ono čime su se odlikovali Hookcovi mikroskopi bila je njihova tehnička nadmoć. Postizali su povećanja od trideset puta, što ih je činilo posljednjom riječju optičke tehnologije 17. stoljeća.

Stoga ne čudi da su se Hooke i ostali članovi londonskog Kraljevskog društva veoma iznenadili kada su desetak godina poslije počeli dobivati 275 puta uvećane crteže i izvješća od neukog suknara iz nizozemskog grada Delfta. Sukiiar se zvao Anton i van Leeuvvenhoek. Iako je imao slabo formalno i nikakvo znanstveno obrazovanje, bio je perceptivan i predan promatrač te tehnički genij.

Do danas je ostalo nepoznato kako je uspio dobiti takva veličanstvena povećanja iz tako jednostavnih ručnih sprava, koje su bile tek skromni drveni klinovi u kojeje bio umetnut mali mjehurić stakla, više nalik povećalu nego onome što većina nas smatra mikroskopom, ali nisu zapravo bile slične ni tome. Leemvcnhoek bi za svaki eksperiment izradio novi instrument, ali je bio iznimno tajanstven glede svojih tehnika, iako je Britancima ponekad davao savjete kako da poboljšaju razlučivanje.*

Za pedeset godina - neobično je daje počeo kada je već bio prešao četrdesetu - Leeuwenhoekje Kraljevskom društvu poslao gotovo dvjesto izvješća, a sva su bila na pučkom nizozemskom, jedinom jeziku kojim je vladao. Nije davao nikakva tumačenja, samo činjenice o onome stoje otkrio, popraćene istančanim crtežima. Slao je izvješća o gotovo svemu stoje vrijedilo ispitati - plijesni na kruhu, pčelinjem žalcu, krvnim zrncima, zubima, kosi, slini, izmetu i spermi (potonje uz višestruke isprike zbog njihove neizbježno nedolične prirode) - a gotovo ništa od toga nikada prije nije bilo viđeno mikroskopom.

* Leemvcnhoek je bio blizak prijatelj još jednog uglednika iz Delfta. slikara Jana Vermecra. Sredinom 17. stoljeća Vennecr je bio sposoban, ali ne i istaknut umjetnik. No. iznenada je postao majstor svjetla i perspektive, po čemu je ! danas poznat. Iako to nikada nije bilo dokazano, dugo se sumnjalo da je radio s kamerom opskuroni. napravom ko]a kroz leću projicira slike na ravnu površinu. Nakon Verniccrove smrti takva naprava nije navedena medu njegovom osobnom imovinom, ali. slučajno ili ne. izvršitelj Vcrmeerovc oporuke bio je nitko drugi nego Antom van Leemvcnhoek. najtajanstveniji proizvođač leca svog doba.

Nakon stoje 1676. godine izvijestio daje pronašao »mikroskopski sitne životinjice« u uzorku napitka od papra, članovi Kraljevskog društva su najboljim napravama koje je engleska tehnologija mogla proizvesti godinu dana tražili »male životinje«, dok napokon nisu došli do pravog povećanja. Leeuwenhoekje otkrio praživotinje. Izračunao je da u jednoj kapi vode ima 8 280 000 tih sićušnih bića - više od broja ljudi u Holandiji. Svijet je vrvio životom na takve načine i u takvim brojevima kako to nitko prije nije slutio.

Inspirirani Lceuvvenhockovim fantastičnim pronalascima i drugi su počeli viriti u mikroskope, ali s takvom strašću da bi ponekad pronašli nešto čega zapravo nema. Jedan ugledni nizozemski promatrač, Ni-colaus Hartsoccker, bio je uvjeren daje u stanicama sperme vidio »sićušne formirane ljude«. Ta mala bića nazvao je »homunkuli«, pa su neko vrijeme mnogi vjerovali da su svi ljudi - štoviše, sva stvorenja -samo napuhnute verzije sićušnih, ali potpuno razvijenih bića-preteča. Ponekad bi se zanio i sam Leeuvvenhoek. U jednom od svojih najmanje uspješnih eksperimenata pokušao je proučiti eksplozivna svojstva baruta izbliza promatrajući malu eksploziju; zbog tog eksperimenta gotovo je oslijepio.

Leeuvvenhoek je 1683. godine otkrio bakterije - ali zbog ograničenja tehnologije mikroskopa to je bilo najdalje dokle je napredak mogao ići sljedeće stoljeće i pol. Sve do 1831. godine nitko neće ugledati jezgru stanice - otkrio ju je škotski botaničar Robert Brovvn, taj čest, ali uvijek zasjenjen posjetitelj povijesti znanosti, koji je živio od 1773. do 1858. godine. Svoje otkriće nazvao je *nukleus,* od latinskog *nucttla,* što znači oraščić ili koštica. Međutim, tekje 1839. godine otkriveno daje *sva* živa tvar stanična. To je otkrio Nijemac Theodor Schvvann, čovjek koji je imao viziju, ali ne samo daje to bilo relativno kasno, kako to već biva sa znanstvenim vizijama, nego isprva nije bilo ni općeprihvaćeno. Tek šezdesetih godina 19. stoljeća, kada je Louis Pasteur u Francuskoj napravio prekretnicu svojim radom, bilo je uvjerljivo dokazano da život ne može nastati spontano, nego da se mora razviti iz postojećih stanica. To je postalo poznato kao »stanična teorija«, što je temelj cjelokupne suvremene biologije.

Stanica je bila uspoređivana s mnogo toga. od »složene kemijske rafinerije« (usporedba fizičara Jamesa Trefila) do »goleme, krcate metropole« (biokemičar Guv Brovvn). Stanica je ijedno i drugo, i ništa od toga. Ona je poput rafinerije, jer je velikim dijelom posvećena

kemijskoj aktivnosti, ali je i poput metropole, jer je napučena, užurbana i puna interakcija koje se čine zbrkanima i nasumičnima, ali očito imaju neki sustav. No, to je mjesto koje više sliči noćnoj mori nego ijedan grad ili tvornica koje ste ikada vidjeli. Za početak, u stanici nema gore ni dolje (gravitacija nije primjenjiva na staničnoj razini), a ni komadić prostora širine atoma nije neiskorišten. Aktivnost se odvija *posvuda* pa neprestano zuji električna energija. Možda se ne osjećate naročito elektrificirani, ali to jeste. I Irana koju jedemo i kisik koji udišemo u stanicama se pretvaraju u elektricitet. Razlog zašto jedni drugima ne zadajemo strujne udare ili ne spržimo kauč kada sjednemo je što se to događa u maloj mjeri: pukih 0,1 volti koji prevaljuju udaljenosti mjerene u nanometnma. Međutim, kada bi se to povećalo u istom omjeru, bio bi to udar od 20 milijuna volti po metru, otprilike isto kao napon u središtu oluje.

Bez obzira na veličinu i oblik, gotovo sve vaše stanice načinjene su prema istom temeljnom planu: imaju vanjski omotač ili membranu, jezgru u kojoj prebivaju genetske informacije, koje su nužne kako biste mogli postojati, i užurban prostor između njih nazvan citoplazma. Membrana nije, kao što većina nas zamišlja, trajan, gumasti omotač, nešto što biste mogli probušiti iglom. Zapravo je napravljena od masnog materijala poznatog kao lipid, koji ima konzistenciju poput »lakog strojnog ulja«, da citiramo Shenvina B. Nulanda. Ako vam se to čini iznenađujuće nestvarnim, imajte na umu da se tvari na mikroskopskom nivou ponašaju drugačije. Na razini molekule voda postaje vrstom čvrstog gela, a lipid je poput željeza.

Kada biste mogli posjetiti neku stanicu, to vam se ne bi svidjelo. Povećana do razmjera na kojem bi atomi bili veličine graška, sama stanica bila bi sfera promjera od osamsto metara, a pridržavao bije složen okvir od greda zvanih citokostur. U njoj bi se nalazili milijuni i milijuni objekata - neki veličine košarkaške lopte, drugi veličine auta - i jurili bi poput metaka. Ne bi bilo mjesta na kojem biste mogli stajati, a da svake sekunde sa svih strana ne biste bili izbubetani i izderani tisuću puta. Unutrašnjost staniceje opasno mjesto čak i za njene stalne stanovnike. Kemikalije i drugi agensi svaku nit DNK u prosjeku napadnu ili oštete svake 8,4 sekunde - deset tisuća puta dnevno - mlate je ili bezobzirno režu. a svaka od tih rana mora biti brzo zašivena kako stanica ne bi bila uništena.

Bjelančevine su posebno živahne, vrte se, pulsiraju i zalijeću jedne u druge do milijardu puta u sekundi. Enzimi su vrsta bjelančevina.

posvuda jure i obavljaju do tisuću zadataka u sekundi. Kao veoma ubrzani mravi radilice, marljivo izgrađuju i obnavljaju molekule, tegle komadiće sjedne i predaju ga drugoj. Neki enzimi usput nadgledaju druge bjelančevine pa kemikalijom označavaju one koje su nepopravljivo oštećene ili neispravne. Te obilježene bjelančevine odlaze prema strukturi zvanoj protcaza, gdje se cijepaju, a njihove komponente upotrebljavaju se za izgradnju novih bjelančevina. Neke vrste bjelančevina postoje manje od pola sata; druge prežive tjednima. No, sve vode nezamislivo mahnit život. Kao što piše De Duve: »Svijet molekula mora ostati izvan granica naše mašte zbog nevjerojatne brzine kojom se u njemu odvijaju događaji.«

No, usporimo li do brzine pri kojoj se interakcije mogu promatrati, stvari se više i ne čine toliko obeshrabrujuće. Možete vidjeti da se stanica sastoji od upravo milijuna tvari - lizosoma, endosoma, ribosoma, liganada, peroksisoma, bjelančevina svih veličina i oblika - koje se zalijeću u milijune drugih tvari i izvode svakodnevne zadatke: izvlače energiju iz hranjivih tvari, slažu strukture, rješavaju se otpada, izbacuju uljeze, primaju i šalju poruke, vrše popravke. Stanica obično sadrži nekih dvadeset tisuća različitih vrsta bjelančevina, od kojih oko dvije tisuće vrsta predstavlja najmanje pedeset tisuća molekula. »To znači«, kaže Nuland, »čak kad bismo brojali samo one molekule koje su prisutne u količinama iznad 50000, ukupan broj molekula bjelančevina u svakoj stanici još uvijek bi iznosio minimalno 100 milijuna. Ta zapanjujuća brojka omogućuje nam da naslutimo golemu neizmjernost biokemijske aktivnosti u nama.«

Sve je to iznimno zahtjevan proces. Vaše srce mora ispumpati 343 litre krvi na sat, preko 8000 litara svaki dan, 3 milijuna litara godišnje - stoje dovoljno da se ispune četiri olimpijska bazena - samo kako bi sve stanice bile opskrbljene svježim kisikom. (I to samo u mirovanju. Tjelesne aktivnosti to mogu i ušesterostručiti.) Kisik preuzimaju mito-hondriji. To su stanične elektrane, a u tipičnoj stanici ima ih oko tisuću, iako njihov broj znatno varira, ovisno o funkciji stanice i o tome koliko joj treba energije.

Možda se iz jednog prethodnog poglavlja sjećate kako se za mito-hondrije misli da su nastali od zarobljenih bakterija i da sada žive kao podstanari u našim stanicama, tako da čuvaju svoje genske upute, dijele se prema vlastitom rasporedu i govore vlastitim jezikom. Također, možda se sjećate da smo prepušteni na milost i nemilost njihovoj dobroj volji. Evo zašto. Gotovo sva hrana i kisik koje unosite u tijelo nakon

obrade dostavljaju se mitohondrijima, gdje se pretvaraju u molekulu zvanu adenozin trifosfat ili ATP.

Možda i niste čuli za ATP, ali to je ono što vas pokreće. Molekule ATP-a zapravo su male baterije koje se kreću stanicom i sve stanične procese opskrbljuju energijom, a te energije potrošite *mnogo.* U svakom trenutku tipična stanica u vašem tijelu sadrži oko jednu milijardu molekula ATP-a, a nakon dvije minute sve će one biti potpuno ispražnjene pa će ih zamijeniti druga milijarda. Svakog dana proizvedete i iskoristite količinu ATP-a koja je jednaka otprilike polovici vaše tjelesne težine. Osjetite toplinu svoje kože. To je djelo vašeg ATP-a.

Kada stanice više nisu potrebne, dostojanstveno umru. Demontiraju sve potpornje i stupove koji ih drže na okupu te tiho proždiru svoje sastavne dijelove. Taj je proces poznat kao apoptoza ili programirana smrt stanice. Svakoga dana zbog vaše dobrobiti umiru milijarde stanica, a milijarde drugih čiste nered. Stanice mogu umrijeti i nasilno - na primjer, kada su zaražene - ali uglavnom umiru jer im je tako rečeno. Zapravo, ako im nije rečeno da žive - ako ne dobiju neku vrstu aktivne upute iz neke druge stanice - stanice se automatski ubijaju. Stanicama treba mnogo ohrabrivanja.

Povremeno se dogodi da stanica ne izdahne na propisan način, nego se počne dijeliti i divlje razmnožavati - rezultat nazivamo rakom. Stanice raka zapravo su samo zbunjene stanice. Stanicama se prilično često potkrade takva pogreška, ali tijelo ima razrađene mehanizme za postupanje s njima. Taj se proces veoma rijetko otme kontroli. Ljudi u prosjeku pretrpe po jednu kobnu zloćudnost na svakih stotinu milijuna milijardi dioba stanica. Rakjc peh u svakom mogućem smislu te riječi.

Čudo stanica nije da stvari ponekad pođu pogrešnim smjerom, nego da desetljećima svime upravljaju tako glatko i bez prekida. To uspijevaju neprestanim slanjem i nadziranjem gomile poruka - kakotonije poruka - iz cijelog tijela: uputa, upita, ispravaka, zahtjeva za pomoć, ažuriranja, obavijesti o diobi ili umiranju. Većinu tih signala prenose kuriri zvani hormoni, kemijske tvorevine kao što su inzulin, adrenalin, estrogen i testosteron; oni prenose informacije s udaljenih položaja endokrinih žlijezda. Neke poruke stižu telegrafom iz mozga ili iz regionalnih centara u procesu zvanom parakrina signalizacija. Konačno, stanice komuniciraju i izravno sa svojim susjedama kako bi njihove akcije bile koordinirane.

Možda je najneobičnije da je sve to samo nasumična mahnita aktivnost, slijed beskrajnih susreta vodenih ničim drugim doli elementarnim

pravilima privlačenja i odbijanja. Očito da nijedna stanična aktivnost nije promišljena. Sve se jednostavno događa, glatko i uzastopno, te toliko pouzdano da smo toga rijetko svjesni; sve to na neki način stvara red unutar stanice, ali i savršen sklad u cijelom organizmu. Tek smo počeli razumijevati bilijune i bilijune kemijskih reakcija koje nas čine pokretnim, sposobnim za razmišljanje i donošenje odluka - ili, kad smo već kod toga, koje čine i malo manje promišljenog, ali još uvijek nevjerojatno organiziranog balegaša. Nikad nemojte zaboraviti da je svako živo biće čudo atomskog inženjeringa.

I zaista, neki organizmi koje smatramo primitivnim imaju takvu razinu stanične organiziranosti da se naša čini nemarnom i prozaičnom. Rastavite stanice spužve (na primjer, propasirajte ih kroz sito), zatim ih ubacite u otopinu i one će se sakupiti te ponovno izgraditi spužvu. To im možete stalno raditi, ali one će se tvrdoglavo ponovno posložiti jer, baš kao vi, ja ili svako drugo živo biće, imaju jedan nadmoćan nagon: da nastave biti.

A sve se to događa zbog jedne znatiželjne, odlučne i jedva istražene molekule koja sama nije živa i uglavnom ne radi baš ništa. Mije zovemo DNK, a da bismo mogli početi razumijevati njenu vrhunsku važnost za znanost i za nas, moramo se vratiti oko 160 godina u viktorijansku Englesku, do trenutka kada je prirodoslovac Charles Darvvin dobio ono stoje nazvano »najboljom idejom koju je itko ikada dobio« - ali zbog razloga koje treba malo dulje objašnjavati zaključao ju je u ladicu na sljedećih petnaest godina.

25

DARWINOVA JEDINSTVENA IDEJA

U kasno ljeto ili rane jeseni 1859. godine Whitwellu Ehvinu, uredniku uglednog britanskog časopisa *Quarterly Review,* prirodoslovac Charles Darvvin poslao je primjerak neobjavljene knjige. Ehvin ju je sa zanimanjem pročitao i složio se daje dobra, ali bojao se daje tema prestručna da bi privukla širu publiku. Nagovarao je Darvvina da umjesto toga napiše knjigu o golubovima. »Svakoga zanimaju golubovi«, susretljivo je primijetio.

Darvin se oglušio na Ehvinov mudar savjet pa je potkraj studenog 1859. godine objavio knjigu *O podrijetlu vrsta prirodnom selekcijom ili očuvanje povlaštenih pasmina u borbi za život* ili u originalu *On the Origiu ofSpecies by Means oj Nataral Selection, or the Preservation ofFavoured Races in the Stru-glefor Lije,* s cijenom od 15 šilinga. Prvo izdanje od 1250 primjeraka bilo je rasprodano u prvom danu. Otad se nije prestala tiskati niti biti kontroverzna - što nije loše za čovjeka čiju su pažnju zaokupljale gliste i koji bi, da nije bilo jedne nagle odluke da oplovi svijet, vjerojatno proveo život kao anoniman seoski vikar poznat po - no. zanimanju za gliste.

Charles Robert Darvvin rođenje 12. veljače 1809. godine* u Shrevvsburvju, mirnom trgovačkom gradiču na zapadu Engleske. Njegov je otac bio dobrostojeći i ugledan liječnik. Njegova majka, koja je umrla kad je Charlesu bilo tek osam godina, bila je kći Josiaha Wedgewooda. koji se proslavio porculanom.

Ti) |c bio povoljan datum u povijesti: *n,*\ isti dan u Kentuckvju se rodio Abraham Lincoln.

Danvin je uživao u svim blagodatima odgoja, ali je neslavnim akademskim postignućima neprestano nanosio bol svom obudovjclom ocu. »Nije te briga ni za što, osim za pucnjavu, pse i lov na štakore, bit ćeš na sramotu samome sebi i cijeloj svojoj obitelj«, pisao je Darvvin stariji u retku koji se ponavlja u gotovo svakom prikazu Charlesova ranog života. Iako je bio sklon prirodoslovlju, zbog očaje pokušao studirati medicinu na sveučilištu u Edinburghu, ali nije mogao podnijeti krv i patnju. Trajno gaje istraumatiziralo iskustvo prilikom operacije razumljivo očajnog djeteta - naravno, to su bili dani prije anestetika. Umjesto toga pokušao je s pravom, ali mu je bilo nepodnošljivo dosadno pa je konačno uspio, uglavnom provlačenjem, steći diplomu iz teologije na Cambridgeu.

Već se činilo da ga očekuje život u ruralnom vikarijatu, kada je iznenada došla primamljivija ponuda. Darvvin je bio pozvan na plovidbu istraživačkim brodom Njezina Veličanstva - *Beagleom,* zapravo samo zato da pravi društvo kapetanu Robertu FitzRovu, kojem je položaj nalagao da se druži isključivo s gospodom. FitzRov je bio veoma čudan, odabrao je Darvvina djelomice i stoga jer mu se svidio oblik Darvvinova nosa. (Vjerovaoje da označava čvrstinu karaktera.) Darvvin nije bio Fitz-Royev favorit, ali je dobio zeleno svjetlo kada je odustao pratitelj kojeg je FitzRov preferirao. Iz perspektive 21. stoljeća najupadljivija zajednička osobina te dvojice bila je njihova iznimna mladost. U trenutku isplovljivanja FitzRovu su bile samo dvadeset tri, a Darvvinu tek dvadeset dvije godine.

FitzRovev službeni zadatak bio je da ucrta obalne vode, ali njegov hobi - zapravo, strast - bilo je traženje dokaza za doslovno, biblijsko tumačenje stvaranja. Darvvinovo svećeničko obrazovanje bilo je presudno za FitzRovevu odluku da ga ukrca. Naknadno se pokazalo da je Darvvin ne samo liberalnih nazora nego i ne baš predan kršćanskim temeljima, stoje postalo izvorom stalnih trzavica između njih dvojice.

Vrijeme koje je Darvvin proveo *naBecigleu,* od 1831. do 1836. godine, očito je utjecalo na čitav njegov život, ali je bilo i najnapornije. On i njegov kapetan dijelili su malu kabinu, što sigurno nije bilo lako jer je FitzRov bio sklon ispadima bijesa, nakon čega bi slijedila razdoblja jedva prigušene kivnosti. On i Darvvin neprestano su se svađali, neke svađe bile su »na granici ludila«, kako se Darvvin poslije prisjećao. I u najboljim uvjetima oceanska putovanja znala bi postati melankoličan poduhvat - u trenutku usamljene potištenosti prethodni kapetan

Beaglea prosvirao si je mozak - a FitzRoveva obitelj bila je poznata po depresivnim ispadima. Njegov ujak, vikont Castlereagh, desetljeće prije prerezao sije vrat dokje bio ministar financija. (Na isti način ubit će se i sam FitzRov 1865. godine.) Gak i u svojim smirenijim raspoloženjima FitzRov je bio neobično nedokučiv. Darvvin je bio zatečen kada je neposredno po završetku putovanja saznao daje FitzRov oženio mladu ženu za koju je dugo bio zaručen. Za pet godina provedenih u Darvvinovu društvu ničim nije dao naslutiti da prema njoj gaji ikakvu naklonost niti ju je ikada spomenuo.

Međutim, u svakom drugom pogledu putovanje *Bcaglca* bilo je pravi trijumf. Darvvinje doživio dovoljno pustolovina za cijeli život te je skupio gomilu primjeraka dostatnih da mu izgrade reputaciju i da ga godinama zaokupe. Pronašao je veličanstvenu riznicu divovskih pradavnih fosila, uključujući najdelikatnijeg do danas pronađenog *Mcgatheriiitna;* preživio je razoran potres u Chileu; otkrio novu vrstu dupina (koju je poslušno nazvao *Delpliiimsfitzroyi);* proveo marljiva i korisna geološka ispitivanja diljem Anda; te je razvio novu i vrlo cijenjenu teoriju o formiraju koraljnih atola, koja je, ne slučajno, tvrdila da im za to treba najmanje milijun godina - Stoje bio prvi nagovještaj njegove dugotrajne privrženosti ideji o iznimnoj drevnosti Zemljinih procesa. Nakon pet godina i dva dana 1836. godine vratio se kući u svojoj dvadeset sedmoj godini. Više nikada nije napustio Englesku.

Na tom putovanju Darvvin ipak nije iznio svoju teoriju (ili ikakvu teoriju) o evoluciji. Za početak, do tridesetih godina 19. stoljeća evolucija je kao pojam bila stara već desetljećima. Godinama prije nego što je Charles uopće bio rođen, njegov djed Erasmus odao je počast evolucijskim principima u nadahnutoj osrednjoj pjesmi »Hram prirode«. Tek kada se mlađi Darwin vratio u Englesku i pročitao *Essay on the Principle of Population* (Ogled o načelu naseljenosti) Thomasa Malthusa (koji tvrdi da povećanje količine hrane iz matematičkih razloga nikako ne može pratiti porast naseljenosti), misli mu je počela prožimati ideja da je život neprestana borba i daje prirodni odabir sredstvo kojim neke vrste napreduju dok ostale propadaju. Darvvinje bio jedini koji je uočio da se svi organizmi natječu za resurse te da će oni koji imaju neku prirođenu prednost prosperirati i prenositi tu prednost svom potomstvu. Tako se vrste neprestano poboljšavaju.

To se čini kao strašno jednostavna ideja - što ona i jest - ali je mnogo toga objasnila, a Darvvinje bio spreman posvetiti joj svoj život. »Kako

sam bio glup što se toga nisam sjetio!« uzviknuo je T. } I. I Iuxlcy pročitavši O *podrijetlu vrsta.* To je rečenica koja se otada stalno ponavlja.

Zanimljivo je da Darvvin ni u jednom svom djelu nije napisao sintagmu 'preživljavanje najsposobnijih' (iako joj je izrazio svoje divljenje). Pet godina nakon objavljivanja *O podrijetlu vrsta,* 1864. godine, tu sintagmu je skovao Herbert Spenccr u *Principles of Biolog}'* (Načelima biologije). Pojam 'evolucija' Darvvin nije napisao sve do šestog izdanja *Podrijetla* (dotad se on toliko proširio da mu je bilo teško odoljeti), umjesto njega preferiraoje konstrukciju 'potomstvo uz modifikacije'. A što je najvažnije, njegovi zaključci ni na koji način nisu bili inspirirani zapažanjem zanimljive raznolikosti kljunova zeba za boravka na otočju Galapagos. Priča kaže (barem je tako čula većina nas) da je Darvvin, putujući s otoka na otok, zapazio kako su kljunovi zeba čudesno prilagođeni iskorištavanju lokalnih resursa - da su najednom otoku kljunovi bili čvrsti i kratki te dobri za razbijanje oraha, dok su na sljedećem kljunovi bili dugački i tanki te pogodni za izvlačenje hrane iz pukotina - i da gaje upravo to navelo na zaključak kako ptice možda nisu bile stvorene takvima, nego su se na neki način same 'stvorile'.

Zapravo, ptice se *ljestt* same stvorile, ali to nije primijetio Darvvin. U doba putovanja *Beagleom* Darvvin je bio netom završio fakultet pa još nije bio vrstan prirodoslovac, tako da nije uspio uočiti kako su sve ptice s Galapagosa iste vrste. Njegov prijatelj, ornitolog John Gould bio je taj koji je shvatio daje Darvvin pronašao mnogo zeba s različitim talentima. Nažalost, neiskusni Darvvin nije zabilježio koje su ptice bile s kojeg otoka. (Sličnu je pogrešku napravio i s kornjačama.) Trebale su godine da se sredi ta zbrka.

Zbog takvih propusta i potrebe da razvrsta sanduke i sanduke ostalih uzoraka s *Beaglea,* Darvvin je tek 1842., pet godina nakon povratka u Englesku, konačno počeo skicirati temeljne postavke svoje nove teorije. Nakon dvije godine proširio ih je u »skicu« od 230 stranica. A zatim je napravio nešto posve neobično: odložio je svoje bilješke i desetljeće i pol bavio se drugim stvarima. Dobio je desetero djece, gotovo osam godina posvetio je pisanju iscrpnog opusa o kiparima (»Mrzim sve kipare kao što ih nitko nikada nije mrzio«, sasvim je razumljivo zavapio po završetku djela) te postao žrtvom čudnih poremećaja zbog kojih je bio kronično bezvoljan, klonuo i »smeten«, kako je rekao. Simptomi su gotovo uvijek bili užasna mučnina te lupanje srca, migrena, iscrpljenost, groznica, mrlje pred očima, zadihanost, vrtoglavica, pa i depresija.

Pravi uzrok bolesti nikada nije utvrđen. Najromantičnija i možda najvjerojatnija od mnogih koje su bile dijagnosticirane bila je Chaga-sova bolest, dugotrajna tropska bolest koju je možda dobio od ugriza bube benchuga u Južnoj Americi. Nešto je prozaičnije objašnjenje da je njegovo stanje bilo psihosomatsko. U svakom slučaju, njegova je patnja bila stvarna. Cesto je mogao raditi samo dvadeset minuta bez prestanka, ponekad ni toliko.

Veči dio preostalog vremena posvetio je nizu sve očajnijih tretmana - ledene kupke, namakanje u octu te omatanje »električnim lancima«, kroz koje su mu davali male strujne udare. Postaojc pustinjak i rijetko je napuštao Down Housc, svoj dom u Kentu. Jedna od prvih stvari koju je napravio kada je useliti u tu kuću, bilo je da postavi ogledalo ispred prozora svoje radne sobe, tako da može vidjeti posjetitelje i, ako je potrebno, izbjeći ih.

Darvvin je svoju teoriju zadržao za sebe jer je dobro znao kakvu će buru podići. Kada je 1844. godine odložio i zaključao svoje bilješke, knjiga R'sr(ijes oft/ie *Natural* Hisforv of Cr«uioii (Rudimenti prirodoslovne povijesti stvaranja) razbjesnila je veći dio mislilaca tvrdnjom da su se ljudi možda razvili od nižih primata bez božanske pomoći. Predmnijevajući bučne prosvjede, autor je poduzeo sve kako bi prikrio svoj identitet, koji je sljedećih četrdeset godina tajio čak i svojim najbližim prijateljima. Neki su se pitali nije li autor sam Darvvin. Drugi su sumnjali na princa Albcrta. Autor je zapravo bio uspješan i skroman škotski izdavač Robert Chambers, čija je nevoljkost da se razotkrije uz osobnu imala i praktičnu dimenziju: njegova je tvrtka bila najveći izdavač Biblije*. *Rudimenti* su bili zdušno napadani s propovjedaonica diljem Britanije i mnogo šire, ali privukli su i gnjev mnogih učenjaka. *Edinburgli Rct'ieu'* posvetio je gotovo cijeli jedan broj - osamdeset pet stranica -nemilosrdnoj kritici. Nesvjestan da mu je autor prijatelj, knjigu je otrovno napao čak i T. H. IIuxley, koji je vjerovao u evoluciju.

Možda bi Darvvinov rukopis ostao zaključan sve do njegove smrti da nije bilo uznemirujućeg udarca koji je početkom ljeta 1858. godine stigao s Dalekog istoka u obliku paketa koji je sadržavao prijateljsko pismo mladog prirodoslovca Altreda Russela Wallacea i nacrt eseja »O tendenciji varijanti da se neizmjerno udalje od izvornog tipa«, koji je

Daruin je bio |cdan od nekolicine kop su točno pouodili. leđnom se zatekao u posjetu kod C'hambersa kada mu je bila dostavljena još neobjavljena kopija šestog izdanja *litulitiic-iiiitii.* C'banibersa je djelomice odala revnost kojom je pregledavao preinake, ali čini se da njih dvojicu nisu o tome raspravljali.

ocrtavao teoriju prirodnog odabira, a koja je bila sablasno slična Darvvinovim tajnim zabiljcškama. Čak su i neke traže ponavljale Darvvinove. »Nikada nisam vidio veću podudarnost«, razmišljao je Darvvin u ne-vjerici. »Daje Wallace imao moj rukopis iz 1842. godine, ne bi mogao napisati bolji sažetak.«

Wallace nije upao u Darvvinov život tako neočekivano kao što se ponekad govori. Njih su se dvojica već dulje vrijeme dopisivali, a Wallace je Darvvmu više nego jednom velikodušno poslao primjerke za koje je smatrao da bi mogli biti zanimljivi. Prigodom tih razmjena Darvvin je diskretno upozorio Wallacea kako temu stvaranja vrsta smatra svojim ekskluzivnim područjem. »Ovog ljeta proći će dvadeset godina (!) otkad sam otvorio svoju prvu bilježnicu na temu kako se i na koji način razlikuju vrste i varijante«, pisao je Wallaceu nešto prije. »Sada pripremam svoj rad za objavljivanje«, dodao je, iako ga zapravo nije pripremao.

Wallace nije shvatio što mu Darvvin pokušava reći - u svakom slučaju, nije mogao imati pojma daje njegova teorija bila gotovo identična onoj koju je dva desetljeća razvijao Darvvin.

Darvvin se našao u neugodnom škripcu. Ako požuri s tiskanjem kako bi očuvao svoje prvenstvo, iskoristio bi nevini mig dalekog obožavatelja. No, ako se povuče, kao što mu je nalagao džentlmenski kodeks, izgubio bi zasluge za teoriju koju je neovisno razvio. Prema Wallaceovu priznanju njegova teorija bila je rezultat trenutne vizije; Darvvinova je bila proizvod dugogodišnjeg pažljivog, upornog i metodičnog razmišljanja. Sve je to bilo poražavajuće nepravedno.

Da nevolja bude veća, Darvvinov najmlađi sin. koji se također zvao Charles, dobio je šarlah i stanje mu se sve više pogoršavalo. Na samom vrhuncu te krize dijete je umrlo 28. lipnja. Usprkos rastresenosti zbog sinove bolesti, Darvvinje pronašao vremena da na brzinu napiše pisma svojim prijateljima, Charlesu Lvellu i Josephu Hookeru, u kojima je izjavio da će odstupiti, ali je napomenuo da će time sav njegov rad, »što god bi mogao značiti, biti uništen«. Lyell i Hooker smislili su kompromisno rješenje kako da se zajedno prezentira sažetak Darvvinove i Wallaceove ideje. Dogovorili su se da se to dogodi na sastanku Linne-ovskog društva, koje se u to doba pokušavalo vratiti u modu kao sjedište znanstvene odličnosti. Darwinova i Wallceova teorija obznanjena je svijetu 1. srpnja 1858. godine. Darvvin nije bio nazočan. Taj dan on i žena pokapali su sina.

Dar\vin-Wallaceova prezentacija bila je jedna od sedam te večeri -jedna je predstavljala floru Angole - a ako je tridesetak ljudi iz publike

i bilo svjesno da sn svjedoci najvažnijeg znanstvenog događaja stoljeća, ničim to nisu pokazali. Nije uslijedila nikakva rasprava. Niti je taj događaj igdje drugdje privukao pažnju. Darvvinje poslije veselo primijetio kako se samo jedna osoba, neki profesor Haughton iz Dublina, osvrnuo u tisku na ta dva referata te zaključio: »sve što je u njima bilo novo, bilo je pogrešno, a ono stoje bilo točno, bilo je staro«.

Wallace je još uvijek bio na dalekom istoku pa je o tim manevrima čuo mnogo kasnije, ali je bio začuđujuće ravnodušan, činilo se da mu je drago što je uopće bio spomenut. Otada je čak i on tu teoriju nazivao »darvinizam«.

Mnogo manje voljan prihvatiti Darvvinovo pravo prvenstva bio je škotski vrtlar Patrick Matthevv. koji se prilično pohvalno, također dosjetio principa prirodnog odabira prije više od dvadeset godina - zapravo, iste godine kada je Danvin isplovio na *Beagleu.* Nažalost, Matthevv je ta razmatranja objavio u knjizi *Naval Tiinbtr and Arboriailttirc* (Pomorska drvna grada i šumogojstvo), koju nije propustio samo Danvin nego i cijeli svijet. Matthevv se ogorčeno pobunio u pismu u *Gardcner's Chro-iiicleu* kad je vidio da Danvin dobiva zasluge za ideju kojaje zapravo bila njegova. Darvvin se bez oklijevanja ispričao, iako je, tek da se zna, dodao: »Mislim da nikoga ne čudi da ni ja, a očigledno nijedan drugi prirodoslovac nikada nije čuo za razmatranja gospodina Matthevva. imajući u vidu kako su ukratko izložena, te objavljena u prilogu djela *Pomorska divna grada i šumogojstvo.«*

Wallace je sljedećih pedeset godina nastavio djelovati kao prirodoslovac i mislilac, povremeno veoma dobar, ali je sve više gubio naklonost znanstvenika zbog dvojbene sklonosti spintualizmu i izjava o mogućnosti života drugdje u svemiru. Tako je teorija spletom okolnosti postala samo Danvinova.

Darvvina nikada nisu prestale mučiti njegove ideje. Sebe je nazivao »Đavoljim kapelanom« te je priznao da mu je iznošenje teorije bilo »kao priznanje umorstva«. Uza sve to, znao je da nanosi duboku bol svojoj voljenoj i pobožnoj ženi. No, ipak se prihvatio posla i proširio svoj rukopis u djelo razmjera knjige. Privremeno ju je nazvao *Sažetak eseja o podrijetlu vrsta i varijanti kroz prirodni odabir* - naslov je bio toliko mlak i nesiguran daje njegov izdavač John Murrav odlučio izdati samo 500 primjeraka. No. kada je vidio rukopis i malo zanimljiviji naslov, Murrav se predomislio i povećao nakladu na 1250 primjeraka.

O podrijetlu vrsta postigao je trenutačan komercijalni uspjeh, ali je bio manje uspješan kod kritike. Danvinova teorija imala je dvije nesavladive

poteškoće. Trebalo joj je mnogo više vremena nego stoje lord Kclvin bio voljan čekati, a fosilni su je dokazi jedva podržavali. Darvvinovi pažljiviji kritičari pitali su se gdje su ti prijelazni oblici koje je njegova teorija toliko jasno zagovarala. Ako su se nove vrste neprestano razvijale, onda bi medu fosilnim ostacima trebalo biti razbacano mnogo medu-oblika, a njih nije bilo.* Zapravo, tada (i još dugo poslije) nije bio zabilježen trag nikakva života prije trenutka slavne kambrijske eksplozije.

Tako je Darvvin, bez ikakvih dokaza, inzistirao na tome daje u prethodnim morima bilo života u izobilju, ali da ga mi još nismo našli jer se iz nekog razloga nije očuvao. Jednostavno nije moglo biti drugačije, tvrdio je Darvvin. »To pitanje zasad mora ostati nerazjašnjeno; i zaista se može upotrijebiti kao valjan argument protiv ovdje iznesenih stavova«, iskreno je priznao, ali je odbio ikakvo drugo objašnjenje. Nagađao je - domišljato, ali pogrešno - da su možda prekambrijska mora bila odviše bistra za taloženje pa stoga nisu sačuvala fosile.

Cakje i Darvvinove najbliže prijatelje mučila bezbožnost nekih njegovih izjava. Adam Sedgwick, koji je podučavao Darvvina na Cambrid-geu i vodio ga 1831. godine na geološku turneju po Walesu, rekao je da mu je knjiga pružila »više boli nego užitka«. Louis Agassiz, proslavljeni švicarski paleontolog, opisao ju je kao loše nagađanje. Cakje i Lyell sumorno zaključio: »Darvvin je otišao predaleko.«

T. H. Huxleyju nije se svidjelo Darvvinovo inzistiranje na dugim tra-janjima geoloških razdobljajerje Huxley bio saltatonist, što znači daje vjerovao da se evolucijske promjene ne događaju postupno, nego iznenada. Saltatonisti (riječ dolazi iz latinskog za 'skok') nisu mogli prihvatiti da su se komplicirani organi razvijali kroz duga razdoblja. Na kraju krajeva, kakva korist od jedne desetine krila ili pola oka? Takvi su organi, mislili su, imali smisla samo ako su se javljali u konačnom obliku.

To je vjerovanje bilo pomalo iznenađujuće za tako radikalne duhove kao stoje bio Huxley, jerje dosta podsjećalo na vrlo religiozno poimanje koje je po prvi put izložio engleski teolog William Paley 1802. godine, a bilo je poznato kao dokaz po konstrukciji. Palevje tvrdio da biste, da na podu pronađete džepni sat, čak i ako nikada prije niste vidjeli takvo nešto, odmah zaključili da ga je napravilo neko inteligentno biće. Vjerovaoje daje tako i s prirodom: njena složenost dokaz je njene

U jeku te kontroverze slučajno se 1861. godine pojavio upravo takav dokaz kada su radnici u Bavarskoj pronašli kosti drevnog arheoptenksa. stvorenja između ptice t dinosaura. (Imalo |e peijc. ah i zube.) Otkriće ;e bilo impresivno i od koristi pa se o njegovu znača|u dosta raspravljalo, ali samo jedno otkriće teško se moglo smatrati presudnim.

kreacije. Ta je ideja bila veoma prihvaćena u 19. stoljeću pa je i Darwinu zadavala problema. »I dan danas sav protrnem pri pomisli na oko«, priznat) je u pismu prijatelju. U *Podrijetlu* je priznao da se »čini, slobodno priznajem, nevjerojatno apsurdno« da bi prirodni odabir postupnim koracima mogao proizvesti takav instrument.

No ipak, na beskrajnu ogorčenost svojih pristalica, ne samo da je Darvvin ostao pritom da su sve promjene postupne, nego je u gotovo svakom izdanju *Podrijetla* povećavao vrijeme koje je smatrao nužnim za napredovanje evolucije, stoje njegove ideje činilo sve neprihvatljivijim. »Darvvin je na koncu«, prema znanstveniku i povjesničaru Jeffrevju Schwartzu, »izgubio gotovo svu podršku koju je imao medu svojim kolegama, prirodoslovcima i geolozima.«

S obzirom na to daje Darvvin svoju knjigu nazvao *Opodrijetlu vrsta,* ironično je da jedino nije mogao objasniti upravo to kako su vrste nastale. Darvvinova teorija predlagala je mehanizam kako neka vrsta može postati jačom, boljom ili bržom - riječju, sposobnijom - ali nije dala nikakve naznake kako bi mogla izbaciti novu vrstu. Škotski inženjer Flceming Jenkin razmotrio je taj problem i zapazio važnu manjkavost u Darvvinovu argumentu. Darvvin je vjerovao da će se svaka korisna osobina koja se pojavi u jednoj generaciji prenijeti na sljedeće generacije i tako ojačati vrstu. Jenkin je istaknuo da povoljna osobina jednog roditelja neće postati dominantnom u sljedećim generacijama, nego će miješanjem zapravo biti razvodnjena. Ako u vrč s vodom ulijete viski, on ne postaje jači nego slabiji. A ako tu razrijeđenu otopinu ulijete u čašu s vodom, postaje još slabija. Svaka povoljna osobina koju donosi jedan roditelj na isti će način biti uzastopno razrjedivana daljnjim parenjima, sve dok ne prestane biti vidljiva. Tako Darvvinova teorija nije bila recept za promjenu, nego za konstantnost. Povremeno može doći do sretnih slučajeva, ali oni brzo nestaju pred općim nagonom da se sve vrati na stabilan mediokritetizam. Da bi prirodni odabir funkcionirao, bio je potreban neki alternativan, nezapažen mehanizam.

Rješenje je našao povučeni redovnik Gregor Mendel, nepoznat i Darvvinu i svima ostalima, u 1200 kilometara udaljenom, mirnom kutku srednje Europe.

Mendel se rodio 1822. godine u skromnoj seoskoj obitelji u zabiti austrijskog imperija, u današnjoj Češkoj. Školski su ga udžbenici nekada oslikavali kao jednostavnog, ali pronicavog provincijalnog redovnika

čija su otkrića sretan slučaj - rezultat opažanja nekih zanimljivih nasljednih osobina dok je prtljao po biljkama graška u samostanskom vrtu. Mendelje zapravo bio obučeni znanstvenik- studirao je fizikvi i matematiku na Olomouckom Filozofskom institutu te na Bečkom sveučilištu - a u sve stoje radio, unosio je znanstvenu disciplinu. Štoviše, samostan u Brnu, u kojem je živio od 1843. godine, bio je poznat kao znanstvena institucija. Imao je knjižnicu od dvadeset tisuća knjiga i tradiciju predanog znanstvenog istraživanja.

Prije nego se upustio u eksperimentiranje Mendel je dvije godine pripremao svoje kontrolne uzorke, sedam sorti graška, kako bi bio siguran da se pravilno razmnožavaju. Zatim je uz pomoć dva stalna pomoćnika uzastopno razmnožavao i križao hibride 30000 stabljika graška. Bio je to osjetljiv posao, koji je od trojice ljudi zahtijevao mukotrpan napor kako bi se izbjeglo slučajno unakrsno oplođivanje te zapisala svaka i najmanja varijacija u rastu i izgledu sjemenki, mahuna, lišća, stabljika i cvjetova. Mendelje dobro znao što radi.

Nikada nije napisao riječ »gen« - koja je u tom smislu uvedena u uporabu tek 1913. godine u jednom engleskom medicinskom rječniku - iako je izmislio termine »dominantan« i »recesivan«. Utvrdio je da svaka sjemenka sadrži dva »faktora« ili *elementa,* kako ih je nazivao -jedan dominantan i jedan recesivan - a kad se ta dva faktora udruže, stvaraju predvidive uzorke nasljeđivanja.

Rezultate je pretvorio u precizne matematičke formule. Mendelje na tim eksperimentima proveo ukupno osam godina, zatim je svoje rezultate potvrdio sličnim eksperimentima na cvijeću, kukuruzu i ostalim biljkama. Mendelje možda čak bio *odviše* znanstven u svom pristupu jer, kad je prezentirao svoja otkrića u veljači i ožujku 1865. godine na sastancima Prirodoslovnog društva u Brnu, publika od četrdesetak ljudi pristojno je slušala, ali bilo je upadljivo da uopće nije reagirala, iako je mnogim članovima uzgajanje biljaka bilo od velikog praktičnog interesa.

Kada je Mendelovo izvješće bilo objavljeno, nestrpljivo je poslao primjerak velikom švicarskom botaničaru Karl-Wilhelmu von Nageliju, čija je potpora bila više-manjc presudna za izglede teorije. Nažalost. Nageli nije uvidio važnost toga što je Mendel otkrio. Predložio je Mendelu da pokuša uzgajati runjiku. Mendel se poslušno pokorio, ali je ubrzo shvatio da runjika nema nijednu od značajki potrebnih za proučavanje nasljednosti. Bilo je očito da Nageli nije pomno pročitao reterat ili ga možda uopće nije pročitao. Frustrirani Mendel povukao se iz istraživanja nasljednosti pa je ostatak života proveo uzgajajući

izvanredno povrće i proučavajući pčele, miševe i Sunčeve pjege. Na krajnje postao opat.

Mendelova otkrića nije se baš toliko ignoriralo kako se ponekad navodi. Njegova je studija dobila blistavu natuknicu u *Bncyclopaediji Britatmici* - koja je tada bila revnija u bilježenju znanstvenih misli nego što je to danas - i bio je uzastopno citiran u važnom eseju Nijemca Wilhelma Olbersa Fockea. Dapače, kako Mendelove ideje nisu nikada u potpunosti potonule ispod površine znanstvenih misli, bilo ih je lako izvući kada je svijet postao spreman za njih.

Darvvin i Mendel su zajedno, a da toga nisu bili svjesni, postavili temelje za sve biološke znanosti u 20. stoljeću. Darvvin je uvidio da su sva živa bića povezana, da u osnovi »vuku podrijetlo iz jednog, zajedničkog izvora«; Mendelovje rad dao mehanizam koji je mogao objasniti kako se to dogodilo. Možda su i njih dvojica pomogli jedan drugome. Mendel je posjedovao njemačko izdanje knjige *O podrijetlu vrsta,* poznato je da gaje pročitao, pa je vjerojatno shvatio primjenjivost svoga rada na Darvvinov, ali čini se da nije pokušao uspostaviti vezu. A što se tiče Darvvina, poznato je daje proučio Fockeov utjecajni esej u kojem se opetovano spominje Mendelov rad, ali nije ga povezao sa svojim studijama.

Svi misle da se u Darvvinovu argumentu pojavila tvrdnja da ljudi potječu od čovjekolikih majmuna, ali uopće nije, osim kao jedna od usputnih aluzija. Unatoč tome, nije trebalo mnogo mašte da se u Darvvinovim teorijama uoče implikacije za ljudski razvoj, pa je to odmah postalo predmetom razgovora.

Konačni obračun nastupio je u subotu, 30. lipnja 1860. godine, na sastanku Britanskog društva za unaprjeđenje znanosti u Oxfbrdu. Robert Chambers, autor knjige *Rudimenti prirodoslovne povijesti stvaranja,* nagovorio je IIuxleyja da dođe, iako ovaj još nije bio svjestan Chambersove povezanosti s tim spornim djelom. Kao i obično, Darvvin nije bio prisutan. Sastanak je održan u oksfordskom Zoološkom muzeju. U dvoranu se naguralo više od tisuću ljudi; na stotine ih je ostalo vani. Ljudi su znali da će se dogoditi nešto veliko, iako su prvo morali pričekati da se uspavljujući govornik John William Draper s Njujorškog sveučilišta hrabro probije kroz dva sata uvodnih primjedbi na temu »Intelektualni razvoj Europe s obzirom na teorije gospodina Darvvina«.

Napokon je ustao oksfordski biskup Samuel Wilberforce i počet) govoriti. Wilberforcea je uputio (tako se općenito pretpostavlja) gorljivi

antidarvimst Richard Ovven, koji je prethodne večeri bio gost u njegovoj kući. Kako to obično biva s događajima koji završe s mnogo vike, opisi onoga što se točno dogodilo veoma se razlikuju. Prema najpopularnijoj verziji, kad se propisno raspalio, Wilberforce se okrenuo prema Huxleyju i sarkastično se smješkajući upitao ga tvrdi li i on daje povezan s majmunima preko bake ili djeda. Očito je imao namjeru da mu se podrugne, ali primjedba je zazvučala kao ledeni izazov. Prema vlastitim riječima Huxley se okrenuo svome susjedu i prošaptao: »Sam ga je Gospod spustio u moje ruke«, a zatim je s užitkom ustao.

Drugi su se, međutim, prisjećali da je Huxley drhtao od bijesa i ogorčenosti. U svakom slučaju, I Iuxley je izjavio da će radije tvrditi da mu je srodnik majmun nego netko tko koristi svoj položaj za iznošenje neupućenih brbljarija, i to na nečemu što bi trebao biti ozbiljan znanstveni skup. Takav protuudarac bio je skandalozno drzak, kao i uvreda Wilberforceove funkcije, pa se rasprava smjesta pretvorila u metež. Neka lady Brevvster čak se i onesvijestila. Robert FitzRov, Darvvinov suputnik otprije dvadeset pet godina na *Bt'agku,* bludio je po dvorani mašući Biblijom i izvikujući: »Sveto pismo, Sveto pismo!« (On je tu bio u svojstvu ravnatelja novoosnovanog Meteorološkog odsjeka radi prezentacije referata o olujama.) Zanimljivo, ali poslije su obje strane tvrdile da su ponikle onu drugu.

Danvinje na koncu 1871. godine eksplicitno izrazio svoje vjerovanje *u* naše srodstvo s majmunima u *Podrijetlu čovjeka (The Descent ofMan).* Zaključak je bio hrabar jer ništa iz fosilnih zapisa nije podupiralo tu ideju. Jedini poznati rani ostaci čovjeka u to doba bile su slavne nean-dertalske kosti iz Njemačke i nekoliko nepouzdanih fragmenata čeljusti, a mnogi ugledni stručnjaci nisu čak ni vjerovali u njihovu starost. *Podrijetlo čovjeka* po svemu je bila kontroverznija knjiga od O *podrijetlu vrsta,* ali kada se pojavila, svijet se više nije mogao tako lako šokirati, pa su njeni argumenti izazvali mnogo manje uzbuđenja.

Međutim, Danvin je najveći dio svojih poznih godina proveo na drugim projektima, od kojih se većina samo doticala pitanja prirodnog odabira. Iznimno mnogo vremena provodio je čačkajući po ptičjem izmetu, pregledavajući njegov sadržaj u pokušaju da shvati kako se sjemenke prenose između kontinenata, a još je dulje proučavat) gliste. Jedan od njegovih eksperimenata bio je da im svira na klaviru - ne da bi ih zabavio, nego da bi proučio utjecaj zvuka i vibracije na njih. On je bio prvi koji je shvatio koliko su gliste važne za plodnost tla. »Teško da postoje druge životinje koje su odigrale tako važnu ulogu u povijesti

svijeta «, napisao je 1881. godine u svojem remck-djelu na tu temu, *The Formatiou of l-vgetable Mould Through thc Actioii of IVonns* (Nastanak humusa djelovanjem glista), koje je zapravo bilo popularnije nego što je *O podrijetlu vrsta* ikada bilo. Među ostalim njegovim knjigama bile su *On thc larious Contrivances by IVIiich British and Foreign Orchids Are Ferilised by Iusects* (O raznim doskočicama pomoću kojih britanske i strane orhideje oplođuju kukci) iz 1862., *Expressious oj thc Emotions iu Man and Anitnals* (Izražavanje emocija u čovjeka i životinja) iz 1872., koja se prodala u gotovo 5300 primjeraka u prvom danu, *The Effects of Cross and Selj Feritization in the Vegetable Kingdom* (Učinci križanja i samooplodivanja u biljnom carstvu) iz 1876. - tema kojaje bila nevjerojatno bliska Mendelovu rada, ali nije došao do istih spoznaja - i *The Power oj'Movetneut in Plants* (Sposobnost kretanja biljaka). I konačno, ali ne manje važno, posvetio je dosta napora proučavanju posljedica ženidbe u bliskom srodstvu - što gaje zanimalo privatno. Budući da se oženio svojom sestričnom, Darvvin je s nelagodom sumnjao da su se određene fizičke i mentalne mane u njegove djece pojavile zbog nedostatka raznolikosti u njegovu obiteljskom stablu.

Darvvinu je često iskazivana počast za života, ali nikada za knjige O *podrijetlu vrsta* i *Podrijetlo čovjeka.* Kada mu je Kraljevsko društvo dodijelilo prestižnu Coplevjevu medalju, bilo je to za njegove teorije iz geologije, zoologije i botanike, a ne za evolucijske teorije. Linneovsko društvo mu je na sličan način iskazalo počast, ali bez prihvaćanja njegovih radikalnih ideja. Nikada nije bio proglašen vitezom, iako je bio pokopan u Westminsterskoj opatiji - pokraj Newtona. Umro je u Downu u travnju 1882. godine. Mendel je umro dvije godine poslije.

Darvvinova teorija zapravo nije bila općeprihvaćena sve do tridesetih, četrdesetih godina 20. stoljeća, kada se razvila istančana teorija kojaje s određenom bahatošću nazvana modernom sintezom, a kombinirala je Darvvinove s Mendelovim i drugim teorijama. Mendelov rad također je posthumno priznat, iako nešto prije. Tri znanstvenika koji su 1900. godine provodili odvojena istraživanja u Europi ponovno su, više-manje istodobno, otkrili Mendelov rad. Samo zato štojejedan od njih, Nizozemac Hugo de Vries, pokušao prisvojiti Mendelove spoznaje kao svoje, njegov suparnik glasno je pojasnio da zasluga zapravo pripada zaboravljenom redovniku.

Svijet je bio gotovo - ali ne baš sasvim - spreman da počne razumijevati kako smo nastali: kako smo napravili jedni druge. Prilično je čudno kada pomislite da na početku 20. stoljeća, a i još nekoliko godina

poslije, najbolji svjetski znanstveni umovi nisu mogli na smislen način objasniti odakle zapravo dolaze djeca.

A to su bili, možda se sjećate, ljudi koji su mislili daje znanost stigla gotovo do svog kraja.

26

TVAR ŽIVOTA

Da se vaši roditelji nisu spojili upravo onda kada jesu - vjerojatno u sekundu, odnosno u nanosekundu - vas ne bi bilo. I da se njihovi roditelji nisu spojili u točno određenom trenutku, također vas ne bi bilo. I da njihovi roditelji nisu napravili isto, i njihovi roditelji prije njih, i tako dalje, očito i beskrajno, vas ne bi bilo.

Pođete li unatrag kroz vrijeme, ta se pradjedovska dugovanja počinju povećavati. Vratite se unatrag samo za osam generacija, otprilike u doba kada su rođeni Charles Danvin i Abraham Lincoln, i to je već 250 ljudi o čijem pravodobnom sparivanju ovisi vaše postojanje. Nastavite dalje, do doba Shakcspcarea i kolonista s *Mayflowera,* pa ćete imati čak 16384 pretka koji revno razmjenjuju genetski materijal, koji će na kraju nekim čudom rezultirati vama.

Dvadeset generacija unatrag broj ljudi koji se rađaju vama u korist porastao je na 1048 576. Pet generacija prije bilo je čak 33 554432 muškaraca i žena o čijem predanom sparivanju ovisi vaše postojanje. Prije trideset generacija vaš ukupan broj pradjedova - upamtite, nisu to bratići, tete i ostali usputni rođaci, nego samo roditelji i roditelji roditelja u lozi koja neminovno vodi do vas - iznosio je preko jedne milijarde (1 073 741 824, da budemo točni). Ako se vratite unatrag šezdeset četiri generacije, u doba Rimljana, broj ljudi na čijim zajedničkim naporima ovisi vaše konačno postojanje popeo se na približno jedan milijun bilijuna, stoje nekoliko tisuća puta više od ukupnog broja ljudi koji su ikada živjeli.

Očito nam ovdje nešto nije ti redu s matematikom. Odgovor je, možda će vas zanimati, da vaša loza nije čista. Ne biste mogli biti ovdje bez malo incesta - zapravo, poprilično mnogo incesta - iako na genetski diskretnoj udaljenosti. S toliko milijima predaka u vašem podrijetlu bilo je mnogo prilika kada je vaš rođak s majčine strane obitelji stvorio potomke s nekom udaljenom rođakinjom s očeve strane. Zapravo, ako ste sada u vezi s nekim iz svoje rase i iz svoje zemlje, veliki su izgledi da ste na nekoj razini u srodstvu. I zaista, ako malo pogledate oko sebe, u autobusu, parku, kafiću ili na bilo kojem mjestu punom ljudi, vrlo je vjerojatno da ste u srodstvu s *većinom* ljudi koje vidite. Kada vam se netko hvali da vuče podrijetlo od Shakespearea ili Williama Osvajača, slobodno recite: »I ja isto!« U najdoslovnijcm smislu svi smo mi rodbina.

Također smo i sablasno slični. Usporedite svoje gene s bilo kojim drugim ljudskim bićem i oni će u prosjeku biti 99,9 posto jednaki. To je ono što nas čini vrstom. Sićušne razlike u onih preostalih 0,1 posto čini našu individualnost - »otprilike jedna nukleotidna baza na svakih tisuću«, da citiramo britanskog genetičara i nedavnog dobitnika Nobe-love nagrade Johna Sulstona. Posljednjih godina posvećuje se mnogo pažnje sastavljanju ljudskog genoma. Zapravo, ne postoji nešto što bi bio jedinstven ljudski genom. Svaki ljudski genom je različit. Inače bismo svi bili identični. Te beskrajne rekombinacije naših genoma -svaka gotovo identična svima ostalima, ali ne potpuno - čine nas upravo onakvima kakvi jesmo, i kao pojedinci i kao vrsta.

Ali, što točno nazivamo genomom? I što su, kad smo kod toga. geni? Pa. počnimo opet sa stanicom. U stanici je jezgra, a u svakoj jezgri su kromosomi - četrdeset šest malih smotuljaka složenosti, od koji dvadeset tri dolaze od majke i dvadeset tri od oca. Uz samo nekoliko iznimki svaka stanica u vašem tijelu - recimo, njih 99,999 posto - nosi isti kom-plement kromosoma. (Iznimke su crvena kivna zrnca, neke stanice imunološkog sustava te jajne stanice i spermiji. koje zbog raznih organizacijskih razloga ne nose cjelovit genski paket.) Kromosomi sačinjavaju potpun komplet uputa neophodnih za vaše stvaranje i održavanje, a sastoje se od dugih niti malene čudesne kemikalije zvane dezoksiribo-nukleinska kiselina ili DNK - »najizvanrednije molekule na Zemlji«, kako je nazivaju.

DNK postoji iz samo jednog razloga - kako bi stvarala još DNK - a vi je u sebi imate mnogo: u gotovo svaku stanicu ugurano je oko dva metra DNK. Svaka nit DNK sastoji se od koje 3.2 milijarde kodnih

slova, stoje dovoljno za l(p4Koooooo() mogućih kombinacija, »zajamčeno jedinstvenih, unatoč svim zaiTiislivim izgledima«, prema riječima Chnstiana de Duvea. To je mnogo mogućnosti - 1 i više od 3 milijarde nula. »Bilo bi potrebno više od pet tisuća knjiga prosječnih dimenzija samo da bi se ispisao taj broj«, kaže De Duve. Pogledajte se u ogledalo i zamislite naći činjenicom da sadržite deset tisuća bilijuna stanica, da gotovo svaka sadrži 2 metra gusto zbijene DNK i počet ćete cijeniti koliko te materije nosite sa sobom. Kada bi se sva vaša DNK isplela u jednu tanku nit, bilo bi je dovoljno da se protegne od Zemlje do Mjeseca i natrag, ne jednom ili dvaput, nego opet i opet. Sve skupa, prema jednom proračunu, u vama bi moglo biti smotano čak 20 milijuna kilometara DNK.

Ukratko, vaše tijelo voli proizvoditi DNK, bez koje ne biste mogli živjeti. No, sama DNK nije živa. Iako nijedna molekula nije živa, čini se daje DNK posebno neživa. Onaje »medu najnereaktivnijim, kemijski najtromijim molekulama u živom svijetu«, kaže genetičar Richard Lewontin. Zbog toga se može spasiti iz mrlja davno osušene krvi ili sperme u istragama ubojstava te izvući iz kostiju drevnih neandertalaca. To također objašnjava zašto je znanstvenicima trebalo toliko dugo da dokuče kako tako misteriozno neupadljiva tvar - tako, doslovno, beživotna - može biti u srži samog života.

DNK je poznata dulje nego što možda mislite. Davne 1869. godine otkrio ju je Johann Friedrich Miescher, švicarski znanstvenik koji je radio na Sveučilištu Ttibingen u Njemačkoj. Dok je mikroskopski rovao kroz gnoj u kirurškim zavojima, Miescher je pronašao tvar koju nije prepoznao paju je nazvao nuklein (jer je prebivala u jezgrama stanica). Tada je Miescher tek zabilježio njeno postojanje, ali mu je nuklein očito ostao na pameti jer je nakon dvadeset tri godine u pismu ujaku postavio tezu da bi takve molekule mogle biti posrednici koji stoje iza nasljeđivanja. Bila je to izvanredna ideja, ali toliko ispred znanstvenih potreba svoga doba da uopće nije privukla pažnju.

Veći dio sljedećih pola stoljeća vladala je uvriježena pretpostavka da taj materijal - sada zvan dezoksiribonukleinska kiselina ili DNK - u najboljem slučaju ima pomoćnu ulogu kod nasljeđivanja. Bila je prejednostavna. Imala je samo četiri osnovne komponente zvane nukleo-tidi, što je bilo kao da imate abecedu od samo četiri slova. Kako je moguće napisati priču života s tako primitivnom abecedom? (Odgovor je da je pišete na sličan način kao što stvarate složene poruke samo

točkicama i crticama Morseovih znakova - kombinirate ih.) Svima se činilo da DNK ne radi baš ništa. Samo je sjedila u jezgri, možda je na neki način povezivala kromosome, po naredbi dodavala kap kiseline ili je možda obavljala neki drugi trivijalan zadatak koji još nikome nije pao na pamet. Smatralo se da u bjelančevinama u jezgri mora postojati neophodna složenost.

Međutim, kod otpisivanja DNK pojavila su se dva problema. Kao prvo, njezina količina - oko dva metra u gotovo svakoj jezgri - što znači da su je stanice na neki način visoko cijenile. Povrh toga, stalno se pojavljivala u eksperimentima, kao osumnjičenik u krimiću. Posebno u dvije studije, u jednoj na bakteriji *Pneumonococcus* i drugoj na bakterio-fazima (virusima koji zaražuju bakterije), DNK je ostavljala dojam važnosti, koji se mogao objasniti samo ako je njena uloga bila veća nego stoje dopuštalo prevladavajuće mišljenje. Dokazi su upućivali na to da DNK na neki način sudjeluje u proizvodnji bjelančevina, procesu koji je presudan za život, ali bilo je jasno da se bjelančevine proizvode *izvan* jezgre, daleko od DNK koja je navodno upravljala njihovim sastavljanjem.

Nitko nije mogao razumjeti kako je moguće da DNK predaje poruke bjelančevinama. Danas znamo daje odgovor RNK ili ribonukle-inska kiselina, koja se ponaša kao prevoditelj između to dvoje. To što DNK i bjelančevine ne govore istim jezikom, upadljivi je kuriozum biologije. Već četiri milijarde godina oni su veliki igrački par živoga svijeta, a ipak se odazivaju na međusobno inkompatibilne kodove, kao da jedan govori španjolski, a drugi hinduski. Kako bi komunicirali, treba im posrednik u obliku RNK. U suradnji s nekom vrstom kemijskog činovnika zvanog ribosom, RNK prevodi informacije od stanične DNK u izraze koje bjelančevine mogu razumjeti i prema njima postupati.

Međutim, do samog početka 20. stoljeća, gdje nastavljamo s našom pričom, još smo bili veoma daleko od razumijevanja toga ili gotovo svega drugog što ima veze sa zbrkom oko nasljeđivanja.

Očito je postojala potreba za nadahnutim i pametnim eksperimentiranjem. Srećom, toje doba dalo jednog mladog čovjeka koji je bio dovoljno marljiv i sposoban da to poduzme. Njegovo ime bilo je Thomas Hum Morgan, a 1904. godine, samo četiri godine nakon pravodobnog ponovnog otkrića Mendelovih eksperimenata s graškom i još uvijek gotovo desetljeće prije nego što će *gen* uopće postati riječ, on je počeo iznimno predano raditi na kromosomima.

Kromosomi su slučajno otkriveni 1888. godine, a tako su nazvani jer su spremno upijali boju pa ih je bilo lako vidjeti mikroskopom. Do kraja stoljeća slutilo se da sudjeluju u prenošenju osobina, ali nitko nije znao kako to rade i rade li to uopće.

Morgan je kao predmet svog proučavanja uzeo sićušnu nježnu mušicu službeno zvanu *Drosophila melatiogaster.* a uobičajeno poznatu kao voćna mušica (odnosno vinska, bananska ili smećarska mušica). *Drosophila je* većini nas poznata kao krhki bezbojni kukac koji izgleda kao da ima nagonsku potrebu da se utapa u našem piću. Kao laboratorijski primjerci, voćne mušice imale su vrlo primamljive prednosti: njihov smještaj i hrana ne stoje gotovo ništa, mogu se uzgajati na milijune u bocama od mlijeka, od jajašca do produktivnog roditeljstva treba im deset pa i manje dana. a imaju samo četiri kromosoma, stoje sve činilo mnogo jednostavnijim.

Radeći u malom laboratoriju (koji je neizbježno postao poznat kao Soba mušica) u Schermerhornovoj zgradi na Sveučilištu Columbia u NewYorku, Morgan i njegov tim upustili su se u program pažljivog uzgajanja i križanja koji je obuhvatio milijune mušica (jedan biograf kaže milijarde, ali je to vjerojatno pretjerivanje), a svaku je trebalo uhvatiti pincetom i ispitati pod urarskom lupom radi svih sićušnih varijacija u nasljeđu. Šest su godina pokušavali proizvesti mutacije pomoću svih sredstava koja bi im pala na pamet - gađanjem mušica radijacijom i rendgenskim zrakama, uzgajajući ih na jarkom svjetlu i u tami. nježno ih pekući u pećnicama, luđački ih vrteći u centrifugama - ali ništa nije upalilo.

Morgan je bio na rubu odustajanja kada se dogodila iznenadna i ponovljiva mutacija - mušica koja je imala bijele, a ne uobičajene crvene oči. Zahvaljujući toni prijelomnom događaju Morgan i njegovi pomoćnici mogli su generirati korisne deformacije, koje su im omogućile da prate neku osobinu kroz sljedeće generacije. Tako su mogli razriješiti korelacije između određenih karakteristika i pojedinih kromosoma, kako bi na koncu na više-manjc svačije zadovoljstvo dokazali da su kromosomi u srži nasljeđa.

Međutim, i dalje je bila problematična sljedeća razina biološke zakučastosti: zagonetni geni i DNK koja ih sačinjava. Njih je bilo mnogo teže izolirati i razumjeti. Cak do 1933. godine, kada je Morgan dobio Nobelovu nagradu za svoj rad. mnogi znanstvenici nisu vjerovali da geni uopće postoje. Kao što je Morgan tada rekao, nije bilo konsenzusa »o tome što su to geni - jesu li stvarni ili su čista izmišljotina«. Možda

se čini čudnim da su se znanstvenici opirali prihvaćanju fizičke realnosti nečega stoje toliko fundamentalno za staničnu aktivnost, međutim, kao što Wallacc, King i Sanders ističu u djelu *Biohgy: The Science of Life* (Biologija: znanost o životu; prava rijetkost - zanimljiv udžbenik), danas smo u vrlo sličnom položaju glede mentalnih procesa kao što su mišljenje i pamćenje. Naravno, znamo da oni postoje, ali ne znamo kakav fizički oblik poprimaju, ako ga uopće imaju. Tako je veoma dugo bilo i s genima. Ideja da iz svog tijela iščupate jedan gen i da ga date na ispitivanje, bila je apsurdna mnogim Morganovim kolegama, kao što bi znanstvenicima danas bila apsurdna zamisao da mogu uloviti neku zalutalu misao i proučiti je pod mikroskopom.

No, bilo je sasvim sigurno da *nešto* povezano s kromosomima upravlja replikacijom stanica. Napokon, nakon petnaest godina napornog istraživanja tim na Rockefellcrovu institutu na Manhattanu, pod vodstvom briljantnog, ali plahog Kanađanina Osvvalda Avervja, uspio je 1944. godine izvesti iznimno riskantan eksperiment u kojem je jedan bezopasan soj bakterije pretvoren u trajno zarazan križanjem sa stranom DNK, čime je dokazano daje DNK mnogo više od pasivne molekule i daje gotovo sigurno aktivan čimbenik u nasljeđu. Biokemičar austrijskog podrijetla Ervvin Chargaff poslije je vrlo ozbiljno izjavio da je Avervjevo otkriće vrijedno dvije Nobelove nagrade.

Nažalost. Avervju se suprotstavio jedan od njegovih kolega s Instituta, uporan i neugodan entuzijast za bjelančevine Alfred Mirskv, koji je napravio sve stoje bilo u njegovoj moći da diskreditira Avervjev rad - pričalo se daje čak lobirao kod odgovornih na Karolinškom institutu u Stockholmu da Avervju ne daju Nobelovu nagradu. Averv je tada imao već šezdeset šest godina i bio je umoran. Nije se više mogao nositi sa stresom i kontroverzom pa je dao ostavku i više nikada nije ušao u laboratorij. No, drugi su eksperimenti drugdje nadmoćno podupirali njegove zaključke i uskoro je započela utrka za pronalaženje strukture DNK.

Da ste početkom pedesetih godina 20. stoljeća žhjeli i bili skloni klađenju, sigurno biste se kladili da će strukturu DNK otkriti Linus Pauling. vodeći američki kemičar iz Caltecha. Paulingu nije bilo ravnog u određivanju arhitekture molekula i bio je pionir na polju rendgenske kristalogratije. tehnike koja će biti presudna za uvid u srž DNK. U svojoj iznimno uspješnoj karijeri osvojit će dvije Nobelove nagrade (za kemiju 1954. i za mir 1962.). ali u slučaju DNK bio je uvjeren kako je

njena struktura trostruka spirala, a ne dvostruka, pa nikada nije došao na pravi trag. Tako je pobjeda pripala nevjerojatnom kvartetu znanstvenika iz Engleske, koji nisu radili kao tim, a često su bili i posvađani, tako da međusobno ne bi ni razgovarali, a na tom su polju bili više--manje novaci.

Od njih četvero najbliži je konvencionalnom znanstvenom radniku bio Maurice Wilkins, koji je dobar dio Drugog svjetskog rata proveo pomažući u stvaranju atomske bombe. Rosalind Franklin i Francis Crick proveli su ratne godine radeći za britansku vladu - Crick na minama, a Franklinova na rudnicima ugljena.

Najnekonvencionalniji od te četvorke bio je James Watson, američko čudo od djeteta, koji se kao dječak istaknuo u vrlo popularnoj radijskoj emisiji *The Quiz Kids* (Klinci iz kviza) (paje mogao tvrditi daje barem dijelom inspirirao neke od članova obitelji Glass u *Fratinie and Zooey* te ostalim djelima J.D. Salingera), a na Sveučilište Chicago upisao se sa samo petnaest godina. Do dvadeset druge godine stekao je doktorat pa se zaposlio u slavnom Cavendishovom laboratoriju u Cambridgeu. Godine 1951. bio je nespretan mladić od 23 godine, s napadno razbarušenom kosom, koja na fotografijama izgleda kao daje privlači neki snažan magnet izvan kadra.

Crickje bio dvanaest godina stariji i još uvijek bez doktorata, bio je manje kosmat i malo više profesorski tip. Prema Watsonovu opisu Crickje bio hvalisavo zabadalo, veseli svadljivac, nestrpljiv sa svakim tko sporo shvaća i stalno u opasnosti da ga zamole da ode. No, nijedan od njih nije imao formalno obrazovanje iz biokemije.

Oni su pretpostavili - i to točno, kako se ispostavilo - da bi mogli vidjeti kako molekula DNK radi to što radi kada bi odredili njen oblik. Čini se da su se nadali kako će to postići uz što manje rada, osim razmišljanja, a ni to više nego stoje bilo apsolutno neophodno. Kao što je Watson veselo (možda pomalo neiskreno) izjavio u svojoj autobiografskoj knjizi *The Dotible Helix* (Dvostruka zavojnica), »nadao sam se da bi gen mogao biti riješen tako da ne moram naučiti ništa kemije«. Zapravo im rad na DNK nije bio ni dodijeljen, a u jednom trenutku čak im je bilo zapovjeđeno da se time prestanu baviti. Watson je tobože magistrirao kristalografiju; a Crickje trebao dovršiti disertaciju o di-irakcijskoj analizi velikih molekula rendgenskim zrakama.

Iako Crick i Watson u popularnim prikazima uživaju gotove sve zasluge za rješenje misterije DNK, njihovo prijelomno otkriće ovisilo je o eksperimentalnom radu koji su provodili njihovi suparnici, a čije

su rezultate »shičajno« nabavili, prema taktičnim riječima povjesničarke Lisc Jardine. Dvoje istraživača na King's Collegeu u Londonu, Wilkins i Franklinova, bili su daleko ispred njih, barem na početku.

Wilkinsje bio podrijetlom s Novog Zelanda, nedruštven tip, gotovo nevidljiv. PBS-ov dokumentarac iz 1998. o otkriću strukture DNK -dakle, o pothvatu za koji je 1962. podijelio Nobelovu nagradu s Cric-kom i Watsonom - uspio gaje u potpunosti zanemariti.

Franklinova je bila najzanimljiviji lik od njih četvero. U vrlo nclaska-vu portretu Watson ju je u *Dvostrukoj zavojnici* opisao kao ženu koja je bila nerazumna, zatvorena, kronično nesusretljiva i - što gaje očito posebno iritiralo - gotovo hotimice neseksi. Smatrao je daje »neprivlačna i da bi mogla biti upravo divna kada bi pokazala makar i najmanji interes za odjeću«, ali u tom smislu je podbacila sva očekivanja. Nije stavljala čak ni ruž, zapisao je u čudu, dok je njezin smisao za odjeću »odavao svu maštovitost engleskih adolescentica s intelektualnim pretenzijama«.*

Međutim, imala je najbolje snimke moguće strukture DNK koje je dobila difrakcijom rendgenskih zraka, metodom kojuje usavršio Linus Pauling. Tom metodom, zvanom rendgenska difrakcijska analiza, određivao se razmještaj atoma u kristalima (njihov 'obrazac'), ali molekule DNK bile su mnogo tvrđi orah. Samo je Franklinovoj uspijevalo dobiti dobre rezultate tom metodom, ali ih je na trajnu Wilkinsovu ogorčenost odbijala podijeliti s drugima.

To što Franklinova nije bila toplo susretljiva sa svojim otkrićima, ne treba joj u potpunosti zamjeriti. Pedesetih godina 20. stoljeća znanstvenice na King's Collegeu bile su tretirane s takvim formaliziranim prijezirom kakav je zbunjujući za suvremena poimanja (zapravo, za sva poimanja). Koliko god bile uspješne ili vrsne, nije im bio dopušten ulazak u zajedničku prostoriju osoblja Koledža, nego su morale blagovati u običnijoj sobi za kojuje čak i Watson priznao daje »prljavo zagušljiva«. Povrh toga, neprestano su je pritiskali - a povremeno i maltretirali - da podijeli svoje rezultate s trojicom muškaraca, čije je očajno nastojanje da zavire u njih rijetko bilo popraćeno nekom ugodnijom kvalitetom, recimo, poštovanjem. »Bojim se da smo je uvijek gledali svisoka«, prisjećao se poslije Crick. Dvojica od tih muškaraca bili su iz konkurentne institucije, a treći je više-manje otvoreno bio

″ I larvard Universitv l'ress otkazaojc 1968. godine izdavanje *Dvostruke ;avojnicv* jer su se Criek i Wilkins žalili zbog opisa likova, koje je Lisa [ardinc opisala kao »bezrazložno štetne«. Navedeni su preformulirani opisi, a Watson je ublažio svoje komentare.

na njihovoj strani. Tako da ne čudi stoje svoje rezultate držala pod ključem.

Čini se da su Watson i Crick iskoristili neslaganje Wilkinsa i Frankli-nove te ga okrenuli u svoju korist. Iako su njih dvojica prilično besramno zadirali u Wilkinsovo područje, on se sve više svrstavao uz njih - što i ne iznenađuje, jer se sama Franklinova počela čudno ponašati. Iako su njezini rezultati pokazivali da je DNK nedvojbeno spiralnog oblika, svima je uporno tvrdila da nije. Na Wilkinsov očaj i jad u ljeto 1952. izvjesila je tobožnju obavijest po Odsjeku za fiziku King's Collegea koja je glasila: »S tugom vas obavještavamo daje u petak, 18. srpnja 1952. godine preminula DNK spirala... Nadamo se da će dr. M. 11. F. Wilkins održati govor u spomen na pokojnicu.«

Zbog svega toga, Wilkins je u siječnju 1953. godine pokazao Watsonu Frankliničine slike, »po svemu sudeći, bez njezina znanja i pristanka«. To mu je bila više nego važna pomoć. Nakon mnogo godina Watson je priznao: »To je bio ključan događaj... on nas je mobilizirao.« Naoružani spoznajama o osnovnom obliku molekule DNK i nekim važnim elementima njenih dimenzija Watson i Crick su udvostručili napore. Činilo se da im je sve išlo na ruku. U to doba Pauling se uputio na konferenciju u Englesku, na kojoj bi najvjerojatnije susreo Wilkinsa i saznao dovoljno da ispravi svoje pretpostavke koje su ga navele na pogrešan put istraživanja; ali to je bila era McCarthvja pa su Paulinga zadržali u Zračnoj luci Idlevvild u NewYorku i konfiscirali mu putovnicu samo zato stoje bio preliberalan da bi mu dopustili putovanje u inozemstvo. A Crick i Watson imali su i tu sreću daje Paulingov sin radio u Cavcn-dishovom laboratoriju te ih nedužno izvješćivao o razvoju događaja i neuspjesima kod kuće.

Još uvijek suočeni s opasnošću da bi u svakom trenutku netko mogao baciti jaču kartu, Watson i Crick su se grozničavo prihvatili problema. Bilo je poznato da DNK ima četiri kemijske komponente -adenin, gvanin, citozin i timin - i da se one sparuju na određene načine. Igrajući se komadićima kartona izrezanim u obliku molekula, Watson i Crick odgonetnuli su kako se komadići slažu jedan s drugim. Od toga su napravili model sličan Meccanu - možda najslavnijem u modernoj znanosti - koji se sastoji od metalnih pločica pričvršćenih u spiralu, a zatim su pozvali Wilkmsa. Franklinovu i ostatak svijeta da pogledaju. Svatko upućen odmah je mogao vidjeti da su riješili problem. To je bez sumnje bio briljantan detektivski posao, sa ili bez poticaja Frankliničine snimke.

U izdanju časopisa *Nature* od 25. travnja 1953. osvanuo je članak Watsona i Gricka od 900 riječi, »Struktura dezoksiribonukleinske kiseline«. Bio je popraćen i zasebnim člancima Wilkinsa i Franklinove. To je bilo doba prepuno svjetskih događanja - Edmund Hillarv upravo se spremao da osvoji vrh Everesta, dok će Elizabeta II. uskoro biti okrunjena kraljicom - tako daje otkriće tajne života uglavnom bilo zanemareno. Bilo je ukratko spomenuto u *News Chronkleu,* a drugdje je prošlo nezapaženo.

Rosalind Franklin nije dobila Nobelovu nagradu. Umrla je od raka jajnika 1958. godine u dobi od samo trideset sedam godina, četiri godine prije dodjele nagrade. Nobelove nagrade ne dodjeljuju se post-humno. Rak se gotovo sigurno pojavio kao rezultat kroničnog izlaganja rendgenskom zračenju na poslu i mogao se izbjeći. U svojoj vrlo hvaljenoj, nedavno objavljenoj biografiji Brenda Maddox piše kako je Franklinova rijetko nosila olovnu pregaču te je često nepažljivo stajala ispred zrake. Ni Osvvald Avery nije osvojio Nobelovu nagradu, a kasniji naraštaji također su ga uglavnom zanemarivali, iako je barem imao to zadovoljstvo da pozivi dovoljno dugo i vidi kako njegova otkrića dobivaju potvrdu. Umro je 1955. godine.

Otkriće Watsona i Gricka nije bilo potvrđeno sve do osamdesetih godina 20. stoljeća. Kao što je u jednoj od svojih knjiga rekao Crick: »Trebalo je više od dvadeset pet godina da naš model DNK od samo prilično vjerojatnog postane vrlo vjerojatan... da bi zatim postao gotovo sigurno točan.«

Kada je otkrivena struktura dezoksiribonukleinske kiseline, uslijedio je brz napredak u genetici, tako daje časopis *Science* 1968. godine mogao objaviti članak »Bila je to molekularna biologija«, koji je tvrdio - čini se gotovo nevjerojatno, ali je zaista tako - daje rad na polju genetike pri kraju.

Zapravo je tek počinjao. Prilično toga o DNK čak i danas jedva razumijemo, ponajviše zašto tako velik dio nje naizgled *ne radi* ništa. Devedeset sedam posto vaše DNK ne sastoji se ni od čega drugog doli dugih dijelova besmislene zbrke - »otpadne« ili »nekodirajuće DNK«, kako to vole reći biokemičari. Samo tu i tamo na svakoj niti naiđete na dijelove koji kontroliraju i organiziraju vitalne funkcije. To su ti neobični i već dugo neuhvatljivi geni.

Geni nisu ništa više (ni manje) nego upute za proizvodnju bjelančevina. To rade s prilično dosadnom vjernošću. U tom su smislu poput

tipki klavira, od kojih svaka svira jednu notu i ništa više, stoje očigledno pomalo monotono. No, kombinacijom gena. kao što se kombiniraju tipke klavira, možete stvarati beskrajno raznolike akorde i melodije. Stavite sve te gene zajedno i dobit ćete (da nastavimo s metaforom) veliku simfoniju postojanja poznatu kao ljudski genom.

Na alternativan i učestaliji način genom se doživljava kao svojevrsni priručnik za tijelo. Kada se gleda na taj način, kromosomi se mogu zamisliti kao poglavlja te knjige, a geni kao upute za proizvodnju bjelančevina. Riječi u kojima su zapisane upute zovu se kodoni, a slova su poznata kao baze. Baze - slova genske abecede - sastoje se od četiri nukleotida, koje sam spomenuo prije stranicu-dvije: adenina. timina, gvanina i citozina. Unatoč važnosti onoga što rade, te se tvari ne sastoje ni od čega egzotičnog. Gvanin, na primjer, od istejc tvari koje ima u izobilju i po kojoj je dobila ime - gvano (naslage ptičjih izmetina, op. prev.).

Oblik molekule DNK, kao što svi znamo, sliči spiralnom stubištu ili uvijenim ljestvama od užeta: slavna dvostruka zavojnica. Potpornji te strukture sastoje se od vrste šećera zvane dezoksiriboza pa je cijela spirala nukleinska kiselina - odatle naziv »dezoksiribonukleinska kiselina«. Prečke (ili stube) sastoje se od dvije baze koje premošćuju prostor između, a one se mogu kombinirati samo na dva načina: gvanin se uvijek sparuje s citozinom, a timin uvijek s adeninom. Redoslijed kojim se ta slova javljaju dok se krećete uz ili niz ljestve sačinjava DNK kod; njegovo bilježenje zadatak je Projekta ljudskog genoma.

Osobita ljepota DNK leži u njenu načinu repliciranja. Kada dođe trenutak za proizvodnju nove molekule DNK, dvije se niti razdvoje uzdužno, poput patentnog zatvarača na jakni, i svaka polovica odlazi oformiti novo partnerstvo. Budući da se svaki nukleotid na niti sparuje s točno određenim nukleotidom, svaka nit služi kao šablona za stvaranje nove parne niti. Da posjedujete samo jednu nit svoje DNK, određivanjem potrebnih parova prilično biste lako mogli rekonstruirati drugu stranu: ako je najgornja prečka na jednoj niti od gvanina, onda biste znali da najgornja prečka na susjednoj strani mora biti citozin. Siđite niz ljestve preko svih nukleotidnih parova i na kraju imate kod za novu molekulu. Upravo se to događa u prirodi, samo što to priroda izvodi stvarno brzo - u sekundama, što je prilična majstorija.

U većini slučajeva naša se DNK replicira s poslušnom točnošću, ah samo povremeno - otprilike jednom u milijun puta - neko slovo dođe na pogrešno mjesto. To je poznato kao polimortizam jednog

nuklcotida ili SNP, biokemičarima familijarno poznat kao »snip«. Ti se snipovi pokapaju u odsječke nekodirajuće DNK i nemaju zamjetnih posljedica za tijelo. No, ponekad mogu promijeniti stvar. Mogu vas predisponirati za neke bolesti, ali isto vam tako mogu osigurati kakvu prednost - primjerice, više zaštitne pigmentacije ili povećanu proizvodnju crvenih krvnih zrnaca za nekoga tko živi na većim nadmorskim visinama. Vremenom se te neznatne modifikacije akumuliraju u pojedincima i populacijama, pridonoseći osebujnosti i jednih i drugih.

Ravnoteža između točnosti i pogrešaka u replikaciji veoma je osjetljiva. Dođe li do previše pogrešaka, organizam ne može funkcionirati, ali bude li ih premalo, žrtvuje se prilagodljivost. Slična ravnoteža u organizmu mora postojati između stabilnosti i inovacija. Povećanje broja crvenih krvnih zrnaca može pomoći osobi ili skupini koja živi na velikim nadmorskim visinama da se lakše kreće i diše, jer više crvenih zrnaca može nositi više kisika. No, dodatna crvena zrnca također zgušnjavaju krv. Ako ih je previše, »to je kao da pumpate naftu«, prema riječima antropologa Charlesa Weitza sa Sveučilišta Temple. To je opterećenje za srce. Stoga oni koji su prilagođeni životu na velikim visinama imaju povećanu učinkovitost disanja, ali je plaćaju ugroženijim srcem. Tako se darvinovski prirodni odabir brine za nas. Također, pomaže nam da objasnimo zašto smo svi toliko slični. Evolucija vam jednostavno neće dopustiti da postanete previše različiti - osim ako ne postanete nova vrsta.

Za 0,1 posto razlika između vaših i mojih gena odgovorni su naši snipovi. Nadalje, da usporedite svoju DNK s onom neke treće osobe, također bi bilo 99,99 posto podudarnosti, ali snipovi bi bili na različitim mjestima. Dodate li toj usporedbi još ljudi, dobit ćete još više snipova na još više mjesta. Za svaku od vaših 3,2 milijarde baza negdje na planetu postoji čovjek ih više njih s različitim kodiranjem na tom mjestu. Dakle, ne samo da je pogrešno govoriti o »jedinstvenom« ljudskom genomu nego zapravo ni nemamo ljudski genom. Imamo ih 6 milijardi. Svi smo mi 99,99 posto jednaki, ali isto tako, prema riječima biokemičara Davida Coxa, »mogli biste reći da ljudi nemaju ništa zajedničko, i to bi također bilo točno«.

Još uvijek moramo objasniti zašto tako malo DNK ima nekakvu zamjetljivu svrhu. To postaje pomalo obeshrabrujućc, ali stvarno se čini da je svrha života ovjekovječenje DNK. Onih 97 posto naše DNK. koja se obično naziva otpadnom, uglavnom se sastoji od nakupina slova

koja, prema riječima Matta Ridlcvja, »postoje iz čistog i jednostavnog razloga -jer im dobro ide dupliciranje samih sebe«.* Drugim riječima, veći dio vaše DNK nije posvećen vama nego sebi: vi ste stroj koji služi njoj, a ne ona vama. Život, sjećate se, samo želi biti, a DNKje ono što ga čini takvim.

Čak i kada DNK sadrži upute za stvaranje proteina, ona nema nužno na umu besprijekorno funkcioniranje organizma. Jedan od naših najbrojnijih gena onaj je za bjelančevinu poznatu kao reverzna tran-skriptaza, koja u ljudskih bića uopće nema nikakvu poznatu korisnu funkciju. Jedino omogućuje retrovirusima, kao što je HIV, da se neopaženo uvuku u ljudski sustav.

Drugim riječima, naše tijelo troši znatnu energiju na proizvodnju bjelančevine koja ne čini ništa dobro i koja nas ponekad dokrajči. Naše tijelo nema drugog izbora nego daje proizvodi, jer geni tako naređuju. Mi smo posude za njihove hirove. Gotovo polovica ljudskih gena -najveći udio koji nam je poznat u bilo kojem organizmu - ne radi baš ništa, osim što se razmnožava.

Svi su organizmi u određenom smislu robovi svojih gena. Zato su lososi, pauci i pripadnici bezbrojnih drugih vrsta spremni umrijeti u procesu parenja. Žudnja za razmnožavanjem, za proširenjem gena namoćnijaje pokretačka sila u prirodi. Kao stoje to rekao Shervvin B. Nuland: »Imperiji propadaju, idovi eksplodiraju, pišu se velike simfonije, a iza svega toga krije se jedinstven instinkt koji traži zadovoljenje.« S evolucijske točke gledišta, seks je zapravo samo nagradni mehanizam koji nas treba potaknuti da prenesemo svoj genetski materijal.

Znanstvenici su jedva bili apsorbirali iznenađujuću vijest da veći dio naše DNK ne radi ništa, kada su iskrsnula još neočekivanija otkrića. Prvo u Njemačkoj, pa u Švicarskoj istraživači su proveli prilično bizarne eksperimente koji su dali začudno nebizarne rezultate. U jed-

* Otpadna DNK zapravo ima svrhu. To je onaj dio koji se koristi n detektiranju DNK. Tu njezinu praktičnu svrhu slučajno je otkrili znanstvenik Alcc |et"freys sa Sveučilišta u Leieesteru. Jetfrevs je 19K6. godine proučavao genetske markere u sljedovima DNK kop su povezani s nasljednim bolestima kada mu se obratila policija i zamolila ga da im pomogne u povezivanju jednog osumnjičenika s dva umorstva. Shvatio je kako bi njegova tehnika mogla savršeno pomoći u rješavanju kriminalnih slučajeva - a to se pokazalo točnim. Mladi pekar nevjerojatnog imena Coliu Pitchfork (engl. *piichlork* - vile: op. prev.) osuđen je ua dvije doživotne kazne zatvora */i* dva umorstva.

nom eksperimentu uzeli su gen koji kontrolira razvoj mišjeg oka i umetnuli ga u ličinku voćne mušice. Pretpostavljali su da bi to moglo proizvesti nešto zanimljivo i groteskno. No, gen mišjeg oka u voćnoj mušici ne samo daje dao oko sposobno za život nego je dao oko *mušice.* Imali su dva stvorenja koja petsto milijuna godina nisu dijelila zajedničkog pretka, a mogla su zamijeniti genetski materijal kao da su sestre.

Priča se ponavljala gdje god bi istraživači pogledali. Otkrili su da ljudsku DNK mogu umetnuti u određene stanice mušica i mušice bi je prihvatile kao daje njihova. Ispostavilo se daje preko 60 posto ljudskih gena zapravo isto kao u voćnih mušica. Najmanje 90 posto na nekoj je razini srodno s onima u miševa. (Cak imamo iste gene za rast repa, samo kada bi se uključili.) Istraživači su iz područja u područje otkrivali da, bez obzira na kojem organizmu radili - bili to nematodni crvi ili ljudska bića - često proučavaju zapravo iste gene. Činilo se da je život sastavljen od jedinstvene skupine nacrta.

Daljnja temeljita istraživanja otkrila su da postoji vladavina nadređenih kontrolnih gena, od kojih svaki usmjerava razvoj dijela tijela, a nazvani su homeotičnim (od grčke riječi za 'sličan') ili *hox* genima. *Hox* geni odgovorili su na pitanje koje je dugo zbunjivalo - kako milijarde embrijskih stanica, koje nastaju od jednog oplođenog jajašca i nose identičnu DNK, znaju kamo trebaju ići i što raditi - to jest, da jedna treba postati stanica jetre, druga rastezljivi neuron, treća mjehurić krvi, a četvrta dio blistavog lepetavog krila. *Hox* geni su ti koji im daju upute, a to za sve organizme rade na gotovo isti način.

Zanimljivo je da količina genetskog materijala i načina na koji je organiziran ne odražava nužno, čak ni općenito, razinu sofisticiranosti stvorenja koji ga sadržava. Mi imamo četrdeset šest kromosoma, ali neke paprati imaju ih više od šesto. Dvodihalica, jedna od najnerazvije-nijih složenih životinja, ima četrdeset puta više DNK od nas. Cak je i obični daždevnjak genetski zahtjevniji od nas, i to puta pet.

Očito da nije bitan broj gena, nego što s njima radite. To je veoma dobra stvar, jer je broj gena u ljudi nedavno pretrpio jak udarac. Sve donedavno mislilo se da ljudi imaju najmanje sto tisuća gena, vjerojatno i mnogo više, ali prema prvim rezultatima Projekta ljudskog geno-ma taj je broj drastično smanjen, iznos je nešto bliži brojci od trideset pet ili četrdeset tisuća gena - otprilike ih toliko ima i trava. To je bilo i iznenađenje i razočaranje.

Sigurno vam nije promaklo da se geni često povezuju s nizom ljudskih slabosti. Razdragani znanstvenici više su puta izjavljivali da su

pronašli gene odgovorne za pretilost, shizofreniju, homoseksualnost, sklonost kriminalu, nasilju, alkoholizmu, čak i za krađu po trgovinama te beskućništvo. Kulminaciju (ili prodor) te vjere u biodetcrminizam vjerojatno je označila studija objavljena 1980. godine u časopisu *Science,* u kojoj je iznesena tvrdnja da su žene genetski inferiorne u matematici. Zapravo, danas znamo da gotovo ništa u vezi s nama nije tako susretljivo jednostavno.

Sigurno daje to u jednom važnom smislu šteta, jer kada biste imali pojedine gene koji određuju visinu, sklonost dijabetesu, ćelavosti ili bilo kojoj drugoj evidentnoj osobini, onda bi ih bilo jednostavno - u svakom slučaju, relativno jednostavno - izolirati i prtljati s njima. Nažalost, trideset pet tisuća gena koji neovisno funkcioniraju nije ni približno dovoljno da stvori onu vrstu fizičke složenosti koja sačinjava zadovoljavajuće ljudsko biće. Stoga je očito da geni surađuju. Nekoliko poremećaja - primjerice, hemofilija, Parkinsonova bolest, Huntingtonova bolest i cistična fibroza - uzrokovane su usamljenim disfunkcionalnim genima, ali geni koji izazivaju poremećaje u pravilu se odstranjuju prirodnim odabirom mnogo prije nego što postanu trajno problematični za vrstu ili populaciju. Naša sudbina i zadovoljstvo - čak i boja naših očiju - nisu određeni pojedinačnim genima nego kompleksima gena koji djeluju udruženo. Zato je tako teško dokučiti kako se sve to povezuje jedno s drugim, pa u bližoj budućnosti nećemo proizvoditi bebe po narudžbi.

Zapravo, što smo zadnjih godina više otkrivali, stvari su postajale sve zamršenije. Ispostavilo se da čak i razmišljanje utječe na funkcioniranje gena. Na primjer, koliko brzo muškarcu raste brada, dijelom ovisi o tome koliko misli na seks (jer razmišljanje o seksu dovodi do porasta koncentracije testosterona). Početkom devedesetih godina 20. stoljeća znanstvenici su došli do još važnije spoznaje otkrivši da iz embrija miševa mogu izdvojiti ono za što se pretpostavljalo da su vitalni geni, ali ne samo da su se rađali zdraviji miševi nego su ponekad bili čak i sposobniji od svoje braće i sestara u koje se nije petljalo. Ispostavilo se da su na mjesto uništenih gena uskočili ostali kako bi popunili prazninu. To su bile odlične vijesti za nas kao organizme, ali ne baš tako dobre za razumijevanje načina na koji funkcioniraju stanice, jer je to uvelo još više složenosti u nešto što smo tek počeli shvaćati.

Zbog takvih komplicirajućih čimbenika na dešifriranje ljudskog ge-noma poček) se gledati kao na početak. Kao stoje rekao Eric Lander s

MIT-a, genom je poput popisa dijelova za ljudsko tijelo: govori nam od čega smo sastavljeni, ali ne govori ništa o tome kako funkcioniramo. Sada nam treba priručnik - upute kako da ga pokrenemo. Tome još nismo ni blizu.

Tako se sada pokušava razbiti ljudski proteom - stoje tako nov koncept da termin *proteom* prošlo stoljeće nije ni poznavalo. Proteom je knjižnica informacija koje stvaraju bjelančevine. »Nažalost«, primijećeno je u *Scieittific Americamt u* proljeće 2002., »proteom je mnogo kompliciraniji od genoma.«

To je blago rečeno. Sjećate se da su bjelančevine tegleće životinje svib živih sustava; u svakoj stanici u svakom trenutku moglo bi ih biti zaposleno čak stotinu milijuna. To je mnogo aktivnosti koju treba shvatiti. Što je još gore, ponašanje i funkcije bjelančevina ne zasnivaju se jednostavno na njihovoj kemiji, kao kod gena, nego i na njihovim oblicima. Kako bi bjelančevina funkcionirala, ne samo da mora imati na odgovarajući način složene neophodne kemijske sastojke nego mora biti sklopljena u vrlo određen oblik. Iako imamo termin »sklapanje«, on obmanjuje jer pretpostavlja geometrijsku urednost, koje zapravo nema. Bjelančevine se petljaju, namataju i nabiru u oblike koji su ekstravagantni i složeni. Više su poput bijesno razvučenih vješalica za kapute nego poput složenih ručnika.

Nadalje, bjelančevine su (ako mi dopustite zgodan arhaizam) *sii'ingeri* biološkog svijeta. Ovisno o raspoloženju i metaboličkim prilikama, dopustit će si da budu fosforilirane, glikozilirane, acetilirane, ubikuini-rane, tarnejsilirane, sulfatiliranc i vezane za glikotosfatidilinositolna sidra, između mnogo toga ostalog. Čini se da im često treba relativno malo kako bi se pokrenule. Kada popijete čašu vina, piše *Scieittific American,* bitno promijenite broj i vrstu bjelančevina koje su raspršene po vašem sustavu. To je ugodno onima koji piju, ali ni približno toliko od pomoći genetičarima koji pokušavaju razumjeti što se događa.

Sve se to može činiti nemoguće kompliciranim, ali to na neki način nemoguće komplicirano. No, zahvaljujući elementarnoj temeljnoj jedinstvenosti u načinu na koji funkcionira život, u svemu tome postoji i temeljna jednostavnost. Svi sićušni hitri kemijski procesi koji animiraju stanice - zajednički napori nukleotida. transkripcija DNK u RNK - razvili su se samo jednom i otada su u cijeloj prirodi ostali prilično dobro fiksirani. Kao stoje samo napola u šali rekao pokojni francuski genetičar Jacques Monod: »Sve što je točno o *E. coli,* mora biti točno i o slonovima, samo još više.«

Svaki živi stvor razradaje jedinstvenog izvornog plana. Kao ljudi, mi smo tek puki inkrcmenti - svaki od nas samo je pljesniva arhiva prilagodbi, adaptacija, modifikacija i milosrdnih popravaka koji se protežu kroz 3,8 milijardi godina. Izvanredno je da smo čak u prilično bliskom srodstvu s voćem i povrćem. Oko polovica kemijskih funkcija koje se odvijaju u banani u biti je identična kemijskim funkcijama koje se odvijaju u nama.

Ne možemo dovoljno puta ponoviti: sav je život jedno. Vjerujem da će se pokazati kako je to najtočnija ikada izrečena misao.

VI

PUT DO NAS

• ■ *£2s»—

Potekli od majmuna! Dragi moj. nadajmo se *da to nije točno, ali ako jest. pomolimo* se *da ne postane općepoznato.*

Primjedba koja se pripisuje supruzi biskupa od Worcestera nakon što su joj objasnili Darwinovu teoriju evolucije

27

DOBA LEDA

Usnuh san, koji ne bijaše potpuno san.
Sjajno Sunce bijaše ugašeno, a zvijezde
Od lutaše...

Byron, »Tama«

Lijepa i velika mirna planina Tambora na otoku Sumbavva u Indoneziji spektakularno je eksplodirala 1815. godine, a svojim udarom i popratnim tsunamijima ubila stotinu tisuća ljudi. Nitko tko je danas živ nikada nije vidio takvu žestinu. Tambora je bila nešto mnogo veće nego što je itko doživio. Bila je to najveća vulkanska eksplozija u deset tisuća godina - 150 puta veća od eksplozije vulkana Sveta Helena, jednaka eksploziji šezdeset tisuća atomskih bombi veličine one iz Hiroshime.

U to doba vijesti nisu brzo putovale. *Times je* u Londonu objavio kratku priču - zapravo, pismo jednog trgovca - i to sedam mjeseci nakon tog događaja. No, dotad su učinci Tambore već bili vidljivi. Atmosferom se proširilo dvjesto četrdeset kubičnih kilometara zadimljenog pepela, prašine i kamenčića, zasjenivši Sunčeve zrake i uzrokujući hlađenje Zemlje. Zalasci Sunca bili su neobično, ali mutno slikoviti, stoje nezaboravno oslikao J. M.W. Turner, koji nije mogao biti sretniji, ali svijet je obitavao pod uglavnom teškim i tmurnim mrtvačkim pokrovom. Ta samrtna tama inspirirala je Bvrona da napiše navedene stihove.

Proljeće nije došlo, a ljeto nikada nije zatoplilo: 1816. godina postala je poznata kao godina bez ljeta. Usjevi nigdje nisu uspjeli. Glad i s

njom povezana epidemija tifusa u Irskoj ubile su šezdeset pet tisuća ljudi. U Novoj Engleskoj taje godina postala poznata kao Tisuću osam-sto i smrznut ost'o. Jutarnji mrazovi trajali su do lipnja pa nije niknulo gotovo nikakvo posijano sjeme. Zbog nestašice krme stoka je ugibala ili je morala biti prerano zaklana. U svakom smislu, to je bila strašna godina - gotovo sigurno najgora za poljoprivrednike u modernom dobu. Pa ipak, temperaturaje globalno pala za manje od 1 stupnja. Znanstvenici će uskoro otkriti da je Zemljin prirodni termostat iznimno osjetljiv instrument.

U 19. stoljeću uglavnom je prevladavalo prohladno vrijeme. Europa i Sjeverna Amerika već su dvjesto godina prolazile kroz malo ledeno doba, kako su ga kasnije nazvali, a koje je dopuštalo svakakve vrste zimskih događaja - ledene sajmove na Ternzi, klizačke utrke duž nizozemskih kanala - stoje danas uglavnom nemoguće. Drugim riječima, bilo je to razdoblje kada je studen ljudima često bila na pameti. Zato možda možemo i oprostiti geolozima 19. stoljeća što su sport) shvaćali daje svijet u kojem su tada živjeli bio zapravo blag u usporedbi s prošlim epohama u kojima su dobar dio kopna oko njih oblikovali razorni ledenjaci i hladnoća koja bi osujetila čak i ledeni sajam.

Znali su da se u prošlosti dogodilo nešto čudno. Europskim krajolikom bile su raštrkane neobjašnjive anomalije - kosti arktičkih sobova na toplom jugu Francuske, velike stijene nasukane na nevjerojatnim mjestima - a geolozi su često dolazili do domišljatih, ali ne baš uvjerljivih objašnjenja. U pokušaju da objasni kako su granitne gromade dospjele na visoke vapnenačke padine gorja Jura. francuski prirodoslovac De Luc pretpostavio je da su ih možda ispalile špilje pune komprimiranog zraka, poput čepova na dječjoj puški. Pomaknuta gromada naziva se eratičkom, ali čini se da se to u 19. stoljeću češće odnosilo na teorije nego na stijene.

Veliki britanski geolog Arthur Hallam izjavio je da bi James Hutton, otac geologije 18. stoljeća, da je kojim slučajem posjetio Švicarsku, odmah uvidio značaj izrezbarenih planina, uglačanih brazda, indikati-onih jaruga koje su izrovale gromade. te izobilje drugih tragova koji ukazuju na prolazak ledenih ploča. Nažalost, I lutton nije bio putnik. No, iako nije imao na raspolaganju ništa bolje tišim opisa iz druge ruke. Hutton je smjesta odbacio ideju da su na planine od 1000 metara visine poplave mogle nanijeti goleme gromade - sva voda na svijetu neće natjerali kamenu gromadu da zapliva. istaknuo je - i postao je jedan od prvih zagovornika teorije opće glacijacije. Nažalost, njegova ideja nije

bila zapažena, tako daje većina prirodoslovaca sljedećih pola stoljeća nastavila tvrditi da se udubine na stijenama mogu pripisati kolima koja su tuda prolazila ili čak struganju potkovanih čizama.

Međutim, lokalni seljaci nisu bili kontaminirani znanstvenom ortodoksnošću niti su bili toliko naivni. Prirodoslovac Jean de Charpentier pričao je kako je 1834. godine šetao seoskom uličicom s jednim švicarskim drvosječom kada su počeli razgovarati o stijenama uz cestu. Drvosječa mu je onako usput rekao da su te kamene gromade došle iz Grimsela. obližnje granitne zone. »Kad sam ga upitao, što misli, kako je to kamenje došlo do te lokacije, odgovorio je bez oklijevanja: 'Ledenjak iz Grimsela nanio ih je na obje strane doline jer se ledenjak u prošlosti protezao sve do grada Berna.'«

Charpentier je bio oduševljen jer je i sam došao na istu ideju; ali kada bi tu ideju iznio na znanstvenim skupovima, bila bi odbačena. Jedan od Charpenticrovih najbližih prijatelja bioje još jedan švicarski prirodoslovac, Louis Agassiz, koji je tu teoriju nakon početnog skepticizma prihvatio, a na koncu gotovo prisvojio.

Agassiz je studirao kod Cuviera u Parizu, a sada je bio profesor prirodoslovlja na Koledžu Neuchatel u Švicarskoj, jedan drugi Agassizov prijatelj, botaničar Karl Schimper, bioje prvi koji je 1837. godine skovao termin »ledeno doba« (na njemačkom *Eiszeit)* te iznio da ima dosta dokaza koji ukazuju da led nekada nije prekrivao samo švicarske Alpe nego veći dio Europe. Azije i Sjeverne Amerike. Bila je to radikalna teorija. Posudio je Agassizu svoje bilješke - a zatim je to vrlo požalio jer su zasluge za ono što je s određenim pravom smatrao svojom teorijom, sve više pripisivane Agassizu. Charpentier je također završio kao ogorčen neprijatelj svog starog prijatelja. Alexander von Humboldt, još jedan prijatelj, možda je djelomice mislio i na Agassiza kada je primijetio da postoje tri faze znanstvenog otkrića: prvo, ljudi niječu da je to točno: zatim niječu daje važno: i, konačno, zasluge pripišu pogrešnoj osobi.

U svakom slučaju, Agassiz je prisvojio to područje. U svojoj potrazi za razumijevanjem dinamike glacijacije išao je posvuda - duboko u opasne provalije i na vrhove najkrševitijih alpskih vrhova, često nesvjestan da su on i njegov tim prvi koji su se na njih popeli. Agassiz je gotovo posvuda nailazio na nepopustljivu nevoljkost da se prihvate njegove teorije. 1 lumboldt gaje nagovarao da se vrati području u kojem je bio stručan, fosiliziranim ribama, i da odustane od te lude opsesije ledom, ali Agassiz je bio opsjednut čovjek.

Agassizova je teorija naišla je na još manje podrške u Britaniji, gdje većina prirodoslovaea nikada nije vidjela ledenjak, pa često nisu mogli pojmiti razorne sile koje nastaju od pritiska gomile leda. »Mogu li se ogrebotine i uglačanost pripisati samo *ledu?«* podrugljivo je najednom sastanku upitao Roderick Murchison, očito zamišljajući da su te stijene prekrivene nekim laganim i staklastim injem. Sve do svoje smrti izražavao je najiskreniju nevjericu prema tim »ledom zaluđenim« geolozima, koji su vjerovali da ledenjaci objašnjavaju toliko toga. William Hopkins, profesor s Cambndgea i vodeći član Geološkog društva, podupro je takav stavjer ideja da led može prenositi kamene gromade, iznosi »takve očite mehaničke besmislice« da nije vrijedna pažnje tog društva.

Nepokolebani Agassiz neumorno je putovao promičući svoju teoriju. Kada je 1840. godine pročitao referat na sastanku Britanskog društva za unaprjeđenje znanosti u Glasgovvu, otvoreno gaje iskritizirao veliki Charles Lyell. Geološko društvo Edmburgha sljedeće je godine izdalo rezoluciju kojom priznaje kako bi teorija mogla imati neku općenitu valjanost, ali da se ništa od toga sigurno ne odnosi na Škotsku.

Lyell je na koncu ipak promijenio mišljenje. Njegov trenutak bogo-javljenja došao je kada je shvatio da se morene ili niz stijena blizu njegova obiteljskog posjeda u Škotskoj, pored kojih je prošao bezbroj puta, mogu objasniti samo ako se prihvati da ih je tamo nanio ledenjak. No. iako se preobratio, Lvelljc izgubio hrabrost pa nije javno podupro ideju o ledenom dobu. Bilo je to frustrirajuće razdoblje za Agassiza. Brak mu se raspadao, Schimper ga je bijesno optuživao za kradu svojih ideja. Charpentier nije razgovarao s njim, a najveći živući geolog nudio mu je tek mlaku i neodlučnu podršku.

Agassiz je 1846. godine otputovao u Ameriku, gdje je trebao održati niz predavanja, i tamo je napokon naišao na poštovanje za kojim je čeznuo. Harvard mu je ponudio profesuru i izgradio mu prvorazredni muzej, Muzej komparativne zoologije. Sigurno je pomoglo i to što se skrasio u Novoj Engleskoj, gdje su duge zime utjecale na razumijevanje ideje beskrajnih razdoblja hladnoće. Također, pomoglo je i to što je šest godina nakon njegova dolaska prva znanstvena ekspedicija na Grenlandu izvijestila kako je gotovo cijeli taj polukontinent prekriven ledenim pločama, baš kao i onaj pradavni, kako ga je zamišljao Agassiz u svojoj teoriji. Napokon je njegova ideja počela pronalaziti prave pristalice. Glavni nedostatak Agassizove teorije bio je da njegovo ledeno doba nema uzroka. No, pomoć je stigla s potpuno neočekivane strane.

Tijekom šezdesetih godina 19. stoljeća stručni časopisi i ostale učene publikacije u Britaniji počele su primati radove Jamesa Crolla s Ander-sonova sveučilišta u Glasgowu, o hidrostatici, elektricitetu i ostalim znanstvenim temama. Jedan od radova, o tome kako su varijacije u Zemljinoj orbiti mogle izazvati ledena doba, bio je objavljen 1864. godine u časopisu *Philosophical Magazine* i odmah je bio prepoznat kao djelo najvišeg standarda. Stoga je i došlo do velikog iznenađenja, a možda i do trunke neugodnosti kada se ispostavilo da Croll nije akademski građanin, nego vratar.

Crollje rođen 1812. godine, a kako je odrastao vi siromaštvu, njegovo formalno obrazovanje trajalo je samo do trinaeste godine. Obavljao je čitav niz poslova - radio je kao tesar, zastupnik osiguranja, vlasnik gostionice koja toči samo bezalkoholna pića - prije nego stoje prihvatio posao vratara na Andersonu (danas Sveučilištu Strathclvde) u Glasgo-wu. Uspio je nekako nagovoriti svog brata da odradi dobar dio njegova posla pa je mnoge mirne večeri proveo u sveučilišnoj knjižnici proučavajući fiziku, mehaniku, astronomiju, hidrostatiku i ostale moderne znanosti toga doba, a postupno je počeo pisati radove, s posebnim naglaskom na Zemljino gibanje i njegov učinak na klimu.

Crollje bio prvi koji je primijetio kako bi cikličke promjene oblika Zemljine putanje, od eliptičnog (to jest, blago ovalnog) do gotovo kružnog, pa opet eliptičnog, mogle objasniti pojavu i povlačenje ledenih doba. Nitko se dotad nije dosjetio da uzme u obzir astronomsko objašnjenje za varijacije klime na Zemlji. Zahvaljujući gotovo u potpunosti Crollovoj uvjerljivoj teoriji, Britanci su postali mnogo prijem-čiviji za ideju da su u nekom prošlom vremenu dijelovi Zemlje bili prekriveni ledom. Kada su njegova genijalnost i sposobnost stekli priznanje, Crollje dobio posao u Geološkoj upravi Škotske te su mu posvuda odavali priznanje: između mnogo toga ostalog, postao je članom Kraljevskog društva u Londonu i Akademije znanosti u New Yorku te je dobio počasnu titulu Sveučilišta St. Andrevvs.

Nažalost, upravo kada je Agassizova teorija napokon počela pronalaziti obraćenike u Europi, on je u Americi bio zaokupljen njenim prenošenjem na još egzotičniji teritorij. Cicije god bi pogledao, gotovo svuda bi pronalazio dokaze za ledenjake, čak i blizu ekvatora. Na koncu je postao uvjeren da je led nekoć prekrivao cijelu Zemlju i ugasio sav život, koji je Bog ponovno stvorio. Nijedan od dokaza koje je Agassiz navodio nije podupirao tu teoriju. Usprkos tome, u njegovoj novoj domovini njegov je ugled rastao i rastao, sve dok ga nisu počeli smatrati

tek nešto manjim od božanstva. Kada je umro 1873. godine, I Iarvard je smatrao daje potrebno imenovati tri profesora kako bi ga se adekvatno zamijenilo.

Ipak, kao što se ponekad događa, njegove su teorije brzo izašle iz mode. Manje od desetljeća nakon njegove smrti njegov nasljednik na Katedri za geologiju na Harvardu napisao je da se »takozvana ledenjač-ka epoha... tako popularna prije nekoliko godina medu stručnjacima za ledenjake, sada može bez oklijevanja odbaciti«.

Dio problema bio je da se po Crollovim izračunima najbliže ledeno doba zbilo prije osamdeset tisuća godina, dok su geološki dokazi sve više ukazivali kako je Zemlja u mnogo bližoj prošlosti prošla svojevrsnu dramatičnu perturbaciju. Bez uvjerljiva objašnjenja o tome što je moglo izazvati ledeno doba, cijela je teorija bila neizvjesna. Tako je moglo ostati dulje vremena da nije bilo srpskog znanstvenika Milutina Milankovića. koji uopće nije imao formalnog obrazovanja iz nebeskih gibanja - bio je inženjer strojarstva - ali početkom 20. stoljeća pokazao je neočekivan interes za njih. Milankovićjc shvatio da Crollova teorija nije netočna, nego prepojednostavljena.

Dok se Zemlja giba svemirom, nije podvrgnuta samo otklonima u duljini i obliku svoje putanje nego i ritmičkim promjenama nagnutosti osi prema Suncu, i sve to utječe na trajanje i intenzitet Sunčevih zraka koje padaju na svaki dio Zemlje. Kroz duga vremenska razdoblja Zemlja je naročito podvrgnuta promjenama triju veličina, koje su službeno poznate kao nagnutost osi, precesija osi i ekscentričnost putanje. Milanković se pitao jesu li ti složeni ciklusi i periodične pojave ledenih doba, možda povezani. Nevolja je bila u tome da su ti ciklusi bih veoma različitih duljina - trajali su približno dvadeset tisuća, četrdeset tisuća i stotinu tisuća godina, a u svakom slučaju varirali su za nekoliko tisuća godina - što je značilo da bi određivanje njihovih točaka sjecišta kroz duge vremenske razmake tražilo gotovo beskrajno mnogo iznimno predanog računanja. Milankovićjc zapravo morao doći do kuta i trajanja dolazne solarne radijacije na svim geografskim širinama na Zemlji, u svim godišnjim dobima u milijun godina, što je trebalo uskladiti s tri promjenljive varijable.

Srećom, upravo je to bila vrsta napornog rada koji je odgovarao Milankovićevu temperamentu. Sljedećih dvadeset godina, čak i na odmoru, nije se odvajao od olovke i logaritamskih tablica, neprestano računajući tablice svojih ciklusa - posao koji bi se s računalom danas obavio za dan.

dva. Mogao je računati samo u slobodno vrijeme. Milanković je iznenada dobio mnogo slobodnog vremena kada je 1914. godine izbio Prvi svjetski rat, a on bio uhičenjerje bio rezervist u srpskoj vojsci. Veći dio sljedeće četiri godine proveo je u blagom kućnom pritvoru u Budimpešti - policiji se trebao javiti samo jednom tjedno. Ostatak vremena provodioje radeći u knjižnici Mađarske akademije znanosti. Milanković je vjerojatno bio najsretniji ratni zarobljenik u povijesti.

Konačan ishod njegova marljivog piskaranja bila je knjiga iz 1930. godine *Matematička klimatologija i astronomska teorija klimatskih promjena.* Milanković je bio u pravu, postojao je odnos između ledenih doba i planetarnog kolebanja, iako je kao i većina ljudi pretpostavio da se radi o postupnom pojačavanju jakih zima koje su dovele do tih dugih razdoblja hladnoće. Rusko-njemački meteorolog Wladimir Koppen - tast našeg tektonskog prijatelja Alfreda Wegenera - uočio je daje taj proces mnogo suptilniji i mlitaviji.

Koppen je smatrao da uzrok ledenih doba treba tražiti u hladnim ljetima, a ne u brutalnim zimama. Ako su ljeta prehladna da otope sav snijeg koji padne na neko područje, tada se s površine odbija više Sunčeve svjetlosti, zaoštrava se efekt hlađenja pa nastaje još više snijega, što bi se trebalo stalno ponavljati. Kako se snijeg akumulira na ledenom polju, regija postaje sve hladnija, potičući akumulaciju još više leda. Kao stoje zapisao stručnjak za ledenjake Gwen Schultz: *»Količina* snijega nije nužno ta koja uzrokuje nastanak ledenih polja, nego činjenica da ima snijega, ma koliko ga malo bilo.« Smatra se da bi ledeno doba moglo početi od jednog hladnog ljeta. Preostali snijeg odbija Sunčevu toplinu i pooštrava učinak hlađenja. »Taj je proces samorastući, nezaustavljiv, a jednom kada led stvarno naraste, počinje se kretati«, kaže McPhee. Led počinje kliziti i nastaje ledeno doba.

Zbog nesavršene tehnologije datiranja do pedesetih godina 20. stoljeća znanstvenici nisu mogli povezati Milankovićeve pažljivo razrađene cikluse s datumima ledenih doba prema tadašnjim pretpostavkama, pa su Milanković i njegovi izračuni sve više gubili naklonost. Umro je 1958. godine, a da nije uspio dokazati da su njegovi ciklusi točni. Prema riječima jednog znanstvenika iz toga razdoblja tada bi vam »bilo teško naći geologa ili meteorologa koji bi taj model smatrao ičim važnijim od povijesne zanimljivosti«.

Njegove su teorije konačno bile dokazane tek sedamdesetih godina 20. stoljeća, kada je bila usavršena kalij-argonska metoda za datiranje drevnih sedimenata s morskog dna.

Milankovićevi ciklusi sami po sebi nisu dovoljni za objašnjenje ciklusa ledenih doba. Postoje tu i mnogi drugi čimbenici - naročito raspored kontinenata i prisutnost kopnenih masa na polovima - ali pojedinosti toga procesa nisu još potpuno razjašnjene. Međutim, smatra se da bismo imali trajna i neizbježna ledena doba kada bi Sjeverna Amerika, Euroazija i Grenland bili samo 500 kilometara sjevernije. Čini se da smo veoma sretni što uopće imamo ugodnu klimu. Još se manje zna o ciklusima relativno blage klime unutar ledenih doba, koji su poznati kao interglacijali. Pomalo je uznemirujuća pomisao da se cjelokupna smislena ljudska povijest - razvoj poljoprivrede, stvaranje gradova, pojava matematike, pisma, znanosti i svega ostalog - odigrala unutar atipičnog razdoblja lijepog vremena. Prethodni interglacijali trajali su samo osam tisuća godina. Naš je već prošao svoju deset tisućitu obljetnicu.

Činjenica je da smo još uvijek prilično u ledenom dobu; radi se samo o donekle blažem ledenom dobu - iako je manje blago nego što to mnogi shvaćaju. Na samom vrhuncu zadnjeg razdoblja glacijacije, prije otprilike dvadeset tisuća godina, pod ledom je bilo oko 30 posto Zem-ljine kopnene površine. Sad je to još uvijek oko deset posto. (A još 14 posto još uvijek ima trajno smrznuto tlo.) U ledu su zarobljene tri četvrtine sve slatke vode na Zemlji, a na oba pola imamo ledene kape -ova bi situacija mogla biti jedinstvena u povijesti Zemlje. Iako u većem dijelu svijeta nalazimo snježne zime i trajne ledenjake, čak i u umjerenim klimatskim pojasevima poput Novog Zelanda, što se može činiti sasvim prirodnim, to je zapravo vrlo neobična situacija za planet.

U većem dijelu povijesti, sve do prilično nedavnih vremena, opća zakonitost za Zemlju bila je da bude vruća, posve lišena trajnog leda. Trenutačno ledeno doba - zapravo, ledena epoha - započela je prije oko četrdeset milijuna godina, i kretala se od ubojito oštre do mnogo manje oštre. Mi živimo u jednom od rijetkih razdoblja potonjeg. Ledena doba sklona su zatiranju dokaza o prethodnim, tako daje slika, što idete dalje, sve nepotpunija, ali čini se da smo u posljednjih 2,5 milijuna godina imali najmanje sedamnaest oštrih glacijalnih epizoda. To je razdoblje koje se podudara s pojavom *Homo ereetusa* u Africi, a nakon kojeg su uslijedili današnji ljudi. Dva često citirana krivca za sadašnju epohu su izdizanje I limalaje i formiranje Panamske prevlake. Prvi je događaj omeo cirkulaciju zraka, a drugi oceanske struje. Indija, nekoć otok. u proteklih četrdeset pet milijuna godina prodrla je 2000 kilometara u azijsku kopnenu masu, ne podižući samo Himalaju nego i golemu

Tibetskti visoravan iza nje. Pretpostavka je da taj viši krajobraz nije bio samo hladniji nego je skrenuo vjetrove, takt) da su puhali na sjever i prema Sjevernoj Americi, koju su učinili otvorenijom za dugotrajnu studen. Prije otprilike pet milijuna godina Panama se podigla iz mora, zatvarajući prazninu između Sjeverne i Južne Amerike, čime je prekinula protok toplih struja između Tihog i Atlantskog oceana te promijenila količine oborina u najmanje polovici svijeta. Jedna od posljedica bilo je isušivanje Afrike, što je potaknulo majmune da sidu s drveća i pođu u potragu za novim načinom života u savanama, koje su se počele pojavljivati.

U svakom slučaju, s ovako raspoređenim oceanima i kontinentima čini se da će led biti dugoročan dio naše budućnosti. Prema Johnu McPhccu može se očekivati još oko pedeset glacijalnih epizoda, svaka u trajanju od oko 100000 godina, prije nego se budemo mogli nadati stvarno dugotrajnom kopnjenju.

Prije pedeset milijuna godina Zemlja nije imala redovita ledena doba, ali kada ih je imala, bila su kolosalna. Prije otprilike 2,2 milijarde godina došlo je do masovnog smrzavanja, nakon čega je uslijedilo oko milijardu godina tople klime. Zatim je uslijedilo još ledenije doba od prvog - tako veliko da neki znanstvenici to razdoblje nazivaju *kriogenij* ili super oledba. To je stanje popularnije poznato kao Zemaljska gruda snijega.

Gruda snijega, međutim, teško da dočarava ubojitost tih uvjeta. Teorija kaže daje zbog smanjenja sunčevog zračenja od otprilike 6 posto i smanjivanja proizvodnje (ili zadržavanja) stakleničkih plinova Zemlja zapravo izgubila sposobnost da zadržava svoju toplinu. Posvuda je nastala Antarktika. Temperature su se strovalile za čak 45 stupnjeva Celsi-usa. Smrznula se cijela površina planeta, a oceanski led bio je debeo do 800 metara u višim geografskim širinama te desetke metara čak i u tropima.

U svemu tome postoji jedan ozbiljan problem. Naime, geološki dokazi ukazuju daje led bio posvuda, uključujući i ekvator, dok biološki dokazi isto tako odlučno govore daje negdje moralo biti nezaleđene vode na površini. Prije svega, taj su događaj preživjele cijanobakterije, a one vrše fotosintezu. Za to im treba Sunčevo svjetlo, ali kao što znate, ako ste ikada virili kroz led, on vrlo brzo postaje neproziran pa nakon samo nekoliko metara uopće ne propušta svjetlost. Predložene su dvije mogućnosti. Jedna je da malo oceanske vode nije bilo smrznuto

(možda zbog neke vrste lokalnog zagrijavanja na vulkanskim vrućim točkama); druga je da se led formirao tako daje ostao propuštan za svjetlost - stanje koje se ponekad događa u prirodi.

Ako se Zemlja potpuno smrznula, javlja se vrlo teško pitanje kako se uopće ponovno zagrijala. Ledeni bi planet trebao odbijati toliko svjetla da zauvijek ostane smrznut. Čini se da je spas došao iz naše rastaljene unutrašnjosti. Još jednom možemo zahvaliti tektoniei što nam je omogućila da budemo ovdje. Vjeruje se da su nas spasili vulkani, koji su se probili kroz zakopanu površinu, ispumpavajući mnogo vrućine i plinova koji su otopili snijeg i ponovno formirali atmosferu. Zanimljivo je daje kraj te hiper-studene epizode obilježio kambrijski procvat - proljeće u povijesti života. Zapravo, to razdoblje možda i nije bilo baš tako mirno. Kako se Zemlja zagrijavala, vjerojatno je prošla kroz najneobuzdanije razdoblje koje je ikada proživjela, s uraganima dovoljno jakima da podignu valove do visine nebodera i oborine neopisiva intenziteta.

U tom razdoblju cjevaši, školjke i ostali oblici života koji su se držali dubokooceanskih odušaka sigurno su živjeli kao daje sve u redvi, ali se sav ostali život na Zemlji vjerojatno više nego ikada približio svom nestanku. Sve je to bilo veoma davno i sada to jednostavno ne možemo znati.

Čini se da su u usporedbi s tom kriogenom ledenicom sljedeća ledena doba bila prilično malih razmjera, iako su, naravno, bila neizmjerno grandioznija od ičega što danas imamo na Zemlji. Wisconsinska ledena ploča, koja je pokrivala velik dio Europe i Sjeverne Amerike, mjestimice je bila debela preko 3 kilometra i marširala je brzinom od oko 120 metara godišnje. Kakav je to samo prizor morao biti. Ledene su ploče čak i na rubovima mogle biti debele gotovo 800 metara. Zamislite da stojite u podnožju ledenog zida te visine. Iza tog ruba, preko područja koje je iznosilo milijune četvornih kilometara, nije bilo ničega doli još leda, a samo tu i tamo provirivao bi pokoji ponajviši planinski vrh. Pod težinom tolikog leda ton uli su čitavi kontinenti, tako da se čak i danas, dvanaest tisuća godina nakon povlačenja tog ledenjaka, još uvijek podižu. Dok su polako klizile, ledene ploče nisu samo pijuckale kamene gromade i duge linije hrapavih morena nego su istovarile i cijele kopnene mase - između ostalog, Long Island, Cape Cod i Nantucket. Nije ni čudo daje geolozima prije Agassiza bilo teško pojmiti njihovu monumentalnu sposobnost za preoblikovanje krajobraza.

Kada bi ledene ploče danas ponovno prodrle, mi u svom arsenalu ne bismo imali ništa za njihovo razbijanje. Morski tjesnac Prince William na Aljaski, jedno od najvećih ledenjačkih polja u Sjevernoj Americi, bio je 1964. godine pogođen najjačim potresom ikada zabilježenim na tom kontinentu. Iznosio je 9,2 po Richterovoj ljestvici. Niz tektonski rasjed kopno se podiglo za čak 6 metara. Udar je bio toliko jak daje zapljusnuo vodu u bazenima u Texasu. A kakav je učinak taj neviđeni udar imao na ledenjake u tjesnacu Prince William? Baš nikakav. Oni su samo upili suvišnu vodu i produžili dalje.

Dugo se mislilo da iz ledenih doba postupno ulazimo i izlazimo stotinama ili tisućama godina, ali danas znamo da nije tako. Zahvaljujući uzorcima leda s Grenlanda, imamo detaljne zapise o klimi za više od stotinu tisuća godina, a podaci nisu utješni. Oni pokazuju da većim dijelom svoje novije povijesti Zemlja nikako nije bila stabilno i mirno mjesto kakvo poznaje civilizacija, nego je opasno teturala između razdoblja topline i brutalne studeni.

Pred kraj posljednje velike oledbe, prije kojih dvanaest tisuća godina. Zemlja se počela zagrijavati, i to prilično brzo, ali je zatim iznenada potonula u ciču zimu na kojih tisuću godina u događaju koji je znanosti poznat kao mlađi drijas. (Naziv dolazi od arktičke biljke drijas, kao jedne od prvih koje iznova nasele kopno nakon što se povuče ledena ploča. Postojalo je i razdoblje starijeg drijasa, ali ono nije bilo toliko oštro.) Na kraju tog tisućljetnog naleta ponovno su narasle prosječne temperature, za čak 4 stupnja Celsiusa u dvadeset godina, što ne zvuči strašno dramatično, ali je jednako kao da za samo dva desetljeća skandinavska klima postane kao ona na Mediteranu. Na lokalnoj razini promjene su bile još dramatičnije. Grcnlandski uzorci leda pokazuju da su se tamo za samo deset godina temperature promijenile za čak 8 stupnjeva Celsiusa, drastično mijenjajući raspored oborina i uvjete rasta. To mora da je bilo prilično uznemirujuće na slabo nastanjenu planetu. Danas bi posljedice bile gotovo nezamislive.

Najviše uznemiruje što još uvijek nemamo pojma kakvi to prirodni fenomeni mogu tako učinkovito zbuniti Zemljin termometar. Kao stoje Elizabeth Kolbert primijetila u *Neir Vorkcru:* »Nijedna poznata ni pretpostavljena vanjska sila ne čini se sposobnom da tako silovito mijenja temperaturu, a ni toliko često, kao što to pokazuju ovi uzorci.« Čini se da postoji, dodaje ona. »neka golema i strašna povratna petlja«, u kojoj vjerojatno sudjeluju i oceani i poremećaji normalnih

obrazaca kolanja oceana, ali sve je to još daleko od toga da bude shvaćeno.

Jedna je teorija da je velik priliv otopljenog leda u mora na početku mlađeg drijasa smanjio slanost (pa time i gustoću) sjevernih oceana, prouzročivši skretanje Golfske struje na jug, poput vozača koji pokušava izbjeći sudar. Bez topline Golfske struje, sjeverne geografske širine ponovno je zahvatila studen. No, to ne objašnjava zašto nakon tisuću godina, kada se Zemlja još jednom zagrijala. Golfska struja nije skrenula kao prije. Umjesto toga dobili smo razdoblje neobičnog zatišja poznato kao holocen, doba u kojem danas živimo.

Nema razloga da pretpostavimo kako bi ovo razdoblje klimatske stabilnosti trebalo još dugo potrajati. Zapravo, neki stručnjaci vjeruju da nas čeka nešto još gore. Logično je pretpostaviti kako bi globalno zagrijavanje moglo biti poput korisne protuteže Zemljinoj tendenciji da ponovno potone u glacijalne uvjete. Međutim, kao stoje istakla Kol-bertova, kada ste suočeni s kolebljivom i nepredvidivom klimom, »posljednje što biste smjeli napraviti jest golem neupravljivi eksperiment«. S više uvjerljivosti nego bi se isprva činilo rečenoje kako bi ledeno doba zapravo moglo biti izazvano porastom temperature. Polagano zagrijavanje moglo bi pojačati isparavanje i povećati pokrivač od oblaka, što bi na višim geografskim dužinama dovelo do kontinuiranog akumuli-ranja snijega. Iako zvuči paradoksalno, globalno zagrijavanje moglo bi dovesti do znatnog lokaliziranog zahlađenja u Sjevernoj Americi i sjevernoj Europi.

Klima je produkt toliko mnogo varijabli - rasta i pada koncentracije ugljikovog dioksida, pomicanja kontinenata, Sunčeve aktivnosti, veličanstvenih kolebanja Milankovićevih ciklusa - da je teško razumjeti događaje iz prošlosti, koliko i predvidjeti one u budućnosti. Mnogo toga jednostavno nam je nepojmljivo. Uzmite, na primjer, Antarktiku. Najmanje dvadeset milijuna godina nakon što se smjestila na Južnom polu, Antarktika je bila prekrivena biljkama i bez leda. To jednostavno ne bi smjelo biti moguće.

Ništa manje nisu intrigantna ni poznata područja nekih kasnih dmosaura. Britanski geolog Stephen Drury bilježi da su šume unutar 10 stupnjeva geografske širine od Sjevernog pola udomljavale zvijeri, medu kojima i *Tiranosaurma rexa.* »To je bizarno«, piše Drurv, »jer je tako visoka geografska širina trajno u mraku tri mjeseca u godini.« Štoviše, danas ima dokaza da su te geografske širine podnosile oštre zime. Studije izotopa kisika pokazuju da je klima oko Fairbanksa na Aljaski

n kasnom razdoblju krede bila otprilike ista kakva je i sada. Stoje onda tamo radio tiranosaur? Ilije svake sezone selio preko enormnib udaljenosti, ili je provodio velik dio godine u snježnim zapusima u tami. U Australiji - koja je u tom razdoblju bila polarnija - nije bilo moguća povlačenje u toplije krajeve. Možemo samo nagađati kako su dinosauri uspjeli preživjeti u takvim uvjetima.

Kada bi se ledene ploče ponovno počele stvarati, iz bilo kojeg razloga, treba imati na umu da bi sada za to imale mnogo više vode. Velika jezera, Hudsonov zaljev, bezbrojna kanadska jezera - svega toga nije bilo da potpomogne zadnje ledeno doba. Ono ih je stvorilo.

S druge strane, sljedeća faza naše povijesti mogla bi biti da otopimo mnogo leda, a ne da ga stvorimo. Kada bi se sve ledene ploče otopile, razina mora porasla bi za 60 metara - za visinu dvadeseterokatnice - pa bi svi obalni gradovi na svijetu bili poplavljeni. Barem u kraćem roku, još je vjerojatnije urušavanje zapadnoantarktičke ledene ploče. Posljednjih pedeset godina vode oko nje zagrijale su se za 2,5 stupnja Celsiusa pa su se urušavanja dramatično povećala. Zbog osnovne geologije tog područja još je vjerojatnije urušavanje većih razmjera. Kad bi se to dogodilo, globalno bi se podigla morska razina - i to prilično brzo - između 4,5 i 6 metara.

Posebno je neobična činjenica da ne znamo stoje izglednije: budućnost koja nam nudi cone strašne studeni ili podjednako neizdrživu sparnu žegu. Sigurno je samo jedno: živimo na oštrici noža.

Usput budi rečeno, ledena doba na kraju krajeva uopće ne moraju biti potpuno loša vijest za planet. Ona melju stijene, ostavljaju za sobom plodno tlo te dube nova slatkovodna jezera, što daje obilje prehrambenih mogućnosti za stotine oblika života. Ona se ponašaju kao poticaj migraciji i održavaju planet dinamičnim. Kao stoje napomenuo Tim Flannerv: »Postoji samo jedno pitanje koje morate postaviti nekom kontinentu kako biste odredili sudbinu njegovih stanovnika: Jesi li se zabavio u ledenom dobu?« S tim na umu, vrijeme je da pogledamo vrstu majmuna koja se zaista dobro zabavila.

28

TAJANSTVENI DVONOŽAC

Uoči Božića 1887. godine mladi nizozemski liječnik nenizozemskog imena Marie Eugene Francrois Thomas Dubois* stigao je na Sumatru, u nizozemsku Indoneziju, s namjerom da pronađe prve ljudske ostatke na Zemlji.

U tome je bilo više neobičnosti. Za početak, nitko prije nije tražio drevne ljudske kosti. Sve stoje dotad bilo pronađeno, biloje pronađeno slučajno, ali ništa iz Duboisova obrazovanja nije ukazivalo daje idealan kandidat kojem bi to namjerno uspjelo. Bio je školovan anatom, ali bez obrazovanja iz paleontologije. Nije bilo ni nekog posebnog razloga za pretpostavku kako bi na Sumatri moglo biti ranili ljudskih ostataka. Logika je nalagala da će drevni ljudi, ako uopće budu pronađeni, biti na velikoj i dugo nastanjenoj kopnenoj masi, a ne na nekom relativno nepristupačnom arhipelagu. Duboisa je u Indoneziju nagnao samo predosjećaj, mogućnost da ondje nade zaposljenje i znanje daje Sumatra puna spilja, a dotad je u tom okružju bila pronađena većina važnih hominidnih fosila.** Najčudnije u svemu tome - zapravo, čudesno - bilo je daje pronašao ono stoje tražio.

Liko Nizozemac, Dubois je bio iz Eijsdcna. grada na granici s Belgijom. gd]e se govori francuski.

' :' Ljudi su svrstani u porodicu *I lotiiinitLu*[1]. Njeni članovi, tradicionalno zvani hominidi. sva su stvorenja (čak i ona izumrla) koja su u bližem srodstvu s nama nego s bilo kojim preživjelim čimpanzama. C'ovjckoliki majmuni su pak strpani zajedno u porodicu zvanu *POIIOILIJC.* Mnogi stručnjaci smatraju kako bi čimpanze, gorile i orangutani trebali biti svrstani u

U doba kada je Dubois koncipirao svoj plan potrage za karikom koja nedostaje, dotad otkriveni ljudski fosilni zapisi bili su veoma oskudni: pet nepotpunih neandertalskih kostura, jedna djelomična čeljust nesigurnog podrijetla i pet-šest ljudi iz ledenog doba, koje su radnici na željeznici nedugo prije pronašli u pećini, na stijeni zvanoj Cro-Magnon kraj Les Eyziesa u Francuskoj. Naojčuvaniji neandertalski primjerak nezamijećenoje počivao na jednoj polici u Londonu. Pronašli su ga radnici koji su 1848. godine eksplozivom razbijali stijenu u kamenolomu na Gibraltaru, tako daje njegova očuvanost bila pravo čudo. Nažalost, nitko nije prepoznao njegovu važnost. Nakon stoje bio ukratko opisan na jednom sastanku Gibraltarskog znanstvenog društva, poslan je u muzej Hunterian, gdje je neometano proveo više od pola stoljeća, osim što bi s njega povremeno obrisali prašinu. Prvi službeni opis datira iz 1907. godine, a načinio gaje geolog William Sollas »koji je tek usput stekao obrazovanje iz anatomije«.

Tako su naziv i zasluga za otkriće prvih ranili ljudi otišli u dolinu Neander u Njemačkoj - što i nije neprikladno, jer nevjerojatnom koincidencijom *Ncandcr* na grčkom znači »novi čovjek«. Tamo su radnici 1856. godine u jednom drugom kamenolomu na litici iznad rijeke Diissel pronašli kosti čudna izgleda, koje su predali lokalnom učitelju jer su znali da ga zanima sve u vezi s prirodom. Velika zasluga tog učitelja, Johanna Karla Fuhlrotta. bila je što je uočio da ima neku novu vrstu čovjeka, iako će nedoumice oko toga stoje to zapravo i koliko je to važno, ostati još neko vrijeme sporne.

Mnogi nisu prihvaćali da su te neandertalske kosti uopće drevne. August Maver, profesor na sveučilištu u Bonnu i čovjek od utjecaja, uporno je tvrdio da su to samo kosti mongolskog kozačkog vojnika koji je bio ranjen dok se 1814. godine borio u Njemačkoj, pa je otpu-zao u spilju i umro. Kada je za to u Engleskoj čuo T. H. Huxley, hladno je primijetit) kako je veoma neobično da se smrtno ranjeni vojnik uspio popeti dva metra uz stijenu, odložiti odjeću i osobne stvari, čvrsto zatvoriti otvor spilje i pokopati se pola metra ispod zemlje. Jedan drugi antropolog razbijao je glavu nad neandertalčevim zbijenim čeonim lukom, pa je zaključio kako bi to mogla biti posljedica dugotrajnog mrgođenja zbog loše zarasle frakture podlaktice. (U

porodicu / *loiiiiniiliu* . s ljudima i čimpanzama u potporodiei zvano] *I Iomiiiiinic. Prema tom argumentu otvorenja koja se tradicionalno nazivaju hominidima postaju homnnnima. (Lcakcs i ostali inzistiraju na tom imenovanju.) Iloiniiioidi'ti je naziv anjckolikc natporo-diee. u kojoj smo i mi.*

nastojanju da odbace ideju o praljudima, stručnjaci su često prihvaćali najčudnija objašnjenja. Otprilike u isto doba kad se Dubois spremao na Sumatru, za kostur pronađen u Perigueuxu sa sigurnošću je izjavljeno da pripada Eskimu. Stoje to drevni Eskim radio na jugozapadu Francuske, nikada nije bilo uvjerljivo objašnjeno. To je zapravo bio rani kromanjonac.)

Usprkos takvoj situaciji, Duboisje započeo svoju potragu za drevnim ljudskim kostima. On sam nije kopao, negoje to radilo pedeset osuđenika koje su mu posudile nizozemske vlasti. Na Sumatri su kopali godinu dana, zatim su se prebacili najavu. Tamo je Dubois - ili, bolje rečeno, njegov tim, jer je Dubois rijetko posjećivao kopove - 1891. godine pronašao dio drevne ljudske lubanje danas poznat kao Trinilska kapica. Iako je to bio samo dio lubanje, bilo je očigledno da je vlasnik imao izrazito neljudske crte, ali i mnogo veći mozak od svakog majmuna. Dubois gaje nazvao *Aiithropithccus ereetus* (što je poslije iz tehničkih razloga promijenjeno u *Pithecantliropus ereetus)* i proglasio ga karikom koja nedostaje između majmuna i čovjeka. Ubrzo je postao popularan kao »javanski čovjek«. Danas ga poznamo pod nazivom *Homo ereetus.*

Sljedeće su godine Duboisovi radnici pronašli gotovo cijelu bedrenu kost koja je izgledala iznenađujuće suvremeno. Zapravo, mnogi antropolozi misle da ona *i jest* suvremena i da nema nikakve veze s javan-skim čovjekom. Ako je to kost erektusa, nije slična nijednoj drugoj ikada pronađenoj. Usprkos tome, Dubois je na temelju te bedrene kosti zaključio - ispostavilo se, točno - da je *Pithecantliropus* hodao uspravno. Također je rekonstruirao model cijele lubanje, iako je imao samo komadić lubanje ijedan zub, ali pokazalo se daje rekonstrukcija bila začuđujuće točna.

Dubois se 1895. godine vratio u Europu očekujući trijumfalan doček. No. naišao je na gotovo suprotnu reakciju. Većini znanstvenika nisu se svidjeli ni njegovi zaključci ni arogantan način na koji ih je prezentirao. Govorili su da je komadić lubanje pripadao majmunu, vjerojatno gibonu, a ne nikakvom pračovjeku. U nadi da će poduprijeti njegov slučaj. Dubois je 1897. godine dopustio cijenjenom anatomu sa sveučilišta u Strasbourgu Gustavu Schwalbeu da napravi odljev lubanje. Na Duboisov očaj Schvvalbe je nakon toga izdao monografiju koja je bila dočekana s mnogo više blagonaklona zanimanja nego išta što je napisao Dubois, a zatim ju je popratio turnejom predavanja na kojoj je bio slavljen kat) da je sam iskopao tu lubanju. Zgranuti i ogorčeni Dubois povukao se na obično mjesto profesora geologije na sveučilištu u

Amsterdamu, a sljedeća dva desetljeća nikome nije dopustio da ponovno ispita njegove dragocjene fosile. Umro je 1940. godine kao nesretan čovjek.

Na drugom kraju svijeta Australac Ravmond Dart, pročelnik anatomije na Sveučilištu Witwatersrand u Johannesburgu, dobio je krajem 1924. godine malu, ali iznimno sačuvanu lubanju djeteta s netaknutim licem, donjom čeljusti i onim što se naziva endokast - prirodni odljevak mozga - koja je pronađena u kamenolomu vapnenca na rubu pustinje Kala-hari, na prašnjavom mjestu zvanom Taung. Dart je odmah shvatio da lubanja iz Taunga ne pripada *Homo erccdisu* poput Duboisova javanskog čovjeka, nego nekom ranijem, više majmunolikom stvorenju. Odredio joj je starost na dva milijuna godina i nazvao *je Aitstralopithecus africanus* ili »južni majmunoliki čovjek iz Afrike«. U izvješću časopisu *Nature* Dart je ostatke iz Taunga nazvao »začuđujuće ljudskim« te je iznio potrebu za potpuno novom porodicom, *Homo simiadae* (»ljudi-majmuni«), kamo bi se smjestilo to otkriće.

Stručnjaci su Dartu bili još manje naklonjeni nego što su bili Du-boisu. Živciralo ih je gotovo sve u vezi s tom teorijom - zapravo, gotovo sve u vezi s Dartom. Najprije zato stoje bio izuzetno drzak -sam je proveo analizu, umjesto daje pozvao u pomoć iskusnije stručnjake. Čak je i naziv, *Aitstralopithecus,* pokazivao površno poznavanje klasičnihjezikajerje kombinirao grčke i latinske korijene. I najvažnije, njegovi su zaključci prkosili općeprihvaćenom mišljenju. Svi su se slagali da su se ljudi i majmuni podijelili prije najmanje 15 milijuna godina u Aziji. Da su se ljudi pojavili u Africi, onda bismo bili *uegroidui,* za Boga miloga. To je kao da danas netko objavi kako je kosti ljudskih predaka pronašao u, recimo, Missouriju. Jednostavno se nije uklapalo u ono poznato.

Jedini Dartov pristalica vrijedan spomena bio je Robert Broom. liječnik i paleontolog znatna intelekta i ekscentrične naravi, podrijetlom iz Škotske. Broom je svoj terenski rad običavao obavljati gol kadgod bi vrijeme bilo toplo, stoje bilo često. Bio je poznat i po provođenju dvojbenih anatomskih eksperimenata na svojim siromašnijim i posluš-nijim pacijentima. Kada bi pacijenti umrli, što se također često događalo, ponekad bi ih zakopao u vrtu iza kuće te ih poslije iskopao radi proučavanja.

Broom je također bio vrstan paleontolog, a kako je živio u južnoj Africi, mogao je iz prve ruke ispitati lubanju iz Taunga. Odmah je

shvatio daje zaista važna kao stoje Dart pretpostavljao, pa se energično zalagao za Dartovu teoriju, ali bez učinka. Sljedećih pedeset godina prevladalo je mišljenje da je dijete iz Taunga majmun i ništa više. Većina udžbenika nije ga čak ni spominjala. Dart je pet godina radio na monografiji, ali nije mogao pronaći nikoga tko bije objavio. Na kraju je potpuno odustao od potrage za izdavačem (ali je nastavio tragati za fosilima). Ta lubanja - koja se danas smatrajednim od vrhunskih blaga antropologije - godinama je služila kao pritiskao papira na radnom stolu njegova kolege.

Kada je Dart 1924. godine objavio svoje otkriće, bile su poznate samo četiri kategorije drevnih hominida — *Homo heidelbcr^eiisis. Homo rhodesiensis,* neandertalci i Duboisov javanski čovjek - ali sve će se to promijeniti u velikom stilu.

Prvo je nadareni kanadski amater Davidson Black u Kini počeo čeprkati po mjestu zvanom Brdo Zmajeve Kosti, koje je lokalno bilo poznato kao nalazište starih kostiju. Nažalost, Kinezi nisu čuvali kosti za proučavanje, nego su ih mljeli u lijekove. Možemo samo nagađati koliko je neprocjenjivih kostiju *Homo erectusa* završilo kao kineski ekvivalent Beechamova praška. Nalazište je bilo prilično ogoljeno do Blackova dolaska, ali je pronašao jedan fosilizirani kutnjak i na temelju samo toga prilično briljantno objavio otkriće *Siiiaiitliropusa pekiiiensisa.* koji je ubrzo postao poznat kao pekinški čovjek.

Na Blackovo urgiranje provedena su detaljnija iskapanja pa je pronađeno još mnogo drugih kostiju. Nažalost, sve su bile izgubljene dan nakon japanskog napada na Pearl I Iarbor 1941. godine, kada su Japanci presreli kontingent američkih marinaca koji su pokušavali potajno iznijeti kosti (i sebe) iz zemlje a umjesto toga završili u logoru. Vidjevši da u njihovim sanducima nema ničega osim kostiju, japanski su ili vojnici ostavili uz cestu. Tada su zadnji put viđene.

U međuvremenu, tim poći vodstvom Ralpha von K6nigs\valda na Duboisovu starom terenu na Javi pronašao je još jednu skupinu praljudi koji su poznati kao ljudi iz Sola. prema mjestu pronalaska na rijeci Solo u Ngandongu. Konigsvvaldova otkrića mogla su biti još impresivnija da nije napravio taktičku pogrešku koje je prekasno shvatio. Lokalnim je stanovnicima ponudio 10 centi za svaki komad hominidne kosti koju donesu, a onda je na svoj užas otkrio da s mnogo entuzijazma razbijaju velike komade u manje kako bi povećali prihod.

Kako se sljedećih godina pronalazilo i identificiralo sve više kostiju, došlo je do bujice novih naziva - *Homo iinrioiiiueiisis, Aiistnilopithcats*

transt'aalensis, Paranthropus crassidens, Zinjanthropus boisci i desetaka drugih - a gotovo su svi bili od novog roda i vrste. Do pedesetih godina 20. stoljeća broj imenovanih vrsta hominida postao je veći od stotine. Da zbrka bude veća, kako su paleontolozi dotjerivali, prerađivali i prepirali se oko klasifikacija, pojedini su oblici dobili niz različitih imena. Ljudi iz Sola tako su bili poznati kao *Homo soloensis, Homo primigenins* asiaticus, Homo neatiderthalensis soloensis, Homo sapiens soloensis, Homo erec-ttis erectus *i, konačno, samo Homo erectus.*

U pokušaju da uvede reda, slijedeći prijedloge Ernsta Mayra i ostalih iz prethodnog desetljeća, F. Clark Howell sa sveučilišta u Chicagu predložio je 1960. godine smanjivanje broja rodova na samo dva -*Anstraiopithecns* i *Homo* - te racionaliziranje mnogih vrsta. I javanski i pekinški čovjek postali su *Homo erectus.* Tako je neko vrijeme vladao red u svijetu hominida, ali nije bio duga vijeka.

Nakon otprilike jednog desetljeća relativnog zatišja paleoantropolo-gijaje ušla ujošjedno razdoblje naglih i brojnih otkrića, kojejoš uvijek traje. Šezdesete godine 20. stoljeća dale su *Homo habiiisa,* za kojeg neki misle daje karika koja nedostaje između majmuna i ljudi, ali za kojeg drugi tvrde da uopće nije zasebna vrsta. Zatim su došli (između mnogih drugih) *Homo ergaster. Homo lonisleakeyi. Homo rudolfensis, Homo microcranus* i *Homo antecessor,* kao i australopiteci na vagone: *A. ajarensis, A. praegens, A. ramidns, A. u'alkeri, A. ananiensis* i još njih. Danas je u literaturi priznato dvadesetak vrsta hominida. Nažalost, gotovo da i ne postoje dva stručnjaka koji priznaju istih dvadeset.

Neki se i dalje drže ona dva roda hominida koje je 1960. godine predložio Hovvell, dok drugi neke australopiteke svrstavaju u poseban rod *Paranthropus,* kojemu pak oni treći dodaju i raniju grupu zvanu *Ardipithecus.* Neki *praegene* svrstavaju medu *Australopihtecuse.* a neki u novu kategoriju *Homo autiauus,* ali većina uopće ne priznaje *praegeue* kao zasebnu vrstu. Ne postoji nikakav središnji autoritet koji bi o tome odlučivao. Konsenzus je jedini način da neki naziv bude prihvaćen, a do njega dolazi veoma rijetko.

Paradoksalno, ali velik dio problema tvori nedostatak dokaza. Od osvita vremena živjelo je nekoliko milijardi ljudskih bića (ili barem sličnih ljudima), a svakoje od njih pridonijelo genetskoj varijabilnosti ukupne ljudske loze. Usprkos tako golemu broju, cijelo naše razumijevanje ljudske pretpovijesti temelji se na ostacima ni pet tisuća pojedinaca, a ostaci su često nepotpuni. »Sve bi to stalo u stražnji dio kamioneta, kada vam ne bi smetalo što će se pomiješati«, tako mije odgovorio lan Tattersall,

bradati i ljubazni kustos antropologije u Američkom prirodoslovnom muzeju u New Yorku, kada sam ga upitao kolika je količina ukupne svjetske arhive hominidnih i ranih ljudskih kostiju.

Nedostatak ne bi bio toliko strašan da su kosti ravnomjerno raspoređene kroz vrijeme i prostor, ali one to, naravno, nisu. One se pojavljuju nasumce, često na najmučniji mogući način. *Homo erectus* hodao je Zemljom prije više od milijun godina i nastanjivao je područje od atlantskog ruba Europe do tihooceanske strane Kine, ali kada biste oživjeli sve pojedince *Homo erectusa* za čije postojanje možemo jamčiti, svi oni ne bi ispunili ni školski autobus. Ostaci *Homo habilisa* još su oskudniji: samo dva djelomična kostura i niz izoliranih kostiju udova. Nešto stoje tako kratka vijeka kao naša suvremena civilizacija, gotovo sigurno neće biti poznato iz fosilnih zapisa.

»U Europi«, navodi Tattersall kao ilustraciju, »imate hominidne lubanje iz Gruzije koje su datirane na 1,7 milijuna godina, zatim imate prazninu od gotovo milijun godina dok se ne pojave sljedeći ostaci u Španjolskoj, na sasvim drugoj strani kontinenta, a zatim imatejošjednu prazninu od tristo tisuća godina prije nego dođete do *Homo heidelber-gensisa* u Njemačkoj - a nijedan ne sliči drugome.« Nasmiješio se. »Od takvih djelomičnih komadića pokušava se dokučiti povijest čitavih vrsta. To je prilično težak zadatak. Stvarno znamo veoma malo o odnosima između mnogih drevnih vrsta - koje su dovele do nas, a koje su bile evolucijske slijepe ulice. Neke vjerojatno niti ne zaslužuju da ih se uopće smatra posebnom vrstom.«

Zbog nepotpunosti zapisa svaki novi nalaz izgleda tako iznenadan i različit od svega ostalog. Da imamo desetke tisuća kostura razmještenih po pravilnim intervalima kroz povijest, bilo bi zamjetno više postupnih prijelaza. Nove vrste ne nastaju trenutačno, kao što fosilni zapisi daju naslutiti, nego postupno, od drugih, već postojećih vrsta. Što ste bliže točki razlaza, sličnosti su veće, tako daje iznimno teško, a ponekad i nemoguće, razlikovati kasnog *Homo erectusa* od ranog *Homo sapi-ensa,* jer je vjerojatno on ijedno i drugo, i nijedno. Slična se neslaganja često mogu pojaviti u slučaju identifikacije na temelju djelomičnih ostataka - na primjer, prilikom odlučivanja predstavlja li određena kost ženku *Australopithecus boiseia* ili mužjaka *Homo habilisa.*

Zbog malo toga u što mogu biti sigurni znanstvenici često donose pretpostavke na temelju predmeta koji su pronađeni u blizini, ali to bi mogla biti tek smiona nagađanja. Kao što su Alan Walker i Pat Shipman sarkastično primijetili, ako otkriće oruđa povezujete s vrstom stvore-

nja pored kojeg se najčešće nalazi, morali biste zaključiti da su rano ručno oruđe uglavnom izrađivale antilope.

Tu zbrku najbolje ilustrira skup kontradikcija kakav je *Homo habilis.* Jednostavno rečeno, kosti *habilisa* nemaju logike. Kad se posložе prema redoslijedu, pokazuju da su se mužjaci i ženke razvijali različitom brzinom i u različitim smjerovima - mužjaci su vremenom postajali manje majmunoliki i više ljudskiji, dok se čini da se ženke iz istog razdoblja *udaljavaju* od čovjekolikosti prema sve većoj majmunolikosti. Neki stručnjaci ne vjeruju daje *habilis* uopće valjana kategorija. Tattersall i njegov kolega Jeffrev Schvvartz otpisuju je tek kao »vrstu koja je kanta za smeće« - u koju bi se nepovezani fosili »mogli zgodno pomesti«. Čak i oni koji *habilisa* smatraju neovisnom vrstom ne slažu seje li istog roda kao i mi ili spada u neku sporednu granu koja nikad ništa drugo nije iznjedrila.

Konačno, ali možda najvažnije, na sve to najviše utječe ljudska priroda. Znanstvenici imaju urođenu sklonost da interpretiraju nalaze tako da što više laskaju svom egu. Rijetkost je paleontolog koji bi objavio daje pronašao riznicu kostiju, ali da se ne radi ni o čemu zbog čega bi se trebalo uzbuđivati. Kao što John Reader primjećuje u knjizi *Missing Links* (Karike koje nedostaju): »Zapanjujuće je koliko često prve interpretacije novih dokaza potvrđuju već prije stvorene zaključke svog otkrivača.«

Naravno, sve to ostavlja mnogo prostora za prepiranje, a nema znanstvenika koji se vole prepirati više od paleoantropologa. »Od svih znanstvenih disciplina, paleoantropologija se može pohvaliti najvećom koncentracijom ega«, kažti autori nedavno objavljenog *Java Alan* (Javanskog čovjeka) - knjige za koju bi se moglo reći da i sama vrvi podugačkim i vrlo nadahnutim odlomcima u kojima se napada nedoraslost drugih, pogotovo nedoraslost bivšeg bliskog kolege Donalda Johansona.

Ako imamo na umu da se o ljudskoj pretpovijesti može reći malo toga što netko negdje ne bi opovrgnuo, osim daje sigurno imamo, ono što mislimo da znamo o tome tko smo i odakle dolazimo, otprilike je sljedeće.

Prvih 99,99999 posto svoje povijesti kao organizmi bilo smo u istoj pradjedovskoj lozi kao i čimpanze. O pretpovijesti čimpanzi nije poznato gotovo ništa, ali što god su bile one, bili smo i mi. Zatim se, prije otprilike sedam milijuna godina, dogodilo nešto važno. Iz tropskih šuma Afrike izašla je skupina novih bića i razmilila se po otvorenoj savani.

To su bili australopiteci, a u sljedećih pet milijuna godina oni će biti dominantna svjetska vrsta hominida. *(Australci* dolazi od latinske riječi za južni' pa u ovom kontekstu nema nikakve veze s Australijom.)

Australopiteci su imali nekoliko oblika, neki su bili vitki i gracilni, poput djeteta iz Taunga Ravmonda Darta, drugi kršni i robusniji, ali svi su mogli hodati uspravno. Neke od tih vrsta postojale su više od milijun godina, a ostale skromnih nekoliko stotina tisuća, ali treba imati na umu da su i najmanje uspješne vrste imale dulju povijest nego mi.

Najslavniji ostaci hominida stari su 3,18 milijuna godina, a pripadali su staroj australopitekici koju je 1974. godine pronašao tim Donalda Johansona u Hadaru u Etiopiji. Taj kostur, nekad poznat kao A. L. (od »lokalitet Afar«) 288-1, postao je familijarno poznat kao Lucv prema pjesmi Beatlesa »Lucv in the Sky vvith Diamonds«. Johanson nikada nije sumnjao u njezinu važnost. »Ona je naš najraniji predak, karika koja nedostaje između majmuna i čovjeka«, rekao je.

Lucv je bila malecna -visoka samo oko jedan metar. Mogla je hodati, ali sporno je koliko dobro. Očigledno je bila i dobra penjačica. Mnogo ostalog je nepoznato. Nedostajala je gotovo cijela lubanja, tako da se teško moglo sa sigurnošću govoriti o veličini mozga, iako su djelići lubanje ukazivali daje bio malen. U većini knjiga navodi se daje Lucvn kostur 40 posto potpun, iako ga u nekim knjigama stavljaju bliže polovici, a u knjizi koju je izdao Američki prirodoslovni muzej Lucy se opisuje kao dvije trećine potpuna. U BBC-jevoj televizijskoj seriji *Majmunoliki čovjek (Ape Mati)* nazvana je »kompletnim kosturom«, iako su videozapisi pokazivali daje daleko od toga.

Ljudsko tijelo ima 206 kostiju, ali mnoge se ponavljaju. Ako imate lijevu bedrenu kost primjerka, ne treba vam desna kako biste doznali njezine dimenzije. Ako odbacite sve redundantne kosti, ostaje vam ih ukupno 120 - dakle, pola kostura. Cak i prema tom prilično susretljivom mjerilu, te ako i najsitniji komadić brojimo kao potpunu kost, Lucv je sačinjavalo samo 28 posto od pola kostura (i samo oko 20 posto cijelog).

U *The IVisdotu of the Boties* (Mudrost kostiju) Alan Walker prepričava kako je jednom upitao Johansona kako je došao do tih 40 posto. Johanson je nonšalantno odgovorio daje oduzeo 106 kostiju ruku i stopala - više od pola ukupnog tijela, i to vrlo važnu polovicu, jer su Lucvna glavna detinirajuća značajka bile ruke i stopala pomoću kojih je izlazila na kraj sa promjenjivim svijetom. U svakom slučaju, o Lucv se zna mnogo manje nego što se općenito pretpostavlja. Tako se zapravo niti

ne zna je li bila ženka. Spol je samo pretpostavljen zbog njezine minijaturne veličine.

Dvije godine nakon otkrića Lucy Mary Leakev pronašla je u Laetoliju u Tanzaniji otiske stopala dva pojedinca iz - pretpostavlja se - iste porodice hominida. Otisci su nastali kada su dva australopiteka hodala kroz muljeviti pepeo nakon vulkanske erupcije. Pepeo se poslije stvrdnuo i sačuvao otiske njihovih stopala u dužini od 23 metra.

Američki prirodoslovni muzej u NewYorku izradio je vrlo zanimljivu dioramu njihova prolaska. Na njoj su mužjak i ženka rekonstruirani u prirodnoj veličini kako jedno uz drugo hodaju drevnom afričkom ravnicom. Dlakavi su i veliki kao čimpanze, ali njihovo držanje i hod ostavljaju dojam ljudskosti. Najdojmljivija značajka tog prikaza je mužjak koji je lijevu ruku zaštitnički stavio na ženkina ramena. Ta nježna i dirljiva gesta pokazuje blisku povezanost.

Prizor odiše takvom uvjerljivošću daje lako previdjeti kako je izmišljeno gotovo sve iznad otisaka nogu. Gotovo svaki izvanjski aspekt ta dva lika - stupanj dlakavosti, facijalni dodaci (jesu li imali nos poput čovjeka ili čimpanze), izraz lica, boja kože, veličina i oblik ženkinih dojki - nužno je pretpostavljen. Čak ne znamo jesu li bili par. Ženski je lik zapravo moglo biti dijete. Ne možemo biti sigurni jesu li uopće bili australopiteci. Pretpostavlja se da su australopiteci jer nema drugih poznatih kandidata.

Doznao sam da su stavljeni u te poze jer se ženski lik pri izradi dio-rame stalno rušio, ali lan Tattersall kroz smijeh tvrdi da to nije točno. »Očito ne znamo je li mužjak držao ruku oko ženke, ali na temelju mjerenja duljine koraka znamo da su hodali jedno uz drugo, vrlo blizu jedno drugom - dovoljno blizu da se dodiruju. To je bilo prilično izloženo područje pa su se vjerojatno osjećali vrlo nezaštićeno. Zato smo ih prikazali s pomalo zabrinutim izrazima.«

Upitao sam ga muči li ga umjetnička sloboda kojom su likovi rekonstruirani. »To je uvijek problem prilikom rekonstrukcija«, spremno se složio. »Ne biste vjerovali koliko se raspravlja o detaljima poput toga jesu li neandertalci imali obrve ili ne. Tako je bilo i s likovima iz Lactoli-ja. Jednostavno ne možemo znati u detalje kako su izgledali, ali *možemo* prenijeti njihovu veličinu i držanje te doći do nekih prihvatljivih pretpostavki o njihovu vjerojatnom izgledu. Da to moram ponovno raditi, mislim da bih ih napravio samo malo više majmunolikim, a manje čo-vjekolikim. Ta stvorenja nisu bili ljudi. Bili su to dvonožni majmuni.«

Donedavno se pretpostavljalo da smo potekli od Lucy i stvorenja poput onih iz Laetolija, ali danas mnogi stručnjaci nisu baš sigurni, lako neka fizička svojstva (na primjer, zubi) daju naslutiti moguću vezu između nas, više zabrinjavaju drugi dijelovi australopitečke anatomije. U svojoj knjizi *Extinct Huiiians* (Izumrli ljudi) Tattersall i Sclnvartz ističu daje gornji dio ljudske bedrene kosti vrlo sličan onoj u majmuna, ali nije poput one u australopiteka; dakle, ako je Lucv izravna veza između majmuna i modernih ljudi, to znači da smo na oko milijun godina morali usvojiti australopitečku bedrenu kost, a kada smo ušli u sljedeću fazu razvoja, vratili smo se majmunskoj kosti. Oni vjeruju da Lucy nije bila naš predak, a nije bila ni neki hodač.

»Lucy i njezina vrsta nisu se kretali ni približno kao moderni ljudi«, uporno tvrdi Tattersall. »Samo kada bi ti hominidi morali putovati između staništa u stablima, hodali bi dvonožno jer ih je na to 'prisiljavala' njihova anatomija.« Johanson to ne prihvaća. »Zbog Lucynih bokova i razmještaja mišića zdjelice«, napisao je, »jednako bi joj bilo teško penjati se po stablima kao i modernim ljudima.«

Stvari su postalejoš nejasnije kada su 2001. i 2002. pronađena četiri iznimna nova primjerka. Jedan je otkrila Meave Leakey, iz slavne obitelji lovaca na fosile, najezeru Turkana u Keniji - nazvan je *Keiiyantliro-pus platyops* (»Kenijac plosnatog lica«), a kako potječe iz otprilike istog razdoblja kao i Lucy, pretpostavlja se da je to naš predak, a Lucy tek neuspjela sporedna grana. Godine 2001. također su bili otkriveni *Ar-dipithecus ramidus kadabba,* datirane starosti između 5,2 milijuna i 5,8 milijuna godina, te *Orrorin tugenetisis,* za kojeg se misli daje star šest milijuna godina, što gaje učinilo najstarijim dotad pronađenim homi-nidom - no, samo nakratko. U ljeto 2002. francuski je tim istraživao u pustinji Djurab u Čadu (na području koje nikada prije nije dalo drevne kosti) i pronašao hominida starog gotovo sedam milijuna godina, kojeg su nazvali *Sahclaiithropiis tchadaisis.* (Neki kritičari vjeruju da to nije bio čovjek, nego rani majmun pa ga treba zvati *Sahelpitheais.)* Sve su to bila rana i prilično primitivna stvorenja, ali hodala su uspravno mnogo prije nego što se dotad pretpostavljalo.

Dvonožnost je zahtjevna i riskantna strategija. Zdjelicu treba preoblikovati u spravu koja nosi sav teret. Kako bi se očuvala potrebna snaga, ženkin porođajni kanal mora biti relativno uzak. To ima dvije vrlo važne neposredne posljedice ijednu dugoročniju. Kao prvo, to znači mnogo boli prilikom poroda za majku te uvelike povećanu smrtnost i za majku i za dijete. Nadalje, kako bi djetetova glava mogla proći kroz tako uzak

otvor, dijete se mora roditi dok mu je mozak još malen - dakle, rada se bespomoćno. To znači dugotrajnu brigu za čedo, što opet podrazumijeva čvrsto povezivanje mužjaka i ženke.

Sve je to prilično problematično i kada ste intelektualni gospodar planeta, ali kada ste mali ranjivi australopitek s mozgom veličine naranče*, mora daje rizik enorman.

Zašto su onda Lucy i njezina vrsta sišli sa stabala i izašli iz šuma? Vjerojatno nisu imali izbora. Polagano izdizanje Panamske prevlake presjeklo je protok voda iz Tihog u Atlantski ocean te skrenulo tople struje od Arktika i dovelo do iznimno oštrog ledenog doba u sjevernim geografskim širinama. U Africi je to dovelo do sezonskog isušivanja i hlađenja pa se džungla postupno pretvarala u savanu. »Nisu Lucy i njezini napustili šume«, napisao je John Gribbin, »nego su šume napustile njih.«

No, očito je da su zbog izlaska u otvorenu savanu rani hominidi postali mnogo izloženiji. Uspravni hominid mogao je bolje vidjeti, ali je mogao biti i lakše primijećen. Kao vrsta, i danas smo komično ranjivi u divljini. Gotovo svaka velika životinja jača je, brža i zubatija od nas. U slučaju napada ljudi imaju samo dvije prednosti. Imamo sposoban mozak, koji može smisliti strategiju; i imamo ruke, kojima možemo bacati i vitlati predmete. Mi smo jedino stvorenje koje može napasti iz daljine. Stoga si možemo priuštiti da budemo fizički ranjivi.

Crni se da su postojali svi elementi za brz razvoj moćnog mozga, ali izgleda da se to ipak nije dogodilo. Za više od tri milijuna godina Lucy i njezini sunarodnjaci australopiteci gotovo da se i nisu promijenili. Njihov mozak nije narastao i nema znakova da su poznavali i najjednostavnije oruđe. Još je čudnije, što danas znamo, da su otprilike milijun godina živjeli pored ostalih ranih hominida koji su poznavali oruđe, ali australopiteci nisu nikada primijenili tu korisnu tehnologiju koja ih je okruživala.

Čini se daje u Africi u jednom trenutku prije otprilike dva do tri milijuna godina istodobno postojalo čak šest vrsta hominida. Međutim, samojejednoj bilo suđeno da postane *Homo,* a polako se pojavila prije

Apsolutna veličina mozga ne govori sve - ponekad čak ni mnogo toga. I slonovi i kitovi imaju mozak veči od našeg, ali sigurno biste ili bez problema nadmudrili kod pregovora. Važnajc relativna veličina, što se često zanemaruje. Kao što piše (iould. *A. africaniis* imao je mozak od samo 45(1 kubičih centimetra, manji od gorilma. Ali tipičan mužjak *dfriciiiiusa* težio je manje od 45 kilograma, a ženkajoš manje, dok gorila često može težiti i više od (50 kilograma.

otprilike dva milijuna godina. Nitko ne zna točno kakav je bio odnos između australopiteka i *Ilomoa,* ali poznato je da su koegzistirali preko milijun godina prije nego što su prije više od milijun godina tajanstveno, a možda i iznenada nestali svi australopiteci, i robusni i gracilni. Nitko ne zna zašto se to dogodilo. Matt Ridlev smatra da »smo ih možda mi pojeli.«

Uvriježilo se da loza *Homo* počinje s *Homo habilisom,* stvorenjem o kojem ne znamo gotovo ništa, a završava s nama. *Homo sapiensom* (doslovno, »čovjek razumni«). U međuvremenu, ovisno o tome do čijeg mišljenja držite, bilo je pet-šest ostalih vrsta *Homoa: Homo ergaster, Homo iieanderthaleusis, Homo rudolfeusis, Homo heidelbergensis, Homo ereetus* i *Homo antecessor.*

Homo habilisa (»čovjeka umješnog«) 1964. godine okrstili su Louis Leakev i kolege, a tako je nazvan jer je bio prvi hominid koji je rabio oruđe, premda vrlo jednostavno. Bilo je to prilično primitivno stvorenje, više čimpanza nego čovjek, ali mozak mu je bio oko 50 posto veći od Lucyna i ništa manje proporcionalan, tako daje bio Einstcin svoga doba. Još uvijek nema nijednog uvjerljivog razloga koji bi objasnio zbog čega su mozgovi hominida iznenada počeli rasti prije dva milijuna godina. Dugo se pretpostavljalo da su veliki mozgovi i uspravan hod izravno povezani - da je preseljenje iz šuma zahtijevalo lukave nove strategije koje su razvijale ili poticale inteligentnost - tako daje bilo pomalo iznenađujuće kad se nakon opetovanih otkrića mnogih dvonožnih tupavaca shvatilo da među njima uopće nema očite povezanosti.

»Jednostavno ne znamo nijedan dobar razlog koji bi objasnio zašto je ljudski mozak postao velik«, kaže Tattersall. Velikjc mozak zahtjevan organ: iako čini samo 2 posto tjelesne mase. proždire 20 posto tjelesne energije. Također je relativno izbirljiv glede goriva. Da nikada ne pojedete ni zalogajčić masti, vaš se mozak ne bi žalio jer je ne želi niti okusiti. On želi glukozu, i to mnogo nje, čak i ako to znači zakidanje drugih organa. Kao što veli Guy Brown: »Tijelo je u stalnoj opasnosti da ga iscrpi pohlepni mozak, ali ne može si dopustiti da mu mozak gladuje, jer bi to dovelo do brze smrti.« Velik mozak treba više hrane, a više hrane znači povećan rizik.

Tattersall misli daje pojava velikog mozga možda bila samo evolucijska nezgoda. On i Stephen Jay Gould vjeruju da bi, ako ponovno prevrtimo vrpcu života - čak i do relativno nedavnog osvita hominida - izgledi da se razviju moderni ljudi ili išta poput njih bili »prilično nevjerojatni«.

»Ljudima je najteže prihvatiti ideju«, kaže Gould, »da nisu kulminacija ničega. Nema ničeg neizbježnog u tome što smo tu. Dio je naše ljudske taštine da o evoluciji razmišljamo kao o procesu koji je bio programiran samo kako bi nas proizveo. Sve do sedamdesetih godina 20. stoljeća tome mišljenju bili su skloni čak i antropolozi.« I zaista, u popularnom udžbeniku *The Stages ofEvolution* (Etape evolucije) iz 1991. godine C. Loring Brace još se uvijek držao linearnog koncepta, priznajući samo jednu evolucijsku slijepu ulicu, robusne australopiteke. Sve je ostalo predstavljalo izravnu progresiju - svaka je vrsta hominida nosila palicu razvoja, zatim ju je predavala mlađem, svježijem trkaču. Međutim, sada se čini sigurnim da su mnogi od tih ranih oblika išli sporednim stazama koje nisu ničim urodile.

Srećom za nas, jedna jest - skupina poznavatelja oruđa za koju se čini kao da se pojavila niotkuda, a preklapala se s tajanstvenim i vrlo osporavanim *Homo habilisoni.* To je *Homo ereetus,* vrsta koju je Eugene Dubois otkrio 1891. godine najavi. Ovisno o tome koje izvore konzultirate, postojao je u razdoblju od prije 1,8 milijuna godina do nedavno, to jest do prije dvadeset tisuća godina.

Prema autorima *Javanskog čovjeka Homo ereetus* predstavlja granicu: sve stoje bilo prije njega, bilo je majmunoliko; sve stoje došlo poslije njega, bilo je čovjekoliko. *Homo ereetus* bio je prvi koji je lovio, služio se vatrom, prvi koji je izrađivao složeno oruđe, prvi koji je ostavio dokaze o logorištima, prvi koje se brinuo o slabim i neotpornim. U usporedbi s onim stoje postojalo prije, ta je vrsta bila iznimno ljudska po obliku i ponašanju, njeni su članovi imali dugačke udove i bili su mršavi, vrlo snažni (mnogo snažniji od današnjih ljudi) te su imali nagon i inteligenciju za uspješno širenje velikim prostranstvima. Ostalim se hominidima *Homo ereetus* morao činiti zastrašujuće velikim, moćnim, brzim i nadarenim. Njihov je mozak bio neizmjerno sofisticiraniji od ičega stoje svijet dotad vidio.

Prema jednom od najvećih svjetskih stručnjaka, Alanu Walkeru sa Sveučilišta Penn State, erektus je bio »velociraptor svoga doba«. Kada biste pogledali jednom od njih u oči, na prvi pogled moglo bi vam se učiniti daje čovjek, ali »ne biste uspostavili vezu, bili biste plijen«. Prema Walkeru, on je imao tijelo odraslog čovjeka, ali mozak novorođenčeta.

Iako je erektus poznat već oko jednog stoljeća, o njemu se znalo samo iz raspršenih fragmenata - ni izdaleka dovoljno da se izradi potpun kostur. Stoga se nije potpuno cijenila ni njegova važnost - barem vjerojatna važnost - kao vrste koja je prethodila modernim ljudima, sve do

izvanrednog otkrića u Africi osamdesetih godina 20. stoljeća. Udaljena dolina jezera Turkana (bivšeg Rudolf ovog) u Keniji danas je jedno od najproduktivnijih svjetskih nalazišta ranih ljudskih ostataka, ali vrlo dugo nitko se nije dosjetio da tamo traži. Samo zato što se našao u avionu preusmjerenom preko te doline, Richard Leakev je pomislio da bi ona mogla pružiti više nego što se mislilo. Poslao je tim daje istraži, ali on isprva nije našao ništa. Zatim je Kamova Kimeu, Leakevjev najbolji lovac na fosile, jednog kasnog poslijepodneva pronašao komadić hominidnog čela na brdu koje je bilo prilično udaljeno od jezera. Nije bilo vjerojatno da bi takvo nalazište dalo mnogo, ali kopali su iz poštovanja prema Kimeuovim instinktima i na svoje zaprepaštenje našli gotovo potpun kostur *Homo ereetusa.* Pripadao je dječaku između devet i dvanaest godina, koji je umro prije 1,54 milijuna godina. Kostur je odražavao »potpuno modernu strukturu tijela«, kaže Tattersall, kakva još nije bila viđena. Dječak iz Turkane bio nam je »vrlo sličan«.

Kimeuje na jezeru Turkana pronašao i KNM-ER 1808, ženku staru 1,7 milijuna godina, koja je znanstvenicima dala prvi mig daje *Homo ercctns* bio zanimljiviji i složeniji nego što se mislilo. Ženine su kosti bile deformirane i prekrivene hrapavim izraslinama, stoje posljedica poremećaja zvanog hipervitaminoza A, do kojeg može doći samo ako se jede jetra mesoždera. To nam je reklo, kao prvo, daje *Homo ercctns* jeo meso. Još je više iznenadilo stoje količina izraslina pokazivala daje s tom bolešću živjela tjednima, možda čak mjesecima. Netko se brinuo za nju. Bio je to prvi znak nježnosti u evoluciji hominida.

Također je bilo otkriveno da su lubanje Homo *ereetusa* sadržavale (prema mišljenju nekih samo je moguće da su sadržavale) Brocino područje, dio čeonog režnja mozga zadužen za artikulaciju govora. Čimpanze ga nemaju. Alan Walker smatra da leđna moždina nije bila dovoljno velika ni složena da omogući govor pa je erektus vjerojatno komunicirao kao današnje čimpanze. Drugi, osobito Richard Leakev, mjereni su da je mogao govoriti.

Čini se daje *Homo ercctns* neko vrijeme bio jedina vrsta hominida. Oni su bili dotad neviđeno pustolovni i širili su se vrtoglavom brzinom. Ako se fosilni dokazi doslovno tumače, ukazuju da su neki članovi te vrste stigli dojave u otprilike isto vrijeme ili čak nešto prije nego što su otišli iz Afrike. To je navelo neke nadobudne znanstvenike da pretpostave kako se moderni ljudi možda uopće nisu pojavili u Africi, nego u Aziji - što bi bilo neobično, da ne kažemo čudesno, jer nijedna moguća vrsta-preteča nikada nije pronađena nigdje izvan Afrike. Tako se

čini da su se azijski hominidi trebali pojaviti spontano. U svakom slučaju, azijski početak samo bi preokrenuo problem njihova širenja; i dalje biste morali objasniti kako su javanski ljudi tako brzo stigli u Afriku.

Postoji nekoliko uvjerljivijih alternativnih objašnjenja za to kako se *Homo enrtus* uspio pojaviti u Aziji tako brzo nakon svog prvog pojavljivanja u Africi. Kao prvo, pri datiranju ranih ljudskih ostataka ima mnogo dodavanja i oduzimanja. Ako je stvarna starost afričkih kostiju blizu najvišoj procjeni, ili ako je starost javanskih blizu najnižoj, ili oboje, onda je afrički erektus imao dovoljno vremena da pronađe put do Azije. Osim toga, potpuno je moguće da negdje u Africi postoje još starije kosti erektusa koje tek treba otkriti. Nadalje, javanski bi datumi mogli biti potpuno pogrešni.

Sigurno je da su u nekom razdoblju prije mnogo više od milijun godina neka nova, relativno moderna uspravna bića otišla iz Afrike i hrabro se proširila velikim dijelom svijeta. Moguće je da su to napravila prilično brzo, ubrzavši svoje napredovanje do čak 40 kilometara godišnje, svo vrijeme svladavajući planinske lance, rijeke, pustinje i druge prepreke te se prilagođavajući razlikama u klimi i izvorima hrane. Posebna je tajna kako su prošli zapadnom obalom Crvenog mora, prostorom koji je čak i danas poznat po nepodnošljivoj suši, ali koji je u prošlosti bio čak i sušniji. Ironično je da su uvjeti koji su ih nagnali da napuste Afriku bili još teži na tom putovanju. No ipak su nekako uspjeli zaobići sve prepreke i uznapredovati sve do sjevernijih zemalja.

I tu se, nažalost završava svako slaganje. Što se sljedeće dogodilo u povijesti ljudskog razvoja, predmet je duge i ogorčene rasprave, kao što ćemo vidjeti u sljedećem poglavlju.

No, prije nego što pođemo dalje treba zapamtiti da su sva ta evolucijska sudaranja kroz 5 milijuna godina, od dalekog i zbunjenog au-stralopiteka do potpuno modernog čovjeka, rezultirala stvorenjem koje je genetski ipak 98,4 posto identično današnjim čimpanzama. Između zebre i konja, ili između dupina i pliskavice, veća je razlika nego između nas i naših davnih predaka, dlakavih stvorenja koja su se otisnula da zaposjednu svijet.

29

NEMIRNI MAJMUN

Jednom prilikom prije oko milijun i pol godina neki zaboravljeni genij iz svijeta hominida napravio je nešto neočekivano. On (vjerojatnije ona) je uzeo jedan kamen te njime pažljivo oblikovao drugi. Rezultat je bio jednostavni kopljoliki ručni klin, ali to je bio prvi primjerak napredne tehnologije u povijesti Zemlje.

To je bilo toliko superiornije od postojećeg oruđa da su se uskoro i ostali poveli za izumiteljevim primjerom i počeli proizvoditi svoje ručne klinove. Čini se da su na koncu nastajala cijela društva koja nisu radila ništa drugo. »Izrađivali su ih na tisuće«, kaže lan Tattersall. »Na nekim mjestima u Africi doslovno se ne možete maknuti, a da ne nagazite na njih. To čudi jer je te predmete prilično teško izraditi. A čini se da su ih radili iz čistog užitka.«

S police u svojoj sunčanoj radnoj sobi Tattersall je uzeo golem od-ljevak. možda pola metra dug i 20 centimetara širok na najširem dijelu, i dao mi ga- Izgledao je poput koplja, ali prevelikog. Kao odljev od fiber-ajasa težio je samo nekoliko dekagrama, ali original, koje je bio pronađen u Tanzaniji, težio je 11 kilograma. »Bioje potpuno beskoristan kao oruđe«, rekao mije Tattersall. »Trebala bi dvojica da ga podignu, ali bi čak i tada bilo gotovo nemoguće njime išta udariti.«

»Četnu je to onda služilo?«

Tattersall je sa smiješkom slegnuo ramenima, ta ga je zagonetka zabavljala. »Pojma nemam. Mora daje imalo neku simboličnu važnost, ali možemo samo nagađati kakvu.«

Ti klinovi postali su poznati kao ašelejsko oruđe, prema St. Acheu-leeu, predgrađu Amiensa u sjevernoj Francuskoj, gdje su u 19. stoljeću pronađeni prvi primjerci, a razlikuju se od starijeg i jednostavnijeg oruđa poznatog kao olduvajsko, koje je pronađeno u kanjonu Oldu-vai u Tanzaniji. U starijim udžbenicima olduvajsko oruđe obično je prikazano kao tupo zaobljeno kamenje veličine šake. Zapravo, paleo-antropolozi danas vjeruju daje olduvajsko oruđe okrhnuto s većih stijena, a poslije je moglo služiti za rezanje.

I sada dolazimo do zagonetke. Kada su rani moderni ljudi - oni koji će na koncu postati mi - počeli seliti iz Afrike prije nešto više od stotinu tisuća godina, ašelejsko oruđe predstavljalo je vrhunsku tehnologiju. Ti rani *Homo sapicusi* voljeli su svoje ašelejsko oruđe. Nosili su ga na goleme udaljenosti. Ponekad bi sa sobom nosili neoblikovane stijene od kojih bi poslije načinili oruđe. Dakle, bili su privrženi toj tehnologiji. No, iako je ašelejsko oruđe pronađeno diljem Afrike, Europe te zapadne i središnje Azije, na Dalekom istoku ga gotovo i nema. To vrlo zbunjuje.

Četrdesetih godina 20. stoljeća harvardski paleontolog Hallum Movius povukao je nešto što se zove Moviusova linija, koja odjeljuje stranu s ašelejskim oruđem od one bez njega. Ta linija ide u smjeru jugoistoka, preko Europe i Srednjeg istoka do okolice današnje Cal-cutte i Bangladeša. Iza Moviusove linije, preko cijele jugoistočne Azije i Kine, pronađeno je samo starije, jednostavnije olduvajsko oruđe. Poznato nam je daje *Homo sapiais* otišao mnogo dalje - zašto bi onda nosio naprednu i cijenjenu kamenu tehnologiju do ruba Dalekog istoka, a zatim je jednostavno napustio?

»To me dugo mučilo«, prisjeća se Alan Thorne s Australskog nacionalnog sveučilišta u Canbern. »Cijela moderna antropologija temelji se na ideji da su ljudi došli iz Afrike u dva vala - prvi val *Homo creetusa.* koji je postao javanski i pekinški čovjek te njima slični, a poslije napredniji val *Homo sapicusa,* koji je istisnuo tu prvu grupu. No, bilo je teško prihvatiti daje *Homo sapiais* došao tako daleko sa svojom modernom tehnologijom i da je zatim odustao od nje. Najblaže rečeno, bilo je to vrlo zbunjujuće.«

Kao što se ispostavilo, još će mnogo toga biti zbunjujuće, a jedno od najvećih takvih otkrića doći će iz Thorneova dijela svijeta, iz australske divljine. Geolog Jim Bovvler čeprkanje 1968. godine po davno isušenom jezerskom dnu zvanom Mungo, u isprženom i usamljenom zakutku zapadnog dijela Novog Južnog Walesa. kada mu je nešto neočekivano

zapelo za oko. Iz sipaste pješčane dine, takozvane luncte, stršile su ljudske kosti. Tilda se vjerovalo da su ljudi u Australiji najdulje osam tisuća godina, ali jezero Mungo biio je suho dvanaest tisuća godina. Što je onda itko radio na tako negostoljubivom mjestu?

Odgovor je dobiven datiranjem ugljikom, a glasio je daje vlasnik kostiju živio dok je jezero Mungo bilo mnogo ugodnije prebivalište, dugo 20 kilometara, puno vode i ribe, obrubljeno ugodnim šumarcima ka-zuarina. Na opće zaprepaštenje ispostavilo se da su kosti stare dvadeset tri tisuće godina. Za ostale kosti pronađene u blizini ispostavilo se da su stare čak šezdeset tisuća godina. To je bilo toliko neočekivano da se činilo gotovo nemogućim. Ni u jednom razdoblju otkad su se ho-minidi prvi put pojavili na Zemlji, Australija nije bila ništa osim otoka. Sva ljudska bića koja su tamo stigla morala su doći morem, i to u broju dovoljno velikom da stvore populaciju za razmnožavanje nakon prelaska sto ili više kilometara otvorenog mora, s tim da nisu mogla znati da ih čeka naseljiv komad zemlje. Nakon iskrcavanja ljudi iz Munga probili su se kroz više od 3000 kilometara australske unutrašnjosti od australske sjeverne obale - pretpostavljene točke ulaska - pa se prema izvješću u *Proceedings oj tlie National Academy oj Sciences* pretpostavlja »da su ljudi prvi put stigli vjerojatno znatno prije 60000 godina«.

Kako su stigli i zašto su došli, pitanja su na koja ne možemo odgovoriti. Prema većini antropoloških tekstova nema dokaza da su ljudi prije šezdeset tisuća godina uopće govorili, a kamoli da su bili sposobni za takav zajednički pothvat kao stoje izgradnja oceanskog plovno sposobnog broda te kolonizacija otočnih kontinenata.

»Mnogo toga ne znamo o migracijama ljudi prije početka pisane povijesti«, rekao mije Alan Thornc kada sam ga susreo u Canberri. »Znate li da su antropolozi koji su u 19. stoljeću prvi put došli na Papuu Novu Gvineju pronašli ljude u brdima unutrašnjosti, u nekim od najnepri-stupačnijih predjela na Zemlji, koji su uzgajali slatki krumpir. Slatki krumpir podrijetlom je iz Južne Amerike. Kako je onda došao na Papuu Novu Gvineju? Ne znamo. Nemamo blage veze. No, sigurno je da su se ljudi selili znatno ranije nego što se mislilo, pa je gotovo sigurno da su razmjenjivali i gene i informacije.«

Problem su, kao i uvijek, fosilni zapisi. »Vrlo je malo dijelova svijeta koji bi bili barem djelomice povoljni za dugotrajno očuvanje ljudskih ostataka«, kaže Thorne, čovjek oštra pogleda, bijele kozje bradice i napetog, ali prijateljskog držanja. »Da nije bilo nekoliko plodnih područja poput I Iadara i Olduvaija na istoku Afrike, znali bismo ne-

vjerojatno malo. Cijela Indija dala je samo jedan drevni ljudski fosil, star otprilike tristo tisuća godina. Između Iraka i Vijetnama - na udaljenosti od kojih pet tisuća kilometara - našla su se samo dva: onaj u Indiji i neandertalski u Uzbekistanu.« Nasmiješio se. »To nije bogzna što za istraživanje. Postoji zapravo vrlo malo plodnih područja za ljudske fosile, kao što su Velika rasjedna dolina u Africi i Mungo ovdje u Australiji. Ne čudi da paleontolozi imaju problema pri spajanju točkica.«

Po tradicionalnoj teoriji, koja je još uvijek uglavnom prihvaćena, ljudi su se raspršili Euroazijom u dva vala. Prvi su val činili *Homo ereetusi,* koji su napustili Afriku iznimno brzo - gotovo čim su se pojavili kao vrsta - počevši prije gotovo dva milijuna godina. Dok su naseljavali razne predjele, ti rani erekti nastavili su evoluirati u zasebne oblike - u javan-skog i pekinškog čovjeka u Aziji te u *Homo heidetbergetisisa* i, konačno, *Homo tieaiiderthalensisa* u Europi.

Zatim, prije nešto više od stotinu tisuća godina, pametnija i okret-nija vrsta stvorenja - naši izravni preci - pojavili su se u afričkim ravnicama i počeli se širiti u drugom valu. Kamo god pošli, prema toj teoriji, ti su novi *Homo sapiensi* istiskivali svoje tupavije i manje vješte prethodnike. Kako su to točno izveli, oduvijekje tema rasprave. Nikada nisu pronađeni nikakvi znakovi pokolja, tako da većina stručnjaka misli da su noviji hominidi jednostavno nadmašili i istisnuli starije, iako su tome mogli pridonijeti i ostali čimbenici. »Možda smo ih zarazili velikim boginjama«, misli Tattersall. »Ne možemo točno reći. Jedino je sigurno da nas ima, a njih da više nema.«

Ti prvi moderni ljudi iznenađujuće su tajanstveni. Čudno je da o sebi znamo manje nego o gotovo ijednoj drugoj lozi hominida. Zaista je neobično, kako primjećuje Tattersall, »da je najnedavniji veliki događaj u ljudskoj evoluciji - pojava naše vlastite vrste - možda najnerazjašnjiviji od svih«. Nitko se čak ne može potpuno složiti ni gdje se po prvi put u fosilnim zapisima javljaju moderni ljudi. Mnoge knjige taj *dćbut* smještaju prije sto dvadeset tisuća godina u obliku ostataka pronađenih na ušću rijeke Klasies u Južnoj Africi, ali ne slažu se svi da su to bili potpuno moderni ljudi. Tattersall i Schwartz ostaju pri svome da »još uvijek treba razriješiti predstavlja li našu vrstu ikoji od njih ili svi oni«.

Prva neosporna pojava *Homo sapiensa* dogodila se na istočnom Mediteranu, oko današnjeg Izraela, gdje su se počeli javljati prije oko sto tisuća godina - ali čak ih i tamo opisuju (Trinkaus i Shipman) kao

»čudne, teške za klasifikaciju i slabo poznate«. Neandertalci su na tom području već bili dobro utvrđeni i imali su oruđe poznato kao nius-terijensko, koje su moderni ljudi očito smatrali dovoljno vrijednim da ga prihvate. Na sjeveru Afrike nikada nisu pronađeni nikakvi ostaci neandertalaca, ali njihovo se oruđe javlja posvuda. Netko ga je tamo morao donijeti: moderni ljudi su jedini kandidati. Također je poznato da su neandertalci i moderni ljudi na neki način koegzistirali deseciina tisuća godina na Srednjem istoku. »Ne znamo jesu li se izmjenjivali na istom prostoru ili su živjeli jedni uz druge«, kaže Tattcrsall, ali su moderni ljudi sretno preuzeli neandertalsko oruđe - što baš i nije uvjerljiv dokaz znatne superiornosti. Ništa manje čudno, ašelejsko oruđe pronađeno na Srednjem istoku postojalo je prije više od milijun godina, ali se u Europi pojavilo tek prije tristo tisuća godina. Ponovno je zagonetka zašto ljudi koji su poznavali tu tehnologiju nisu uzeli to oruđe sa sobom.

Dugo se vjerovalo da su kromanjonci, kako se nazivaju moderni ljudi u Europi, pred sobom tjerali neandertalce dok su napredovali kontinentom te su ih na koncu stjerali do zapadnih granica kontinenta, gdje i nisu imali drugog izbora nego skočiti u more ili izumrijeti. Zapravo, danas se zna da su kromanjonci istodobno bili na dalekom zapadu Europe i dolazili s istoka. »Europa je tada bila prilična pustoš«, kaže Tattcrsall. »Možda se i nisu tako često susretali, usprkos svim njihovim dolascima i odlascima.« Zanimljivo je da se dolazak kromanjonaca zbio u razdoblju koje je u paleoklimatologiji poznato kao Boutellierov interval, kada je Europa iz razdoblja relativno blage klime ulazila u još jedno dugo razdoblje nepodnošljive studeni. Sto god da ih je privuklo u Europu, to sigurno nije bilo lijepo vrijeme.

U svakom slučaju, teorija da su neandertalce savladali suparnici u liku novopridošlih kromanjonaca, barem malo nadilazi dokaze. Neandertalci su prije svega bili žilavi. Desetke tisuća godina živjeli su u uvjetima koje nije iskusio nijedan moderni čovjek, osim nekoliko polarnih znanstvenika i istraživača. U najgorim ledenim dobima bile su uobičajene mećave s vjetrovima uraganske snage. Temperature su svako malo padale na minus 45 stupnjeva. Polarni su medvjedi klipsali snježnim dolinama južne Engleske. Logično, neandertalci su se povlačili iz najhladnijih krajeva, ali čak su i tada bili suočeni s hladnoćom koja je u najmanju ruku bila poput suvremene sibirske zime. Patili su, to je sigurno - neandertalac koji bi doživio više od trideset godina bit) je stvarno sretan - ali kao vrsta, bili su fantastično otporni i praktički neuništivi.

Preživjeli su najmanje stotinu tisuća godina, a možda i dvostruko toliko na području koje se protezalo od Gibraltara do Uzbekistana, stoje zavidno dugovječno za sve vrste bića.

Tko su i kakvi su točno bili, ostaje predmetom neslaganja i nesigurnosti. Sve do sredine 20. stoljeća vladalo je prihvaćeno antropološko stajalište da je neandertalac bio tup i pogrbljen majmun koji je vukao noge - pravi spiljski čovjek. Tek je jedna nezgoda potaknula znanstvenike da preispitaju to stajalište. Kad je 1947. godine radio na terenu u Sahari, franko-alžirski paleontolog Camille Arambourg sklonio se od podnevnog sunca ispod krila svog laganog zrakoplova. Dokje tako sjedio, od vrućine je eksplodirala guma, avion se iznenada nagnuo i bolno ga udario u leda. Kada je poslije u Parizu otišao na rendgensko snimanje vrata, primijetio je da su njegovi kralješci položeni kao u pogrblje-nih i zdepastih neandertalaca. Ilije on bio fiziološki primitivan ili je držanje neandertalaca bilo pogrešno opisano. Zapravo, radilo se o potonjem. Kralježci neandertalaca uopće nisu bili majmunski. To je u potpunosti promijenilo naše poimanje neandertalaca — ali samo ponekad, čini se.

Još je uvijek uobičajeno da se neandertalce smatra manje inteligentnim ili ncizdržljivijim. nesposobnim da se ravnopravno natječu s vitkim i cerebralno okretnijom pndošlicom na kontinentu, *Homo sapiensom.* Evo tipičnog komentara iz nedavno objavljene knjige: »Moderni su ljudi neutralizirali tu prednost [znatnojaču tjelesnu građu neandertalaca] boljom odjećom, boljim ognjištima i boljim zaklonima; dok su neandertalci imali preveliko tijelo koje je zahtijevalo više hrane.« Drugim riječima, upravo oni čimbenici koji su im stotinu tisuća godina omogućivali da uspješno prežive, iznenada su postali nepremostiva poteškoća.

Povrh svega, gotovo nikada se ne spominje da su neandertalci imali znatno veći mozak od modernih ljudi - prema jednom izračunu 1.8 litara za neandertalce naspram 1.4 litara za moderne ljude. To je više od razlike između modernog *Homo sapicusa* i kasnog *Homo avansa,* vrste koju nadmeno smatramo jedva ljudskom. Argumentiralo se da je naš mozak, iako manji, bili nekako učinkovitiji. Mislim da neću pogriješiti ako primijetim da nigdje drugdje u ljudskoj evoluciji nije iznesen takav argument.

S pravom se možete upitati: ako su neandertalci bili tako krupni i prilagodljivi te cerebralno dobro obdareni, zašto onda više nisu s nama? Jedan od mogućih (ali vrlo osporavanih) odgovora glasi da jesu. Alan Thorne je jedan od vodećih predstavnika alternativne teorije, poznate

kat) multiregionalna teorija, koja tvrdi da ljudska evolucija nije bila prekinuta — čim su se australopiteci razvili u *Homo habilisa* i *Homo lici-delbergensisa,* postupno su postali *Homo iieattderthalciisis,* tako da se moderni *Homo sapicus* jednostavno pojavio iz drevnih *Homo* oblika. Prema tome stajalištu *Homo creetus* nije zasebna vrsta, nego samo prijelazna faza. Tako su moderni Kinezi potomci drevnih predaka *Homo ereetusa* u Kini, moderni Europljani drevnih europskih *Homo ereetusa* i tako dalje. »Samo što smatram da *Homo ereetusi* ne postoje«, kaže Thorne. »Mislim daje to termin koji se istrošio. Za mene je *Homo ereetus* jednostavno naša ranija verzija. Vjerujem daje iz Afrike izašla samo jedna vrsta ljudi, to jest *Homo sapiens.«*

Protivnici multiregionalne teorije odbacuju je prvenstveno zato što ona zahtijeva nevjerojatnu mogućnost paralelne evolucije hominida diljem Starog svijeta - u Africi, Kini, Europi, najudaljenijim otocima Indonezije, gdje god su se pojavili. Neki također vjeruju da multi-regionalizam potiče rasističko stajalište, a antropologiji je trebalo dugo vremena da ga se riješi. Početkom šezdesetih godina 20. stoljeća slavni antropolog Carleton Coon sa Sveučilišta Pennsvlvanija sugerirao je da neke suvremene rase imaju različito podrijetlo, implicirajući da neki od nas potječu od superiornije loze. To je neugodno podsjetilo na prijašnja vjerovanja da su neke suvremene rase, poput afričkih »bušmana« (ispravno Kalahari San) i australskih abondžina, primitivnije od drugih.

Štogod da Coon privatno mislio, mnogi su zaključili da su neke rase prirođeno naprednije i da bi neki ljudi zapravo mogli činiti zasebnu vrstu. To stajalište, danas toliko instinktivno uvredljivo, sve je donedavno bilo naširoko popularizirano na mnogim uglednim mjestima. Preda mnom je popularna knjiga koju je 1961. izdala Time-Life Puhlications pod naslovom *The Epie of Man* (Čovjekova epopeja), a koja je zasnovana na seriji članaka u časopisu *Life.* U njoj ćete naći i ovakve komentare: »Rodezijski čovjek... je živio sve do prije 25000 godina i možda je bio predak afričkih crnaca. Veličina njegova mozga bila je gotovo jednaka mozgu *Homo sapieusa«.* Drugim riječima, crni su Afrikanci nedavno potekli od stvorenja koja su tek »blizu« *Homo sapicusu.*

Thorne kategorički (i vjerujem iskreno) odbacuje ideju daje njegova teorija u bilo kojem smislu rasistička, a ujednačenost ljudske evolucije objašnjava tvrdnjom da je bilo mnogo migracija između kultura i regija. »Nema razloga za pretpostavku da su ljudi išli u samo jednom smjeru«, kaže. »Ljudi su se kretali posvuda, a tamo gdje bi se susreli, gotovo bi sigurno razmijenili genetski materijal međusobnim križa-

njem. Novopridošli ne bi zamijenili domaću populaciju, samo bi joj se *pridružili.* Postajali dio nje.« Tu situaciju uspoređuje s onom kada su istraživači poput Cooka ili Magellana po prvi put otkrili daleke narode. »To nisu bili susreti različitih vrsta, nego iste vrste s nekim fizičkim razlikama.«

U fosilnim zapisima, uporan je Thorne, zapravo se može iščitati postupan i trajan prijelaz. »Postoji slavna lubanja iz Petralone u Grčkoj, koja je stara više od tristo tisuća godina, a izaziva prepirke medu tradicionalistima, jer se sjedne strane čini da pripada *Homo ereetusu,* a s druge *Homo sapiensu.* Tvrdimo da upravo to možete očekivati od vrsta koje su evoluirale, a ne od onih koje su bile protjerane.«

U razrješavanju nedoumice pomogao bi dokaz o križanju, ali to iz fosila uopće nije lako dokazati ili osporiti. Arheolozi su 1999. godine u Portugalu pronašli kostur djeteta od otprilike četiri godine koje je umrlo prije 24500 godina. Kostur je u cjelini bio moderan, ali s određenim arhaičnim, vjerojatno neandertalskim karakteristikama: s neobično jakim kostima nogu, izrazito »lopatastim« zubima te (iako se svi ne slažu glede toga) s udubljcnjcm na stražnjem dijelu lubanje koje se zove *supraiiiiac fossa,* isključivom karakteristikom neandertalaca. Erik Trmkaus sa Sveučilišta Washington u St. Louisu. vodeći stručnjak za neandertalce, objavio je daje to dijete križanac: dokaz da su se moderni ljudi i neandertalci križali. Međutim, druge je mučilo što se neandertal-ske i moderne osobine nisu bile više stopile. Kao stoje rekaojedan kritičar: »Ako pogledate mulu, nećete vidjeti prednji dio magarca i stražnji dio konja.«

lan Tattersall je izjavio daje to samo »zdepasto moderno dijete«. Priznaje daje vjerojatno moglo biti nekog »muljanja« između neandertalaca i modernih ljudi, ali ne vjeruje da bi to moglo rezultirati reproduktivno uspješnim potomstvom.* »Ne poznajem dva organizma iz ijedne domene biologije koji su tako različiti, ali još uvijek iz iste vrste«, zaključio je Tattersall.

Osim fosilnih zapisa koji nisu od koristi, znanstvenici se sve više okreću genetskim istraživanjima, posebno dijelu poznatom kao mitohondrijska

Jedna je mogućnost da su neandertalci i kromanjonci imali različit broj kromosoma, komplikacija koja se često javlja kad se miješaju vrste koje su bliske, ali ne baš identične. U konjskom svijetu, na primjer, konji imaju 64 kromosoma, a magarci 62. Sparite to dvoje i dobit čete potomstvo s reproduktivno beskorisnim brojem kromosoma. 63. Ukratko, imate sterilnu mulu.

DNK. Mitohondrijska DNK otkrivena je tek 1964. godine, a do osamdesetih neki genijalci sa Caliiornijskog sveučilišta u Berkelevju shvatili su da ona ima dvije značajke koje je čine osobito prikladnom da posluži kao svojevrsni molekulski sat: prenosila se samo kroz žensku liniju -tako da se ne miješa s očinskom DNK u svakoj novoj generaciji i mutira oko dvadeset puta brže nego obična DNK iz jezgre - tako daje lakše otkrivati i pratiti genetske uzorke kroz vrijeme. Praćenjem brzine mutacija može se otkriti genetska povijest i odnosi cijelih skupina ljudi.

Tim s Berkelevja, predvođen pokojnim Allanom Wilsonom, 1987. godine izvršio je analizu mitohondrijske DNK na uzorku od 147 pojedinaca te izjavio da sti se anatomski moderni ljudi pojavili u Africi u posljednjih 140 000 godina i da su »svi suvremeni ljudi potomci te populacije«. Bio je to ozbiljan udarac multiregionahstima. No, znanstvenici su tada počeli pomnije razmatrati podatke. Jedna od najčudnijih okolnosti - zapravo, čudna do nevjerice - bila je da su »Afrikanci«, na kojima su izvršene pretrage, zapravo bili Atroamerikanci, čiji su geni očito bili podložni znatnom miješanju posljednjih nekoliko stotina godina. Uskoro su se pojavile i sumnje oko pretpostavljenih brzina mutacija.

Do 1992. godine to je istraživanje bilo uvelike diskreditirano. No. tehnike genetske analize i dalje su se usavršavale; 1997. znanstvenici sa sveučilišta u Miinchenu uspjeli su izvući i analizirati nešto DNK iz kosti ruke neandertalskog čovjeka, a dokazi su se ovaj put održali. Min-henska je studija otkrila da neandertalska DNK ne sliči ni na jednu DNK koja danas postoji na Zemlji, uvjerljivo ukazujući da nema genetske povezanosti između neandertalaca i modernih ljudi. To je stvarno bio udarac multiregionalizmu.

Zatim, potkraj 2000. godine *Nature* i druge publikacije izvijestile su o švedskoj studiji mitohondrijske DNK pedeset troje ljudi, po kojoj su svi moderni ljudi potekli iz Afrike u zadnjih sto tisuća godina, i to iz izvorne loze od najviše deset tisuća pojedinaca. Zatim je Eric Lander, direktor Whitehead/Massachuscttskog instituta tehnologije Centra za istraživanje genoma. objavio da su moderni Europljani, a možda i njihovi dalji srodnici, potomci »najviše nekoliko stotina Afrikanaca koji su napustili svoju domovinu prije tek 25 000 godina«.

Kao što smt) već naveli, moderni ljudi imaju začuđujuće malu genetsku varijabilnost - »više je raznolikosti u jednoj grupi od pedeset tri čimpanze nego u cijeloj ljudskoj populaciji«, kao što je rekao jedan stručnjak - a ovo bi objasnilo i zastoje to tako. Budući da smo nedavno

potekli od male izvorne populacije, nije bilo dovoljno ni vremena ni ljudi da se osigura izvor velike raznolikosti. To se činilo kao prilično oštar udarac multiregionalizmu. »Nakon ovoga«, izjavio je akademik s Penn Statea za *IVashington Post,* »ljude više neće zabrinjavati multire-gionalna teorija, za koju ionako ima jako malo dokaza.«

Ali sve je to previdjelo više-manje beskrajan niz iznenađenja koji su krili drevni ljudi s Munga iz zapadnog Novog Južnog Walesa. Početkom 2001. godine Thorne i njegovi kolege s Australskog nacionalnog sveučilišta izvijestili su da su izvukli DNK iz najstarijih primjeraka s Munga - prema današnjim procjenama starih šezdeset dvije tisuće godina - i ta se DNK pokazala »genetski različitom«.

Čovjek s Munga, prema tim otkrićima, bio je anatomski moderan -baš kao vi i ja - ali je nosio izumrli genetski kod. Njegove mitohondrij-ske DNK više nema u živim ljudima, kao što bije trebalo biti ako on, kao svi moderni ljudi, potječe od pojedinaca koji su napustili Afriku u nedavnoj prošlosti.

»To je ponovno sve preokrcnulo«, kaže Thorne s neskrivenim oduševljenjem.

Zatim su se počele javljati druge, još čudnije anomalije. Rosalind Harding, genetičarka populacija na Institutu biološke antropologije na Oxfordu, proučavala je sekvenciju aminokiselina, betaglobina, u modernih ljudi i otkrila dvije varijante koje su česte kod Azijaca i australskih urođenika, ali jedva da postoje u Africi. Sigurna je da se ti varijantni geni, a koje nam 'preslikava' sekvencija aminokiselina, prije više od dvjesto tisuća godina nisu pojavili u Africi, nego u istočnoj Aziji -davno prije nego stoje moderni *Homo sapieiis* došao do te regije. Jedino je objašnjenje da su medu precima ljudi koji danas žive u Aziji bili i arhaični hominidi - javanski čovjek i njemu slični. Zanimljivo je da se taj isti varijantni gen - gen javanskog čovjeka, da se tako izrazimo -javlja u suvremenoj populaciji u Oxfordshireu.

Bio sam zbunjen pa sam posjetio gospodu Harding na Institutu, koji je smješten u jednoj staroj vili na adresi Banburv Road u Oxfordu. Haringova je sitna i živahna Australka rodom iz Brisbanea i posjeduje rijetku sposobnost da istodobno bude ozbiljna i duhovita.

»Pojma nemam«, odmah mije odgovorila sa smiješkom kada sam je upitao kako su se u ljudima u Oxfordshireu našle sekvencije u beta-globinu koje tamo ne bi smjele biti. »U cjelini gledano«, nastavila je ozbiljnije, »genetski zapisi podržavaju afričku hipotezu. Ali smo onda otkrili anomalne skupine o kojima većina genetičara radije ne priča.

Postoje *goleme* količine informacija koje bi nam bile dostupne kada bismo ih samo mogli razumjeti, ali mi ih još uvijek ne razumijemo. Tek smo počeli.« Odbila je reći išta više o tome što nam govori postojanje gena azijskog podrijetla u Oxfordshireu, osim daje situacija očito složena. »U ovom trenutku samo možemo reći daje to vrlo neuredno i da zapravo ne znamo zašto.«

U vrijeme našeg sastanka, početkom 2002., jedan drugi oksfordski znanstvenik, Brvan Svkes, upravo je bio izdao popularnu knjigu naslovljenu *The Seveti Daughters ofEve* (Sedam Evinih kćeri) u kojoj, na temelju studija mitohondrijske DNK, tvrdi da je uspio ući u trag gotovo svim živim Europljanima u temeljnoj populaciji od samo sedam žena - odnosno »Evinih kćeri« iz naslova - koje su živjele prije deset do četrdeset pet tisuća godina, u razdoblju poznatom kao paleolit. Svim je tim ženama Svkes nadjenuo i ime - Ursula, Xenia, Jasmine i tako dalje - pa čak pripisao i detaljnu biografiju. (»Ursula je bila drugo dijete svoje majke. Prvo je pojeo leopard kad su mu bile samo dvije godine...«)

Kada sam Hardingovu upitao o toj knjizi, nasmijala se, ali je ostala suzdržana, kao da baš i nije sigurna kako da odgovori. »Pa, pretpostavljam da mu treba odati priznanje za pomoć pri popularizaciji teške teme«, rekla je i zamišljeno zastala. »A ostaje i *mala* vjerojatnost daje u pravu.« Nasmijala se i gorljivije nastavila: »Podaci iz bilo kojeg pojedinačnog gena zapravo vam ne mogu reći ništa toliko definitivno. Ako mitohondrijsku DNK slijedite u prošlost, odvest će vas do određenog mjesta - do Ursule, Tare ili koje god. No, ako uzmete bilo koji *drugi* dio DNK, bilo koji gen, pa unatrag slijedite *njega,* odvest će vas na neko potpuno drugo mjesto.«

Zaključio sam daje to kao da nasumce slijedite neku cestu iz Londona i otkrijete da završava u John O'Groatsu, pa na temelju toga zaključite da su svi koji žive u Londonu sigurno došli sa sjevera Škotske. *Mogli* su doći otamo, naravno, ali su isto tako mogli doći i sa sto drugih mjesta. U tom smislu, Hardingovoj je svaki gen različita autocesta, a mi smo tek počeli upisivati njihove putove na kartu. »Nijedan gen nikada vam neće ispričati cijelu priču«, rekla je.

Znači da genetskim studijama ne treba vjerovati?

»O, studijama svakako možemo vjerovati. No, ne možemo vjerovati preopćenitim zaključcima koje im ljudi često pripisuju.«

Ona smatra cia je teza o afričkom podrijetlu »vjerojatno devedeset pet posto točna«, ali dodaje: »Mislim da su obje strane napravile med-

vjedu uslugu znanosti svojim inzistiranjem daje moguće samo ili jedno ili drugo. Vjerojatno će se ispostaviti da stvari nisu tako jednostavne kako nas oba tabora pokušavju uvjeriti. Dokazi upućuju daje bilo mnogostrukih migracija i raspršivanja u različite dijelove svijeta, koji su išli u raznim smjerovima, pa su miješali rezervoar gena. To se sigurno neće moći jednostavno riješiti.«

Tada se pojavio i niz izvješća koja su dovodila u pitanje pouzdanost tvrdnji koje su se odnosile na dobivanje vrlo stare DNK. Jedan znanstvenik izjavio je za časopis *Nature* kako je neki paleontolog na pitanje kolege - misli li daje neka stara lubanja prelakirana, istu liznuo po tjemenu i odgovorio da jest. »Tako je«, isticao je u članku, »velika količina suvremene ljudske DNK prenesena na tu lubanju«, što ju je učinilo beskorisnom za daljnja istraživanja. Upitao sam Hardingovu o tome. »Ah, sigurno je već bila kontaminirana«, rekla je. »Dovoljno je da kost uzmete u ruku i kontaminirat ćete je. Kontaminirat ćete je i disanjem. Kontaminirat će je i većina vode u našim laboratorijima. Svi se kupamo u stranoj DNK. Da biste dobili pouzdano čist uzorak, morate ga iskopati u sterilnim uvjetima i testirati na samom nalazištu. Najteže je doći do nekontaminiranog uzorka.«

»Treba li onda takve tvrdnje smatrati dvojbenim?« upitao sam.

Gospoda Harding dostojanstveno je kimnula glavom. »Vrlo.«

Ako odmah želite saznati zašto o ljudskom podrijetlu znamo tako malo, imam pravo mjesto za vas. Možete ga pronaći malo iznad ruba plavih brda Ngong u Keniji, jugozapadno od Nairobija. Odvczite se iz grada glavnom autocestom do Ugande i zaslijepit će vas zapanjujuća divota, trenutak kada propadne tlo i pred vama se otvori ptičji pogled na beskrajnu blijedozelenu afričku ravnicu.

To je Velika rasjedna dolina, koja se proteže više od 5000 kilometara kroz istočnu Afriku, označavajući tektonsku pukotinu koja odvaja Afriku od Azije. Kojih 65 kilometara izvan Nairobija, na užarenom tlu doline nalazi se drevno nalazište Olorgesailie, uz koje je nekad bilo veliko i lijepo jezero. Dugo nakon što je jezero nestalo, geolog J.W. Gregorv ispitivao je 1919. godine to područje radi ruda, kada je naišao na dio tla po kojem je bilo razbacano anomalno tamno kamenje očito oblikovano ljudskom rukom. Otkrio je jedno od velikih nalazišta ašclejskog oruđa o kojem mije govorio lan Tattersall.

Sasvim neočekivano posjetio sam 2002. godine to izvanredno nalazište. U Keniji sam bio iz sasvim drugog razloga, radi nekih projekata

koje vodi dobrotvorna organizacija CARE International, ali moji su domaćini znali za moje zanimanje za ljudsko podrijetlo i ovu knjigu pa su u raspored uvrstili i posjet Olorgesailieu.

Nakon što gaje otkrio geolog Gregorv, Olorgesailie je neometano ležao više od dva desetljeća prije nego što je slavni tim supružnika Louis i Marv Leakev počeo iskapanje koje još uvijek nije dovršeno. Leakevjcvi su otkrili nalazište koje se protezalo na desetak jutara, gdje je milijun godina, od prije otprilike 1,2 milijuna godina do prije dvjesto tisuća godina u golemim količinama izrađivano oruđe. Danas je to nalazište oruđa zaštićeno velikim limenim šupama te ograđeno žicom kako bi se spriječilo oportunističko pljačkanje posjetitelja, ali sve oruđe nalazi se upravo tamo gdje su ga tvorci ispustili i gdje su ga pronašli Leakevjcvi.

Jillani Ngalli, živahni mladić iz Kenijskog nacionalnog muzeja koji mije bio dodijeljen kao vodič, rekao mije da u dolini nikada nisu pronašli kremene i opsidijanske stijene od kojih su načinjeni ručni klinovi. »Kamenje su morali nositi otamo«, rekao je pokazujući glavom na par udaljenih maglovitih planina u suprotnom smjeru od nalazišta: Olorgesailie i Ol Esakut. Bile su udaljene desetak kilometara - dug put za prenošenje kamenja na rukama.

Naravno, možemo samci nagađati zašto su se ljudi iz Olorgesailiea toliko trudili. Ne samo da su vukli teško kamenje na veliku daljinu do obale jezera nego su zatim, što je još čudnije, organizirali to mjesto. Iskapanjem Leakevjevih otkriveno je da su na jednom mjestu klinovi oblikovani, a na drugo su donošeni tupi da se ponovno naoštre. Ukratko, Olorgesailie je bio neka vrsta tvornice - koja je poslovala milijun godina.

Razne replike pokazale su da je klinove bilo komplicirano i teško napraviti te daje u njihovu izradu trebalo uložiti mnogo rada - čak i uz praksu, trebali su sati da se oblikuje jedan klin - ali čudi da nisu bili osobito dobri za rezanje, sjeckanje, struganje ili bilo koji drugi zadatak koji su mogli imati. I tako ostajemo pri stajalištu da su milijun godina - mnogo, mnogo dulje nego što naša vrsta čak i postoji, a kamoli da se bavi trajnim združenim naporima - praljudi u znatnom broju dolazili baš na to mjesto kako bi izradili iznimne) mnogo oruđa koje nam je prilično čudno i bez smisla.

A tko su bili ti ljudi? Zapravo, nemamo pojma. Pretpostavljamo da su bili *Homo civctusi* jer nemamo drugih poznatih kandidata, što znači da su na svom vrhuncu - svom *vrhuncu* - radnici iz Olorgesailiea imali

mozak današnjih beba. No, nema tizičkih dokaza na kojima bismo temeljili taj zaključak. Usprkos više od šezdeset godina traženja, u blizini Olorgesailiea nikada nije pronađena nijedna ljudska kost. Koliko god da su tamo proveli vremena oblikujući kamenje, čini se da su umrijeti odlazili negdje drugdje.

»Sve je to zagonetka«, rekao mi je Jillani Ngalli blistajući od sreće.

Ljudi iz Olorgesailiea nestali su sa scene prije oko dvjesto tisuća godina, kada se isušilo jezero, a Rasjed postao vruće i opasno mjesto kakvo je danas. Ali, tada su već bili odbrojeni njihovi dani kao vrste. Svijetom je zavladala prva prava rasa gospodara, *Homo sapiens.* Ništa više nikad neće biti isto.

30

ZBOGOM

Početkom osamdesetih godina 17. stoljeća, baš kada su Edmond Hallev i njegovi prijatelji Christopher Wren i Robert Hooke u jednoj londonskoj kavani sklapali okladu koja će na koncu rezultirati *Principima* Isaaca Nevvtona, a Henrvja Cavendisha nagnati da važe Zemlju te izazvati još mnogo drugih nadahnutih i pohvalnih pothvata koji su nas zaokupljali na ovih četiristotinjak stranica, došlo je do mnogo manje pohvalne prekretnice na otoku Mauricijusu, daleko u Indijskom oceanu, kojih 1300 kilometara od istočne obale Madagaskara.

Tamo je neki zaboravljeni mornar ili mornarev kućni ljubimac na smrt mučio posljednje primjerke ptice dodo, slavne ptice koja ne leti. Njena tupa i lakoumna narav te nedostatak nožnog poleta učinila ju je neodoljivom metom za mlade mornare koji su se dosađivali na obalnom dopustu. Milijuni godina mirne izolacije nisu je pripremili za nepredvidivo i krajnje nesnosno ponašanje ljudskih bića.

Ne znamo točne okolnosti, čak ni godinu posljednjih trenutaka posljednjeg dodoa, tako da ne znamo što je došlo prije, svijet koji je sadržavao *Principe* ili onaj u kojem nije bilo dodoa. ali znamo da se sve to odvijalo manje-više istodobno. Smatram da bi bilo teško pronaći bolji par okolnosti koje ilustriraju božansku i zločinačku narav ljudskih bića - vrste organizma koja je sposobna odgonetnuti najskrivenije tajne nebeskog svoda, a istodobno bez ikakva razloga istrijebiti stvorenje koje nam nije ništa skrivilo, pa čak ni bilo sposobno shvatiti što mu radimo

dok smo mu to radili. Zaista, priča se da su ptice dodo bile nevjerojatno tupave - ako ste željeli pronaći sve dodoe u blizini, samo ste morali uloviti jednog i natjerati ga da kriješti i svi bi se ostali dogegali da vide što se događa.

Poniženje jadnog dodoa nije ostalo samo na tome. Sedamdeset godina nakon smrti posljednjeg primjerka, ravnatelj muzeja Ashmolean u Oxfordu zaključio je 1755. godine da njihov preparirani dodo postaje neugodno pljesniv pa je naredio da se baci u vatru. To je bila vrlo čudna odluka, s obzirom da je to bio posljednji postojeći dodo, bilo prepariran ili u kojem drugom obliku. Zgranuti zaposlenik koji se našao u blizini pokušao je izbaviti pticu, ali uspio je spasiti samo glavu i dio noge.

Kao rezultat toga i ostalih odstupanja od zdravog razuma, još uvijek ne znamo kakoje dodo točno izgledao. Poznato je mnogo manje nego što većina ljudi pretpostavlja - nekolicina grubih opisa »znanstveno neobrazovanih putnika, tri ili četiri ulja na platnu te nekoliko raštrkanih koštanih fragmenata«, prema ojađenim riječima H. E. Stricklanda, prirodoslovca iz 19. stoljeća. Kao stoje Strickland sjetno primijetio, imamo više fizičkih dokaza o nekim drevnim morskim nemanima i nespretnim sauropodima nego što imamo o ptici koja je živjela do modernih vremena, a za preživljavanje nije tražila ništa osim naše odsutnosti.

Dakle, o dodou je poznato sljedeće: živio je na Mauricijusu, bio je punašan, ali neukusan, te je bio najveći ikada postojeći član porodice golubova, iako je nepoznato koliki je zapravo bio jer mu težina nikada nije bila točno zabilježena. Rekonstrukcije iz Striklandovih »koštanih fragmenata« i skromnih ostataka iz Ashmoleana pokazuju daje bi visok oko metar i otprilike isto toliko dug od vrha kljuna do stražnjice. Budući da nije letio, gnijezdio se na tlu, ostavljajući jaja i ptiće kao tragično lak plijen za svinje, pse i majmune koje su na otok donijeli došljaci. Vjerojatno je izumro već do 1683. godine, a 1693. ga sigurno više nije bilo. Ne znamo gotovo ništa više, osim, naravno, da nešto slično više nikada nećemo vidjeti. Ne znamo ništa o njegovim reproduktivnim navikama i ishrani, kuda se kretao, kakve je zvukove proizvodio. Nemamo nijedno jaje dodoa.

Od početka do kraja naše poznanstvo sa živim dodoima trajalo je samo sedamdeset godina. To je zapanjujuće kratko razdoblje - iako se mora reći da smo dotad u svojoj povijesti već imali tisuće godina praktičnog iskustva s problemima neopozive eliminacije. Nitko ne zna

koliko su točno ljudska bića destruktivna, ali činjenica je da su, gdje god smo u posljednjih pedesetak tisuća godina došli, životinje nestajale, često u nevjerojatno velikom broju.

U Americi je nestalo trideset rodova velikih životinja - neke od njih zaista su bile velike- izbrisane su gotovo jednim udarcem nakon dolaska modernih ljudi na taj kontinent prije deset do dvadeset tisuća godina. Sjeverna i Južna Amerika izgubile su oko tri četvrtine svojih velikih životinja kada je stigao čovjek lovac sa svojim kremenim kopljima i izraženim organizacijskim sposobnostima. U Europi i Aziji životinje su imale više vremena da razviju koristan oprez prema ljudima pa su izgubile između trećine i polovice svojih velikih stvorenja. Australija ih je iz upravo suprotnog razloga izgubila čak 95 posto.

Budući da su rane populacije lovaca bile relativno male, a životinjske populacije monumentalne - pretpostavlja se daje samo u tundri sjevernog Sibira ostalo smrznuto čak 10 milijuna trupala mamuta - neki stručnjaci misle da moraju postojati druga objašnjenja, koja vjerojatno predmnijevaju klimatske promjene ili neku vrstu pandemije. Kao što reče Ross MacPhce iz Američkog prirodoslovnog muzeja: »Nema materijalne koristi od lova na opasne životinje češće nego što je potrebno - možete pojesti samo određenu količinu mamutovih odrezaka.« Ostali vjeruju daje bilo gotovo kriminalno lako uhvatiti i dotući plijen. »U Australiji i Americi«, Laže Tim Flannerv, »životinje vjerojatno nisu znale da trebaju pobjeći.«

Neka od izumrlih stvorenja bila su jedinstveno spektakularna i s njima baš ne bi bilo lako izlaziti na kraj da su još s nama. Zamislite ljcnivce koji vam mogu zaviriti kroz prozor na katu, kornjače veličine malog Fiata, guštere monitore dugačke 6 metara koji se sunčaju uz pustinjske autoceste u Zapadnoj Australiji. Nažalost, njih nema, a mi živimo na prilično smanjenom planetu. Danas su na cijelom svijetu preživjele samo četiri vrste stvarno krupnih (od tone pa naviše) kopnenih životinja', slonovi, nosovozi, vodenkonji i žirafe. Već desecima milijuna godina život na Zemlji nije bio tako sitan i pitom.

Postavlja se pitanje jesu li izumiranja iz kamenog doba i iz nedavnog razdoblja zapravo dio jedinstvenog događaja izumiranja - ukratko, jesu li ljudi sami po sebi loša vijest za ostala živa stvorenja. Tužna je vjerojatnost da bismo to mogli biti. Prema paleontologu sa Sveučilišta u Chicagu Davidu Raupu u biološkoj povijesti prosječna stalna stopa izumiranja na Zemlji vi prosjeku je iznosila po jednu izgubljenu vrstu u četiri godine. Prema Richardu Leakevju i Rogeru Levvinu u *Šestom*

izumiranju, izumiranja koja uzrokuje čovjek mogla bi biti čak 120 000 puta češća.

Sredinom devedesetih godina 20. stoljeća australskog prirodoslovca Tima Flannervja, danas voditelja Muzeja Južne Australije u Adelaideu, zabrinulo je koliko malo znamo o mnogim izumiranjima, uključujući i ona relativno nedavna. »Gdje god pogledali, činilo se da u zapisima ima rupa - nedostaju dijelovi, kao kod ptice dodo, ili uopće ništa nije zabilježeno«, rekao mije u Melbourneu početkom 2002.

Flannerv je angažirao svog prijatelja Petera Schoutena, umjetnika i sunarodnjaka, pa su se upustili u pomalo opsesivnu pretragu većih svjetskih zbirki kako bi otkrili stoje izgubljeno, što je preostalo, a što uopće nikada nije ni bilo poznato. Četiri su godine prebirali po starim kožama, pljesnivim primjercima, dreviiim crtežima i zabilježenim opisima - što god im je bilo na raspolaganju. Schouten je izradio slike svih životinja u prirodnoj veličini, i to onih koje su mogli suvislo rekonstruirati, a Flannerv ih je dopunio opisima. Rezultat je bila iznimna knjiga .4 *Gap iu Nature* (Rupa u prirodi), koja sačinjava najcjelovitiji — i, mora se reći, najpotresniji - katalog životinjskih izumiranja u posljednjih tristo godina.

Zapisi o nekim životinjama bili su dobri, ali nitko s njima nije napravio ništa posebno, ponekad godinama, a ponekad nikada. Stcllerov morski lav. stvorenje nalik na morža i srodno moronju, bila je jedna od posljednjih velikih izumrlih životinja. Bila je zaista golema - odrasla je mogla narasti do duljine od gotovo 9 metara i težiti 10 tona - ali nama je poznata samo zato jer je ruska ekspedicija 1741. godine doživjela brodolom na jedinom mjestu gdje su ta stvorenja još živjela, na dalekom i maglovitom Komandorskom otočju u Beringovom moru.

Srećom, u ekspediciji je bio i prirodoslovac Georg Steller koji je bio fasciniran tom životinjom. »Napravio je vrlo opširne bilješke«, kaže Flannerv. »Gak je izmjerio i debljinu njenih brkova. Jedino što nije želio opisati bile su genitalije mužjaka - iako je iz nekog razloga vrlo detaljno obradio one u ženki. Gak je sačuvao i komad kože. tako da smo imali predodžbu o njenoj teksturi. Nismo uvijek bili te sreće.«

Steller jedino nije mogao spasiti samog morskog lava. Kako je već bio izlovljcn do ruba izumiranja, u sljedećih će dvadeset sedam godina nakon Stellerova otkrića i sasvim nestati. Međutim, mnoge druge životinje nisu mogle biti obuhvaćene jer se o njima premalo zna. Sko-čimiš iz Darlmg Dovvnsa. labud s Chathamskih otoka, prdavac neletač

s otoka Ascension, najmanje pet vrsta velikih kornjača i mnogi drugi zauvijek su nestali, ostala su samo imena.

Flanncrv i Schouten otkrili su da velik dio izumiranja nije bio okrutan ni obijestan, nego nekako veličanstveno budalast. Kada je 1894. godine sagrađen svjetionik na usamljenom grebenu poznatom kao Stcphensov otok, u olujnom tjesnacu između Sjevernog i Južnog otoka Novog Zelanda, svjetioničareva mačka stalno mu je donosila čudne male ptice koje je ulovila. Svjetioničar je neke primjerke poslušno poslao u Muzej u Wellingtonu. Tamošnji se kustos vrlo uzbudio jer je ptica bila reliktna vrsta palčića neletača -jedini ikad pronađeni primjerak ptice koja se visoko gnijezdi, a ne leti. Smještaje otišao na otočić, ali dok je stigao, mačka ih je već sve bila pobila. Danas postoji samo dvanaest prepariranih muzejskih primjeraka palčića neletača sa Stephensova otoka.

Njih barem imamo. Pokazalo se da prečesto nismo mnogo bolji u brizi za vrste nakon što odu nego što smo bili prije nego što su otišle. Uzmimo na primjer dražesnu papigicu karolinu. Onako smaragdnoze-lena sa zlaćanom glavom, bilaje navodno najdojmljivija i najljepša ptica koja je ikada živjela u Sjevernoj Americi - papige se obično ne usuđuju otići tako daleko na sjever, kao što ste možda i primijetili - a na svom vrhuncu postojala je u golemom broju, premašivao ju je samo golub selac. No, poljoprivrednici su karolinu smatrali štetočinom, a lako su je lovili jer se jatila zbijeno i imalajc neobičnu naviku da poleti na zvuk pucnja iz puške (kao što biste i očekivali), ali bi se zatim gotovo smjesta vraćala da pogleda pale drugove.

U svom klasiku *American Oniitholog}'* (Američka ornitologija), napisanom početkom 19. stoljeća, Charles Willson Peale opisuje kako je jednom prigodom opetovano praznio sačmaricu u drvo na kojem su se zadržavale:

> Prilikom svakog uzastopnog hica padale su u pljusku, ali činilo se kao da se time povećavala znatiželja preživjelih: nakon nekoliko krugova oko tog mjesta ponovno bi sletjele kraj mene i tako suosjećajno i zabrinuto gledale na svoje pale pratitelje da su me potpuno razoružale.

Do drugog desetljeća 20. stoljeća te su ptice tako nemilosrdno lovili da ih je preživjelo samo nekoliko u zarobljeništvu. Posljednja, zvana Inča. uginula je 1918. godine u zoološkom vrtu u Cincinnatiju (ni četiri godine nakon što je u istom zoološkom vrtu uginuo posljednji

golub selac) te je s mnogo poštovanja preparirana. A gdje danas možete vidjeti jadnu Inču? Nitko ne zna. Zoološki ju jc vrt izgubio.

*

U navedenoj priči najviše intrigira i zbunjuje daje Peale bio ljubitelj ptica, a ipak ih je bez oklijevanja ubijao u velikom broju, bez ikakva razloga, jednostavno mu je to bilo zanimljivo. Zaista zapanjuje činjenica da su ljudi koje su najviše zanimala živa biča vrlo dugo bili ti koji su ih najčešće istrebljivali.

Najbolji primjer toga (ili najgori) bio je Lionel Waker Rothschild, drugi barun Rothschild. Potomak velike bankarske obitelji, bio je čudan i povučen svat. Cijeli svoj život, od 1868. do 1937. godine, proživio je u dječjem krilu svog doma u Tringu u Buckinghamshircu, sred namještaja iz djetinjstva - čak je spavao u svom dječjem krevetu, iako je na koncu težio 135 kilograma.

Kako je njegova strast bilo prirodoslovlje, postao je predan skupljač. Slao je horde izučenih ljudi - čak do četiristo odjednom - u sve krajeve svijeta da se veru preko planina i probijaju kroz džungle u potrazi za novim primjercima - osobito za stvorovima koji lete. Stavljali bi ih u sanduke ili kutije te slali na Rothschildovo imanje u Tringu, gdje bi on s bataljunom pomoćnika sve iscrpno bilježio i analizirao, tako da je proizvodio stalan protok knjiga, referata i monografija - ukupno tisuću i dvjesto jedinica. Rothschildova prirodopisna tvornica obradila je više od 2 milijuna primjeraka te je znanstvenoj arhivi dodala pet tisuća vrsta raznih stvorenja.

Zanimljivo je da Rothschildovi sakupljački napori nisu bili ni najopsežniji ni najizdašnije financirani od svih u 19. stoljeću. Ta titula gotovo sigurno pripada nešto ranijem, ali također vrlo bogatom britanskom skupljaču Hughu Cumingu, koji je bio toliko zaokupljen skupljanjem da je izgradio ogroman oceanski brod i imao stalnu posadu koja je plovila svijetom i skupljala što god bi našla - ptice, biljke, životinje svih vrsta i. pogotovo, školjke. Njegova neusporediva zbirka lupani pripala je Darvvinu i poslužila kao osnova za njegovu poticajnu studiju.

Međutim. Rothschild jc vjerojatno bio najznanstveniji skupljač svog doba. ali nažalost, i najubojitiji. jer se devedesetih godina 19. stoljeća zainteresirao za 11 avaj e, koji su možda najranjiviji okoliš koji je Zemlja stvorila. Milijuni godina izolacije omogućili su Mavajima da razviju 8800 jedinstvenih vrsta životinja i biljaka. Rotlischilda su posebno

zanimale šarene i osebujne ptice tog otočja, a često su sačinjavale vrlo male populacije koje su nastanjivale iznimno specifična područja.

Tragedija mnogih havajskih ptica nije bila samo da su bile osebujne, poželjne i rijetke - što je opasna kombinacija i u najboljim okolnostima - nego ih je često bik) nevjerojatno lako uhvatiti. Velika zeba koa, bezazlen član porodice havajki, sramežljivo se krila u krošnjama stabala koa. ali kada bi netko oponašao njen pjev, napustila bi sklonište i smjesta doletjela u znak dobrodošlice. Posljednja od te vrste nestala je 18%. godine, a ubio ju je Rothschildov super-sakupljač Harrv Palmer, pet godina nakon nestanka njena rođaka, manje zebe koa, ptice koja je bila toliko rijetka da je viđena samo jedna: ona koja je bila ustrijeljena za Rothschildovu zbirku. Zajedno desetljeće Rothsclnldova najintenzivnijeg skupljanja nestalo je najmanje devet vrsta havajskih ptica, a možda i više.

Rothschild nipošto nije bio usamljen u svom fanatizmu da po svaku cijenu zarobi ptice. Ostali su zapravo bili još bezobzirniji. Kada je poznati skupljač Alanson Bryan shvatio je daje 1907. godine ustrijelio posljednja tri primjerka crnih mamoa, vrste šumske ptice koja je bila otkrivena tek desetljeće prije, zapisao je da gaje ta vijest ispunila »radošću«.

Ukratko, to je doba teško razumjeti - doba kada je gotovo svaka životinja bila progonjena akt) se smatralo daje i najmanje nametljiva. Država Ne\v York isplatila je 1890. godine više od stotinu nagrada za istočnoplaninske lavove, iako je bilo jasno da su ta često napadana stvorenja na rubu istrebljenja. Sve do četrdesetih godina 20. stoljeća mnoge su države isplaćivale nagrade za gotovo svaku vrstu grabcžljiv-ca. West Virginia isplaćivala je godišnju školarinu za koledž onome tko bi donio najveći broj mrtvih štetočina - a »štetočina« je bio slobodno tumačen pojam i značio je gotovo sve što se nije uzgajalo na larmama ili uživalo status kućnog ljubimca.

Možda ništa živopisnije ne govori o čudnovatosti toga vremena od sudbine dražesne male Bachmanove pjevice. Ta je pjevica obitavala u južnom dijelu Sjedinjenih Država, gdje je bila poznata po svom neobično ljupkom pjevu, ali kako članovi populacije nisu bili izdržljivi, postupno su se osipali, pa je tridesetih godina 20. stoljeća pjevica potpuno nestala te nije bila dugo viđena. Sretnim slučajem dva su nezavisna ljubitelja ptica 1939. godine na vrlo udaljenim mjestima u samo dva dana razmaka nezavisno našla jedine preživjele predstavnike vrste. Obojica su ih ustrijelila.

Nagon za istrebljenjem nije bio isključivo američki. U Australiji su isplaćivane nagrade za tasmanijskog tigra (točan naziv je *thylaciue),* stvorenje slično psu, sa specifičnim »tigrastim« prugama preko leda, sve dok u privatnom zoološkom vrtu u Hobartu 1936. godine ubrzo nije uginuo posljednji bespomoćni i bezimeni primjerak. Otiđite danas u Tasmanijski muzej ili Umjetničku galeriju pa zamolite da vam pokažu posljednjeg od te vrste -jedinog velikog tobolčara mesoždera koji je doživio moderno doba - i pokazat će vam fotografije i 61 sekundu starog filma. Nakon stoje uginuo, posljednji preživjeli *thylacine* bio je bačen zajedno s tjednim smećem.

Sve ovo navodim kako bih potkrijepio tvrdnju: da smišljate organizam koji bi se brinuo za život u našem osamljenom kozmosu, koji bi pazio kamo ide i bilježio gdje je sve bio, za taj posao sigurno ne biste odabrali ljudska bića.

No, evo stoje iznimno važno: mi jesmo odabrani, odabrala nas je sudbina ili providnost, ili kako već to želite nazvati. Koliko znamo, mi smo najbolje što postoji. Mi bismo mogli biti i sve što postoji. Neugodna je pomisao da bismo istodobno mogli biti vrhunsko postignuće živog svemira i njegova najgora noćna mora.

Budući da smo tako nevjerojatno nemarni i ne brinemo se za ono što nas okružuje, ni za živo ni za neživo, i nemamo pojma - uopće - o tome koliko je vrsta izumrlo, koliko ih je kojima bi se to uskoro moglo dogoditi i koliko onih kojima nikad neće, te koja je naša ulogu u bilo kojem dijelu tog procesa. U svojoj knjizi iz 1979. godine *The Sinking Ark* (Arka koja tone) Norman Mvers tvrdi kako ljudske aktivnosti na planetu uzrokuju oko dva izumiranja tjedno. Do početka devedesetih taj se broj povećao na kojih šest stotina tjedno. (To su izumiranja svih vrsta - biljaka, kukaca i tako dalje, kao i većih životinja.) Drugi su iznijeli još veću brojku - mnogo više od tisuću tjedno. S druge strane, u izvješću Ujedinjenih naroda iz 1995. godine ukupan broj poznatih izumiranja u posljednjih četiristo godina procijenjen je na nešto manje od petsto za životinje i nešto više od šesto pedeset za biljke - dopuštajući daje to »gotovo sigurno preniska procjena«, osobito u pogledu tropskih vrsta. Nekoliko tumača smatra da je većina procjena izumiranja iznimno pretjerana.

No. mi to zapravo ne znamo. Nemamo pojma. Ne znamo kada smo počeli činiti mnogo toga što smo učinili. Ne znamo što upravo sada činimo ili kako će naši sadašnji postupci utjecati na budućnost. Znamo

da postoji samo jedan planet na kojem to možemo činiti i samo jedna vrsta bića koja je sposobna promišljeno mijenjati svijet oko sebe. Ed-vvard O. Wilson to je savršeno jezgrovito izrazio u *Raznovrsnosti života:* »Jedan planet, jedan eksperiment.«

Ako ova knjiga ima pouku, onda je to da smo iznimno sretni što smo ovdje - a pod »mi« mislim na sva živa stvorenja. Postići ikakav život u našem svemiru čini se priličnim postignućem. Kao ljudi, mi smo dvostruko sretni. Ne uživamo samo u povlastici postojanja nego i u jedinstvenoj sposobnosti da na tome možemo biti zahvalni te da svoj život na mnogo načina možemo učiniti boljim. To je vještina koju smo tek počeli svladavati.

Do tog istaknutog položaja stigli smo u zapanjujuće kratkom vremenu. Moderni ljudi poput nas postoje tek 0,0001 posto Zemljine povijesti - što zapravo nije ništa - ali i tako kratko postojanje zahtijevalo je gotovo beskrajan niz sretnih okolnosti.

Zaista smo na samom početku. Naravno, trik je da se potrudimo da nikada ne dođemo do kraja. A za to će nam sigurno trebati mnogo više od puke sreće.

BILJEŠKE?

I. KAKO NAPRAVITI SVEMIR

str. 9. Protoni su toliko sitni da: Bodanis, $E = mc^2$, str. 111.

str. 9. Zatim u taj mali, malecki prostor sabijte: Guth, *The Inflatio-nary Universe,* str. 245.

str. 10. Čini se da je postignut konsenzus oko brojke od približno 13,7 milijardi godina: *New York Times,* 'Cosmos Sits for Early Portrait, Gives Up Secrets', 12. veljače 2003., str. 1.; *US Neu's and IVorld Report,* 'How Old Is the Universe?', 18.-25. kolovoza 1997., str. 34.-36.

str. 10. nastupio [je] trenutak u znanosti poznat kao $t = 0$: Guth, *The Inflationatj Universe,* str. 86.

str. 11. Ponovno su se popeli s metlama i četkama pa su tanjur pažljivo očistili: Lavvrence M. Krauss, 'Rediscovering Creation', u Shore (ur.), *Mysteries ofLife and the Universe,* str. 50.

str. 11. instrument kojim bi se to moglo izvesti: Bellova antena: Overbve, *Lonely Hearts ofthe Cosmos,* str. 153.

str. 11. Oni su pronašli rub svemira: *Scientific American,* 'Echoes from the Big Bang', siječanj, 2001. str. 38.-43.

str. 11. Wilson i Penzias pomakli su naše poznavanje vidljivog: Guth, *The bijlationar)' Universe,* str. 101.

str. 12. oko 1 posto rasplesanih smetnji koje vidite: Gribbin, *In the Begimtitig,* str. 18.

str. 12. »Ta su pitanja vrlo bliska religiji«: *Neiv York Times,* 'Before the Big Bang, There Was... What?\ 22. svibnja 2001., str. Fl

str. 13. ili desctmilijunti dio bilijuntog dijela bilijimte bilijuntinc sekunde: Alan Lightman,'First Birth', u Shore (ur.), *Myskrics oj Life and the Universe,* str. 216.

str. 13. Imao je trideset dvije godine i, po vlastitom priznanju: Over-bye, *Lonely Hcarts oj the Cosmos,* str. 242.

str. 13. Predavanje je potaklo Gutha da se zainteresira: Guth, *The Injlationaij Universe,* str. 89.

str. 13. udvostručujući se svake IO'34 sekunde: Overbve, *Lonely Hcarts oj the Cosmos,* str. 242.

str. 13. svemir se iz nečega što vam stane na dlan, pretvorio u nešto barem 10 000 000 000 000 000 000 000 000 puta veće: *New Scientist,* 'The First Split Sccond', 31. ožujka 2001., str. 27.-30.

str. 14. i savršeno pogodan za nastanak zvijezda, galaksija i drugih složenih sustava: *Scientific American,* 'The First Stars in the Universe', prosinac 2001. str. 64.-71.; *Neir York Times,* 'Listen Closelv: From Tiny Hum Game Big Bang', 30. travnja 2001., str. 1.

str. 14. »Tryon naglašava da još nitko nije izbrojio neuspjele pokušaje«: citirano prema Guth, *The Inflationaij Universe,* str. 14.

str. 14. Daje analogiju s velikom robnom kućom: *Discover,* 'Why is there Life?', studeni 2000., str. 66.

str. 15. kada bi se ijedna od tih vrijednosti promijenila: Rees, *Just Si.x Nnmhers,* str. 147.

str. 15. Dugoročno, gravitacija može postati malo prejaka: *Financial Times,* 'Riddle of the Fiat Universe', 1.-2. srpnja 2000.; *Economist.* 'The World is Fiat After Ali', 20. svibnja 2000., str. 97.

str. 16. da se galaksije udaljuju: Weinberg, *Dreanis of a Final Theotj,* str. 26.

str. 16. Znanstvenici su zaključili da ne možemo zaista biti središte: Havvking, *A BriefHistory oj Time,* str. 47.

str. 16. Taj vidljivi svemir - svemir koji poznamo i o kojem možemo razgovarati: Hawking, *A Briej Histoij of Time,* str. 13.

str. 16. broj svjetlosnih godina do ruba tog većeg, neviđenog svemira: Rees, *fnst Six Nnmhers,* str. 147.

2. DOBRO DOŠLI U SUNČEV SUSTAV

str. 18. Prema najtišem pucketanju i podrhtavanju udaljenih zvijezda: *Neiv Yorher,* 'Among Planets", 9. prosinca 1996., str. 84.

str. 18. »manja od energije jedne snježne pahuljice koja je dotakla tlo«: Sagan. *Cosmos,* str. 261.

str. 18. U ljeto te godine... mladi astronom James Christv: izvještaj za tisak Zvjezdarnice Američke ratne mornarice, '20th Anniversarv of thc Discoverv of Pluto's Moon Charon', 22. lipnja 1998.

str. 18. daje Pluton mnogo manji nego stoje itko pretpostavljao: *Atlantic Monthl)',* 'When Is a Planet Not a Planet?', veljača 1998., str. 22.-34.

str. 19. Riječima astronoma Clarka Chapmana: citirano prema televizijskoj emisiji *Nova,* 'Doomsdav Astcroid', prvi put emitirano 29. travnja 1997.

str. 19. prošlo [je] sedam godina prije nego je itko ponovno vidio mjesec: izvještaj za tisak Zvjezdarnice Američke ratne mornarice, '2()th Anniversarv of the Discoverv of Pluto's Moon Charon', 22. lipnja 1998.

str. 20. pa je nakon jednogodišnjeg strpljivog traganja nekako uspio uočiti Pluton: Tombaughov članak, 'The Struggles to Find thc Ninth Planet', s NASA-ine web stranice.

str. 20. Nekoliko astronoma i dalje misli da bi mogao postojati Planet X: *Economist,* X marks the spot', 16. listopada 1999., str. 83.

str. 20. Kuiperov pojas 1930. godine teoretski je predvidio astronom F. C. Lconard: *Nature,* Almost Planet X', 24. svibnja 2001., str. 423.

str. 21. Pluton se tek 11. veljače 1999. godine vratio na vanjski dio staze: *Economist,* 'Pluto Out in the Cold', 6. veljače 1999., str. 85.

str. 21. pa je do početka prosinca 2002. godine otkriveno više od šesto novih transneptunskih objekata: *Nature,* 'Seeing Double in the Kuiper Belt', 12. prosinca 2002., str. 618.

str. 21. kod komada ugljena: *Nature,* Almost Planet X', 24. svibnja 2001.

str. 21. koje se sada udaljuju brzinom od 56 000 kilometara na sat: PBS-ov *Neii'sliour,* transknpt emisije od 20. kolovoza 2002.

str. 22. sve vidljivo u njemu... zauzimaju manje od bilijuntog dijela prostora: *Natural I listaj,* 'Betvveen the Planets', listopad 2001., str. 20.

str. 23. Sadašnji je zbroj najmanje devedeset: *Neu> Scientist,* 'Manv Moons', 17. ožujka 2001., str. 39; *Economist,* A Roadmap for Planet--I Iunting", 8. travnja 2000., str. 20.

str 23. do Oortova oblaka nećemo stići sljedećih... deset tisuća godina: Sagan i Druvan, *Comet.* str. 198.

str. 23. vjerojatno završila smrću cijele posade: *New Yorker,* "Medicine on Mars'. 14. veljače 2000., str. 39.

str. 24. pa kometi dostojanstveno plutaju, gibajući se samo 350 kilometara na sat: Sagan i Druvan, *Comet,* str. 198.

str. 24. Ni najsavršeniji vakuum koji je čovjek ikada stvorio nije toliko prazan kao praznina meduzvjezdanog prostora: Bali, *IhO,* str. 15.

str. 24. Naš najbliži susjed u svemiru, Proxima Centauri: Guth, *the injlationaij Uniuerse,* str. 1.; Havvking, *A Bruj'Histoij ofTime,* str. 39.

str. 25. Prosječna udaljenost između zvijezda: Dyson. *Disturbiug the Llniverse,* str. 251.

str. 26. »Kada bi nas nasumce razbacali po svemiru«, pisao je Sagan: Sagan, *Cosmos,* str. 5.

3. SVEMIR VELEČASNOG EVANSA

str. 27. pri čemu u jednom trenutku oslobodi snagu stotine milijardi sunaca: Ferris, *The IVIiole Shebang,* str. 37. str. 27. »To je kao da istodobno eksplodira bilijun hidrogenskili bombi«: razgovor s Robertom Evansom u Hazelbrooku, Australija. 2. rujna 2001. str. 28. posvetio odlomak u poglavlju o autističnim savantima: Sacks, *AH Anthropologist on Mars,* str. 189. str. 29. 'iritantnim lakrdijašem': Thorne, *Black Hole and Time IVarps.* str. 164. str. 29. odbio da boravi nasamo s njim: Ferris, *The WI\ole Shebang,* str. 125. str. 29. Zwicky je čak zaprijetio Baadeu... da će ga ubiti: Overbve, *Lonel}' Hearts oj the Cosmos,* str. 18. str. 29. Atomi bi bili doslovno nabijeni jedan u drugi: *Nature,* 'Tvvin-kle, Tvvinkle, Neutron Star', 7. studenog 2002., str. 31. str. 29. dovoljna da proizvede najveći prasak u svemiru: Thorne, *Black Holes atid Time VVarps,* str. 171. str. 30. do danas nije potvrđena: Thorne, *Black Holes and Tinte IVarps,* str. 174. str. 30. jedan od »najproročanskijih dokumenata u povijesti fizike i astronomije«: Thorne, *Black Holes and Time IVarps.* str. 174. str. 30. »on nije dovoljno dobro poznavao zakone fizike«: Thorne. *Black Holes and Time IVarps,* str. 175. str. 30. neće pobuditi ozbiljnije zanimanje gotovo četiri desetljeća: Overbve. *Louely Hearts of the Cosmos,* str. 18. str. 30. Golim okom sa Zemlje je vidljivo samo oko pet tisuća zvijezda: I larrison. *Darkness at Night,* str. 3.

str. 32. Saul Perlmutter... pa je tragao za sustavnijim metodama traženja: BBC-jeva dokumentarna serija *Horizon,* 'From Flere to Infinitv', transkript programa prvi put emitiranog 28. veljače 1999.

str. 33. »Vijesti o takvu događaju putuju brzinom svjetlosti, ali i destrukcija«: razgovor s Johnom Thorstensenom u Flanoveru, NH, 5. prosinca 2001.

str. 34. U pisanoj povijesti supernova je samo pet-šest puta bila dovoljno blizu kako bi bila vidljiva golim okom: Evansovo pismo od 3. prosinca 2002.

str. 34. »kozmolog i kontroverzan čovjek«: *Nature,* 'Fred Hoyle (1915-2001)', 17. rujna 2001., str. 270.

str. 34. ljudske *nosnice* razvile *[su se]* prema dolje kao sredstvo zaštite protiv ulijetanja kozmičkih patogena: Gribbin i Cherfas, *The First Chimpauzee,* str. 190.

str. 34. i pritom stvara novu materiju: *Recs,Just Six Numbers,* str. 75.

str. 34. 100 milijuna stupnjeva ili više: Bodanis, $E = mc^2$, str. 187.

str. 35. 99,9 posto mase Sunčeva sustava: Asimov, *Atom,* str. 294.

str. 35. U samo dvjesto milijuna godina, možda i manje: Stevens, *The Chauge iti the IVeather,* str. 6.

str. 35. Vjeruje se da lunami materijal uglavnom potječe od Zemljine kore, a ne od jezgre: *Neu> Scientist,* dodatak, 'Firebirth', 7. kolovoza 1999.

str. 35. zapravo ju je još četrdesetih godina prošlog stoljeća izložio Rcginald Daly s Flarvarda: Povvell, *Night Comes to the Cretaceous,* str. 38.

str. 36. Zemlja je mogla ostati trajno smrznuta: Drury, *Steppiug Sto-ues,* str. 144.

4. MJERA STVARI

str. 40. U svojoj dugoj i produktivnoj karijeri: Sagan, *Coitiet,* str. 52.

str. 41. »vrlo specifična i precizna krivulja«: Feynman, *Six Easy Pieces.* str. 90.

str. 41. Hooke... je tvrdio daje već riješio taj problem: Gjertsen, *The Classics of Science,* str. 219.

str. 41. i okretao je »između oka i kosti«: citirano prema Ferris. *Comitio ofAge in thv Milky Way,* str. 106.

str. 42. ali nikome o tome nije rekao ni riječi dvadeset sedam godina: Durant, *The Age oj Lom's XH ',* str. 538.

str. 43. Čak je i veliki njemački matematičar Gottfricd W. Lcibniz: Durant, *The Age ofLouis XIV,* str. 546.

str. 43. »jednom od najteže shvatljivih knjiga ikada napisanih«: Cro-pper, *Great Physicists,* str. 31.

str. 43. »proporcionalna masi svakog pojedinog tijela i mijenja se obrnuto proporcionalno kvadratu udaljenosti između njih«: Feyn-man, *Six Easy Pieces,* str. 69.

str. 44. Po običaju, Newton nije nimalo pridonio: Calder, *The Comer Is (fioniing!,* str. 39.

str. 44. Umjesto toga isplatit će ga primjercima knjige 77/t' *Histoij of Fishes:* Jardine, *Itigeiiiions Pnrsuits,* str. 86.

str. 47. Zemlja je duž ekvatora bila 43 kilometra šira nego kad se mjeri od vrha do dna, od pola do pola: Asimov, *Exploring rhe Earth and the Cosmos,* str. 86.

str. 49. Još nesrctniji bio je Guillaume le Gentil: Ferris, *Corning of Age in the Milky Way,* str. 141.

str. 49. Mason i Dixon poslali su poruku Kraljevskom društvu: jardine, *Ingenious Pnrsuits,* str. 141.

str. 50. fda se] »pričalo kako je rođen u rudniku«: *Dictionaij of National Biograph}',* sv. 12, str. 1302.

str. 51. Znamo daje... 1772. godine: *American Heritage,* 'Mason and Dixon: Their Linč and its Legend', veljača 1964., str. 23.-24.

str. 51. Hutton je za potrebe eksperimenta pretpostavio: Jungnickel i McCormmach, *Cavendish,* str. 449.

str. 52. obratio se upravo Michellu za instrukcije prilikom izrade teleskopa: Calder, *The Coinet is Corning!,* str. 71.

str. 52. »do stupnja koji graniči s bolešću«: Jungnickel i McCormmach, *Cavendish,* str. 306.

str. 52. »govoriti u prazno«: Jungnickel i McCormmach, *Cavendish,* str. 305.

str. 53. »predvidio je radove Kelvina i G. H. Darvvma o djelovanju plimnog trenja«: Crovvther, *Scientist of the Indnstrial Revolution,* str. 214.-215.

str. 54. U središtu stroja bile su dvije olovne kugle od po 158 kilograma: *Dictionaij of National Biograph)'.* sv. 3, str. 1261.

str. 54. šest milijardi bilijuna tona: *Economist.* 'G Whiz\ 6. svibnja 2000.. str. 82.

5. KAMENOLOMCI

str. 56. Prema svemu što se o njemu zna, I lutton je bio čovjek vrlo pronicljiva uma, zanimljiv sugovornik: *Dictionaij of National Biography,* sv. 10, str. 354.-356. str. 56. »potpuno neupućen u retoričko umijeće«: Dean, *fames Hutton and the Histoij ofGeology,* str. 18. str. 57. Postao je vodeći član društva zvanog Ovster Club: McPhee, *Basitt and Rauge,* str. 99. str. 58. od citata iz francuskih izvora: Gould, *Timc's Arroiv,* str. 66. str. 58. Treći tom bioje toliko nepoticajan da nije objavljen do 1899.: Oldrovd, *Thinking About the Earth,* str. 96.-97. str. 59. Cakje i Charles Lyell... priznao daje nije mogao svladati: Schneer (ur.), *Toivard a Histoij of Geology,* str. 128. str. 59. Zimi 1807. godine: Geological Societv papers,/! *Brief Histoij ofthe Geological Society of London.* str. 59. Članovi su se sastajali dva puta mjesečno, od studenog do lipnja: Rudwick, *The Great Devonian Controversy,* str. 25. str. 60. Kako je čak priznao ijedan Murchinsonov simpatizer: Trinkaus i Shipman, *The Neandertals,* str. 28. str. 60. Godine 1794. bio je upleten u zavjeru blago luđačkog prizvuka: Cadburv, *Terrible Lizard,* str. 39. str. 60. otada je poznato kao Parkinsonova bolest: *Dictionaij of National Biography,* sv. 15, str. 314.-315. str. 61. jer je njegova majka bila uvjerena da su Škoti beznadni pijanice: Trinkaus i Shipman, *The Neandertals,* str. 26. str. 61. Jedne noći gospodu Buckiand iznenada je probudio: Annan, *The Dom,* str. 27. str. 62. Druga njegova posebnost: Trinkaus i Shipman, *The Neandertals,* str. 30. str. 62. Izgubljen u svojim mislima, često bi: Desmond i Moore, *Danvin,* str. 202. str. 62. ali ljudi su uglavnom čitali Lvella: Schneer (ur.), *Toivard a Histoij oj Geology,* str. 139. str. 63. »traže novi špil«: Clark, *The Hnxleys,* str. 48. str. 63. »Ne postoji dogma koja bi sračunatije podržavala indolenciju«: citirano prema Gould, *Dinosanr in a llaystack,* str. 167. str. 63. Nije uspio uvjerljivo objasniti kako su nastali planinski lanci: Hallam, *Great Geological Controtvrsics,* str. 135. str. 63. »rashladivanje globusa«: Gould, *liver Since Danvin,* str. 151.

str. 63. Odbacio je tvrdnju da su životinje i biljke bile izložene iznenadnim istrebljenjima: Stanlev, *Extinction,* str. 5.

str. 63. »djelomice gledamo njegovim očima«: citirano prema Schneer (ur.), *Toward a Histotj oj Geolog}',* str. 288.

str. 63. »De la Beche je prljavo pseto«: citirano prema Rudvvick, *The Great Devonian Controversy*, str. 194.

str. 64. nezgodna imena J.J. d'Omaliusu d'Hallovju: McPhee, *In Suspea Termin,* str. 190.

str. 64. Lyell je prvotno želio uključiti i nastavak *-sinkroni:* Gjertsen, *The Classics of Science,* str. 305.

str. 65. »na desetke desetaka«: McPhee, /// *Snspect Termin,* str. 50.

str. 65. Stijene su podijeljene na drugačije jedinice: Povvell, *Night Comes to Cretaceous,* str. 200.

str. 65. »Vidio sam odrasle ljude kako se pjene od bijesa«: Fortev, *Trilobite!,* str. 238.

str. 65. Kad je Buckland spekulirao: Cadbury, *Terrible Lizard,* str. 149.

str. 65 Najpoznatiji rani pokušaj: Gould, *Eight Little Pig^ies,* str. 185

str. 66. »većina mislilaca prihvaćala je ideju daje Zemlja mlada«: citirano prema Gould, *Time's Arrow,* str. 114.

str. 66. »Nijedan geolog, čiji su rad ozbiljno shvaćali ostali geolozi«: Rudvvick, *The Great Devonian Controversy,* str. 42.

str. 66. Čak je i velečasni Buckland: Cadbury, *Terrible Lizard,* str. 192.

str. 67. između 75 000 i 168000 godina: Hallam, *Great Geological Controversies,* str. 105. i Ferris, *Corning of Age in the Milky Way,* str. 246.-247.

str. 67. Darvvin... objavio daje geološkim procesima koji su oblikovali Weald: Gjertsen, *The Classics of Science,* str. 335.

str. 67. Njemački znanstvenik Hermann von Helmholtz: Cropper. *Great Physicists,* str. 78.

str. 68. te je napisao desetak radova (na francuskom i engleskom) iz područja čiste i primijenjene matematike, a kako su bili nevjerojatno originalni, morao ih je objaviti anonimno: Cropper, *Great Physicists.* str.^79.

str. 68. U dobi od dvadeset dvije godine vratio se u Glasgovv: *Dictio-naiy of National Biograph)', Snpplenient 1901-1911.* str. 508.

6. ZNANOST PROČITANA IZ ZUBA I PANDŽI

str. 70. koji ju je te jeseni opisao na sastanku Američkog filozofskog društva: Colbcrt, *The Great Dinosanr Ihmters and their Discoivries,* str. 4.

str. 70. Razlog toj pomami bila je neobična tvrdnja francuskog prirodnjaka Comte de Buffona: Kastner, *A Speries ofEternity,* str. 123.

str. 71. Nizozemac Corncille de Pauvv: Kastner, *A Spccics oj Eteru i ty,* str. 124.

str. 72. Cuvier je 1796. godine napisao ključan rad, *Zapis o vrstama živih i fosilnih slonova:* Trinkaus i Shipman, *The Neandertals,* str. 15.

str. 72. Jefferson se nije mogao pomiriti s idejom da čitave vrste mogu tek tako nestati: Simpson, *Eossils and the Histotj oj Lije,* str. 7.

str. 73. Uvečer 5. siječnja 1786. sjedio je u putničkom svratištu u Somersetu: Harrington, *Dance oj'the Continents,* str. 175.

str. 73. *»Zašto* i *otkud* ne spada u područje rada rudarskog geodeta«: Lewis, *The Dating Game,* str. 17.-18.

str. 73. Cuvier je na vlastito zadovoljstvo razriješio pitanje: Barber, *The Heyday ofNatnral Histoij,* str. 217.

str. 74. Ekspedicija Levvisa i Clarka prošla je 1806. godine kroz područje Hell Creeka: Colbert, *The Great Dinosattr Hnuters and their Discoveries,* str. 5.

str. 74. Navodno je ona inspirirala poznatu jezikolomnu rečenicu: Cadburv, *Terrible Lizard,* str. 3.

str. 75. Samo za plesiosaura trebalo joj je deset godina strpljivog iskopavanja: Barber, *The Heyday ofNatnral Histoij,* str. 127.

str. 75. Mantell je odmah vidio daje to fosiliziran zub: *Neu> Zealand Geograpliic,* 'Holy Incisors! What a Treasure!', travanj-lipanj 2000., str. 17.

str. 76. Bucklandu je ime predložio njegov prijatelj, doktor James Parkinson: Wilford, *The Riddle ofthe Dinosanr,* str. 31.

str. 76. Na kraju je morao prodati veći dio svoje zbirke kako bi otplatio dugove: Wilford, *The Riddle oj the Dinosanr,* str. 34.

str. 77. prvi tematski park na svijetu: Fortev, *Life,* str. 214.

str. 77. ponekad protuzakonito posuđivao udove, organe i druge dijelove: Cadburv, *Terrible Lizard.* str. 133.

str. 78. Jednom se njegova supruga vratila kući i u zakrčenom predvorju zatekla nedavno preminulog nosoroga: Cadburv, *Terrible Lizard,* str. 200.

str. 78. neki nisu bili veći od zečeva: Wilforđ, *The Riddle ofthe Dinosanr,* str. 5.

str. 78. a pogotovo nisu bili gušteri: Bakker, *The Dinosanr Ileresies.* str. 22.

str. 78. dinosaure čine dvije, a ne jedna vrsta reptila: Colbert, *The Great Dinsaur llunters and their Discoveries,* str. 33. str. 78. Biojejedina osoba kojuje Charles Darvvin ikada javno mrzio: *Nature,* 'Ovven's Parthian shot'. 12. srpnja 2001., str. 123. str. 78. osvrnuo na »žaljenja vrijednu hladnoću srca« svog oca: Cadbury, *Terrible Lizard,* str. 321. str. 78. T. H. Huxley 1857. godine prelistavao je novo izdanje *Churchill's Medical Directoryja:* Clark, *The Huxleys,* str. 45. str. 79. Njegova deformirana kralježnica bila je izvađena i poslana u Kraljevski medicinski koledž: Cadburv, *Terrible Lizard,* str. 291. str. 80. »nije bio baš toliko originalan kako se činilo«: Cadburv. *Terrible Lizard,* str. 261.-262. str. 80. u tom svojstvu bio je pokretačka sila nastanka londonskog Prirodoslovnog muzeja: Colbert, *The Great Diuosaur llunters and their Discoveries,* str. 30. str. 80. Prije Ovvena Muzej je prvenstveno bio namijenjen obrazovanju elite: Thackrav i Press, *Tlie Natural Histoij Museum,* str. 24. str. 80. Čak je vrlo radikalno predložio postavljanje informativnih natpisa na svaki izložak: Thackrav i Press, *The Natural Histotj Museum,* str. 98. str. 81. »posvuda ležale kao cjepanice«: Wilford, *The Riddle ofthe Diuosaur,* str. 97. str. 82. uspio ih je pridobiti tako stoje uporno vadio i stavljao svoje umjetno zubalo: Wilford, *The Riddle ofthe Diuosaur,* str. 100. str. 82. to je bila uvreda koju nikada neće zaboraviti: Colbert, *The Great Diuosaur Huuters and Their Discoveries,* str. 73. str. 82. povećali su broj poznatih vrsta dinosaura u Americi s devet na gotovo stotinu pedeset: Colbert, *The Great Diuosaur Hunters and Their Discoveries,* str. 93. str. 82. Gotovo svaki diuosaur kojeg prosječan čovjek može navesti: Wilford, *The Riddle ofthe Diuosaur,* str. 90. str. 82. Tako su vrstu zvanu *Uintatlicres auceps* uspjeli 'otkriti' ništa manje nego dvadeset dva puta: Psihovos i Knoebber, *Tluntiinj Diuosaurs,* str. 16. str. 83. milosrdno izbrisala njemačka avionska bomba: Cadburv, *Terrible Lizard,* str. 325. str. 83. sin Walter odnio je veći dio na Novi Zeland: *Neirslerter of the Geological Socicty of Neii' Zealand,* 'Gideon Mantcll - The Ncvv

Zealand Connection', travanj 1992.; *New Zealand Geographic,* 'Holy Incisors! What a Trcasure!', travanj-lipanj 2000., str. 17. str. 84. otuda i ime mjesta: Colbert, *The Great Dinosanr Himters and Their Discoveries,* str. 151. str. 84. Izračunao je daje Zemlja stara 89 milijuna godina: Levvis, *The Dating Game,* str. 37. str. 84. Zbrkaje bila tolika: Hallam, *Great Geological Controversies,* str. 173.

7. ELEMENTARNA PITANJA

str. 86. da uz pomoć odgovarajućih tvari može postati nevidljiv: Bali, *H_20,* str. 125. str. 86. Cijena jedne unce fosfora... u maloprodaji je iznosila 6 gvineja: Durant, *Age ofLoiiis XIV, str. 516. str. 87. ni za jedan nije dobio priznanje: Strathern, Mendehjev's Dream,* str. 193. str. 88. zato danas imamo dvije grane kemije: Davies, *Tlie Fiftli Miracle,* str. 14. str. 88. oko 12 milijuna funti u današnjem novcu: White, *Rivah,* str. 63. str. 88. četrnaestogodišnju kćer jednog od svojih šefova: Brock, *The Norton Histoij ofChemistry,* str. 92. str. 88. *jour de bonhetir.* Gould, *Bully for Brontosaurus,* str. 366. str. 89. U tom svojstvu Lavoisierje 1780. godine iznio nekoliko nepovoljnih primjedbi: Brock, *The Norton History ofChemisttj,* str. 95.-96. str. 89. nije uspio pronaći nijedan jedini: Strathern, *Mendelcyei>'s Dream,* str. 239. str. 90. uklonjena i pretopljena: Brock, *The Norton Histoij of Ghenustr)',* str. 124. str. 90. '... veoma ugodnim uzbuđenjem': Cropper. *Great Physicists.* str. 139. str. 90. Kazališta su priređivala 'večeri plina koji nasmijava": I Iamblyn, *The Invention oj Glonds,* str. 76. str. 91. Brovvnje 1872. godine primijetio: Silver, *The Acent of Science.* str. 201. str. 91. »zbog mlaka stava po pitanju slobode«: *Dictionaiy of National Biography,* sv. 19, str. 686. str. 92. dijametar od 0,00000008 centimetara: Asimov, *The Histoij of Physics,* str. 501.

str. 93. Ni zbog kojeg određenog razloga poslije je: Bali, *HJO,* str. 139. str. 94. Sreća nije uvijek pratila Mendeljejeve: Brock, *The Norton History qfClianistry,* str. 312. str. 94. Bio je sposoban, ali ne i osobito istaknut kemičar: Brock, *The Norton Ilistoij ofCheinistij,* str. 111. str. 94. to je bila ideja čije vrijeme još nije bilo došlo: Carev (ur.), *The Faber Book of Science,* str. 155. str. 95. kemija se zaista svodi na brojanje: Bali, *ITO,* str. 139. str. 95. »najelegantnija... organizacijska tablica ikada izumljena«: Krebs, *The Histor}' and Use oj om Earth's Cheniical Elements,* str. 23. str. 97. 'oko 120' poznatih elemenata: iz članka u *Nature,* Gautum R. Desiraju: 'Mind over Matter?', 26. rujna 2002. str. 97. »čistom spekulacijom«: Heiserman, *Exploring Chemical Elements and their Coniponnds,* str. 33. str. 97. Marie Curie nazvala je tu pojavu 'radioaktivnost': Bodanis, *E-mc2,* str. 75. str. 98. Nikada nije prihvatio revidirane brojke: Levvis, *The Dating Game,* str. 55. str. 99. »Potpuno primjereno... jer je to nestabilan element«: Strathern, *Mendeleycv's Dream,* str. 294. str. 100. ponosno je reklamirao terapeutsko djelovanje svojih »radioaktivnih mineralnih izvora«: oglas u magazinu *Time,* 3. siječnja 1927., str. 24. str. 100. Do 1938. godine nije bilo zabrane uporabe takvih tvari u robi široke potrošnje: Biddle,^4 *Field Guide to the Invisible,* str. 133. str. 100. Njezine laboratorijske knjige čuvaju se u kutijama obloženim olovom: *Science,* 'We Are Made of Starstuff, 4. svibnja 2001., str. 863.

8. EINSTEINOV SVEMIR

str. 104. njegovi kolegiji privlačili su u prosjeku malo više od jednog studenta po semestru: Cropper, *Great Physicists,* str. 106.

str. 104. koji su iznimno dobro objasnili principe termodinamike -gotovo svega: Cropper. *Great Physicists.* str. 109.

str. 104. Cjibbsje zapravo dokazao da termodinamika nije primjenjiva samo na toplinu i mehaničku energiju: Snow, *The Physicists,* str. 7.

str. 104. Gibbsov *Equilibrinm* stekao je titulu *»Principia* termodinamike: Kevles, *The Physicist,* str. 33.

str. 104. sa špilom karata: Ebbing, *General Cheniistiy,* str. 755.

str. 105. u Sjedinjene Države došao je s roditeljima kao dijete, a odrastao je u doba zlatne groznice u rudarskom naselju u Californiji:
Kevles, *The Physicists,* str. 27.-28. str. 106. »Pokazalo se daje brzina svjetlosti ista u *svim* smjerovima i u
svim razdobljima«: Thorne, *Black Holes and Time IVarps,* str. 64. str. 106. »možda najslavniji negativni rezultat u povijesti fizike«: Cro-
pper, *Great Physicists,* str. 208. str. 106. usprkos svojim otkrićima, Michelson je u osvit 20. stoljeća
bio među onima koji su vjerovali da je posao znanosti gotovo
završen: *Nature,* 'Phvsics from the Inside', 12. srpnja 2001., str. 121. str. 107. od kojih su tri, kako tvrdi C. P Snow, »bila medu najvećima
u povijesti fizike«: Snovv, *The Physicist,* str. 101. str, 108. Njegov prvi rad na temu fizike tekućina u slamkama za piće:
Bodanis, $E = tnc^2$, str. 6. str. 108. a onda je otkrio da je samozatajni i produktivni J. Willard
Gibbs u Connecticutu također obradio to područje: Boorse i dr.,
The Atomk Scientists, str. 142. str. 108. najiznimniji je ikada objavljen znanstveni rad: Ferris, *Corning*
ofAge in the Milky Way, str. 193. str. 108. Izgledalo je kao daje Einstein... »došao do zaključka čistim
razmišljanjem, bez ikakve pomoći«: Snovv, *The Physicist,* str. 101. str. 109. imate ništa manje nego $7\text{-}10^{18}$joula potencijalne energije: Thorne, *Black Holes and Time IVarps,* str. 172. str. 109. Čak i uranijska bomba... oslobađa manje od 1 promila energije koju bi inače mogla osloboditi: Bodanis, $E = mc^2$, str. 77. str. 110. »O, pa nije mi potrebna«, odgovorio je. »Rijetko mi što padne
na pamet.«: *Nature,* 'In the Eye of the Beholder', 21. ožujka 2002.,
str. 264. str. 110. »nesumnjivo, to je najveće intelektualno dostignuće ljudskog
roda«: Boorse i dr., *The Atomic Scientists,* str. 53. str. 110. Sam Einstein tvrdi da je jednostavno sjedio i odjednom
počeo razmišljati o problemu gravitacije: Bodanis, $E = mc^2$, str. 204. str. 110. a početkom 1917. godine dovesti do objavljivanja rada »Koz-
mološka razmatranja opće teorije relativnosti«: Guth, *The*
Iuflationary Universe, str. 36. str. 110. »Bez tog rada«, piše Snovv 1979. godine: Snovv, *The Physicist,*
str. 21. str. 111. Crouch je bio beznadno neupućen: Bodanis, $E = mc^2$, str. 215.

str. 111. »Pokušavam se sjetiti tko bi bio onaj treći.«: citirano prema I Iavvking, *A Bruj' Histotj of Time,* str. 91.; Aczcl, *God's Eanation,* str. 146.

str. 111. a što se brže krećemo, ti efekti postaju izraženiji: Guth, *The Itiflatiottar}' Universe,* str. 37.

str. 112. da će bejzbolska lopta pri brzini od 160 kilometara na sat u letu do cilja povećati svoju masu za 0,000000000002 grama: Brock-man i Matson, *Hou> Tliings Are,* str. 263.

str. 112. No, vratimo se još jednom Bodanisu: svi se susrećemo s drugim vrstama relativnosti: Bodanis, $E = mc^2$, str. 83.

str. 113. »najveći madrac koji se uvija«: Overbve, *Lonely Hearts oj the Cosmos,* str. 55.

str. 113. »U određenom smislu gravitacija ne postoji«: Kaku, The Theorv of the Universe?', u Shore (ur.), *Mysteries oj Lije and the Universe,* str. 161.

str. 114. uz to. Edwin je uživao u obilju fizičkih prednosti: Cropper, *Great Physicists,* str. 423.

str. 114. Samo najednom srednjoškolskom atletskom natjecanju: Christianson, *Edivin Hubble,* str. 33.

str. 116. Jedna harvardska 'računarka', Annie Jump Cannon, iskoristila je svoje učestale susrete sa zvijezdama za stvaranje toliko praktičnog sustava zvjezdane klasifikacije: Ferris. *Corning of Age in the Milky Way,* str. 258.

str. 116. jer su starije zvijezde koje su prošle svoju 'fazu glavnog niza': Ferguson, *Measuring the Universe,* str. 166.-167.

str. 116. Možemo ih upotrijebiti kao 'standardne svijeće": Ferguson, *Measuring the Universe,* str. 166.

str. 116. razvijao *svoju* teoriju da su tamne mrlje na Mjesecu izazvane sezonskim migracijama rojeva kukaca: Moore, *Fireside Astronom)',* str. 63.

str. 117. Tako je 1923. godine dokazao da daleka hrpica paučine u zviježđu Andromede, znana kao M31, uopće nije plinoviti oblak: Overbve, *Lonely Hearts oftlie Cosmos,* str. 45.; *Natnral Histor)',* 'Delusion of Centralitv", prosinac 2002.-siječanj 2003., str. 28.-32.

str. 117. Kako je primijetio Stephen Havvking, čudi da nikome prije nije pala na pamet ideja o širenju svemira: Hawking, *The Universe in a Nutshell.* str. 71.-72.

str. 118. Hubble je 1936. objavio popularnu knjigu *The Realni of the Nebidae:* Overbve. *Lonely Hearts oj the Cosmos,* str. 13.

str. 118. Nakon pola stoljeća još uvijek je nepoznato što se na kraju dogodilo s najvećim astronomom 20. stoljeća: Overbvc, *Loncly Hearts of the (Jostnos,* str. 28.

9. MOĆNI ATOM str. 119. »Sve je sazdano od atoma«: Fevnman, *Six Easy Pieces,* str. 4. str. 119. 28 milijardi milijardi molekula: Gribbin, *Almost Everyoue's Gnide to Science,* str. 250. str. 120. procjenjuje se, oko milijarda za svakoga: Davies, *The Fifth Miracle,* str. 127. str. 120. Međutim, sami atomi praktički traju vječno: Rees, *Just Six Numbers,* str. 96. str. 120. Ako biste golim okom htjeli vidjeti paramecij kako pliva u kapi vode: Fevnman, *Six Easy Pieces,* str. 4.-5. str. 121. »kao da u Sunčev sustav pokušamo uvesti novi planet«: Boorstin, *The Discoverers.,* str. 679. str. 122. Francuski kemičar P J. Pcllctier doputovao je 1826. godine u Manchester: Gjertsen, *The Classics of Science,* str. 260. str. 122. susrevši se s tim velikanom, zbunjeni Pelletier je promucao: I Iolmvard, *Makers oj Chemisttj,* str. 222. str. 122. četiri tisuće ljudi pratilo je njegov lijes, a pogrebna povorka protezala se više od tri kilometra: *Dictionar}' of National Biography,* sv. 5, str. 433. str. 122. Stoljeće nakon što je Dalton iznio svoju koncepciju: Von Baever, *Taming the Atom,* str. 17. str. 122. da se govorilo kako je odigrao ulogu u samoubojstvu... Lud-wiga Boltzmanna: Weinberg, *The Discoveij oj Subatoniic Particles,* str. 3. str. 122. kako bi uzgajali malo lana i mnogo djece: Weinbcrg, *The Discoveij oj Subatoniic Particles,* str. 104. str. 123. »Daje otišla s borcem s bikovima«: citirano prema Cropper, *Great Physicists,* str. 259. str. 123. Rutherford bi mogao razumjeti taj osjećaj: Cropper. *Great Physicisrs,* str. 317. str. 123. da bi odustao na polovici i rekao studentima neka zadatke rješavaju sami: Wilson. *Rutherford,* str. 174. str. 123. »najdalje što je mogao vidjeti«: Wilson. *Rutherford,* str. 208. str. 123. Bio je medu prvima... koji je shvatio: Wilson, *Rutherford,* str. 208.

str. 123. »Čemu radio?«: citirano prema Cropper, *Great Physicists,* str. 328.

str. 124. »Svakog dana opseg mije sve veći. Kao i um«: Snow, *o/Men,* str. 47.

str. 124. odustao je od toga kada ga je jedan stariji kolega uvjerio da radio nema neku budućnost: Cropper. *Great Pl^icists,* str. 94.

str. 124. Neki su fizičari mislili da bi atomi mogli biti kockasti: Asi-mov, 77;c *Histotj of Physics,* str. 551.

str. 125. Broj protona daje atomu njegov kemijski identitet: Guth. *The Inflationaij IJnii'crsc,* str. 90.

str. 125. Dodajte ili oduzmite neutron-dva i dobit ćete drugi izotop istog elementa: Atkins, *The Periodic Kingdom.* str. 106.

str. 125. samo jednu milijuntinku milijuntinkc volumena atoma: Gri-bbin. *Alniost Evetjone's Gitide to Science,* str. 35.

str. 126. veličine muhe - ali mnogo tisuća puta teža od katedrale: Cropper, *Great Physicists,* str. 245.

str. 126. »mogle bi netaknuto proći jedna kroz drugu, poput galaksija«: Ferris, *Corning of Age in titc Milky Way,* str. 288.

str. 127. »Budući daje ponašanje atoma toliko različito od običnog iskustva«: Fevnman, *Six Easy Pieces,* str. 117.

str. 128. zastoj u otkrivanju bio je vjerojatno veoma dobra stvar: Boor-se i dr., *The Atomic Scientists,* str. 338.

str. 128. »Ne znam čak ni *što je* to matrica«: Cropper, *Great Physici<ts.* str. 269.

str. 129. Tu se jednostavno ne radi o potrebi za preciznijim instrumentima: Ferris, *Cotning of Age in the Milky Way,* str. 288.

str. 129. dok ga ne primijetimo, elektron moramo smatrati nečim što je »istodobno svuda i nigdje«: David H. Frccdman. "Quantum Liaisons', u Shore (ur.), *Mysteries of Life and the Universe.* str. 137.

str. 129. »osoba koja se ne razbjesni kada prvi put čuje za kvantnu teoriju, sigurno nije razumjela o čemu se tu govori«: Overbve, *Lonely Hetirts oftlie Costnos.* str. 109.

str. 129. »Ni ne pokušavajte.«: Von Baever, *Taniing the Atom.* str. 43.

str. 129. Sam oblak zapravo je samo zona statističke vjerojatnosti: Ebbing. *General Chvini.<tiy.* str. 295.

str. 129. »s područjem svemira koje naš mozak ne može shvatiti jer za to jednostavno nije prilagođen«: Tretil. *101 Tliings Von Don't Kiiow Abont Science and \'o One Does T.itlier.* str. 62.

str. 129. »stvari u malom mjerilu *uopće* se ne ponašaju kao stvari u velikom mjerilu«: Fevnman, *Six Easy Pieces,* str. *33.* str. 130. nego da se materija može pojaviti zaista ni iz čega: Alan Lightman, 'First Birth", u Shorc (ur.), *Mysteries oj Lije and the Uuiverse,* str. 13. str. 130. kao da imate dvije identične biljarske kugle: Lawrence Joseph, Ts Science Common Scnsc?', u Shore (ur.), *Mysteries of Life and the the Uiiircrse,* str. 42.-43. str. 130. Zanimljivo je daje taj fenomen dokazan 1997. godine: *Cliristian Science Monitor,* 'Spookv Action at a Distance', 4. listopada 2001. str. 130. nije moguće »točno predvidjeti buduće događaje«: Havvking, *A Britf Histor)' ofTime,* str. 61. str. 131. Znanstvenici su taj problem rješavali... »tako da o tome nisu razmišljali«: David H. Freedman, 'Quantum Liaisons', u Shore (ur.), *Mysteries ofLife and the Universe,* str. 141. str. 131 slaba nuklearna sila jača je deset milijardi milijardi milijardi puta od gravitacije: Ferris, *The Wliole Shebang,* str. 297. str. 131. Djelovanje jake sile doseže samo do otprilike jedne stotisućine polumjera atoma: Asimov, *Atom,* str. 258. str. 131. Ostatak života tragao je za: Snovv, *The Physicists,* str. 89.

10. KAKO SE OTARASITI OLOVA

str. 134. Između ostalog, simptomi povezani s prevelikim izlaganjem olovu su sljepilo, nesanica, otkazivanje bubrega, gubitak sluha, rak: McGravne, *Prometheans in the Lab,* str. 88.

str. 134. »Ti su ljudi vjerojatno skrenuli jer su previše radili«: McGravne. *Prometheans in the Lab,* str. 92.

str. 135. Zapravo, Midglev je predobro znao kakve su opasnosti od trovanja: McGravne. *Prometheans in the Lab,* str. 92.

str. 135. Jedan takav slučaj istjecanja plina u bolnici u Clevelandu u državi Ohio 1929. godine ubio je više od stotinu ljudi: McGravne. *Prometheans in the Lab,* str. 96.

str. 135. Jedan kilogram freona može zarobiti i uništiti 70000 kilograma atmosferskog ozona: Biddle. *A Field Guide to the Ini'isible.* str. 62.

str. 135. Jedna molekula freona pojačava efekt staklenika oko deset tisuća puta djelotvornije nego molekula ugljikovog dioksida: *Science,* 'The Ascent ot Atmospheric Sciences". 13. listopada 2000.. str. 299.

str. 135. Njegova je smrt bila neobična, nezaboravna: *Nature,* 27. rujna 2001..'str. 364.

str. 136. Najstariji pouzdani datumi nisu sezali dalje od Prve dinastije u Egiptu: Willard Libbv, 'Radiocarbon Dating', govor pri primanju Nobelove nagrade, 12. prosinca 1960.

str. 136. Nakon osam poluživota ostaje samo 0,39 posto radioaktivnog ugljika: Gribbin i Gribbin, *IceAge,* str. 58.

str. 136. »svaki datum ugrubo određen radioaktivnim datiranjem koji se danas navodi premlad za približno 3 posto«: Flannerv, *The Eternal Frontier,* str. 174.

str. 136. to je kao da u tisući dolara izbrojimo dolar manje: Flannerv, *The Future Eaters,* str. 151.

str. 137. Medu dvojbenijima su datumi iz doba kad su ljudi stigli na oba američka kontinenta: Flannerv. *The Eternal Frontier,* str. 174.-175.

str. 137. uključio je i dugotrajnu raspravu oko togaje li sifilis nastao u Novom ili Starom Svijetu: *Science,* 'Can Genes Solve tbe Svphilis Mystery?\ 11. svibnja 2001., str. 109.

str. 138. Nažalost, tada se susreo s još jednom velikom preprekom: Levvis, *The Dating Game,* str. 204.

str. 139. To gaje na kraju navelo da izgradi sterilan laboratorij: Povvell. *Mysteries oj Terra Firma,* str. 58.

str. 140. »brojka koja je i nakon 50 godina ostala nepromijenjena«: McGravne, *Prometheam in the Lab,* str. 173.

str. 140. U jednoj se takvoj studiji liječnik bez specijaliziranog obrazovanja u kemijskoj patologiji: McGravne, *Prometheans in the Lab,* str. 94.

str. 140. a čini se da ga oko 90 posto dolazi iz ispušnih cijevi automobila: *Nation.* 'The Secret Historv of Lead", 20. ožujka 2000.

str. 140. Ta teza postala je temelj za proučavanje ledenih kapa, na čemu počiva i veći dio radova moderne klimatologije: Povvell, *Mjsteries oj Terra Firma,* str. 60.

str. 141. uprava Ethvla navodno je 2000. godine ponudila financiranje mjesta u predsjedništvu Caltccha »ako najure Pattersona«: *Nation,* The Secret Historv of Lead", 20. ožujka 2000.

str. 141. Gotovo istog trenutka razina olova u krvi Amerikanaca smanjila se za 80 posto: McGravne, *Prometheam in the Lab,* str. 169.

str. 141. Amerikanci danas u krvi imaju otprilike 625 puta više olova nego njihovi zemljaci prije sto godina: *Nation.* 20. ožujka 2000.

str. 141. količina olova u atmosferi i dalje raste potpuno legalno, i to za sto tisuća tona godišnje: Grecn. *IVater, Ice and Stone,* str. 258.

str. 141. »44 godine nakon što je zabranjeno gotovo u cijelo] Europi«: McGravne. *Promerheatis in the Lab,* str. 191.

str. 141. »istraživanja nisu pokazala da olovni benzin predstavlja prijetnju ljudskom zdravlju ili okolini«: McGravne, *Prometheans in the* LA str. 191.

str. 142. gotovo će sigurno i dalje biti tu te će proždirati ozon još dugo nakon što vi i ja odradimo svoje: Biddle,/! *Field Guide to the hivisible,* str. 110.-111.

str. 142. Još gore, svake godine u atmosferu i dalje ispuštamo goleme količine freona: Biddle, *A Field Guide to the hivisible,* str. 63.

str. 142. U dvije nedavno objavljene popularne knjige o povijesti datiranja Zemlje čak su mu i ime pogrešno napisali: To su knjige *Mysteries of Terra Firma* i *The Dating Game;* u obje mu je ime napisano 'Claire'.

str. 142. dodao je još jednu, prilično nevjerojatnu pogrešku, navodeći da je Patterson bio žena: *Nature,* "The Rocky Road to Dating the Earth', 4. siječnja 2001., str. 20.

! I . KVARKOVI MUSTERA MARKA

str. 143. Britanski znanstvenik C. T. R. Wilson proučavao je 1911. godine: Cropper, *Great Physicists,* str. 325.

str. 144. »kada bih mogao zapamtiti imena svih tih čestica, bio bih botaničar«: citirano prema Cropper, *Great Physicists,* str. 403.

str. 144. za manje od sekunde može napraviti i do 47 000 krugova po tunelu od sedam kilometara: *Discover,* 'Gluons', srpanj 2000., str. 68.

str. 144. Cak se ni najljenije: Guth, *The hiflationaij Universe,* str. 121.

str. 144. Japanski promatrači objavili su 1998. godine da neutrino ima nešto malo mase: *Ecotiontist,* 'Heavy Stuff', 13. lipnja 1998., str. 82.; *National Geographic,* 'Unveiling the Universe1, listopad 1999., str. 36.

str. 145. Razbijanje atoma je lako: Trefil, *101 Tliings You Don't Knoiv Abont Science and No One Does Either,* str. 48.

str. 145. CERN-ov novi veliki hadronski kolajder... trebat će oko 14 bilijuna volti : *Econoniist,* 'Cause fbr conCERN7, 28. listopada 2000., str. 75.

str. 145. »koje je na rubnim dijelovima načičkano nizom otužnih gradića«: pismo Jeffa Guinna.

str. 145. Za izgradnju neutrinskog opservatorija u starom rudniku Homestake u Leadu u Južnoj Dakoti: *Science,* 'U.S. Researchers Cio fbr Scientific Gold Mine', 15. lipnja 2001.

str. 146. za održavanje... akceleratora čestica u Fermilabu u Illinoisu treba 260 milijuna dolara: *Science,* 8. veljače 2002., str. 1979.

str. 146. Danas je broj čestica iznad 150: Guth, *The Inflationaij Unii'cr-*
sc. str. 120.; Fevmnan, *Six Easy Pieces,* str. 39. str. 146. Neki misle da postoje čestice, nazvane tahioni: *Nature,* 27.
rujna 2001., str. 354. str. 146. »koje su i same svemiri na sljedećoj razini i tako dalje«:
Sagan, *Cosinos.* str. 265.-266. str. 146. »Nabijeni pion i antipion raspadaju se na muon«: Weinberg.
The Discoveij of Siibatomic Particles, str. 163. str. 146. »kako bi vratio ekonomičnost u mnoštvo hadrona«: Wein-
berg, *The Disavetj of Siibatomic Partkles,* str. 165. str. 146. htio je te nove temeljne čestice nazvati *partotiima:* Von Baever,
Tainiug the Atom, str. 17. str. 147. Iz svega toga na kraju je nastalo nešto što se zove "standardni
model': *Economist,* 'Nevv Realities?', 7. listopada 2000., str. 95.; *Nature,* 'The Mass Question\ 28. veljače 2002., str. 969.-970. str. 147. Bozoni... čestice su koje proizvode i prenose sile: *Scieiitific*
American, 'Uncovering Supersymmetry\ srpanj 2002., str. 74. str. 147. »Ima previše arbitrarnih parametara«: citirano prema PBS-ovu
videu *Creation oj the Lhiiverse,* 1985.; također, ali s izmijenjenim brojkama, u Fcrris, *Corning of Age in the Milky Way,* str. 298.-299. str. 148. uvesti hipotetične Higgsove bozone: dokument na CERN-
-ovoj web stranici, 'The Mass Mystery', bez datuma, str. 148. »Dakle, zapeli smo na teoriji«: Fevnman. *Six Easy Pieces,* str. 39. str. 148. Ona se temelji na tezi da su sve te male stvarčice, kao što su
kvarkovi: *Science News,* 22. rujna 2001., str. 185. str. 148. dovoljno su sitne da mogu proći kao čestice svedene na
točku: Weinberg, *Dreams of a Fiual Theotj,* str. 168. str. 148. »Heterotička struna sastoji se od zatvorene strune koja ima
dvije vrste vibracija«: Kaku, *Hyperspace,* str. 158. str. 148. Izdanak teorije struna naziva se M teorija: *Scieiitific American,*
'The Universe's Unseen Dimesions', kolovoz, 2000., str. 62.-69.;
Science Neii's, 'When Branes Collide, 22. rujna 2001., str. 184.-185. str. 148. »Ekpirozni proces počinje davno u neodređenoj prošlosti«:
New Vork Times. 'Berbre Big Bang. There Was... What?\ 22. svibnja
2001., str. Fl. str. 149. da je »nestručnjaku gotovo nemoguće razlučiti legitimnu
neobičnost od čiste ludosti«: *Nature,* 27. rujna 2001.. str. 354. str. 149. To je pitanje postalo naročito zanimljivo: *Neir }'ork Tiinesora*
vveb stranica, 'Are Thev a) Geniuses or b) Jokers?; French Phvsicists'

Cosmic Theorv Creates a Big Bang oflts Own'. 9. studenog 2002.; *Economist,* 'Publish and Perish', 16. studenog 2002.. str. 75.

str. 149. Karl Popper... jednom je rekao da u fizici možda i nema konačne teorije: Weinberg, *Divaniš of a Final Theory,* str. 184.

str. 149. »još uvijek nismo stigli do kraja svojih intelektualnih mogućnosti«: Weinberg, *Dreams of a Final Theoij,* str. 187.

str. 150. Hubblc je tom formulom izračunao daje svemir star oko dvije milijarde godina: *US Ncii's and IVorld Report,* 'How Old is the Universe?', 25. kolovoza 1997., str. 34.

str. 150. nove dobi svemira, otprilike između sedam i dvadeset milijardi godina: Trefil, *101 Things You Don't Knoii' About Science and No One Does Either,* str. 91.

str. 150. U godinama koje su uslijedile izbila je rasprava koja će trajati i trajati: Overbve, *Lonely Hearts oftlie Cosmos,* str. 268.

str. 150. U veljači 2003. godine tim iz NASA-e: *New York Times,* 'Cos-mos Sits for Early Portrait, Gives up Secrets', 12. veljače 2003., str. 1.

str. 151. »brdo teorije sagrađene na krtičnjaku dokaza«: *Economist,* 'Queerer than we can suppose', 5. siječnja 2002., str. 58.

str, 151. »možda je više odraz male količine podataka nego kvalitete teorije«: *National Geographic,* 'Unveiling the Universe', listopad 1999., str 25.

str. 151. oni zapravo hoće reći: Goldsmith, *The Astronomers,* str. 82.

str. 152. »u završnom računu još uvijek nedostaju dvije trećine svemira«: *Economist,* 'Dark for Dark Business', 5. siječnja 2002., str. 51.

str. 152. teorija prema kojoj prazni prostor uopće nije tako prazan: PBS-ova emisija *Nova,* 'Runaway Universe', transkript programa, prvi put emitirano 21. studenog 2000.

str. 152. jedino što bi sve to moglo razmrsiti Einsteinovaje kozmološ-ka konstanta: *Economist,* 'Dark for Dark Business', 5. siječnja 2002., str. 51.

12. ZEMLJA SE POMIČE

str. 154. Tonom koji je pozivao čitatelja da mu se pridruži u tolerantnom podsmijehu: Hapgood, *Earth's Sliifting Crust,* str. 29.

str. 156. kad god bi im zatrebalo, izvlačili bi drevne 'kopnene mostove': Simpson. *Fossils and the Histor)> of'Lije,* str. 98.

str. 156. Neke stvari nisu mogli objasniti čak ni kopneni mostovi: Gould, *Ever since Dancin,* str. 163.

str. 157. puna »brojnih teških teoretskih problema«: *Encyclopaedia Britannica,* sv. 6, str. 418. str. 157. Jedan se tamošnji kritičar uzbudio... da bi mu studenti mogli zaista i povjerovati: Levvis, *The Dating dame,* str. 182. str. 157. polovica prisutnih prihvaća ideju pomicanja kontinenata: Hapgood, *Earth's Shifting (Jrnst,* str. 31. str. 157. »osjećam daje ta hipoteza čista fantazija«: Povveil, *Mysteries oj Tena Firma,* str. 147. str. 158. Zanimljivo je da su geolozi naftnih kompanija godinama znali: McPhee, *Basin and Range,* str. 175. str. 158. Brod je bio opremljen dubinomjerom, novom luksuznom dubinskom sondom: McPhee, *Basin and Range,* str. 187. str. 158. vulkanskim izbočinama koje je on nazvao *gnyotima,* po nekadašnjem prinstonskom geologu: Harrington, *Dance oj the Continents.* str. 208. str. 160. »možda najvažniji rad u znanosti o Zemlji kojemu je uskraćeno objavljivanje«: Povveil, *Mystcries of Terra Firma,* str. 121.-122. str. 161. Još sedamdesetih godina prošlog stoljeća: Povveil, *Mysteries of Terra Firma,* str. 141. str. 161. jedan od osam američkih geologa još uvijek nije vjerovao u teoriju tektonskih ploča: McPhee, *Basin and Range,* str. 198. str. 161. Danas znamo da površinu Zemlje čini osam do dvanaest velikih ploča: Simpson, *Fossils and the Histoij oj Life,* str. 113. str. 161. Pokazalo se daje veza... mnogo složenija nego stoje itko mogao zamisliti: McPhee, *Assembling Califomia,* str. 202.-208. str. 162. brzinom rasta nokta: Vogel, *Naked Earth,* str. 19. str. 162. jednu desetinu od jedan posto sveukupne povijesti Zemlje: Margulis i Sagan, *Microcosmos,* str. 44. str. 162. Misli se... daje tektonika važan dio organskog zdravlja planeta: Trefil, *Meditations at 10,000 Feet,* str. 181. str. 162. uvjereno tvrdi da bi mogla postojati veza između povijesti stijena i povijesti života: *Science,* 'Inconstant Ancient Seas and Life's Patlr, 8. studenog 2002., str. 1165. str. 163. »cijeli svijet odjednom imao smisla«: McPhee, *Rising from the Plains,* str. 158. str. 163. običaj da se pojavljuju tamo gdje ne bi trebali biti, a izostaju tamo gdje ih se očekuje: Simpson, *Ivssils and the Uistoij of Life,* str. 115.

str. 163. I na površini Zemlje postoje mnoge pojave koje tektonika ne može objasniti: *Scientific American,* 'Sculpting the Earth trom Inside Out\ ožujak 2001. str. 164. Alfred Wegener nije doživio rehabilitaciju svojih ideja: Kun-
zig, *The Restless Sea,* str. 51. str. 164. Jedan od njegovih studenata bio je sjajan mladić Walter Alva-
rez; Povvell, *Night Comes to the Cretaceotis,* str. 7.

13. BUM!

str. 167. Čovjek koji je 1912. godine bušio bunar za gradski vodovod pronašao je mnogo neobičnog, deformiranog kamenja: Rovmond R. Anderson, Geological Society of America GSA Special Paper 302, *'The Mansoii Impact Stntctiire: A Late Cretaceotis Meteor Crater in the lowa Snhsntjace',* proljeće 1996.

str. 168. Gotovo se cijeli grad nagurao: *Des Moines Register,* 30. lipnja 1979.

str. 168. »Vrlo rijetko dolaze ljudi koji bi htjeli vidjeti krater: Razgovor sa Schlapkohlom u Mansonu, Iowa, 18. lipnja 2001.

str. 169. Glavnom istraživaču toga doba, G. K. Gilbertu sa sveučilišta Columbia: Levvis, *Raiii oflron and Ice,* str. 38.

str. 169. Gilbert te eksperimente nije provodio u laboratoriju na Co-lumbiji, nego u hotelskoj sobi: Povvell, *Night Comes to the Cretaceotis,* str. 37.

str. 169. »U doba kada smo počeli, u cijeloj povijesti astronomskih promatranja bilo je otkriveno samo desetak takvih tijela, možda malo više«: transkript BBC-jeva dokumentarnog programa *Horizon,* 'New Asteroid Danger', str. 4.; program je prvi put emitiran 18. ožujka 1999.

str. 170. *On* ih je nazvao asteroidima - latinski za 'zvjezdolik': *Science Neii's,* 'A Rocky Bicentennial', 28. srpnja 2001., str. 61.-63.

str. 170. ali 2000. godine napokon su mu ušli u trag, nakon osamdeset devet godina izbivanja: Ferris, *Seeiug in the Dark,* str. 150.

str. 171. Od srpnja 2001. godine imenovano je i identificirano 26000 asteroida: *Science News,* A Rocky Bicentennial', 28. srpnja 2001., str. 61.-63.

str. 171. kojom mi prolazimo brže od 100000 kilometara na sat: Ferris, *Seeiug in the Dark,* str. 147.

str. 171. »a svi se mogu sudariti sa Zemljom i svi kruže nebom u blago različitim putanjama i različitom brzinom«: transkript BBC-jeva

dokumentarnog programa *Horizoti,* 'Ncvv Atcroid Danger', str. b., prvi put emitirano 18. ožujka 1999.

str. 172. takvi promašaji 'za dlaku' vjerojatno se događaju dva-tri puta tjedno i prolaze neprimijećeno: *Neu> Yorkcr.* is This the End?', 27. siječnja 1997., str. 44.-52.

str. 173. Svake godine Zemlja skupi kojih 30000 tona 'kozmičkih sfe-rula': Vernon, *Beneath our Feet,* str. 191.

str. 173. »Da, bili su vrlo šarmantni, vrlo uvjerljivi«: telefonski razgovor s Asarom, 10. ožujka 2002.

str. 174. Ralph 13. Baldvvin, astrofizičar sa Sveučilišta Northvvestern, već je 1942. godine iznio takvu mogućnost u članku u časopisu *Po-pular Astronomy:* Povvell, *Mysteries of Terra Firma,* str. 184.

str. 174. Profesor s Državnog sveučilišta u Oregonu M.W. de Lau-benfels: Peebles, *Asteroids: A Histotj,* str. 170.

str. 174. mogućnost daje izvanzemaljski udar mogao biti uzrok jednog ranijeg događaja poznatog kao 'frasnijsko izumiranje': Levvis, *Rain oflron and Ice,* str. 107.

str. 175. »Sličniji su skupljačima maraka«: citirano prema Officer i Page, *Tales ofthe Earth,* str. 142.

str. 175. iako je u novinskom intervjuu priznao da za to nema stvarnog dokaza: *Boston Globe.* 'Dinosaur Extincition Theorv Backed', 16. prosinca 1985.

str. 175. dalje je vjerovalo da izumiranje dinosaura ni na koji način nije povezano s udarom asteroida ili kometa: Peebles, *Asteroids: A Histor)[1],* str. 175.

str. 176. veći dio radnog vremena provest ćete procjenjujući planove raspodjele gnojiva: Iovva Department of Natural Resources Publica-tion, *Iowa Geolog}' 1999,* broj 24.

str. 176. »Odjednom smo se našli u središtu zbivanja«: razgovor s Andersonom i Witzkeom u Iovva Citvju, 15. lipnja 2001.

str. 177. Jedan od tih trenutaka dogodio se na godišnjem sastanku Američkog geofizičkog saveza 1985. godine: *Boston Globe,* 'Dinosaur Extinction Theorv Backed', 16. prosinca 1985.

str. 177. Formacijuje 1952. godine otkrila meksička naftna kompanija Pemex: Peebles, *Asteroids: A Histotj,* str. 177.-178.; *IVashington Post,* 'Incoming', 19. travnja 1998.

str. 178. »Sjećam se da sam na početku bio vrlo sumnjičav u djelotvornost takva događaja«: Gould, *Dinosaur in a Haystack,* str. 162.

str. 178. »da će Jupiter progutati te komete, a da se pritom neće niti podrignuti«: citirano prema Peebles, *Asteroids: A Ilistoij,* str. 196. str. 178. Jedan fragment, nazvan Nuclcus G, udario je snagom od oko šest milijuna megatona: Peebles, *Asteroids: A Histoij,* str. 202. str. 178. Shoemakerje na mjestu poginuo, a njegova je supruga povrijeđena: Peebles, *Asteroids: A Histotj,* str. 204. str. 180. gotovo sve što stoji uspravno, za samo nekoliko minuta bilo bi pokošeno vatrom, a gotovo sve živo bilo bi mrtvo: Anderson, Iowa Department of Natural Resources, *Ioiva Geoloqy 1999,* 'Iovva's Mansion Impact Structure'. str. 180. bijeg bi značio »izabrati polaganu smrt umjesto brze«: Lewis, *Rain oflron and Ice,* str. 209. str. 180. analizirali su izotope helija iz sedimenata preostalih iz KT udara i zaključili daje taj događaj oko deset tisuća godina utjecao na klimu Zemlje: *Arizona Repulk,* 'Impact Theory Gains New Supporters'. 3. ožujka 2001. str. 181. Kao prvo, kako primjećuje John S. Lewis, naši projektili nisu konstruirani za svemirsko djelovanje: Lewis, *Rain oflron and Ice,* str. 215. str. 181. Tom Gehrels... smatra da bi čak i godina dana bila prekratka: *Neu> York Times,* 'The Asteroids Are Corning! The Asteroids Are Corning!', 28. srpnja 1996., str. 17.-19. str. 181. Shoemaker-Levy kružio je oko Jupitera prilično upadljivo od 1929. godine, ali prošlo je više od pola stoljeća prije nego gaje itko primijetio: Ferris, *Seeing in the Dark,* str. 168.

14. UNUTARNJA VATRA

str. 184. »To je bilo glupo mjesto za traženje kostiju«: razgovor s Mikeom Voorhiesom u Ashfalls Fossil Beds State Parku, Nebraska, 13. lipnja 2001.

str. 184. U početku se mislilo da su životinje bile zakopane žive: *National Gcographk,* 'Ancient Ashfall Creates Pompeii of Prehistoric Animals', siječanj, 1981., str. 66.

str. 185. »nego što razumijemo unutrašnjost Zemlje«: Fevnman, *Six Easy Pieces,* str. 60.

str. 185. Udaljenost od površine do središta Zemlje iznosi 6370 kilometara: Williams i Montaigne, *Suruit'ing Gakras,* str. 78.

str. 186. Kao skroman čovjek, ljestvicu nikada nije nazivao svojim imenom: Ozima, *The Earth,* str. 49.

str. 186. Raste eksponencijalno: Officer i Pagc, *Tales of the Earth,* str.
33. str. 187. Na kraju je poginulo šezdeset tisuća ljudi: Officer i Page,
Tales ofthe Earth, str. 52. str. 188. »grad koji samo čeka smrt«: McGuire, *A Guide to the End oj*
the Wor\d, str. 21. str. 188. moguća materijalna šteta procjenjuje se na oko 7 bilijuna
dolara: McGuire, *A Guide to the End ofthe World,* str. 130. str. 189. »čak je srušio skele koje su bile podignute oko zgrade Capi-
tola u Washingtonu«: Trefil, *101 Things You Don't Know About Science*
and No One Does Either, str. 158. str. 189. Projekt je postao poznat kao Mohole: Vogel, *Naked Earth,* str.
37. str. 189. »kao da špagetom s vrha Empirc State Buildinga pokušavate
izbušiti rupu na njujorškom pločniku«: *Valley Ncit's,* 'Drilling the
Ocean Floor for Earth's Deep Secrets', 21. kolovoza 1995. str. 189. Zemljina kora tvori samo oko 0,3 posto volumena planeta:
Schopf, *Cradle ofEife,* str. 73. str. 190. O plastu znamo samo malo više zahvaljujući takozvanim
kimberlitnim cijevima: McPhee, //; *Suspect Terrain,* str. 16.-18. str. 190. Znanstvenici se općenito slažu: *Scietitijic American,* 'Sculpting
the Earth from Inside Out', ožujak 2001., str. 40.-47. i *Neu> Scientist,*
'Journey to the Centre of the Earth', dodatak, 14. listopada 2000.,
str. 1. str. 191. Po zakonima geofizike: *Earth,* 'Mystery in the High Sierra',
lipanj 1996., str. 16. str. 192. Kamenje je viskozno... kao stoje i staklo viskozno: Vogel,
Naked Earth, str. 31. str. 192. Gibanje se ne događa samo bočno: *Science,* 'Mucli About
Motion in the Mantle', 1. veljače 2002., str. 982. str. 192. engleski vikar Osmond Fisher proročki je tvrdio: Tudge, *The*
Time Bejore Histoij, str. 43. str. 192. »a onda [su) odjednom saznali da postoji i vjetar«: Vogel.
Naked Earth, str. 53. str. 192. »postoje dva skupa podataka iz različitih disciplina«: Trefil,
/()/ *Tliings You Don't Know About Science and No One Does Either,* str.
146. str. 192. 82 posto volumena Zemlje i 65 posto mase: *Nature,* 'The
Earth's Mantle', 2. kolovoza 2001., str. 501.-506.

str. 193. veći je tri milijuna puta od onih koji se javljaju na površini:
Drury, *Steppiiai Stoties,* str. 50. str. 193. u doba dinosaura bilo je oko tri puta jače nego danas: *Ncu>*
Scientist, 'Dvnamo Support', 10. ožujka 2001., str. 27. str. 193. čini se daje najdulje razdoblje trajalo 37 milijuna godina:
Neu' Scientist, 'Dvnamo Support', 10. ožujka 2001., str. 27. str. 193. 'najvećim neodgovorenim pitanjem geološke znanosti': Tre-
fil, *101 Things You Doti't Knoiv Abotit Science and No One Does Either,*
str. 150. str. 194. »Geolozi i geofizičari rijetko dolaze na iste skupove«: Vogel,
Naked Earth, str. 139. str. 194. Seizmolozi su svoje zaključke nepokolebljivo temeljili na
ponašanju havajskih vulkana: Fisher i dr., *Volcanoes,* str. 24. str. 195. To je bio najveći odron zemlje u ljudskoj povijesti: Thompson, *l'blcano Cowboys,* str. 118. str. 195. snagom pet stotina bombi veličine one hirošimske: Williams
i Montaigne, *Suivivng Galeras,* str. 7. str. 195. Poginulo je pedeset sedmero ljudi: Fisher i dr., *Volcanoes.* str.
12. str. 196. »s čuđenjem odmahnuti glavom«: Williams i Montaigne,
Siin'ii'tig Galeras, str. 151. str. 196. Avion... izrešetan kamenjem: Thompson. *Iblcano Cou>boys,*
str. 123. str. 196. No, u Yakirni ipak nije bilo nikakve procedure u slučaju
opasnosti od vulkana: Fisher i dr.. *Volcanoes,* str. 16.

15. OPASNA LJEPOTA

str. 197. U Paricutinu u Meksiku 1943. godine: Smith, *The IVeather.*
str. 112. str. 198. »Ne biste joj mogli pobjeći u radijusu od tisuću kilometara«:
BBC-jev dokumentarni program *Hotizon,* 'Crater of Death", prvi
put emitirano 6. svibnja 2001. str. 199. eksplozija je devet dana odjekivala svijetom: Levvis, *Rain of*
I ton and Ice, str. 152. str. 200. Zadnja erupcija supervulkana na Zemlji bila je Toba: Mc-
Guire, *A Gnidc to the End ofthe IVorld,* str. 104. str. 200. postoje dokazi da sljedećih dvadeset tisuća godina ukupan
broj ljudi na Zemlji ni u jednom trenutku nije prelazio nekoliko
tisuća: McGuire, *A Guide to the End ofthe IVorld,* str. 107.

str. 201. »Možda vam se tako ne čini, ali vi stojite na najvećem aktivnom vulkanu na svijetu«: razgovor s Pulom Dossom u Nacionalnom parku Yellowstone, Wyoming, 16. lipnja 2001.

str. 203. kao što se na razoran način pokazalo u noći 17. kolovoza 1959. na mjestu koje se zove I Iebgen Lake: Smith i Siegel, *Windows itito the Eartli,* str. 5.-6.

str. 206. u idealnim uvjetima dovoljna je ijedna molekula: Sykes, *The Seren Daughters ofEve,* str. 12.

str. 206. Znanstvenici su u međuvremenu otkrili još otpornije mikrobe: Ashcroft, *Life at thc Extretties,* str. 275.

str. 207. Kako je rekao Jay Bergstralh, znanstvenik iz NASA-e: transkript PBS-ove emisije *Neu'sHour* od 20. kolovoza 2002.

16. USAMLJENI PLANET

str. 211. nedostupno ništa manje nego 99,5 posto nastanjivog prostora na svijetu: *Neir York Times Book Rerieir,* 'Where Leviathan Lives', 20. travnja 1997., str. 9.

str. 211. voda [je] oko 780 puta gušća od zraka: Ashcroft. *Life at tlie Extremes,* str. 51.

str. 211. žile bi vam kolabirale, a pluća se komprimirala na veličinu limenke Coca-Cole: *Neir Scietitist,* 'Into thc Abyss", 31. ožujka 2001.

str. 212. tlači sila ravna težini četrnaest kamiona-miješalica natovarenih betonom: *Neir Yorker,* 'The Pictures", 15. veljače 2000., str. 47.

str. 212. Budući da smo uglavnom sačinjeni od vode: Ashcroft, *Life at the Extremes,* str. 68.

str. 212. »ljudi [su] sličniji kitovima ili dupinima nego što se vjerovalo«: Ashcroft, *Life at the Extremes,* str. 69.

str. 213. »u odijelu bi našli samo kosti i komadiće mesa«: Haldane, *Wliatls Life?, str.* 188.

str. 213. Ashcroft prenosi priču o direktorima novog tunela ispod Temze, koji su na samom gradilištu priredili slavljenički banket: Ashcroft, *Life at the Extremes,* str. 59.

str. 214. Kad su ga probudili, Haldane je objasnio kako je shvatio da se svlači, pa je pretpostavio da je vrijeme za spavanje: Norton, *Stan beneath the Sca,* str. 111.

str. 214. Haldaneov doprinos umijeću ronjenja bio je u tome što je odredio nužne stajanke pri izranjanju kako bi se izbjegli grčevi: I Ialdane, *W\\at Is Life?,* str. 202.

str. 214. zasićenost otrovom u krvi dosegla [je] 56 posto: Norton, *Stars beneath the Sea,* str. 105. str. 215. »A je li to oksihemoglobin ili karboksihemoglobin?«: citirano prema Norton, *Stars beneath the Sea,* str. 121. str. 215. nazvao gaje »najpametnijim čovjekom kojeg poznaje«: Gould, *The Lying Stones ofMarrakech,* str. 305. str. 215. mladi Haldanc bio [je] jedini čovjek koji je Prvi svjetski rat doživio kao »vrlo ugodan doživljaj«: Norton, *Stars beneath the Sea,* str. 124. str. 215. »Gotovo svaki eksperiment... završio bi nečijim grčenjem, krvarenjem ili povraćanjem«: Norton, *Stars beneath the Sea,* str. 133. str. 216. Prilično je često bilo i probijanje bubnjića: Haldane, *Wliat Is Life?,* str. 192. str. 216. Haldane je šest godina bio bez osjeta u stražnjici i donjem dijelu kralježnice: Haldane, *Wliat Is Life?,* str. 202. str. 216. Dušik izaziva i nagle promjene raspoloženja: Ashcroft, *Life at the Extremes,* str. 78. str. 216. »ispitivač bi obično bio jednako opijen kao i ispitanik«: Haldane, *W\iat Is Life?,* str. 197. str. 216. Uzrok tog pijanstva čak je i danas tajna: Ashcroft, *Life at the Extrenies,* str. 79. str. 217. Čak i pri relativno blagim vremenskim uvjetima najmanje dvije trećine kalorija koje sagorimo odlazi na održavanje tjelesne topline: Attenborough, *The Living Planet,* str. 39. str. 217. i s tim prednostima dijelovi Zemlje na kojima smo spremni ili sposobni živjeti vrlo su skromnih razmjera: Smith, *The IVeather,* str. 40. str. 218. Daje naše Sunce deset puta masivnije, iscrpilo bi se nakon deset milijuna godina, umjesto deset milijardi: Ferris, *The Vbliole Slieban<j,* str. 81. str. 218. Toplina Sunca do nje stiže samo dvije minute prije nego do nas: Grinspoon, *Venus Revealed,* str. 9. str. 218. Čini se daje u ranim danima Sunčeva sustava Venera bila samo malo toplija od Zemlje i vjerojatno je imala oceane: *National Geographic,* 'The Planets'. siječanj 1985.. str. 40. str. 219. atmosferski tlak na površini devedeset je puta veći od onoga na Zemlji: McSvveen, *Stardust to Planets,* str. 200. str. 220. Mjesec nam izmiče brzinom od oko četiri centimetra godišnje: Ward i Brovvnlee, *Rare Earth,* str. 33.

str. 221. No, čini se daje francij najneuhvatljivi]i element: Atkins, *The Periodic Kingdon,* str. 28.

str. 221. odbacila državni srebrni pribor za jelo i zamijenila ga aluminijskim: Bodanis, *The Secret I louse,* str. 13.

str. 221. zastupljen je sa skromnih 0,048 posto u Zemljinoj kori: Krebs, *The Histoij and U se ofotir Earth's (Chemical Eleiiients,* str. 148.

str. 222. »Da nije ugljika, ne bi bio moguć život kakav poznamo«: Davies, *The Fifth Miracie,* str. 126.

str. 222. Na svakih 200 atoma u našem tijelu, 126 je atoma vodika, 51 kisika, a samo 19 ugljika: Snvder, *The Extraordinary Cheuiistr}' ofOrdi-nary Things,* str. 24.

str. 222. Stupanj do kojeg organizmi traže ili toleriraju određene elemente ostatak je njihove evolucije: Parker, *Inscrutable Earth,* str. 100.

str. 223. Bacite malu grudicu čistog natrija u običnu vodu i ona će eksplodirati ubitačnom snagom: Snvder, *The Extraordinaty Cheuiistr}' oj Ordinaij Thinqs,* str. 42.

str. 223. Rimljani su i ne znajući, svoje vino začinjali olovom: Parker, *Inscnitable Earth,* str. 103.

str. 224. Fizičar Richard Fevnman znao se šaliti: Fevnman, *Six Easy Pieces,* str. xix.

17. U TROPOSFERI

str. 225. Bez nje, Zemlja bi bila beživotna kugla leda: Stevens, *The Change in the IVeatlier,* str. 7. str. 226. otkrio ga je jedan Francuz u balonu, Leon-Philippe Teisse-
renc de Bort: *The Change iu the IVeatlier,* str. 56.: *zature,* '1902 and Ali That, 3. siječnja 2002.. str. 15. str. 226. ima isti grčki korijen kao i *inenopati~a:* Smith, *The IVeatlier,*
str. 52. str. 226. završio teškim cerebralnim i plućnim edemima: Ashcroft, *Life at the Extreines.* str. 7. str. 226. Temperatura na visini od 10 kilometara zna se spustiti do
minus 57 stupnjeva: Smith, *'The IVeatlier,* str. 25. str. 226. za osam milijuntinu centimetra, da budemo točni: Allen,
Atinosphere, str. 58. str. 226. ako letjelica ude u termosferu pod premalim kutom, mogla
bi se odbiti u svemir: Allen, *Atinosphere.* str. 57. str. 227. Dickinson opisuje kako je... I lovvarda Somervella »obuzelo

gušenje kad mu je dušnik začepio komadić inficiranog mesa«: Dickinson, *The Other Side ofEvercst,* str. 86.

str. 227. Apsolutna granica ljudske tolerancije za trajan boravak seže do oko 5500 metara: Ashcroft, *Life at the Extretnes,* str. 8.

str. 227. iznad 5500 metara čak ni najprilagodenije žene ne mogu opskrbiti fetus dovoljnom količinom kisika: Attenborough, *The Living Planet,* str. 18.

str. 228. »noću [se] na nas tiho spustilo gotovo pola tone«: citirano prema Hamilton-Paterson, *The Great Deep,* str. 177.

str. 228. tipična meteorološka fronta može sadržavati i do 750 milijuna tona hladnog zraka zarobljenog pod milijardama tona toplijeg zraka: Smith, *The IVeather,* str. 50.

str. 228. količinu energije koja odgovara četverodnevnoj potrošnji elektriciteta za cijele Sjedinjene Države: Junger, *The Petfect Stonu,* str. 102.

str. 229. U svakom trenutku diljem globusa odvija se 1800 oluja: Ste-vens, *The Change in the IVeather,* str. 55.

str. 229. Većina naših spoznaja o onome što se događa tamo gore izne-nađujuće je novijeg datuma: Biddle, .4 *Field Guide to the bivisible,* str. 161.

str. 230. vjetar koji puše brzinom od 300 kilometara na sat, nije deset puta jači od vjetra koji puše 30 kilometara na sat nego je sto puta jači: Bodanis, $E = mc^2$, str. 68.

str. 230. jednako energije koliko u godinu dana potroši jedna bogata država srednje veličine: Bali, *IhO,* str. 51.

str. 231. nagon atmosfere da teži ravnoteži prvi je u 18. stoljeću naslutio Edmond Hallev: *Science,* 'The Ascent of Atmospheric Sciences', 13. listopada 2000., str. 300.

str. 231. Coriolisovo drugo dostignuće u Školi bilo [je] uvođenje aparata za hlađenje vode, koji su tamo i danas poznati kao Corios: Trefil, *The Unexpected Vista,* str. 24.

str. 231. to stvara vrtloge i vrti uragane: Drury, *Stepping Stones,* str. 25.

str. 232. Celsius je vrelište vode stavio na 0, a ledište na 100 stupnjeva: Trefil. *The Unexpected Vista.* str. 107.

str. 232. Njega se danas uglavnom pamti po tome stoje 1803. nadjenuo ime vrstama oblaka: *Dictionaij of National Biography,* sv. 10, str. 51.-52.

str. 232. S vremenom je Hovvardov sustav dobio brojne dodatke: Trefil, *Meditations at Smiset,* str. 62.

str. 233. Čini se da otuda potječe fraza »biti na devetom oblaku«: Hamblvn, *The lnvaition of'Cloiids,* str. 252.

str. 233. Paperjasti ljetni kumulus, koji je dug nekoliko stotina metara, možda ne sadrži više od 100 do 150 litara vode: Trefil, *Mcditations at Suiisđ,* str. 66.

str. 233. Zemlju okružuje samo 0,035 posto njezine slatke vode: Bali, *H20,* str. 57.

str. 233. Ovisno o tome gdje padne, prognoza za molekulu vode može biti veoma različita: Dennis, *The Bird in the IVaterfall,* str. 8.

str. 233. Čak i nešto tako veliko kao stoje Sredozemno more, isparilo bi za tisuću godina kad se ne bi stalno obnavljalo: Gribbin i Gribbin, *Being Human,* str. 123.

str. 233. To se dogodilo prije nešto manje od 6 milijuna godina: *New Scientist,* 'Vanished', 7. kolovoza 1999.

str. 234. toplinom koja odgovara desetogodišnjoj potrošnji ugljena: Trefil, *Meditatiom at 10,000 Feet,* str. 122.

str. 234. Zbog toga obično dolazi do raskoraka između službenog, astronomskog početka godišnjeg doba i stvarnog osjećaja da je to godišnje doba počelo: Stevens, *The Change in the VVeather,* str. 111.

str. 235. Sto se tiče pitanja kako se uopće može izračunati koliko treba kapi vode da stigne iz jednog oceana u drugi: *National Geographic,* 'New Eyes on the Oceans', listopad 2000., str. 101.

str. 235. U stijenama u Zemlji zarobljeno je oko dvadeset tisuća puta više ugljika nego što ga ima u atmosferi: Stevens, *The Chatige in the VVeather,* str. 7.

str. 236. ' prirodna' razina ugljikovog dioksida u atmosferi: *Science,* 'The Ascent of Atmospheric Sciences', 13. listopada 2000., str. 303.

18. SKAKUTAVA PUČINA

str. 237. Zamislite kako bi izgledalo da pokušavate živjeti u svijetu kojim dominira kisikov dihidrid: Margulis i Sagan, *Microcosmos,* str. 100.

str. 237. Krumpir je 80 posto voda, krava 74 posto, bakterija 75 posto: Schopf, *Cradle ofLife,* str. 107.

str. 237. Gotovo nijedna njena osobina ne može poslužiti za donošenje ozbiljnih pretpostavki o svojstvima drugih tekućina: Green, *IVater, he and Stone,* str. 29.; Gribbin, *In the Beghnnng,* str. 174.

str. 238. Kada postigne kruto stanje, gotovo je za desetinu voluminoz-nija nego prije: Trefil, *Mcditations at 10,000 Feet,* str. 121.

str. 238. »krajnje bizarno svojstvo«: Gribbin, *In the Bcginniiig,* str. 174.

str. 238. kao neprekidna promjena partnera u kadrili: Kunzig, *The Restless Sca,* str. 8. str. 238. U svakom trenutku dodiruje ih se samo 15 posto: Dennis, *The Bird in the IVaterfall,* str. 152. str. 238. Za nekoliko dana usne nestaju »kao da su odrezane, zubno meso pocrni, nos se smanji za pola duljine«: *Economist,* 13. svibnja 2000., str. 4. str. 239. Litra morske vode sadrži samo oko 2,5 žličice obične soli: Dennis, *The Bird in the IVaterfall,* str. 248. str. 239. mi znojimo i plačemo morsku vodu: Margulis i Sagan, *Miavcosmos,* str. 184. str. 239. Na Zemlji ima 1,3 milijarde kubičnih kilometara vode, i to je sva voda što će ikada postojati: Green, *IVater, Ice and Stone,* str. 25. str. 239. Oceani su prije 3,8 milijardi godina (više-manje) dosegli svoj sadašnji volumen: Ward i Brovvnlee, *Rare Earth,* str. 360. str. 239. Tihi ocean u cjelini sadrži malo više od polovice sveukupne oceanske vode: Dennis, *The Bird in the IVaterfall,* str. 226. str. 239. bilo bi logičnije da svoj planet zovemo Voda, a ne Zemlja: Bali, H_20, str. 21. str. 239. Od 3 posto slatke vode na Zemlji: Dennis, *The Bird in the IVaterfall,* str. 6.; *Scientific American,* 'On Thin Ice', prosinac 2002., str. 100.-105. str. 240. Otiđite na Južni pol i stajat ćete na više od 3 kilometra leda, dok će to na Sjevernom polu biti samo 450 centimetara: Smith, *The VVeather,* str. 62. str. 240. dovoljno da, kada bi se otopio, podigne razinu oceana za 60 metara: Schultz, *Ice Age Lost,* str. 75. str. 240. »izluđeni zatupljujućom rutinom dugogodišnjeg ispiranja mulja«: Weinberg, *A Tish Caught in Time,* str. 34. str. 241. No, preplovili su gotovo 70000 nautičkih milja mora: Hamilton-Paterson, *The Great Deep,* str. 178. str. 241. privlačnih pomoćnica čiji je posao inventivno opisivan kao 'povjesničarka i tehničarka' ili 'asistentica za riblja pitanja': Norton, *Stars beneath the Sca,* str. 57. str. 241. Nedugo nakon toga udružio se s Bartonom, koji je potekao iz još bogatije obitelji: Ballard, *The Etemal Darkness,* str. 14.-15. str. 241. Sfera nije imala manevarskih mogućnosti... a imala je najprimitivniji sustav za disanje: Weinberg, *A Tish Caught in Time,* str. 158., Ballard, *The Etemal Darkness,* str. 17.

str. 242. Ma što to bilo, nitko poslije nije vidio ništa slično: Weinberg, *A Fish Caught in Time,* str. 159.

str. 243. Sklopili su ugovor s Američkom mornaricom 1958. godine: Broad, *The Lhiiverse Beloiv,* str. 54.

str. 244. »Nismo naučili bogzna što; samo smo vidjeli da to možemo«: citirano prema časopisu *Undenvater,* 'The Deepest Spot on Earth', zima 1999.

str. 244. Postojao je samo jedan problem: konstruktori nisu mogli naći nikoga tko bije sagradio: Broad, *The Universe Beloiv,* str. 56.

str. 245. Kad je 1994. godine jedan korejski trgovački brod zahvatila oluja na Tihom oceanu, s njega je odletjelo 34000 rukavica za hokej na ledu: *National Geographk,* 'New Eyes on the Oceans', listopad 2000., str. 93.

str. 245. ljudi su istražili »možda milijunti ili nnlijarditi dio morske tame«: Kunzig, *The Restless Sea,* str. 47.

str. 245. crvi cjevaši dugi više od 3 metra, priljepci široki 30 centimetara, mnoštvo kozica i mušmula: Attenborough, *The Living Planet,* str. 30.

str. 245. Prije toga mislilo se da nijedan složeni organizam ne može preživjeti u vodi toplijoj od 54 stupnja: *National Geographic,* 'Deep Sea Vents', listopad, 2000., str. 123.

str. 246. dovoljno da zatrpa svaki komadić tla na planetu do visine od 50 metara: Dennis, *The Bird in the IVaterfall,* str. 248.

str. 246. da bi se pročistio cijeli ocean, potrebno je deset milijuna godina: Vogel, *Naked Earth,* str. 182.

str. 246. Možda ništa ne govori više o našoj mentalnoj udaljenosti od oceanskih dubina: Engel, *The Sea,* str. 183.

str. 246. A kad ne bi potonule, što se često događalo, mornarički topnici izbušili bi ih mecima kako bi se napunile vodom: Kunzig, *The Restless Sea,* str. 294.-305.

str. 247. Plavetni kit može prekinuti pjesmu i nastaviti je nakon šest mjeseci na istom mjestu: Sagan, *Cosmos,* str. 271.

str. 247. ...na primjer, što znamo o bajkovitom divovskom lignju: *Good IVeekend.* 'Armed and Dangerous', 15. srpanj 2000., str. 35.

str. 248. u moru vjerojatno živi trideset milijuna životinjskih vrsta, koje uglavnom još uvijek nisu otkrivene: *Time,* 'Call of the Sea', 5. listopada 1998.,'str. 60.

str. 248. Cak i na dubini *c^d* oko 5 kilometara pronašli .su oko 3700 organizama: Kunzig, *The Restless Sea,* str. 104.-105.

str. 248. Manje od desetine oceana smatra se prirodno produktivnim: *Economist,* 'The Sca', 23. svibnja 1998.

str. 248. ne ulazi čak ni medu prvih pedeset ribolovnih nacija: Fla-nnery, *The Future Eaters,* str. 104.

str. 249. Mnogi ribari 'perajare' morske pse: *Audubon,* svibanj-lipanj 1998., str. 54.

str. 249. a za sobom vuku toliko velike mreže da u njih može stati desetak jumbo-jetova: *Time,* 'The Fish Crisis', 11. kolovoza 1997., str. 66.

str. 249. »Još smo u srednjem vijeku. Samo bacamo mreže i čekamo da vidimo što čemo izvući«: *Economist,* 'Pollock Overboard', 6. siječnja 1996., str. 22.

str. 249. Oko 22 milijuna tona takve neželjene ribe godišnje se baca natrag u more, najčešće u obliku leševa: *Economist,* pregled 'The Sea',23. svibnja 1998., str. 12.

str. 250. Velika područja na dnu Sjevernog mora po sedam puta godišnje počiste koćarice s mrežama potegačama: *Otitside,* prosinac 1997., str. 62.

str. 250. da su ih mornari hvatali košarama: *National Geographic,* listopad 1993., str. 18.

str. 250. Do 1990. spala je na 22000 tona: *Economist,* pregled 'The Sea', 23. svibnja 1998.

str. 250. »Ribari su... izlovili sve«: Kurlansky, *Cod,* str. 186.

str. 250. riblji fond se još uvijek nije vratio na staro: *Nature,* 'How Many More Fish in the Sca?', 17. listopada 2002., str. 662.

str. 250. Ironično konentira da 'riba' danas znači 'što god je još ostalo': Kurlanskv, Cod, str. 138.

str. 250. »Biolozi... procjenjuju da se 90 posto jastoga ulovi u roku od godine dana nakon što dostignu dopuštenu minimalnu težinu«: *Neu> York Times,* A Tale of Two Fisheries', 27. kolovoza 2000., str. 40.

str. 251. Na ledu oko Antarktike živi ih čak 15 milijuna: BBC-ijev dokumentarni program *Horizon,* transkript, Antartica: The Ice Melts', str. 16.

19. BUĐENJE ŽIVOTA

str. 252. Nakon nekoliko dana voda u tikvicama pretvorila se u zeleno-žutu krepku juhu aminokiselina: *Earth,* »Lifc's Crubicle«. veljača 1998., str. 34.

str. 252. Ponavljanjem Millerova eksperimenta s takvim, zahtjevnijim početnim vrijednostima dosad je proizvedena samo jedna poprilično primitivna ammokiselina: Bali, *H?0,* str. 209.

str. 253. pretpostavlja se da u ljudskom tijelu ima čak milijun vrsta bjelančevina: *Discover,* »The Povver of Proteins«, siječanj 2002., str. 38.

str. 253. izgledi da svih 200 budu u zadanom slijedu su 1 prema 1()2H): Crick, *Life Itself* str. 51.

str. 253. Hemoglobin je dug samo 146 aininokiselina, običan kržlja-vac u mjerilima bjelančevina: Sulston i Ferry, *The Conimoii Thread,* str. 14.

str. 254. DNK je tata-mata repliciranja - za nekoliko sekundi može napraviti vlastitu kopiju: Margulis i Sagan, *Microcosmos,* str. 6)3.

str. 254. »Ako svaka tvar treba sve ostale, kako je uopće došlo do zajednice molekula?«: Davies, *The Fifth Miracle,* str. 71.

str. 255. mora da je postojala neka vrsta kumulativnog procesa odabira koji je omogućio da se aminokiseline poslože u blokove: Davvkins, *The Blind IVatchmaker,* str. 45.

str. 255. U prirodi se okuplja mnogo molekula koje stvaraju duge lance zvane polimeri: Davvkins, *The Blind Watchmaker,* str. 115.

str. 255. »obvezna manifestacija materije«: citirano prema Nuland, *How We Live,* str. 121.

str. 255. Da želite stvoriti neko živo biće... trebala bi vam zapravo samo četiri glavna elementa: Schopf, *Cradle ofLije,* str. 107.

str. 255. »U tvarima od kojih su načinjena živa bića nema ništa posebno«: Davvkins, *Tlie Blind Watc\imaker,* str. 112.

str. 256. Kao stoje navedeno u jednom vodećem tekstu iz biologije, možda s majušnim nagovještajem nelagode: Wallace i dr., *Biolog}',* str. 428.

str. 256. Već u poodmaklim pedesetim godinama 20. stoljeća mislilo se daje život star manje od 600 milijuna godina: Margulis i Sagan, *Microcosmos,* str. 71.

str. 256. »Iz te brzine možemo jedino zaključiti kako na planetima s odgovarajućim uvjetima nije 'teško' razviti život na bakterijskom stupnju«: *New York Times,* »Life on Mars? So What?«, 11. kolovoza 1996.

str. 256. »životu, koji se pojavio činije mogao, bilo (je] kemijski suđeno da se pojavi«: Gould, *Light Little Pi^ies.* str. 328.

str. 256. kada je desetke tisuća Australaca šokirao niz zvučnih udara i prizor vatrene kugle koja je proletjela nebom s istoka na zapad:

Sydney Morning Herald, »Aerial Blast Rocks Towns«, 29. rujna 1969.; i »Farmer Finds 'Meteor Soot'«, 30. rujna 1969.

str. 257. bio je posut aminokiselinama - s ukupno sedamdeset četiri vrste: Davics, *The Fifth Minule,* str. 209.-210.

str. 257. Od 1969. godine u Zemljinuje putanju zalutalojoš nekoliko ugljičnih hondrita: *Nature,* 'Life's Svveet Beginnings?', 20.-27. prosinca 2001., str. 857.; *Earth,* Life's Crubicie«, veljača 1998., str. 37.

str. 257. »na samoj granici znanstvene doličnosti«: Gribbin, *hi tlie Begiiiiiug,* str. 78.

str. 258. »Kamo god išli, pogledate li bilo koju životinju, biljku, klicu ili gvaljicu«: Ridlev, *Geuouie,* str. 21.

str. 258. »Ne možemo sa sigurnošću tvrditi daje stijena koju sada držite nekada sadržavala žive organizme«: razgovor s Victorijom Be-nnett na Australian National Universitvju u Canberri, 21. kolovoza 2001.

str. 261. prepuna kužnih para klorovodične i sumporne kiseline, dovoljno jakih da izgrizu odjeću i naprave mjehuriće na koži: Ferris, *Seeitig in the Dark,* str. 200.

str. 261. »nesumnjivo najvažnija pojedinačna metabolička inovacija u povijesti života na planetu«: Margulis i Sagan, *Microcosmos,* str. 78.

str. 261. Naša bijela krvna zrnca koriste kisik za ubijanje bakterija koje nas napadaju: opaska dr. Laurencea Smajea.

str. 262. No, prije otprilike 3,5 milijarde godina postalo je očito nešto mnogo važnije: Wilson, *The Diversity oj Life,* str. 186.

str. 263. »To je pravo putovanje kroz vrijeme«: Fortev, *Life,* str. 66.

str. 263. cijanobakterije u zaljevu Shark [su] organizmi koji se vjerojatno najsporije razvijaju: Schopf, *Cradle ofLife,* str. 212.

str. 263. »Životinje nisu mogle skupiti dovoljno energije«: Fortev, *Life,* str. 89.

str. 264. tek kaljuža puna jednostavnih mikroba: Margulis i Sagan. *Microcosmos,* str. 128.

str. 264. u prostor veličine zrna pijeska možete ih strpati milijardu: Brovvn, *The Energy of Life,* str. 101.

str. 264. Takvi su fosili pronađeni samo jednom, a sljedećih petsto milijuna godina više im nema traga: Ward i Brovvnlee, *Rare Earth,* str. H).

str. 264. tek »vrećice kemikalija«: Drury, *Steppiu^ Stones,* str. 68.

str. 264. dovoljno da se ispuni osamdeset knjiga od petsto stranica, kao što je primijetio Carl Sagan: Sagan. *Cosmos.* str. 273.

str. 266. Louis Pasteur, veliki francuski kemičar i bakteriolog, postao je toliko zaokupljen svojima da je običavao s povećalom kritički zuriti u svaki tanjur koji bi se našao pred njim: Biddlc,.4 *Field Gnide to the Invisihle,* str. 16. str. 266. Ukoliko ste dobra zdravlja i prosječno revni glede higijene, imate stado od otprilike jednog bilijuna bakterija koje pase na vašim mesnatim poljanama: Ashcroft, *Lije at the Extreiues,* str. 248.; Sagan i Margulis, *Gardeti oj Microbial Del igli ts,* str. 4. str. 266. Samo je vaš probavili sustav domaćin više od stotini bilijuna mikroba, barem za 400 vrsta: Biddle. *A Field Guide to the Invisible,* str. 57. str. 266. Iznenađujuće mnogo bakterija... nema baš nikakvu vidljivu funkciju: *National Geographic,* »Bacteria«, kolovoz 1993., str. 51. str. 266. Svako se ljudsko tijelo sastoji od oko deset bilijardi stanica, ali domaćin je stotini bilijardi bakterijskih stanica: Margulis i Sagan, *Microcosmos,* str. 67. str. 267. Bez njih ne bismo mogli preživjeti nijedan dan: *New York Times,* »From Birth, Our Body Houses a Microbe Zoo«, 15. listopada 1996., str. C-3. str. 267. Alge i drugi sićušni organizmi koji ispuštaju mjehuriće po morima godišnje ispuste oko 150 milijardi tona kisika: Sagan i Margulis, *Garden oj Microbial Delights,* str. 11. str. 267. *Clostridiinn peijringens,* neugodan organizmić koju uzrokuje gangrenu, može se reproducirati za devet minuta: *Ontside,* srpanj 1999., str. 88. str. 267. Tim bi tempom jedna bakterija mogla teoretski proizvesti više potomstva za dva dana nego što ima protona u svemiru: Margulis i Sagan, *Microcosmos,* str. 75. str. 267. »jedna bakterijska stanica u jednom jedinom danu može stvoriti 280000 milijardi individua«: Dc Duve, *A Guided Tonr oj the Living Cell,* sv. 2. str. 320. str. 268. Zapravo... sve bakterije plivaju u jedinstvenom rezervoaru gena: Margulis i Sagan, *Microcosmos,* str. 16. str. 268. Znanstvenici su u Australiji pronašli mikrobe poznate kao *Tliiobacillns concretii'orans:* Davies. *The Tifth Minule,* str. 145. str. 268. Neke bakterije razlazu kemijske tvari od kojih, koliko nam je

poznato, nemaju baš nikakve koristi: *National Geographic,* »Bactcria«, kolovoz 1993., str. 39.

str. 268. »poput raštrkanih udova besmrtnog stvorenja iz filma strave«: *Ecoiiomist,* »Human Genome Survev«, 1. srpnja 2000., str. 9.

str. 268. Možda je najneobičniji slučaj preživljavanja dosad otkriven onaj bakterije *Streptococcus,* koja je pronađena u hermetički zatvorenom objektivu kamere koja je dvije godine bila na Mjesecu: Davies, *The Eifth Miraclc,* str. 146.

str. 269. Netko je čak primijetio da je njihovo neumorno grickanje stvorilo Zemljinu koru: *Nai> York Times,* »Bugs Shape Landscape, Make Gold«, 15. listopada 1996., str. C-l.

str. 269. kada biste sve bakterije iz Zemljine unutrašnjosti pobacali po površini, prekrile bi planet do 15 metara: *Discover,* »To Hcll and Back«, srpanj 1999., str. 82.

str. 269. Najživahniji među njima podijele se možda samo jednom u stotinu godina: *Scieiitific American,* »Microbes Deep Inside the Earth«, listopad 1996., str. 71.

str. 269. »Čini se daje ključ duga života - ne raditi previše«: *Ecoiiomist,* »Earth's Hidden Life«, 21. prosinca 1996., str. 112.

str. 269. Neki drugi mikroorganizmi oživjeli su kad su bili oslobođeni iz 118 godina stare limenke mesa i 166 godina stare boce piva: *Nature,* »A Gase of Bacterial Immortalitv?«, 19. listopada 2000., str. 844.

str. 269. tvrdili su da su oživjeli bakterije koje su bile zamrznute tri milijuna godina u sibirskom vječno zaleđenom tlu: *Ecoiiomist,* »Earth's Hidden Life«, 21. prosinca 1996., str. 111.

str. 269. No, rekordna tvrdnja u prilog izdržljivosti zasad je ona Russella Vreelanda i suradnika sa sveučilišta West Chester: *Neu> Scietttist,* »Sleeping Beautv«, 21. listopada 2000., str. 12.

str. 270. Sumnjičaviji znanstvenici smatrali su daje uzorak možda bio kontaminiran: BBC News online, »Row over Ancient Bactcria«, 7. lipnja 2001.

str. 270. Bakterije su također bile strpane u isti koš s biljkama: Sagan i Margulis, *Garden oj Microbial Delights,* str. 22.

str. 271. U pokušaju da uvede malo reda u sve veče nedostatke klasifikacije: Sagan i Margulis, *Garden of Microbial Delights,* str. 23.

str. 272. Prema jednom proračunu ukupno je sadržavala čak dvjesto tisuća različitih vrsta organizama: Sagan i Margulis, *Garden of Microbial Delights,* str. 24.

str. 272. Tada je bilo poznato samo petstotinjak vrsta bakterija: *Neu> York Times,* »Mierobial Life's Steadfast Champion«, 15. listopada 1996., str. C-3.

str. 272. Samo oko jedan posto bakterija može rasti u kulturi: *Science,* »Microbiologists Explore Life's Rich, Hiddcn Kingdoms«, 21. ožujka 1997., str. 1740.

str. 272. »kao da učite o životinjama posjećujući zoološke vrtove«: *Neu> York Times,* »Mierobial Life's Steadfast Champion«, 15. listopada 1996., str. C-7.

str. 273. Woese je »bio gorko razočaran«: Ashcroft, *Lije at the Extremcs,* str. 274-5.

str. 273. »Kao i fizika prije nje, biologija je došla do razine kada se objekti njena interesa i njihove interakcije često ne mogu opaziti neposrednim promatranjem«: *Proceedings of the National Academj oj Sciences,* »Default Taxonomy: Ernst Mavr's View of the Mierobial World«, 15. rujna 1998.

str. 274. »Woese nije biolog pa je sasvim logično da nije bolje upoznat s principima klasifikacije«: *Proceediiigs oj the National Academy of Sciences,* »Two Empircs or Three?«, 18. kolovoza 1998.

str. 274. Od dvadeset tri glavna ogranka života, samo su tri... dovoljno velika da bi bila vidljiva ljudskim okom: Schopf *Cradle of Life,* str. 106.

str. 274. kada bismo prema Woeseovoj klasifikaciji zbrojili svu biomasu planeta... mikrobi bi činili najmanje 80 posto svega postojećeg: *New York Times,* »Mierobial Life's Steadfast Champion«, 15. listopada 1996., str. C-7.

str. 275. Najneobuzdaniji zarazni organizam na Zemlji, bakterija *Wolbachia: Nature:* »Wolbachia: a tale of sex and survival«, 11. svibnja 2001., str. 109.

str. 275. za ljude je patogen otprilike samo svaki tisućiti mikrob: *National Geographic,* »Bacteria«, kolovoz, 1993., str. 39.

str. 275. mikrobi su još uvijek treći na listi ubojica u zapadnom svijetu: *Outside.* srpanj 1999., str. 88.

str. 275. kaže daje povijest... puna bolesti koje su »jednom uzrokovale zastrašujuće epidemije, a zatim jednako misteriozno nestale kao što su se pojavile«: Diamond. *Gtins, Germs and Steel,* str. 208.

str. 276. bolest poznata kao nekrotični fascitis. kada bakterije iznutra izjedaju žrtvu: Gawande, *(Jomplications,* str. 234.

str. 277. »Došao je trenutak kada možemo zaključiti poglavlje o zaraznim bolestima«: *Nem Yorker,* »No Profit, No Cure«, 5. studenog 2001., str. 46.

str. 277. Međutim, dok je on to govorio, oko 90 posto tih sojeva bilo je u procesu razvijanja imuniteta na penicilin: *Economist,* »Disease Fights Back«, 20. svibnja 1995., str. 15.

str. 277. 1997. godine jedna bolnica u Tokvju izvijestila je da se pojavio soj koji je bio otporan čak i na njega: *Boston Globe,* »Microbe Is Feared to Be Winning Battle Against Antibiotics«, 30. svibnja 1997., str. A-7.

str. 278. Kao stoje naveo James Surovviecki: *Neu> Yorker,* »No Profit, No Cure«, 5. studenog 2001., str. 46.

str. 278. Američki nacionalni instituti za zdravlje... do 1994. godine nisu službeno poduprli tu ideju: *Economist,* »Bugged by Disease«, 21. ožujka 1998., str. 93.

str. 278. »Od čira su umrle stotine, čak tisuće ljudi, a nisu trebale«: *Forbes,* »Do Gerrns Cause Cancer?«, 15. studenog 1999., str. 195.

str. 278. Otada su daljnja istraživanja pokazala da postoji ili bi mogla postojati bakterijska komponenta u mnogim vrstama ostalih poremećaja: *Science,* »Do Chronic Diseases Have an Infectious Root?«, 14. rujna 2001., str. 1974.-1976.

str. 278. »dio nukleinske kiseline okružene lošim vijestima«: citirano prema Oldstone, *Viruses, Plagues and History,* str. 8.

str. 278. Poznato je oko pet tisuća vrsta virusa: Biddle, *A Field Guide to the lnvisible,* str. 153.-154.

str. 279. U 20. stoljeću samo su velike boginje pobile tristo milijuna ljudi: Oldstone, *Viruses, Plagues and Histoij,* str. 1.

str. 279. Za deset godina ta je bolest ubila oko pet milijuna ljudi i zatim se tiho povukla: Kolata, *Fin,* str. 292.

str. 279. Prvi svjetski rat pobio je 21 milijun ljudi za četiri godine; španjolska je gripa napravila isto, ali u samo prva četiri mjeseca: *American Heritage,* »The Great Svvine Flu Epidemic of 1918«, lipanj 1976.. str. 82.

str. 280. U pokušaju da pronađu cjepivo, medicinski su stručnjaci provodili eksperimente na dobrovoljcima u vojnom zatvoru na Deer Islandu u bostonskoj *luci: American Heritage,* »The Great Swine Flu Epidemic of 1918«. lipanj 1976., str. 82.

str. 281. Znanstvenici u Kraljevskoj bolnici u Manchesteru otkrili su daje mornar koji je 1959. godine umro iz zagonetnih i neizlječivih

uzroka zapravo imao AIDS: *National Geographic,* »The Disease Detectives«, siječanj, 1991., str. 132.

str. 281. Dokje 1969. godine proučavao lassa groznicu, od nje je obolio liječnik iz laboratorija na sveučilištu Yale u New Ilavenu u Co-nnecticutu: Oldstonc, *Viruses, Plagues and Histotj,* str. 126.

str. 281. Jedan Nigerijac iz Chicaga 1990. godine bio je izložen lassa groznici za posjeta domovini: Oldstonc, *Viruses, Plagues and Histoij,* str. 128.

2 1 . ŽIVOT TEČE DALJE

str. 283. Sudbina gotovo svih živih organizama: Schopf, Cradle of Life, str. 72. str. 283. Samo oko 15 posto stijena može sačuvati fosile: Levvis, *The Daiing Game,* str. 24. str. 284. manje od svake deset tisućite vrste uspjelo [je] ući u fosilne zapise: Trefil, *101 Things You Don't Knoiv Aboat Science and No One Does Either,* str. 280. str. 284. izjavu... da u fosilnim zapisima ima 250 000 vrsta stvorenja: Leakey i Levvin, *The Sixth Extinction,* str. 45. str. 284. Oko 95 posto od svih otkrivenih fosila pripada životinjama koje su nekada živjele u vodi: Leakcv i Levvin, *The Sixth Extinction,* str. 45. str. 284. »To se može činiti mnogo«, složio se: razgovor s Richardom Fortevjem u Natural Historv Museumu u Londonu, 19. veljače 2001. str. 285. Ljudi su... dosad preživjeli pola jednog postotka od toga: Fortey, *Trilobife!,* str. 24. str. 285. »cijeli jedan *Projallotaspis* ili *Elenellus* velik poput raka«: Fortev, *Trilobite!,* str. 121. str. 286. skupio toliko bogatu zbirku daju je Louis Agassiz kupio za svoj muzej na Harvardu: »From Farmer-Laborer to Famous Leader: Charles D. Walcott (1850-1927)«, *GSA Today,* siječanj 1996. str. 286. Walcott je 1879. godine prihvatio posao terenskog istraživača: Gould, *Wonderjul Life,* str. 242.-243. str. 286. »Njegove knjige ispunjavaju cijelu policu u knjižnici«: Fortev, *Trilobite!,* str. 53. str. 287. »naš jedini pogled na zametak modernog života«: Gould, *IVonderfnl Life,* str. 56. str. 287. Skrupulozan kakav je bio, čitajući Walcottove dnevnike Gould je otkrio: Gould. *Wotukrful Life,* str. 71.

str. 287. prema jednom proračunu sastojala se od 140 vrsta: Leakev i Lewin, The Sixth Extinction, str. 27.

str. 287. »niz oprečnih anatomskih oblika kojima nikada poslije nije bilo premca«: Gould, *IVonderf'ul Life,* str. 208.

str. 288. »Prema takvoj interpretaciji«, uzdahnuo je Gould: Gould, *Eight Little Piggies,* str. 225.

str. 288. A onda je 1973. godine zbirku posjetio postdiploinant sa Sveučilišta Cambridge: *National Geographk,* »Explosion of Life«, listopad 1993., str. 126.

str. 288. U zbirci je bilo toliko neprepoznatih novina... da su navodno jednom: Fortev, *Trilobite!,* str. 123.

str. 289. svako ima strukturu koja je po prvi put stvorena na kambrij-skom tulumu: *US News and IVorld Report,* »How Do Genes Svvitch On?«, 18.-25. kolovoza 1997., str. 74.

str. 289. najmanje petnaest, možda čak i dvadeset: Gould, *Wondcijnl Lije,* str. 25.

str. 289. »Premotajte traku života unatrag«: Gould, *IVonderf'ul Life,* str. 14.

str. 289. Kao mladog nižeg državnog geologa za Južnu Australiju, Sprigga su 1946. godine: Corfield, *Architects qfEternity,* str. 287.

str. 290. ali nije uspio steći naklonost čelnika društva: Corfield, *Architects ofEtemit}',* str. 287.

str. 290. Devet godina poslije, 1957. godine: Fortev, *Life,* str. 85.

str. 291. »Danas ne postoji ništa živo što bi im bilo i približno slično«: Fortev, *Life,* str. 88.

str. 291. »Teško ih je interpretirati«: Fortev, *Trilorbite!,* str. 125.

str. 291. »Kada bi Stephcn Gould barem tako jasno razmišljao kao što piše!«: Davvkins, *Snnday Telegraplt,* 25. veljače 1990.

str. 292. U *Neu' York Times Book Reviennt* jedan je duhovito komentirao: *New York Times Book Revieu',* »Survival of the Luckiest«, 22. listopada 1989.

str. 292. Davvkins je u časopisu *Evolution* napao Gouldove tvrdnje: recenzija cijela *Full Hanse* u *Evolutionu,* lipanj 1997.

str. 292. koji je zaprepastio mnoge iz paleontoloških krugova svojim iznenadnim napadom na Goulda u knjizi *The Cmcible of Creation: New York Times Book Rei'ieii',* »Rock of Ages«, 10. svibnja 1998., str. 15.

str. 292. »Nikada u knjizi jednog stručnjaka nisam naišao na takvu žučljivost«: Fortev, *Trilobite!,* str. 138.

str. 293. Kao primjer, Fortev navodi usporedbu rovkc i slona: Fortev,
Trilobite!, str. 132. str. 294. »Nijedan nije bio toliko čudan kao današnji lupar«: Fortev,
Life, str. 111. str. 294. »išta manje zanimljivi ili čudni, samo ih je lakše objasniti«:
Fortev, »Shock Lobsters«, *London Revieiv of Books,* 1. listopada 1998. str. 294. Jedno je kad se jedno dobro oformljeno biće poput trilobita
razvije u izolaciji: Fortev, *Trilobite!,* str. 137.

22. ZBOGOM SVEMU TOME

str. 296. U predjelima Antarktike, gdje ne raste gotovo ništa drugo:
Attenborough, *The Living Planet,* str. 48. str. 296. »Anorganski kamen spontano postaje živom biljkom!«: Mar-
shall, *Mosses and Lichens,* str. 22. str. 297. Na Zemlji postoji više od dvadeset tisuća vrsta lišajeva:
Attenborough, *The Private Life ofPlants,* str. 214. str. 297. Oni veličine tanjura... »vjerojatno su stari stotine, ako ne i
tisuće godina«: Attenborough, *The Living Planet,* str. 42. str. 297. Ako zamislimo daje 4500 milijuna godina zemaljske povijesti
sažeto ujedan normalan zemaljski dan: prilagođeno prema Schopf,
Cradle ofLife, str. 13. str. 298. raširimo ruke koliko možemo i zamislimo da je ta duljina
cjelokupna povijest Zemlje: McPhee, *Basin and Range,* str. 126. str. 299. Koncentracija kisika... bila je čak 35 posto: Officer i Page,
Tales ofthe Earth, str. 123. str. 300. jer se izotopi akumuliraju različitim brzinama, ovisno o tome
koliko je u atmosferi kisika odnosno ugljikovog dioksida: Officer i
Page, *Tales ofthe Earth,* str. 118. str. 300. »Američko zrakoplovstvo... stavilo ih je u vijugave tunele da
bi znanstvenici otkrili kako to izvode, ali mogli su samo očajavati«: Conniff, *Spiticless IVonders,* str. 84. str. 300. U karbonskim šumama konjici su bili veličine gavrana: Fortev-, *Life,* str. 201. str. 301. Srećom, tim je pronašao upravo takvo stvorenje: BBC-jev
Horizon. »The Missing Link«, prvi put emitirano 1. veljače 2001. str. 302. Nazivi se jednostavno odnose na broj i razmješta) rupica s
obje strane lubanje: Tudge, *The lariety of Life,* str. 411. str. 302. navodio se i broj od četiri tisuće milijardi: Tudge, *The Variety*
ofLife, str. 9.

str. 302. »Kada se to zaokruži *na* približnu vrijednost... sve su vrste izumrle«: citirano prema Gould, *Eight Littlc Piggies,* str. 46. str. 302. Prosječan životni vijek za složene vrste iznosi samo oko četiri milijuna godina: Leakev i Levvin, *The Sixth Extinction,* str. 38. str. 302. »Alternativa za izumiranje je stagnacija«: razgovor s lanom Tattcrsallom u American Muscumu of Natural History u New Yorku, 6. svibnja 2002. str. 303. Krize u Zemljinoj povijesti redovito su povezane s kasnijim dramatičnim skokovima: Stanley, *Extinction,* str. 95.; Stevens, *The Change in the VVeather,* str. 12. str. 303. U permu je najmanje 95 posto životinja poznatih iz fosilnih zapisa otišlo na put bez povratka: *Harper's,* »Planet of Wceds«, listopad 1998., str. 58. str. 303. Nestala je čak trećina vrsta kukaca - to je bio jedini put kada su oni nestali *en masse:* Stevens, *The Change in the VVeather,* str. 12. str. 303. »Bilo je to pravo masovno izumiranje«: Fortev, *Life,* str. 235. str. 303. Procjene o broju živih životinjskih vrsta na kraju perma kreću se od 45 000 do čak 240000: Gould, *Hen's Teeth and Horse's Toes,* str. 340. str. 304. Broj uginulih jedinki mogao je biti mnogo veći - u mnogim slučajevima sve jedinke: Powell, *Night Comes to the Cretaceons,* str. 143. str. 304. Životinje koje pasu, uključujući konje, bile su gotovo izbrisane u hemfilijskom događaju: Flannery, *The Eternal Frontier,* str. 100. str. 304. Utvrđeno je najmanje dvadesetak potencijalnih krivaca, kao uzroka ili glavnih suučesnika: *Earth,* »The Mystery of Selective Extinctions«, listopad 1996., str. 12. str. 305. »tone nagađanja i vrlo malo dokaza«: *Neu> Scieutist,* »Melt-down«, 7. kolovoza 1999. str. 305. Takvu provalu nije lako zamisliti: Powell, *Night Comes to the Cretaceons,* str. 19. str. 305. KT meteor je imao još jednu prednost - ali samo ako ste bili sisavac: Flannery, *The Eternal Frontier,* str. 17. str. 305. »Kako su se iz tako neviđene katastrofe izvukla tako osjetljiva stvorenja?«: Flannerv, *The Eternal Frontier,* str. 43. str. 306. U morima se dogodilo više-manje to isto: Gould, *Eight Little Piggies,* str. 304. str. 306. »Nekako se čini da nije dovoljno jednostavno nazvati ih 'sretnicima' i na tome stati«: Fortev, *Life,* str. 292.

str. 306. razdoblje neposredno nakon izumiranja dinosaura mogli bismo nazvati 'doba kornjača': Flanncrv, *The Etenial Froiititr,* str. 39.

str. 307. »Evolucija se možda i grozi vakuuma... ali često joj treba mnogo vremena da ga ispuni«: Stanlev, *Extinction,* str. 92.

str. 307. Sisavci su možda čak deset milijuna godina ostali oprezno mali: Novacek, *Time Traveler,* str. 112.

str. 307. Jedno vrijeme postojali su zamorci veličine nosoroga i noso-rozi veličine dvokatnice: Davvkms, *The Blind Hatchmaker,* str. 102.

str. 307. Milijunima godina divovska ptica mesožderka, neletačica zvana *Titanis,* bila je vjerojatno najokrutnije stvorenje u Sjevernoj Americi: Flannerv, *The Etenial Frontier,* str. 138.

str. 308. izrađen je 1903. godine u Pittsburghu, a Muzeju gaje darovao Andrevv Carnegie: Colbert, *The Great Dinosaur Hunters and their Discoveries,* str. 164.

str. 308. Sve stoje bilo poznato o dmosaurima iz tog razdoblja, donedavno smo znali na temelju samo tristotinjak primjeraka: Povvell, *Night Comes to the Cretaceous,* str. 168.-169.

str. 309. »Nema razloga da vjerujemo kako su dinosauri postupno izumirali«: BBC-jev *Horizon,* »Crater of Death«, prvi put emitirano 6. svibnja 2001.

str. 309. »Danas smo ovdje jer baš naša loza nikada nije bila prekinuta«: Gould, *Eight Little Piggies,* str. 229.

23. BOGATSTVO POSTOJANJA

str. 310. Samo je u alkoholnoj sobi 24 kilometra polica: Thackrav i Press, *The Natura! Ilistoij Museunt,* str. 90. str. 311. četrdeset četiri godine nakon što je ekspedicija završila: Thackrav i Press, *The Natnral Histor}> Miisemn,* str. 74. str. 312. iz 1956. godine, a koje je još uvijek na mnogim policama knjižnica i predstavlja gotovo jedini pokušaj populariziranja te teme: Conard, *How to Ktiou> the Mosses and Lit'eru'orts,* str. 5. str. 312. »U tropima su najraznolikije«: razgovor s Lenom Ellisom u Natural Historv Museumu u Londonu. 18. travnja 2002. str. 314. prosijao je balu krmiva koje su im poslali za brodsku stoku i došao do novih otkrića: Barber, *The Heyday of Natural Histoij: 1820--1870,* str. 17. str. 316. Dijelovima jedne vrste čančica nadjeo je ime: Gould, *Leonardo's Moiiiitain of Članu and the Diet oflVorms,* str. 79.

str. 316. »Ljubav dolazi čak i biljkama. Muški i ženski cvjetovi... se vjenčaju«: citirano prema Gjertsen, *The CJassics oj Science,* str. 237.; i web stranici Universitv of California/UCMP Berkelev. str. 316. Linnć je to srezao na *Physalis angulata:* Kastner, *A Species oj Etemity,* str. 31. str. 317. Prvo izdanje njegova velikog djela *Systema Natttrae:* Gjertsen, *The (Jlassics of Science,* str. 223. str. 317. trotomna *Historici Gemralis Planiarum* (Opća botanika) Johna Raya iz Engleske: Durant, *The Age of Lonis XIV, str. 519. str. 317. u pravom trenutku da Linnea učini nekom vrstom voljenog* vođe britanskih prirodoslovaca: Thomas, *Man and the Natural IVorld,* str. 65. str. 317. lakovjerno preuzeo od pomoraca i ostalih maštovitih putnika: Schvvartz. *Suddeu Origins.* str. 59. str. 317. pobrinuo se da kitovi zajedno s kravama, miševima i ostalim uobičajenim kopnenim životinjama pripadaju redu kvadripeda (koji su poslije preimenovani u sisavce): Schvvartz. *Sitddcn Origins,* str. 59. str. 318. ostali nazivi iz svakodnevne uporabe bili su i *kobilji prdac, gole dame. trzomudac. pseća mokraća, otvoreno dupe* i *rit-krpa:* Thomas. *Man and the Natural IVorld,* str. 82.-85. str. 319. dok Edvvard O. Wilson u knjizi *The Diversity of Life* (Raznovrsnost života) predlaže iznenađujućih osamdeset devet: Wilson, *The Diversity of Life.* str. 157. str. 320. uz veliko negodovanje prebačene u rod *Pelargouium:* Elliot. *The Potting-Shed Papers.* str. 18. str. 320. Procjene se kreću od tri do dvjesto milijuna: *Audubon.* »Earth's Catalogue«. sijcčanj-veljača 2002.: Wilson. *The Diivrsity of Lije.* str. 132. str. 320. čak 97 posto svjetskih biljnih i životinjskih vrsta tek treba otkriti: *I:conomist.* »A Goldcn Age of Discoverv«, 23. prosinca 1996.. str. 56. str. 320. broj poznatih vrsta svih oblika - biljaka, kukaca, mikroba, algi. svega - procijenio na 1.4 milijuna: Wilson. *The Dit'crsity ofLife,* str. 133.' str. 320. Drugi stručnjaci broj poznatih vrsta postavljaju malo više. na otprilike 1,5 do 1.8 milijuna: [\S *Ncies and IVorld Report.* 18. kolovoza 1997.. str. 78. str. 321. Grovesu su trebala četiri desetljeća da sve razmrsi: *New Sci-entist,* »Monkev Puzzle«. 6. listopada 2001.. str. 54.

str. 322. godišnje se upiše samo oko petnaest tisuća novih vrsta svih
tipova: *IVall Street Journal,* »Taxonomists Unite to Catalog Everv
Species, Big and Small«, 22. siječnja 2001. str. 322. »To nije kriza biološke raznovrsnosti, to je sistematičarska
kriza!«: razgovor s Koenom Macsom u National Museumu u Nairobiju, 2. listopada 2002. str. 322. Zato su »mnoge vrste loše opisane u odvojenim publikacijama«: *Nature,* »Challenges for Taxonomy«, 2. svibnja 2002., str. 17. str. 322. pokrenuo je pothvat nazvan Fundacija svih vrsta: *The Times,*
»The List of Lite on Earth«. 30. srpnja 2001. str. 323. daje vaš madrac dom za možda 2 milijuna mikroskopskih
grinja: Bodanis, *The Secret House,* str. 16. str. 323. da citiram čovjeka koji je to izvagao. dr. Johna Maundera iz
Britanskog medicinskog entomološkog centra: *New Scientist,* »Bugs
Bite Back«, 17. veljače 2001., str. 48. str. 323. Iako su grinje s nama od pamtivijeka: Bodanis, *The Secret*
House, str. 15. str. 323. Vaš će uzorak također sadržavati oko milijun nakupina gljiva
mješinarki: *National Geographic,* »Bacteria«, kolovoz 1993., str. 39. str. 324. »Ako u dva prstohvata supstrata s dvije lokacije u Norveškoj
postoji više od 9000 tipova mikroba«: Wilson. *The Diversit)' of Life,*
str. 144. str. 324. prema jednoj procjeni moglo bi ih biti čak četiristo milijuna:
Tudge, *The Variety oj Life,* str. 8. str. 324. i otkrio tisuću novih vrsta cvjetnica: Wilson, *The Diversity oj*
Lije, str. 197. str. 324. Tropske prašume prekrivaju samo oko 6 posto Zemljine
površine: Wilson, *The Diversit)' of'Life,* str. 197. str. 325. »više od tri i pol milijarde godina evolucije«: *Ecoiiomist.* »Bio-
tech's Secret Garden«. 30. svibnja 1998.. str. 75. str. 325. jedna drevna bakterija pronađena na zidu seoske gostionice:
Fortev. *Lije,* str. 75. str. 325. Dosad je identificirano oko 500 vrsta (iako neki drugi izvori
tvrde 360): Ridlev. *The Red Qtieai,* str. 54. str. 325. Kada biste skupili sve gljive pronađene na hektaru obične
livade: Attenborough. *The Prirate Life ofPlants.* str. 177. str. 326. ali pretpostavlja se kako bi ukupan broj mogao biti čak 1.8
milijuna: *National Geooraphic,* »Fungi«, kolovoz, 2000.. str. 60.:
Leakev i Levvin. *The Sixth L.\tinctioii.* str. 1 17.

str. 326. Za veliku novozelandsku pticu neletačicu takahe: Flannery i Schouten,.4 *Gap in Narure,* str. 2. str. 326. da se taj konj u svijetu smatra raritetom: *New York Times,* »A Stone-Age Ilorse Still Roams a Tibetan Plateau«, 12. studenog 1995. str. 326. *»Megatheriuiu,* vrsta divovskog Ijenivca koji je možda visok poput žirafe«: *Economist,* »A World to Explore«, 23. prosinca 1995., str. 95. str. 327. Jedan jedini redak teksta u Cramptonovoj tablici: Gould, *Eight Lirtle Piggies,* str. 32.-34. str. 327. propješačio je 4000 kilometara kako bi skupio zbirku od tristo tisuća osa: Gould, The Flamingo's Smile, str. 159.-160.

24. STANICE

str. 329. morali biste minijatiirizirati otprilike isti broj dijelova koliko ih ima u mlažnjaku Boeing 777: *New Scieutist, 2.* prosinca 2000.. str. 37.

str. 330. zasad nam je poznato što ih radi samo 2 posto: Brown, *The Euergy of Life,* str. 83.

str. 330. Njegova svrha isprva je bila zagonetka, zatim su ga znanstvenici počeli pronalaziti posvuda: Brovvn, *The Etierg}' ofLije,* str. 229.

str. 330. U krvotoku se pretvara u dušikov oksid, opušta mišićne sti-jcnke krvnih žila i omogućuje krvi da bolje cirkulira: Alberts i di\, *Esscntial Cell Biolog}',* str. 489.

str. 330. posjedujemo »nekoliko stotina« različitih vrsta stanica: De Duve, ,4 *Guided Tour ofthe Liviug Cell,* sv. 1. str. 21.

str. 331. Ako ste odrasla osoba prosječne visine, vučete više od 2 kilograma mrtve kože: Bodanis, *The Secret Eamil}',* str. 106.

str. 331. Stanice jetre mogu preživjeti godinama: De Duve..4 *Guided Tour oj the Liviug Cell,* sv. 1, str. 68.

str. 331. čak nijedne zabludjele molekule: Bodanis. *The Secret Taiuily,* str. 81.

str. 332. Hooke je izračunao da dva i pol četvorna centimetra pluta sadrži oko 1 259 712 000 tih sićušnih komora: Nuland, *I Ioir We Lire,* str. 100.

str. 333. Nakon što je 1676. godine izvijestio daje pronašao »mikroskopski sitne životinjice« u uzorku napitka od papra: Jardine, *Iugeuious PiiMiits.* str. 93.

str. 333. Izračunao je da u jednoj kapi vode ima 8 280 000 tili sićušnih bića: Thomas, *Man and thc Natnral IVorld,* str. 167. str. 333. Ta mala bića nazvao je »homunkuli«: Schvvartz, *Suddcn ()ri-giiis,* str. 167. str. 333. U jednom od svojih najmanje uspješnih eksperimenata: Carev (ur.), *The Fabcr Book of Science,* str. 28. str. 333. Međutim, tek je 1839. godine otkriveno da je *sva* živa tvar stanična: Nuland, *Hoiv IVe Live.* str. 101. str. 333. Stanica je bila uspoređivana s mnogo toga: Tretil, *101 Tliings Yon Don't Knou' Abont Science and No One Hlse Does Either,* str. 33.: Brovvn, *The Energy ofLife,* str. 78. str. 334. Međutim, kada bi se to povećalo u istom omjeru, bio bi to udar od 20 milijuna volti po metru: Brovvn. *The Energy oj Lije,* str. 87. str. 334. ima konzistenciju poput »lakog strojnog ulja«: Nuland. *Iloit' IVeLive.* str. 103. str. 334. i zalijeću jedne u druge do milijardu puta u sekundi: Brovvn. *The Encrg)< oj'Lije,* str. 80. str. 335. »Svijet molekula mora ostati izvan granica naše mašte«: De Duve. .4 *Gnided Tonrofthe Living Cell.* sv. 2. str. 293. str. 335. »ukupan broj molekula bjelančevina u svakoj stanici još uvijek bi iznosio minimalno 100 milijuna«: Nuland. *Lloiv We Live.* str. 157. str. 336. U svakom trenutku tipična stanica u vašem tijelu sadrži oko jednu milijardu molekula ATP-a: Alberts i dr., *Essential Cell Biolog)'.* str. 110. str. 336. Svakog dana proizvedete i iskoristite količinu ATP-a koja je jednaka otprilike polovici vaše tjelesne težine: *Nature.* »Darvvin's Motors«. 2. svibnja 2002.. str. 25. str. 336. Ljudi u prosjeku pretrpe po jednu kobnu zloćudnost na svakih stotinu milijuna milijardi dioba stanica: Ridlev. *(renome,* str. 237. str. 337. ono što je nazvano »najboljom idejom koju je itko ikada dobio«: Dennett, *Danvin's Dangerous Idea.* str. 21.

25. DARVVINOVA JEDINSTVENA IDEJA

str. 338. »Svakoga zanimaju golubovi«: citirano prema Boorstin, *(Kleopatra 's Nose.* str. 176.

str. 339. »Nije te briga ni za što, osim za pucnjavu, pase i lov na štakore«: citirano prema Boorstin. *The Discoverers,* str. 467.

str. 339. iskustvo prilikom operacije razumljivo očajnog djeteta: Des-
mond i Moore. *Daru'in,* str. 27. str. 339. neke svađe bile su »na granici ludila«: Hamblvn, *The Inven-*
tion ofCAoiuls, str. 199. str. 340. Za pet godina... ničim nije dao naslutiti da prema njoj gaji
ikakvu naklonost: Desmond i Moore, *Daru'in,* str. 197. str. 340. [formiraju koraljnih atola] za to treba najmanje milijun godina: Moorehead, *Dant'in and tlie Beagle,* str. 191. str. 340. Tek kada se mladi Darvvin vratio u Englesku i pročitao *Essay*
on the Priuciple oj Population (Ogled o načelu naseljenosti) Thomasa
Malthusa: Gould, *Lver since Daru'in,* str. 21. str. 340. »Kako sam bio glup što se toga nisam sjetio!: citirano prema
Sinula)' Telegraph, »The Origin of Darvvin's Genius«, 8. prosinca 2002. str. 341. Njegov prijatelj, ornitologjohn Gould bio je taj: Desmond i
Moore, *Danrin,* str. 209. str. 341. Nakon dvije godine proširio ih je u »skicu« od 230 stranica:
Dictionaij of National Biography, sv. 5. str. 526. str. 341. »Mrzim sve lupare kao što ih nitko nikada nije mrzio«: citiram) prema Ferris, *Corning oj Age iu the Milky Way,* str. 239. str. 342. Neki su se pitali nije li autor sam Darvvin: Barber, *The*
Heyday ofNatural Histoij, str. 214. str. 343. »ne bi mogao napisati bolji sažetak«: *Dictionaij of National*
Biograph)', sv. 5, str. 528. str. 343. »Ovog ljeta proći će dvadeset godina (!) otkad sam otvorio
svoju prvu bilježnicu«: Desmond i Moore, *Daru'in.* str. 454-5. str. 343. »što god bi mogao značiti, biti uništen«: Desmond i Moore,
Daru'in, str. 469. str. 344. »sve stoje u njima bilo novo, bilo je pogrešno, a ono što je
bilo točno, bilo je staro«: citirano prema Gribbin i Cherras, *The First*
Chimpauzee, str. 150. str. 344. Mnogo manje voljan prihvatiti Danvinovo pravo prvenstva
bio je škotski vrtlar Patrick Matthevv: Gould, *The Flaininoo's Smile,* str. 336. str. 344. Sebe je nazivao »Đavoljim kapelanom«: Cadburv, *Terrible Li-*
zani, str. 305. str. 344. bilo [je] »kao priznanje umorstva«: citirano prema Desmond
i Moore. *Danrin,* str. xvi. str. 345. »To pitanje zasad mora ostati nerazjašnjeno«: citirano prema
Gould, *Hbmicrful Life.* str. 57.

str. 345. Nagađao je: Gould. *Ever Sincc Dani'in,* str. 126.
str. 345. »Darvvin je otišao predaleko«: citirano prema McPliee, ///
Suspect Termin, str. 190. str. 345. I Iuxley bio saltatonist: Sclnvartz,
Sudden Orioins, str. 81.-82. str. 346. »I dandanas sav protrnem pri pomisli na oko«: citirao Keller.
The Centiuj oj the Gene. str. 97. str. 346. da se »čini, slobodno priznajem, nevjerojatno apsurdno« da
bi prirodni odabir postupnim koracima mogao proizvesti takav instrument:
Darvvin, *On the Origin of Species* (faksimilno izdanje), str.
217. str. 346. »Darvvin je na koncu... izgubio gotovo svu podršku koju je
imao«: Sclnvartz. *Sudden Orioins,* str. 89. str. 347. Imao je knjižnicu od dvadeset tisuća knjiga: Levvontm, *It*
Ain'r Necessarily So, str. 91. str. 348. A što se tiče Darvvina. poznato je daje proučio Fockeov utjecajni esej: Ridlev. *Genouie,* str. 44. str. 348. Robcrt Chambers... nagovorio je Huxleyja: Trinkaus i Ship-
raan, *The Neaudertals,* str. 79. str. 348. [da se] hrabro probije kroz dva sata uvodnih primjedbi:
Clark, *The Survival of Charles Dani'in,* str. 142. str. 349. Jedan od njegovih eksperimenata bioje da im svira na klaviru:
Connift, *Spiueless IVonders,* str. 147. str. 350. Budući da se oženio svojom sestričnom: Desmond i Moore,
Dani'in, str. 575. str. 350. Darvvinuje često iskazivana počast za života, ali nikada za O
podrijetlu vrsta: Clark, *The Survival of Charles Dani'in,* str. 148. str. 350. Darvvinova teorija zapravo nije bila općeprihvaćena sve do
tridesetih, četrdesetih godina 20. stoljeća: Tattersall i Sclnvartz,
Extinct Hunians. str. 45. str. 350. pokušao prisvojiti Mendelove spoznaje kao svoje: Sclnvartz.
Sudden Orioins, str. 187.

26. TVAR ŽIVOTA

str. 353. »otprilike jedna nukleotidna baza na svakih tisuću«: Sulston i Ferrv.
The Comnion Thread, str. 198.
str. 353. Iznimke su crvena krvna zrnca, neke stanice imunološkog sustava te
jajne stanice i spermiji: Woolfson. *Lije ivithout Gcues.* str. 12.
str. 354. »zajamčeno jedinstvenih, unatoč svim zamislivim izgledima«: De
Duve..4 *Cuided Tour ofthe Living Cell,* sv. 2, str. 314.

str. 354. bilo bi je dovoljno da se protegne od Zemlje do Mjeseca i natrag, ne jednom ili dvaput, nego opet i opet: Dennett. *Danvin's Dangerous Idca,* str. 151.

str. 354. u vama bi moglo biti smotano čak 20 bilijuna kilometara DNK: Gribbin i Gribbin, *Being Human,* str. 8.

str. 354. »medu najnereaktivnijim, kemijski najtromijim molekulama u živom svijetu«: Levvontin, *It Ain't Necessaril)' So,* str. 142.

str 354. Davne 1869. godine otkrio ju je: Ridlev, *Genome,* str. 48.

str. 355. Svima se činilo da DNK ne radi baš ništa: Wallace i dr.. *Biolog)',* str. 211.

str. 355. Smatralo se da u bjelančevinama u jezgri mora postojati neophodna složenost: De Duve, .4 *Guided Tour of tlic Living Ccll,* sv. 2, str. 295.

str. 356. Radeći u malom laboratoriju (koji je neizbježno postao poznat kao Soba mušica): Clark, *The Survival oj Charles Daru'in,* str. 259.

str. 356. nije bilo konsenzusa »o tome što su to geni -jesu li stvarni ili su čista izmišljotina«: Keler, *The Centuij ofthe Gene,* str. 2.

str. 357. danas smo vi vrlo sličnom položaju glede mentalnih procesa kao što su mišljenje i pamćenje: Wallace i dr.. *Biolog)',* str. 211.

str. 357. Chargaff... izjavio da je Avervjevo otkriće vrijedno dvije Nobelove nagrade: Maddox, *Rosalitid Tranklin.* str. 327.

str. 357. pričalo se daje čak lobirao kod odgovornih... da Avervju ne daju Nobelovu nagradu: White, *Rivah,* str. 251.

str. 358. u vrlo popularnoj radijskoj emisiji *The Quiz Kids* (Klinci iz kviza): Judson, *The Eighth Day ofCreation,* str. 46.

str. 358. »nadao sam se da bi gen mogao biti riješen tako da ne moram naučiti ništa kemije«: Watson, *The Double Helix,* str. 21.

str. 358. čije su rezultate »slučajno« nabavili: Jardine, *Ingeiiious Purstiits.* str. 356.

str. 359. U vrlo nelaskavu portretu: Watson, *The Double Helix,* str. 17.

str. 359. »bezrazložno štetne«: Jardine, *Ingeiiious Purstiits,* str. 354.

str. 360. Na Wilkinsov očaj i jad u ljeto 1952. izvjesila je tobožnju obavijest: White, *Rivah.* str. 257: Maddox. *Rosalind Frankliu,* str. 185.

str. 360. »po svemu sudeći, bez njezina znanja i pristanka«: PBS-ova \veb stranica. »A Science Odvssev«, bez datuma.

str. 360. Nakon mnogo godina Watson je priznao: »To je bio ključan događaj... on nas je mobilizirao«: citirano prema Maddox, *Rosalind Tranklin.* str. 317.

str. 361. osvanuo je članak Watsona i Gricka od 900 riječi, »Struktura dezoksiribonukleinske kiseline«: De l)uve,.~l *Gnidetl Tourof the Lii'ing Ccll,* sv. 2. str. 290.

str. 361. Bilo je ukratko spomenuto u *News Glironicleu,* a drugdje je prošlo nezapaženo: Ridlev, *Genonie,* str. 50.

str. 361. kako je Franklinova rijetko nosila olovnu pregaču te je često nepažljivo stajala ispred zrake: Maddox. *Rosaliml frankliit.* str. 144.

str. 361. »Trebalo je više od dvadeset pet godina da naš model DNK od samo prilično vjerojatnog postane vrlo vjerojatan«: Grick, *What Mad Ptirsnit,* str. 73.-74.

str. 361. tako da je časopis *Science* 1968. godine mogao objaviti članak »Bila je to molekularna biologija«: Keller, *The Caituij of the Gene,* str. 25.

str. 361. U tom su smislu poput tipki klavira, od kojih svaka svira jednu notu i ništa više: *National Gcographic,* »Secrets of the Gene«, listopad 1995., str. 55.

str. 362. Gvanin, na primjer, od iste je tvari koje ima u izobilju i po kojoj je dobila ime - gvano: Pollack. *Signs of Lije,* str. 22.-23.

str. 363. »mogli biste reći da ljudi nemaju ništa zajedničko, i to bi također bilo točno«: *Discover,* »Bad Genes, Good Drugs«, travanj 2002.. str. 54.

str. 364. »postoje iz čistog i jednostavnog razloga -jer im dobro ide dupliciranje samih sebe«: Ridlev. *Genome,* str. 127.

str. 364. Gotovo polovica ljudskih gena... ne radi baš ništa, osim što se razmnožava: Woolfson. *Life IVithont Genes,* str. 18.

str. 364. »Imperiji propadaju, idovi eksplodiraju, pišu se velike simfonije, a iza svega toga krije se jedinstven instinkt koji traži zadovoljenje«: Nuland, *IIow IVe Lire,* str. 158.

str. 364. Otpadna DNK zapravo ima svrhu: *National Geooraphic.* »The Nevv Science ofTdentitv«. svibanj 1992., str. 118.

str. 365. Imali su dva stvorenja koja petsto milijuna godina nisu dijelila zajedničkog pretka: BBC-jev *Horizon,* »Hopeful Monsters«. prvi put emitirano 1998.

str. 365. Najmanje 90 posto na nekoj je razini srodno s onima u miševa: *Nature,* »Sorrv, dogs - man's got a nevv best friend«. 19.-26. prosinca 2002.. str. 734.

str. 365. Cak imamo iste gene za rast repa. samo kada bi se uključili: *Los Anoeles limes* (pretisnuto u *Neirsu),* 9. prosinca 2002.

str. 365. nazvani su homeotičnim (od grčke riječi za 'sličan') ili *ho.*

genima: BliC-jev *I lorizon,* »I Ioperul Monsters«. prvi put emitirano 1998.

str. 365. Mi imamo četrdeset šest kromosoma, ali neke paprati imaju ih više od šesto: Gribbin i Ghertas, *The Tirst Chin\panzee,* str. 53.

str. 365. Dvodihalica, jedna od najnerazvijenijih složenih životinja, ima četrdeset puta više DNK od nas: Schopf, *Gradio oj Lije,* str. 240.

str. 366. Kulminaciju (ili prodor) te vjere u biodeterminizam vjerojatno je označila studija objavljena 1980. godine u časopisu *Science:* Levvontin, *It Ain't Necessarily So,* str. 215.

str. 366. koliko brzo muškarcu raste brada, dijelom ovisi o tome koliko misli na seks: *IVall Street Journal,* »What Distinguishcs Us From the Chimps? Actuallv, Not Much«, 12. travnja 2002.. str. 1.

str. 367. »proteom je mnogo kompliciraniji od genoma«: *Scientific American,* »Move Ovcr, Human Genome«, travanj 2002.. str. 44.-45.

str. 367. Ovisno o raspoloženju i metaboličkim prilikama, dopustit će si da budu fosforilirane, glikozilirane, acetilirane, ubikuinirane, rar-nejsilirane. stilratilirane i vezane za glikofosfatidilinositolna sidra: *The Bulletin,* »The Human Enigma Gode«, 21. kolovoza 2001., str. 32.

str. 367. Kada popijete čašu vina... bitno promijenite broj i vrstu bjelančevina koje su raspršene po vašem sustavu: *Scientific American,* »Move Ovcr. Human Genome«, travanj 2002., str. 44.-45.

str. 367. »Sve što je točno o *H. col i,* mora biti točno i o slonovima, samo još više«: *Nature,* »From *E. coli* to Elephants«, 2. svibnja 2002., str. 22.

27. DOBA LEDA

str. 371. *Times* je u Londonu objavio kratku priču: Williams. *Survivim? Galeras,* str. 198. str. 371. Proljeće nije došlo, a ljeto nikada nije zatoplilo: Officer i Page, *lales oj the Uarth,* str. 3.-6. str. 372. francuski prirodoslovac Dc Luc pretpostavio je: Hallam, *Great Geolooical Controversies.* str. 89. str. 372. te izobilje drugih tragova koji ukazuju na prolazak ledenih ploča: I lallam, *Great Geolooical (^oiitroivrsies,* str. 90. str. 373. Prirodoslovac Jean de Gharpentier pričao je: I lallam, *Great Geolooical Controversies,* str. 90. str. 373. Posudio je Agassizu svoje bilješke: 1 lallam, *Great Geolooical Controi'crsics.* str. 92.-93.

str. 373. Humboldt... je primijetio da postoje tri faze znanstvenog otkrića: Ferris, *The H'lioie Shehang,* str. 173.

str. 373. U svojoj potrazi za razumijevanjem dinamike glacijacije išao je posvuda: McPhee, /// *Suspcct Termin,* str. 182.

str. 374. William Hopkins, profesor s Cambridgea i vodeći član Geološkog društva: I lallam, *Grcat Geological Coutroi'crsics,* str. 98.

str. 375. Gdje god bi pogledao, gotovo svuda bi pronalazio dokaze za ledenjake: Hallam, *Grcat Gcological Controtvrsics,* str. 99.

str. 375. Na koncu je postao uvjeren daje leci nekoć prekrivao cijelu Zemlju: Gould, *Titiie's Arrou',* str. 115.

str. 376. Kada je umro 1873. godine, I larvardje smatrao daje potrebni) imenovati tri profesora kako bi ga se adekvatno zamijenilo: McPhee, *hi Suspcct Termin,* str. 197.

str. 376. Manje od desetljeća nakon njegove smrti: McPhee, /// *Suspcct Termin,* str. 197.

str. 376. Sljedećih dvadeset godina, čak i na odmoru: Gribbin i Gri-bbin, *Ice Age,* str. 51.

str. 377. Koppen je smatrao da uzrok ledenih doba treba tražiti u hladnim ljetima, a ne u brutalnim zimama: Chorlton, *Icc Ages,* str. 101.

str. 377. *»Količina* snijega nije nužno ta koja uzrokuje nastanak ledenih polja, nego činjenica da ima snijega, ma koliko ga malo bilo«: Schultz, *Ice Age Lost,* str. 72.

str. 377. »Taj je proces samorastući«: McPhee. *hi Suspcct Termin,* str. 205.

str. 377. »bilo [bi vam] teško naći geologa ili meteorologa koji bi taj model smatrao ičim važnijim od povijesne zanimljivosti«: Gribbin i Gribbin, *Icc Age,* str. 60.

str. 378. Činjenica je da smo još uvijek prilično u oledbi: Schultz, *Icc Age Lost,* str. 5.

str. 378. ova bi situacija mogla biti jedinstvena u povijesti Zemlje: Gribbin i Gribbin, *Pire on Partli,* str. 147.

str. 378. čini se da smo u posljednjih 2.5 milijuna godina imali najmanje sedamnaest oštrih glacijalnih epizoda: Flannery, *Tlie Eternal Proutier.* str. 148.

str. 379. može se očekivati još oko pedeset glacijalnih epizoda: McPhee. /// *Suspcct Termin,* str. 4.

str. 379. Prije pedeset milijuna godina Zemlja nije imala redovita ledena doba: Stevens. *The Glninge iu thc IVeatlicr,* str. 10.

str. 379. to razdoblje nazivaju *kriogcnij* ili super olcdba: McGuire, *A Guidc to thc Hnd ofthc VVorld,* str. 69.

str. 379. Smrznula se cijela površina planeta: *lallcy Ncics* (preuzeto iz *IVashingtoii Posta),* »The Snovvball Theorv«, 19. lipnja 2000., str. Cl.

str. 380. najneobuzdanijc razdoblje koje je ikada proživjela: transkript BBC-jeva dokumentarnog serijala *Horizon,* »Snovvball Earth«, emitirano 22. veljače 2001., str. 7.

str. 381. u događaju koji je znanosti poznat kao mladi drijas: Stevens, *Thc Cliange in thc IVeather,* str. 34.

str. 382. »posljednje što biste smjeli napraviti jest golem neupravljivi eksperiment«: *Neu> Yorker,* »Ice Memorv«, 7. siječnja 2002., str. 36.

str. 382. Polagano zagrijavanje moglo bi pojačati isparavanje: Schultz, *Ice Age Lost,* str. 72.

str. 382. Ništa manje nisu intrigantna ni poznata područja nekih kasnih dinosaura: Drurv, *Stepping Stones,* str. 268.

str. 383. U Australiji - koja je u tom razdoblju bita polarnija - nije bilo moguće povlačenje u toplije krajeve: Thomas H. Rich, Patricia Vickers-Rich i Roland Gangloff, »Polar Dinosaurs«, rukopis, bez datuma.

str. 383. da bi sada za to imale mnogo više vode: Schultz, *Ice Age Lost,* str. 159.

str. 183. Kad bi se to dogodilo, globalno bi se podigla morska razina -i to prilično brzo - između 4,5 i 6 metara: Bali, H?0, str. 75.

str. 383 »Jesi li se zabavio u ledenom dobu?«: Flannerv, *The Etenial Frotitier,* str. 267.

28. TAJANSTVENI DVONOŽAC

str. 384. Uoči Božića 1887. godine: *National Geographic,* svibanj 1997., str. 87. str. 385. radnici na željeznici nedugo prije pronašli [su] u pećini, na stijeni zvanoj Cro-Magnon: Tattersall i Schvvartz, *Extittct Htiniatts,* str. 149. str. 385. Prvi službeni opis: Trinkaus i Shipman, *The Neandertals,* str. 173. str. 385. Tako su naziv i zasluga za otkriće prvih ranih ljudi otišli u dolinu Neander u Njemačkoj: Trinkaus i Shipman, *The Neandertals,* str. 3.-6. str. 385. Kada je to u Engleskoj čuo T. H. Huxley, hladno je primijetio: Trinkaus i Shipman, *The Neandertals,* str. 59.

str. 386. On sam nije kopao, nego je to radilo pedeset osuđenika koje su mu posudile nizozemske vlasti: Gould, *Eight IJttle Piooies,* str. 126.-127.

str. 386. Zapravo, mnogi antropolozi misle da ona i *jest* suvremena i da nema nikakve veze sjavanskim čovjekom: Walker i Shipman, *The IVisdom of the Bones,* str. 39.

str. 386. Ako je to kost erektusa, nije slična nijednoj drugoj ikada otkrivenoj: Trinkaus i Shipman, *The Neandertals,* str. 144.

str. 386. Također je rekonstruirao model cijele lubanje, iako je imao samo komadić lubanje i jedan zub. ali pokazalo se daje rekonstrukcija bila začuđujuće točna: Trinkaus i Shipman, *The Neandertals.* str. 154.

str. 386. Na Duboisov očaj Schvvalbe je nakon toga izdao monografiju: Walker i Shipman, *The iVisdoni of the Bones,* str. 42.

str. 387. Dart je odmah slivatio da lubanja iz Taunga ne pripada *Homo ereetnsn:* Walker i Shipman, *The IVisdoni ofthe Bones,* str. 74.

str. 387. ponekad bi ih zakopao u vrtu iza kuće te ih poslije iskopao radi proučavanja: Trinkaus i Shipman, *The Neandertals,* str. 233.

str. 388. Dart je pet godina radio na monografiji, ali nije mogao pronaći nikoga tko bije objavio: Levvin, *Bones of Contention,* str. 82.

str. 388. Ta lubanja... godinama je služila kao pritiskač papira na radnom stolu njegova kolege: Walker i Shipman, *IVisdoni of the Bones,* str. 93.

str. 388. pronašao [je] jedan tosilizirani kutnjak i na temelju samo toga prilično briljantno objavio otkriće *Sinanthropasa pekinensisa:* Svvisher i dr., *java Mati,* str. 75.

str. 388. na svoj užas otkrio [je] da s mnogo entuzijazma razbijaju velike komade u manje: Svvisher i dr., *java Mati,* str. 77.

str. 389. Ljudi iz Sola tako su bili poznati kao *Homo soloensis, Homo priini^enius asiatiais:* Svvisher i dr.. *Java Mati.* str. 211.

str. 389. slijedeći prijedloge Ernsta Mavra i ostalih iz prethodnog desetljeća, F. Clark Hovvell sa sveučilišta u Chicagu predložio je 1960. godine: Trinkaus i Shipman, *The Neandertals,* str. 267.-268.

str. 389. cijelo naše razumijevanje ljudske pretpovijesti temelji se na ostacima ni pet tisuća pojedinaca, a ostaci su često nepotpuni: *Wa-siiington Post.* »Skull Raises Doubts about our Ancestrv«. 22. ožujka 2001.

str. 389. »Sve bi to stalo u stražnji dio kamioneta, kada vam ne bi smetalo što će se pomiješati«: razgovor s lanom Tittersallom u American Museunni of National I listorv u New Yorku, 6. svibnja 2002.

str. 391. morali biste zaključiti da su rano ručno oruđe uglavnom izrađivale antilope: Walker i Shipman, *Thc VVisdom oj thc Boncs,* str. 66.

str. 391. mužjaci i ženke [su se] razvijali različitom brzinom i u različitim smjerovima: Walker i Shipman, *IVisdom oj thc Boncs,* str. 194.

str. 391. otpisuju je tek kao »vrstu koja je kanta za smeće«: Tattersall i Sclnvartz, *Extinct Ilumans,* str. 111.

str. 391. »Zapanjujuće je koliko često prve interpretacije novih dokaza potvrđuju već prije stvorene zaključke svog otkrivača«: citirali Gri-bbin i Cherfas, *Thc First Chimpanzcc,* str. 60.

str. 391. »Od svih znanstvenih disciplina, paleoantropologija se može pohvaliti najvećom koncentracijom ega«: S\visher i dr.. *Java Mati,* str. 17.

str. 391. Prvih 99,99999 posto svoje povijesti kao organizmi bilo smo u istoj pradjedovskoj lozi kao i čimpanze: Tattersall, *Thc Human Odyssey,* str. 60.

str. 392. »Ona je naš najraniji predak, karika koja neciostaje između majmuna i čovjeka«: PBS-ova emisija *Nova.* »In Search of Human Origins«. prvi put emitirano u kolovozu 1999.

str. 392. fohanson je nonšalantno odgovorio daje oduzeo 106 kostiju ruku i stopala: Walker i Shipman, *IVisdom oj thc Bones.* str. 147.

str. 394. »Lucy i njezina vrsta nisu se kretali ni približno kao moderni ljudi«: Tattersall. *Thc Monkcy in thc Minor,* str. 88.

str. 394. »Samo kada bi ti hominidi morali putovati između staništa u stablima, hodali bi dvonožno«: Tattersall i Schwartz. *Extinct Ilumans.* str. 91.

str. 394. »Zbog Lucvnih bokova i razmještaja mišića zdjelice«, napisao je: *National Gcooraphic.* »Face-to-Face with Lucy"s Familv«. ožujak 1996.. str. 114.

str. 394. Jedan je otkrila Meave Leakev, iz slavne obitelji lovaca na fosile, na jezeru Turkana u Keniji: *Nciv Scientist.* 24. ožujka 2001., str. 5.

str. 394. što ga je učinilo najstarijim dotad pronađenim hominidom -no. samo nakratko: *Nature.* »Rcturn to the Planet of Apes«. 12. srpnja 2001.. str. 131.

str. 394. U ljeto 2002. francuski je tim istraživao u pustinji Djurah u Gadu... pronašao hominida starog gotovo sedam milijuna godina: *Scieiitijic American,* »An Ancestor to Gali our Own«. siječanj 2003.. str. 54.-63.

str. 394. Neki kritičari vjeruju da to nije bio čovjek, nego rani majmun: *Nature.* »Face to Face our Past«, 19.-26. prosinca 2002.. str. 735.

str. 395. kada ste mali ranjivi australopitek s mozgom veličine naranče, mora daje rizik enorman: Stevens, *The CJiange in thc IVeather,* str. 3.; Drurv, *Stcpping Stones,* str. 335.-336.

str. 395. »nego su šume napustile njih«: Gribbin i (rribbin, *Being Human,* str. 135.

str. 395. Za više od tri milijuna godina Lucv i njezini sunarodnjaci australopitcci gotovo da se i nisu promijenili: PBS-ova emisija *Nova,* »In Search of Human Origins«, prvi put emitirano u kolovozu 1999.

str. 395. ali australopitcci nisu nikada primijenili tu korisnu tehnologiju koja ih je okruživala: Drury, *Stepping Stones,* str. 338.

str. 395. Apsolutna veličina mozga: Gould, *Ever sinci' Danvin,* str. 181.-183.

str. 396. Matt Ridlev smatra da »smo ili možda mi pojeli«: Ridley, *Gcnome,* str. 33.

str. 396. iako čini samo 2 posto tjelesne mase, proždire 20 posto tjelesne energije: Drury, *Stepping Stones,* str. 345.

str. 396. »Tijelo je u stalnoj opasnosti da ga iscrpi pohlepni mozak«: Brovvn, *The Eiiergy ofLife,* str. 216.

str. 397. C. Loring Brace još se uvijek držao linearnog koncepta: Gould, *Leonardo's Mountain ofClanis and thc Diet oj IVonns,* str. 204.

str. 397. *Homo erectus* predstavlja granicu: Svvisher i dr.. *Java Mati,* str. 131.

str. 398. Pripadao je dječaku između devet i dvanaest godina, koji je umro prije 1,54 milijuna godina: *National Gcographic,* svibanj 1997.. str. 90.

str. 398. Dječak iz Turkane bio nam je »vrlo sličan«: Tattersall, *Thc Moiikey in thc Mirror,* str. 132.

str. 398. Netko se brinuo za nju: Walker i Shipman. *The IVisdom ofthc Bones,* str. 165.

str. 398. Oni su bili dotad neviđeno pustolovni i širili su se vrtoglavom brzinom: *Scientific American.* »Food tor Thought«. prosinac 2002., str. 108.-115.

29. NEMIRNI MAJMUN

str. 400. »Izrađivali su ili na tisuće«: razgovor s lanom Tattersallom u American Museumu ot Natural I Iistorv u Nevv Yorku. 6. svibnja 2002.

str. 402. »da su ljudi prvi put stigli vjerojatno znatno prije 60 000 godina«: *Proceedings of thc National Acadeniy o) Sciences,* 16. siječnja 2001.

str. 402. »Mnogo toga ne znamo o migracijama ljudi prije početka pisane povijesti«: razgovor s Alanom Thorneom u Canberri, 20. kolovoza 2001.

str. 403. »daje najnedavniji veliki događaj u ljudskoj evoluciji - pojava naše vlastite vrste - možda najnerazjašnjiviji od svih«: Tattersall, *The Human Odyssty,* str. 150.

str. 403. »još uvijek treba razriješiti predstavlja li našu vrstu ikoji od njih ili svi oni«: Tattersall i Schvvartz, *Extinct Iliimans,* str. 226.

str. 404. »čudne, teške za klasifikaciju i slabo poznate«: Trinkaus i Shipman, *The Neandertah.* str. 412.

str. 404. Na sjeveru Afrike nikada nisu pronađeni nikakvi ostaci neandertalaca, ali njihovo se oruđe javlja posvuda: Tattersall i Schvvartz, *Extinct Humans,* str. 209.

str. 404. u razdoblju koje je u paleoklimatologiji poznato kao Boute-llierov interval: Fagan, *The GreatJouniey,* str. 105.

str. 405. Preživjeli su najmanje stotinu tisuća godina, a možda i dvostruko toliko: Tattersall i Schwartz, *Extinct Humans,* str. 204.

str. 405. Kad je 1947. godine radio na terenu u Sahari: Trinkaus i Shipman, *The Neandertah,* str. 300.

str. 405. Još je uvijek uobičajeno da se neandertalce smatra manje inteligentnim ili neizdržljivijim, nesposobnim da se ravnopravno natječu s vitkim i cerebralno okretnijom pridošlicom na kontinentu, *Homo sapiensom: Nature,* »Those Elusive Neanderthals«, 25. listopada 2001., str. 791.

str. 405. »Moderni su ljudi neutralizirali tu prednost... boljom odjećom, boljim ognjištima i boljim zaklonima«: Stevens, *The Chauge iu tlie IVeather,* str. 30.

str. 405. 1,8 litara za neandertalce naspram 1.4 litara za moderne ljude: Flannery, *The Future Eaters.* str. 301.

str. 406. »Rodezijski čovjek... je živio sve do prije 25 000 godma. i možda je bio predak afričkih crnaca«: Canby, *The Epic oj Man,* nenu-merirana stranica.

str. 407. »nećete vidjeti prednji dio magarca i stražnji dio konja«: *Science.* »What - or Who - Did In the Neandertals«, 14. rujna 2001., str. 1981.

str. 408. »svi suvremeni ljudi potomci [su] te populacije«: Svvishcr i *dr..Java Alati.* str. 189.

str. 408. Nii, znanstvenici su tada počeli pomnije razmatrati podatke: *Scieutijic American.* »Is Out of Africa Going Out the Door«. kolovoz 1999.

str. 408. 1997. znanstvenici sa sveučilišta u Miinchenu uspjeli su izvući i analizirati nešto DNK iz kosti ruke neandertalskog čovjeka: *Proceediugs of the National Acadeiuy oj Sciences,* »Ancient DNA and the Origin of Modern I lumans«. 16. siječnja 2001.

str. 408. po kojoj su svi moderni ljudi potekli iz Afrike u zadnjih sto tisuća godina, i to iz izvorne loze od najviše deset tisuća pojedinaca: *Nature,* »A Start for Population Genomics«, 7. prosinca 2000., str. 65.: *Natural Histoij,* »What's Ncw m Prehistorv«, svibanj 2000., str. 90.-91.

str. 408. »više je raznolikosti u jednoj grupi od pedeset tri čimpanze nego u cijeloj ljudskoj populaciji«: *Science.* »A Glimpse of Humans" First Journev out of Africa«. 12. svibnja 2000., str. 950.

str. 409. Početkom 2001. godine Thorne i njegovi kolege s Australskog nacionalnog sveučilišta izvijestili su da sti izvukli DNK iz najstarijih primjeraka s Munga: *Procccccliiiff oj the National Academy oj Sciences,* »Mitochondrial DNA sequences in Ancient Australians: Implications for Modern Human Origins«, 16. siječnja 2001.

str. 409. »U cjelini... genetski zapisi podržavaju afričku hipotezu«: razgovor s Rosalind Ilarding u Institute of Biological Anthropologv u 6xfordu. 28. veljače 2002.

str. 411. neki paleontolog na pitanje kolege - misli li da je neka stara lubanja prelakirana, istu [je] liznuo po tjemenu i odgovorio da jest: *Nature,* 27. rujna 2001., str. 359.

str. 412. znali [su] za moje zanimanje za ljudsko podrijetlo i ovu knjigu pa su u raspored uvrstili i posjet Olorgesailieu: Samo napomena da se taj naziv često piše i kao Olorgasailie. čak i u nekim službenim kenijskim dokumentima. Tako sam ga i pisao u knjizi koju sam za svog posjeta sastavio za CARE. lan Tattersall me obavijestio da se ispravno piše s 'e' u sredini.

30. ZBOGOM

str. 415. »znanstveno neobrazovanih putnika, tri ili četiri ulja na platnu te nekoliko raštrkanih koštanih fragmenata«: citirano prema Gould. *Leouardo's Moiiiitain of C^lanis and the Diet of li'orius.* str. 237.

str. 416. Australija ih je... izgubila čak 95 posto: Flannerv i Schouten, *A (icip in Nature,* str. xv.

str. 416. »Nema materijalne koristi od lova na opasne životinje češće nego što je potrebno - možete pojesti samo određenu količinu ma-mutovih odrezaka«: *New Scieutist.* »Mammoth Mvsterv«. 5. svibnja 2001.. str. 34.

str. 416. samo četiri vrste stvarno krupnih... kopnenih životinja: Flannery, *The Etcnial Erontier,* str. 195. str. 417. izumiranja koja uzrokuje čovjek mogla bi biti čak 120 000 puta češća: Leakev i Lewin, *The Sixth Extiuction,* str. 241. str. 418. Smještaje otišao na otočić, ali dok je stigao, mačka ih je već sve bila pobila: Flannerv, *The Future Eaters,* str. 62.-63. str. 418. »Prilikom svakog uzastopnog hica«: citirano prema Matthiessen, *Wi hl lije in America,* str. 114.-115. str. 419. Zoološki ju je vrt izgubio: Flannerv i Schouten, *A Gap in Nature,* str. 125. str. 419. Hughu Cumingu, koji je bio toliko zaokupljen skupljanjem daje izgradio ogroman oceanski brod i imao stalnu posadu koja je plovila svijetom i skupljala što god bi našla: Desmond i Moore. *Dani'iu,* str. 342. str. 419. Milijuni godina izolacije omogućili su Ilavajima: *National Geographk,* »On the Brink: Hawaii's Vanishmg Species«, rujan 1995., str. 2.-37. str. 420. Velika zeba koa, bezazlen član porodice havajki: Flannerv i Schouten, .4 *Gap in Nature,* str. 84. str. 420. ptice koja je bila toliko rijetka daje viđena samo jedna: Flannerv i Schouten, *A Gap in Nature,* str. 76. str. 421. Do početka devedesetih taj se broj povećao na kojih šest stotina tjedno: Easterbrook, *A Moment on the Earth.* str. 558. str. 421. »gotovo sigurno preniska procjena«: *llashin^ton Post,* preneseno *Valley Neirsu,* 27. studenog 1995., »Report Finds Grovving Biodiversity Threat«. str. 422. »Jedan planet, jedan eksperiment«: Wilson, *Diversity oj Life,* str. 182.

BIBLIOGRAFIJA

Aczel, Amir D., *God's Equation: Einstein, Relatit'iry, and the E.rpanding Universe.* London, Piatkus Books, 2002. Alberts, Brucc, Dennis Bray, Alexander Johnson, Julian Lewis, Martin Raff, Keith Robcrts i Pctcr Walter, *Essential Cell Biolog}': An Introduction to the Molecular Biolog}' ofthe Cell.* New York i London, Garland Publishing, 1998. Allen, Oliver *E.,Atmosphere.* Alcxandria, Va., Time-Life Books, 1983. Alvarez, Waltcr, *T. Rex and the Crater oj Dootu.* Princcton, NJ, Princeton University Press, 1997. Annan, Nocl, *The Dotis: Mentors, Eccentrics and Geninses.* London, HarperCollms, 2000. Ashcrott, Franccs, *Life at Extremes: The Science of Survival.* London, HarperCollins, 2000.

Asimov. Isaac, *The Histoij ofPhysics.* New York, Walkcr & Co., 1966.

_____*Exploring the Earth and the Cosmos: The Groii'th and Future of Human Knomledge.* London, Penguin Books, 1984.

_____*Atom: Jotinie)' Across the Subatonuc Cosmos.* NewYork. Truman Tallev/Dutton, 1991. Atkins. P W. *The Secoud Lau* Ncw York, Scientific American. 1984.

_____*Molecules.* Ne\vYork, Scientific American. 1987.

_____*The Periodic Kiugdom.* London, Weidenfeld &' Nicolson. 1995.

Attenborough. David, *Life on Earth: A Ilistoij. London, Co-* llins, 1979.

_____ *The Living Planet: A Portrait ofthe Farth.* London, Collins, 1984.
_____ *The Plivate Life of Plants: A Natural Histor)' oj Plant Behaviour.* London, BBC Books, 1984. Baever, Hans Christian von, *Tanung the Atom: The Eniergence of the Visible Microii'orld.* London, Viking, 1993. Bakker, Robert T., *The Dinosanr Ileresies: New Theories Unlockiug the Myštery of the Dinosaurs and their Extinction.* New York, William Morrow, 1986. Bali, Philip, *H20:A Biography ojTVater.* London, Phoenix/Onon, 1999. Ballard, Robert D., *The Etenial Darkness: A Personal Histoij ofDeep-Sea Exploration.* Princcton, NJ: Princeton University Press, 2000. Barber, Lynn, *The PIeyday of Natural Histor}': 1820-1870.* London, Jonathan Cape, 1980. Barrv, Roger G. i RichardJ. Chorlev, *Atmosphere, IWeather and Climate,* 7. izdanje. London, Routledge, 1998. Biddle, Wayne, *A Field Guide to the Invisible.* New York, Henry Holt, 1998.
Bodaiiis, David, *The Body Book.* London, Little, Brown, 1984.
_____ *The Seeret Honse: Twenty-Four Hours in the Strangc and Unexpected IVorld in IVIiich We Spend our Nights and Days.* New York, Smion & Schuster, 1984.
_____ *The Seeret Faniily: Tweuty-Four Hours Inside the Mysterious IVorld ofOurMinds and Bodies.* NcwYork, Smion & Schuster, 1997.
_____*E = nic2: A Biography of the IVorld's Most Famous Equation.* London, Macmillan, 2000. Bolles, Edmund Blair, *The Ice Finders: How a Poet, a Professor and a Politieian Discovered the Ice Age.* Washington DC, Counterpoint/Perseus, 1999. Boorse, I Ienry A., Lloyd Motz i Jeffcrson I lane Weavcr, *The Atomic Scientists: A Biographical Histor}'.* New York, John Wiley & Sons, 1989.
Boorstin. Daniel J., *The Discoverers.* London, Penguin Book, 1986.
_____*Cleopatra's Nose: Essays on the l·nexpected.* NewYork, Randoni Llouse. 1994. Bracegirdle, Brian, *A Histoij of \licrote(hnique: The Evolution of the Miavtome and the Developinent of Tissue Preparation.* London. I Ieinemann. 1978. Brccn. Michael, *The Koreans: Ulio They Are, They IVant, llliere Their Future Lies.* London, Texcre. 1998.

Broad, William }., *Thc Universe Bcloiv: Discovering thc Sccrcts oj thc Deep Sca.* NewYork, Simon & Schuster. 1997. Brock, William II., *The Norton Histoij of Chemistij.* London, W. W.
Norton, 1993. Brockman, John i Katinka Matson (urednici), *llou> Things Are: A Science Tool-Kit for thc Miiid.* London. Weidenfeld & Nicolson, 1995.
Brookcs, Martin. *Tly: Thc Unsting litro of Tii'cntieth-Ccntnij Science.* London, Phoenix. 2002. Brown, Guv, *The Encrgy of Life.* London, Flamingo/I larpcrCollins, 2000. Browne, Janct, *Charles Dani'in: A Biography.* sv. 1. London, Jonathan Cape, 1995. Burenhult, Goran (ur.), *The First Americans: Human Origins and Histoij to 10,000 BC.* London, HarperCollins, 1993. Cadburv, Deborah, *Tcrrible Lizard: Thc First Dinosanr Hnnters and thc Birth oj a Ncu> Science.* New York, Hcnry Holt, 2000.
Calder, Nigel, *Einstein's IJniverse.* London, BBC Books, 1979.
_____ *Thc Comet Is Corning! The Fevcrish Legacy of Mr Halley.* London, BBC Books, 1980. ' Canby, Courtlandt (ur.), *The Epic ofMan.* Ncw York, Time/Life, 1961. Carev, John (ur.), *The Fabcr Book of Science.* London, Faber, 1995. Chorlton, Windsor, *Ice Ages.* NewYork, Time-Life Books, 1983. Christianson, Gale E., *In thc Prescnce ofthe Creator: Isaac Neii'ton and his Times.* NewYork, Frce Press/Macmillan, 1984.
_____ *Edit'in Hnbble: Mariner of thc Nebnlac.* Bristol, England, Institute of Phvsics Publishing, 1995.
Clark, Ronald W, *The Hnxleys.* London, Heinemann, 1968.
_____*Thc Snrviual oj Charles Dani'in: A Biography of a Man and an Idea.* London, Daedalus Books, 1985.
_____*Einstcin: The Life and Times.* London, LlarperCollins. 1971.
Coe, Michael, Dean Snovv i Elizabeth *Benson, Atlas of Ancicnt America.* NewYork, Equinox/Facts on File, 1986. Colbert, Edwin LL, *The Creat Dinosanr Hnnters and their Discoi'cries.* New York, Dover Publications, 1984. Cole, K. C. *First Yon Bnild a Cloud: And Other Reficctioiis on Physics as a lliiy of Life.* San Diego, I larvest/Harcourt Brace, 1999. Conard, Henry S., *How to Knoir thc Mosses and Livenrorts.* Dubuque, Io\va. William C. Bro\vn *Co.,* 1956.

Conniff, Richard, *Spineless IVouders: Stranac Tales from the Invertebrate IVorld.* London i NcwYork, Hcnry llolt, 1996. Corfield. Richard, *Arehiteets of Lternity: The Neu> Science of Fossils.* London, Headlinc, 2001. Coveney, Peter i Roger Highfield, *The Anom oj Time: The Quest to Salve Science's Great est Mysteij.* London, Flamingo, 1991. Cowles, Virginia, *The Rothschilds: A Fainily of Fortune.* London, Futura, 1975. Crick, Francis, *Life Itself: Its Orifui and Nature.* London, Macdonald, 1982.

_____ *Wliat Mad Pursuit: A Personal View oj Scientific Discoveij.* London, Pcnguin Press, 1990. Cropper, Williani I L, *Great Physicists: The Lije and Times oj Leading Physicists from Galileo to FIaii>kim>.* Oxford, Oxford University Press, 2002. Crovvther, J. G., *Scientists of the Judustrial Revolutiou.* London, Cresset, 1%2. Darvvin, Charles, *On the Origiii of Species by Means oj Natural Sclectioti, or the Preservation of Favoured Races iu the Štrudle jor Lije* (faksimilno izdanje). London, AMSPR, 1972. Davies, Paul, *The Fifth Miracle: The Search for the Origin oj Lije.* London, Penguin Books. 1999. Dawkins. Richard, *The Blind IVatchmaker.* London, Penguin Books, 1988.

_____*River Out ofEden: A Dani'inian View oj Life.* London, Phoenix, 1996.

_____*Climbiiig Mount Luprobable.* London, Viking, 1996.

Dean, Dennis R., *James Ilutton and the Histoij of Geology.* Ithaca, NY, Cornell University Press. 1992. dc Duve, Christian. .4 *Guided Tour oj the Living Cell,* u 2 sveska. Ne\v York, Scientific Amcrican/Rockefeller University Press, 1984. Dennett, Danici C, *Darmin's Daugerous Idea: Lrolution and the Meanings of Life.* London, Penguin, 1996. Dennis, Jcrrv. *The Bird in the IVaterfail: A Natural Histoij of Oceans, Riven and Lakes.* London i NewYork, HarperCollins, 1996. Dcsmond, Adrian i James Moore, *Danvin.* London, Penguin Books. 1992. Dc\var. Elaine. *Bones: Discoveriu^ the First Americaus.* Toronto. Random 1 Iouse Canada, 2001.

Diamond, Jarcd, *Guns, Germs and Steel: The Tates of Human Societies.* NcwYork, Norton, 1997. Dickinson, Matt, *The Other Side of Everest: Clinibing the North Face through rhe Killer Stonu.* Ncw York, Times Books, 1997. Drury, Stephen, *Stepping Stones: The Making of our Home VVorld.* Oxtord, Oxford Universitv Press, 1999. Durant, Will i AricI, *The Age of Loitis XIV New York. Sinion &* Schuster, 1963. Dyson, Freeman, *Disturbing the Unitvrse.* London i New York. Harper &Row, 1979. Easterbrook, Grcgg, *A Moment on the Earth: The Corning Age oj Envi-ronmeutal Optimistu.* London, Penguin, 1995. Ebbing, Darrell D., *Geueral Chemistij.* Boston, Honghton Mifflin. 1996. Elliott, Charles, *The Potting-Shed Papers: On Gardens, Gardeners and Garden Histoij.* Gnilford, Conn., Lyons Press, 2001. Engel, Leonard, *The Sea.* New York, Time-Lifc Books, 1969. Erickson, Jon, *Plate Tectonics: Uiiravelling the Mysteries of the Earth.* London i NewYork, Facts on File. 1992. Fagan, Brian M., *The Great Jouruey: The Peopling of Aticieut America.* London, Thames <5c Hudson, 1987. Fell, Barrv, *America B.C.: Ancient Settlers in the New IVorld.* London, Random House, 1976.

_____*Bronze Age America.* London i Boston, Little. Brown. 1982.

Fergnson, Ki.tty, *Measuring the Universe: The Historical Quest to Quantify Space.* London, l leadline, 1999. Ferris, Timothy, *The Mind's Sky: Human Inlelligencc iu a Cosmic Coute\t.* NewYork, Bantam Books, 1992.

_____*The Wlwle Shebang: A State oj the Universe(s) Report.* London, Phoenix, 1998.

_____*Seeing iu the Dark: How Backyard Stargazers Are Probing Deep Space and Guarding Earth jroni Lnterplanetaij Peril.* Ne\v York. Sinion & Schuster, 2002.

_____*Coniing of Age in the Way. London. I larperCollins. 2003.*

Fcvnman. Richard P, *Six Easy Pieces.* London, Penguin Books. 1998. Fislier, Richard V, Gram I leiken i JetTrev B. I Iulen, l *blcauocs: Grucibles ofCdiange.* Princeton, NJ, Princeton Universitv Press. 1997. Flannerv. Timothv, 77«' *Future F.aters: An Ecological Histoij of tlic Austral-asiau Eauds and People.* London, W. W. Norton, 1995.

_____*The Etcrnal Erontier: An Ecological Histotj ofNorth America and its Peoples.* London, Heinemann, 2001.
_____ i Pcter Schouten, *A Gap in Nature: Discovering the IVorld's E.vtinct Auimals.* London, Hcincmann. 2001. Fortcy, Richard, *Lije: An Unauthorised Biography.* London, FlaniingcV HarpcrCollins, 1998.
_____*Trilobite! Eyeit'ituess to Evohition.* London, HarpcrCollins, 2000. Frayn, Michael, *Copenhagen.* London, Methuen, 1998; Ncw York, Anchor Books, 2000. Gamow, George i Russell Stannard, *The Neu> Wor\d of Mr Tompkins.* Cambndge, Cambridge University Press, 2001. Gawandc, Atul, *Coinplications: A Surgeon's Notes on an Imperfect Science.* Ncw York, Metropolitan Books/Henry Holt, 2002. Giancola. Douglas C., *Physics: Principles with Applications.* London, Prentice-Hali, 1997. Gjersten, Derek, *The Classics of Science: A Study of Twelve Enduring Scientific PVorks.* NcwYork, Lilian Barbcr Press, 1984. Godfrev, Laurie R. (ur.), *Scieiitists Confront Creationisni.* New York, W. W. Norton, 1983. Goldsmith, Donald, *TheAstronomers.* NewYork, St Martin's Press, 1991. »Gordon, Mrs«, *The Life and Correspendence ofTVilliam Bnckland, D.D.. F.R.S.* London, John Murrav, 1894. Gould, Stephen Jay, *Ever Since Dani'in: Reflections in Natnral Histotj.* London, Dcutsch, 1978.
_____*The Panda's Thnnib: More Reflections in Natnral Histoij.* London i NcwYork, W. W. Norton, 1980."
_____*Hen's Teeth and Horse's Toes.* London, Penguin Books, 1984.
_____*The Elamingo's Smile: Reflections in Natnral Histotj.* New York, WW. Norton. 1985.
_____ *IVonderfnl Life: The Burgcss Shale and the Nature of Histoij.* London, Hutchinson Radius, 1990.
_____ *Bully for Brontosaurus: Reflections in Natnral Histoij.* London, Hutchinson Radius, 1991.
_____*Time's Arrou\ Time's Cycle: Myth and Metaphor in the Discoivij of Geological Time.* Cambridgc, Mass., Harvard Univcrsitv Press, 1987.
_____(ur.). 77«' *Book o/Life.* London, Eburv, 1993. *Eioht l.ittle Piogies: Reflections in Natnral Histoij.* London, Pen guin, 1994.

_____ *Dinosanr in Haystack: Reflections in Natnral 1 Iistory.* London, [onathan Cape, 1996.
_____*Leonardo's Moinuain of (Jlams and the Diet of IVonns: Essays on Natnral Histotj.* London, Jonathan Cape, 1998.
_____*The Lyini> Stones of Marrakeeh: Pennltimate Reflections in Natnral Histoij.* London. Jonathan Cape, 1998. Green, Bili, *IVater, Ice and Stone: Science and Mcinoiy on the Antairtic Laka.* NewYork, Ilannonv Books, 1995. Gribbin,John, /// *the Bcgiiiiiing: The Birth of tlie Lii'in(> Vnirerse.* London. Pengnin, 1994.
_____ *Alntost Ereijone's Guide to Science: The Vnirerse, Life and Ei>eiyrhino.* London, Phoenix, 1998.
_____i Mary Gribbin, *Bcing Human: Pntting People in an Ei>olntionary Perspectice.* London. Phoenix/Onon, 1993.
_____*Tire on Earth: Doomsday. Dinosanrs and Hiiniankind.* NewYork. St Martin's Press. 1996.
_____*Ice Age.* London, Allen Lane. 2001.
_____i Jeremv Cherfas. *The Tirst Chimpanzee: In Seairh of Human Origins.* London, Penguin Books, 2001. Grinspoon, David Harrv. *l'enus Rcvcalcd: A Neir Look Beloir the Clotids of onr Mysterions Tein Planet.* Reading, Mass., Helix/Addison-Wesley. 1997. Guth, Alan, *The Inflationaij Unirerse: The Qttest for a Neir Theoij of Cosnhc Oritfins.* London, Jonathan Cape. 1997. Haldane, J. B. S.. *Adrentnres of a Biologist.* New York, Harper & Brothers, 1937.
_____*Wliat is Life?* New York, Boni & Gaer, 1947.
Hallam, A., *Great Geological Controrersies,* 2. izdanje. Oxford, Oxford Universitv Press. 1989. Llainblvn, Richard, *The Inreiition of Clotids: Llotr an Amatenr Meteorologist Eor^ed the Lanotiagc of the Skies.* London, Picador, 2001. I lamilton-Paterson, James, *The Great Deep: The Sca and its Thtrsholds.* London, Random I louse. 1992. I Iapgood, Charles H.. *Earth's Shiftino (frnst: A Key to Some Basic Prohlems of Earth Science.* NewYork. Pantheon Books. 1958. Harrington. John W., *Dance of the Contiiients: Adrentnres trith Rocks and Time.* Los Angeles, J. P Tarcher. Inc.. 1983. 1 larrison, Echvard. *Datkness at Nioht: A Riddle of the Vnirerse.* Cambridge, Mass., ILirvard Universitv Press. 1987.

I Lrrtmann, William K., *Thc History of Earth: An lllustratcd Clironiclc ofaii Et'oh'ing Planet.* London, Worknian Publishing, 1991. I Iavvking, Stcphcn, .4 *Bricf Histotj oj Time: Trom thc Big Bang to Black Holes.* London, Bantani Books, 1988.
_____*The Uuit'crse in a Nntshell.* London, Bantani Press, 2001.
I Iazcn, Rombcrt M. i James Tref li, *Science Matters: Achieving Scientific Litcrac)'.* NewYork, Doubledav, 1991. 1 leiserman, David L., *Explorin$ Chemical Elemeuts and thcir Componnds.* Bine Ridge Summit, Pa., TAB Books/McGravv Mili, 1992. I Iitchcock. A. S., *Matnial of thc Grasscs oj thc Vnited States, 2.* izdanje. London, Petci" Smith, 1971. I Iolmes, Hannah, *The Secret Lije oj Dnst.* London, John Wiley & Sons, 2001. Holmyard, E. J., *Makers of Chci)iistiy.* Oxford, Clarcndon Press, 1931. I lonvitz, Tonv, *Bine Latitndes: Boldly Going Whcre Captain Cook Has Gone Before.* London, Bloomsbnry, 2002. I longh, Richard. *Captain James Cook.* London, Coronet. 1995. Jardine, Lisa, *Ingenioiis Ptirsttits: Bnilding thc Scientific Revoltition.* London. Little, Brown, 1999. Johanson, Donald i Blade Edgar. *Trom Eucy to Langnage.* London, Wcidenfeld & Nicolson, 2001. Jolly, Alison, *Lncy's Leoacy: Sex and Intellii>ence in Human Evolntiou.* Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1999. Jones, Stevc, *Alniost Like a lijiale: The Origin of Specics Updated.* London, Doubledav, 1999. judson, LIorace Freeland, *The Eighth Day of Crcation: Makers of thc Rei'olntion in Biolog}*.* London, Pengnin 1995. Jnnger. Sebastian, *The Pctject Stonu: A Trne Stoiy ofMen Agaiust thc Sca.* London. Fourth Dimension, 1997. jungnickel, Chnsta i Russell McCormnvach, *Cavendish: The Experi- mcntal Lije.* Bncknell. Pa, Bncknell Press. 1999. Kaku, Michio. *llypcrspacc: A Scientific Odyssey thronglt Parallcl Unii'crses. Time llarps. and thc Tcntli Dimension.* Oxfbrd, Oxtord Universitv Press. 1999. Kastner, Joscph. *A Specics of Etcmity.* Ne\v York, Knopf, 1977. Keller, Evelvn Fox, *The Caitur)' of thc Gene.* Cambridge. Mass.. Harvard Universitv Press, 2000. Kemp. Petcr. *Thc O.\jord Companion to Ships and thc Sca.* London, Ox- fbrd Universitv Press, 1979.

Kevles, Daniel J., *The Physicists: The Histotj oj a Scientific Coiiunuuity in modem America.* London, Random House, 1978. Kitcher, Philip, *Abusing Science: The Gase against Creatiouism.* Cambrid-
ge, Mass., MIT Press, 1982. Kolata, Gina, *Tlu: The Stoij oftlic Great lijluenza Paudemic of 1918 and*
rhe Search for the Virus that Caused It. London, Pan, 2001. Krcbs, Robcrt E., *The Histoij and U se oj our Earth's Chemical Elemeuts.*
Wcstport, Conn., Greenvvood, 1998. Kunzig, Robcrt, *The Restless Sca: Exploring the Wor\d Beneath the l-Uitvs.*
NewYork, W. W. Norton, 1999. Kurlansky, Mark, God: *A Biography of the Tish That Changed the IVorld.*
London, Vintage, 1999. Lcakey, Richard, *The Origin oj Humankind.* London, Phocnix, 1995.
_____i Rogcr Lewin, *Ovigius.* New York, E. R Dutton, 1977.
_____ *The Sixth Extinction: Biodiversity and its Suivival.* London,
Wcidenfcld & Nicolson, 1996. Leicester, Iienrv M., *The Ilistorical Backgrouud ofChemistij.* New York,
Dover, 1971. Lemmon, Kcnneth, 77; e *Golden Age of Platit Huntcrs.* London, Phoenix
House, 1968. Le\vin. Roger, Bon« *ojContentiou: Controversies in the Search jor Ihiiiiau*
Origius, 2. izdanje. Chicago, University of Chicago Press, 1997. Lewis, Cherry, *The Datiug Game: One Man's Search jor the Age oj the*
Earth. Cambridge, Cambridge Univcrsity Press, 2000. Lewis, John S., *Rain ojTron and lce: The leij Real Threat of Comet and*
Asteroid Bomhardmeut. Reading, Mass., Addison-Wesley. 1996. Lewontin, Richard, *It Ain't Necessarily So: The Dream of the Human*
Gi'ttome and Other Itlnsious. London, G ran ta, 2001. Littlc, Cmarlcs E., *The Dyiug of the Trees: The Pandemic in America's*
Porests. NewYork, Viking, 1995. Lynch, John, *The Weat\ier.* Toronto, Fireflv Books, 2002. McCihce.Jr, George R., *The Late Devonian Mass Extiuctiou: The Irasuian/*
Tamenuian Crisis. Nc\vYork, Columbia University Press, 1996.
McGravne, Sharon Bertsch, *Prometheans in the Lab: Chemistry and the*
Making ofthe Modem IVorld. London, McGraw-Hill, 2002. McGuire. Bili. .-1 *Guide to the End oj the IVorld: Eveijthing Vou*
IVauted to Kuow. Oxford. Oxford Universitv Press, 2002.
McKibben, Bili. *The End ojSature.* London, Viking, 1990.

McPhce, John, *Basin and Range,* New York, Farrar, Straus & Giroux, 1980.
_____//; *Suspect Teirain.* NcwYork, Noonday Prcss/Farrar, Straus & Giroux, 1983.
_____*Risiug froni the Plains.* London, Farrar, Straus & Gironx, 1987.
_____*Assembliug Califoruia.* Nevv York, Farrar, Straus & Giroux, 1993.
McSwcen, Harry, Y, Jr, *Stardust to Plauets: A Geological Tour oftlie Solar Systeui.* New York, St Martin's Press, 1993. Maddox, Brenda, *Rosaliud Fraukliti: The Dark Lady oj DNA.* London, HarperCollins, 2002. Margulis, Lynn i Dorion Sagan, *Microcosinos: Four Billion Years oj Evolution froin Our Microbial Aucestors.* London, HarperCollins, 2002.
Marshall, Nina L., *Mosses and Eicheus.* New York, Doubleday, Page & Co., 1908. Matthicssen, Peter, *IVildlife in America.* London, Penguin Books, 1995. Moore, Patrick, *Fireside Astronom}': Au Aiiecdotal Tour through the Histoij and Love oj Astronom)'.* Chichester, John Wiley &' Sons. 1992.
Moorehead, Alan, *Dani'iu and the Beagle.* London, Hamish Hamilton, 1969. Morowitz, Harold J., *The Thermodyiiatnics ofPizza.* New Brunswick, NJ, Rutgers University Press, 1991. Musgrave, Toby, Chris Gardner i Will Musgrave, *The Plant Plunters: Tliv Hundred Years of Adventure and Discoivr}' around the IVorld.* London, Ward Lock, 1999. Norton, Trevor, *Stars beneath the Sca: The Extraordinaiy Lives oftlie Pioueers of Diving.* London, Arrow Books, 2000. Novacek, Michael, *Time Traveler: In Search of Diuosaurs and the Other Fossils fvni Montana to Mongolia.* New York, Farrar, Straus &: Giroux, 2001/ Nuland, Shenvin B.. *Hoir IVe Live: The Wisdom of the Body.* London, Vintage, 1998. Officer, Charles i Jake Page, *Tales ofthc Earth: Paroxysms and Perturhatious oj the Bine Planet.* Ne\v York, Oxford Universitv Press. 1993. Oldrovd.
David R.. *Thinking about the Earth: A Flistoij of Ideas in (teolog)'.* London. Athlone. 1996. Oldstone. Michael B. A.. I *'irnses, Plagues and Histoij.* Nevv York. Oxford Universin' Press. 1998. Overhve. Dennis. *Loncly Ilearts oftlie Cosmos: The Scientific Quest for the Secret ol the L'niverse.* London. Macmillan, 1991.

Ozima, Minoru, *The Earth: Its Birth and Groii'th.* Cambridge, Cambridgc Uni\'crsity Press, 1981. Parker, Ronald 13., *Inscrutable Earth: Explomtions in the Science of Earth.*
NewYork, Charles Scribner's Sons, 1984. Pearson, John, *Serpents and Stags: The Stoij oj the I lonse oj Gavendisli and*
the Dnkes of Devonshire. London. Macmillan, 1983. Peebles, Curtis, *Asteroids: A Histoij.* Washington, Sniithsonian Institution Press, 2000. Plnmmer, Charles C. i David McGearv, *Physical Geolog)1.* London,
McGraw-I lili Education. 1997. Pollack. Robe rt. *Sigu* of Life: The Emguage and Meauiugs of DNA.* London, Penguin Books, 1995. Povvell, James Lavvrence, *Night Gomes to the Cretaeeous: Dinosanr*
Extinction and the Tratisformation of Modem Geolog)'. New York, W. 11. Freeman, 1998.
_____*Mysteries of Temi Einna: The Age and Evolntion of the Earth.* Ne\v York, Free Prcss/Simon & Schuster, 2001. Psihovos, Louie i John Knoebber, *Htmting Dinosanrs.* London, Cassell
Illustrated, 1995. Putnam, William Lowell. *The IVorst IVeather on Earth.* London,
Mountaineers Books, 1991.
Quanimen. David, *The Song oj the Dodo.* London, Llutchinson. 1996.
_____*The Boilerplate Ritino: Nature in the Eye ofthe Beholder.* London, Tonchstone, 2001.
_____*Monster oj'God.* New York, W. W. Norton, 2003.
Rees, Martin, *Just Six Ntnnbers: The Deep Torces that Shape the Universe.*
London, Phoenix/Orion, 2000. Ridley. Matt, *The Red Qneen: Sex and the Evolntion of Human Nature.*
London. Penguin, 199-1.
_____ Genome: *The Antobiography oj a Species.* London, Fourth Estate, 1999. Ritchie, David, *Superqnake! Hliy Earthqnakes Occiir and lllten the Big*
One 11/7/ *Hit Southern Califoniia.* London, Random I Iouse. 1989. Rose. Steven, *Lifelines: Biology. Ereedom. Deterministu.* London. Penguin,
1997. Rud\vick. Martin f. S., *'The Great Deroinan Controrer.<y: The Shaping of*
Siientific Knoicledge among Cientlemanly Specialists. Chicago, Universitv of Chicago Press. 1985.

Sacks, Oliver, *An Anthropologist on Mars: Seven Paradoxical Tales.* London, Picador, 1996.
_____*Oaxaca Journal.* London, National Geographic, 2002.
Sagan, Carl, *Cosmos.* London, Random Ilouse, 1980.
_____i Ann Druvan, *Comet.* London, Random House, 1985.
Sagan, Dorion i Lynn Margulis, *Garden of Microhial Delights: A Practical Guidc to the Subi'isibk IVorld.* Boston, J. Llarcourt Brace Jovanovich, 1988. Sayrc, Annc, *Rosalind Franklin and DNA.* London, W. W. Norton, 2002. Schneer, CecilJ. (ur.), *Ihvard a Histor)' of Geolog}'.* London, MIT Press, 1970. Schopf, J. William, *Cradle oj Lije: The Discoveij ofEarth's Earliest Fossils.* Princeton, NJ, Princeton University Press, 1999. Schultz, Gwen, *Ice Age Lost.* Garden City, NY, Anchor Press/Double-dav, 1974. Schvvartz, Jcffrev IL, *Sudden Origins: Fossils, Genes and the Emergence of Species.* New York, John Wiley & Sons, 1999. Semonin, *Paul, American Monster: How the Nation's First Prehistoric Grea-ture Becatne a Symbol oj National Identity.* New York, New York University Press, 2000. Shore, William H. (ur.), *Mysteries oj Lije and the Uniivrse.* San Diego, Harvest/Harcourt Brace & Co.. 1992. Silver, Brian, *The Ascent of Science.* New York, Solomon/Oxford Uni-vcrsity Press. 1998. Simpson. George Gavlord, *Fossils and the Histoij of Life.* New York, Scientific American, 1983. Smith, Anthony, *The IVeather: The Truth about the Health of om Planet.* London, Hutchinson, 2000. Smith, Robert B. i Lee J. Siegel, *Windows into the Earth: The Geologic Story oj Velloirstone and Grand Teton National Parks.* Oxford, Oxford University Press, 2002. Snovv, C. P. *oj Men.* London, Macmillan, 1967.
_____*l'he Physicists.* London, Ilouse of Stratus, 1979.
Snvder, Carl IL, *The Extraordinaiy Gheinistij of Ordinaij Things.* London, John Wiley & Sons, 1995. Stalcup. Brenda (ur.). *Endangered Species: Opposing Vieivpoints.* San Diego. Greenhaven, 1996. Stanlev. Steven M., *E.xtinction.* NewYork, *Scientific American.* 1987.

Stark, Pctcr, Last Breath: *Caiitionaij Talcs froni the Liniits oj Human Endurancc.* NewYork, Ballantine Books, 2001. Stcphen, Sir Leslie i Sir Sidney Lcc (urednici), *Dictiouatj oj National Biography.* Oxrbrd, Oxford University Press, 1973. Stevens, William K., *The Change in the Weather: People, IVeather, and the Science ofClimate.* NewYork, Delacorte, 1999. Stewart, lan, *Nature's Ntitnbers: Discovering Order and Pattern in the Univcrse.* London, Phoenix, 1995. Strathern, Paul, *Mendeleyev's Dirani: The QuestJor the Eleinents.* London, Penguin Books, 2001. Sullivan, Walter, *Landprints.* New York, Times Books, 1984. Sulston, John i Georgina Ferry, *The Connnon Thread: A Stoij oj Science. Politics, Ethics and the Human Genoine.* London, Bantam Press, 2002. Swisher III, Carl C, Garniss H. Curtis i Rogcr Lewin,_/<7ra *Man: Hoiv Tii'o Geologists' Dramatic Discoveries Chauged onr LJiiderstauding oj the Ei'olutionaij Path to Modem Hiimans.* London, Littlc, Brown, 2001. Sykes, Brvan, *The Savu Daughters oj'Eve.* London, Bantam Press, 2001. Tattersall, lan, *The Human Odyssey: Four Million Years oj Human Ero-lutiou.* NewYork, Prentice-Hall. 1993.

_____*The Monkey in the Mirror: Essays on the Science ojWliat Makes Us Human.* Oxford, Oxford University Press, 2002.

_____i Jeffrey Schwartz, *ExtinctHuinans.* Boulder, Colo., Westview/ Pcrseus, 2001. Thackray John i Bob Press, *The Natural Histoij Museum: Nature's Treasurehouse.* London, Natural History Museum, 2001. Thomas, Gordon i Max Morgan Witts, *The San Francisco Earthanake.* London, Souvenir, 1971. Thomas, Kcith, *Man and the Natural IVorld: Changing Attitudes in Englaud, 1500-1800.* London, Penguin Books, 1984. Thompson, Dick, *Volcano Cowboys: The Rocky Evolution oj a Daugerous Science.* Ne\v York, St Martm's Press, 2000. Thorne, Kip S., *Black Holesand Time Warps: Eiiistein's Outrageous Legacy.* London. Picador, 1994. Tortora. GerardJ. i Sandra Reynolds Grabowski, *Priuciples oj Anatomy and Physiology.* London. John Wilcy & Sons. 1999. Trcfil. James, *The l'ue.\pected l'ista: A Physicist's J'icir of Nature.* Nc\v York, Charles Scribncr's Sons. 1983.

_____*Mediations at Sunset: A Scientist Looks at the Sky.* Nc\v York, Charles Scribncr's Sons. 1987.

_____ *Mediations at 10,000 Feet: A Scientist i u tlic Mountaius.* New York, Charles Scribner's Sons, 1987.

_____*101 Things You Don* V *Know Abotit Science and No One Hhe Does Either.* London, Casscll Illustrated, 1997. Trinkaus, Erik i Pat Shipman, *The Neandertals: Changiug tlie lmage oj Mankind.* London, Pimlico, 1994. Tudge, Colin, *The Time bejore Histoij: Tive Million Years oj Human Impact.* New York, Touchstone/Simon & Schuster, 1996.

_____*The Variet}' ofLije: A Sun>ey and a Cetebration oJAU tlie Creattires that I lave Ever Eived.* Oxford, Oxtbrd University Press, 2002. Vernon, Ron, *Beneath our Feet: The Rocks of Planet Earth.* Camhridge, Cambridge University Press, 2000. Vogcl, Shavvna, *Naked Earth: The Neiv Geophysics.* New York, Dutton, 1995. Walkcr, Alan i Pat Shipman, *The Wisdom ofthe Bones: In Search of Human Origius.* London, Weidenfeld & Nicolson, 1996. Wallace, Robcrt A., Jack L. Kmg i Gerald P Sanders, *Biolog}': The Science ofEife,* 2. izdanje. Glenview, 111., Scott, Foresman & Co., 1986. Ward, Peter D. i Donald Brownlee, *Rare Earth: Wliy Complex Eife Is Uucommon in the Universe.* NewYork, Copernicus, 1999. Watson, James D., *The Double Helix: A Personal Account oj the Discoveij ofthe Structure ofDNA.* London, Pengum Books, 1999. Weinberg, Samantha, *A Fish Caught in Time: The Search for the Coelacanth.* London, Fourth Estate, 1999. Weinberg, Steven, *The Discoveij of Subatomic Particles.* London, W. H. Freeman, 1990.

_____*Dreams of a Final Theoij.* London, Vintage, 1993.

Whitaker, Richard, (vir.), *Weather.* London, Warner Books, 1996. White, Michael, Isaac Newton: *The Last Sorcerer.* London, Fourth Dimension. 1997.

_____*Rivals: Conflict as the Fuel of Science.* London. Vintage, 2001.

Wilford, John Noble, *The Mapmakers.* London. Random House, 1981.

_____*The Riddle ofthe Dinosaur.* London. Faber. 1986.

Williains. E. T. i C. S. Nicholls (urednici), *Dictiouaij of National Biography. 1961-1970.* Oxford, Oxford Univcrsity Press, 1981. Williams, Stanlev i Fen Montaigne, *Surrii'ing Galeras.* Boston, Iloughton Mifllin. 2001. Wilson. David. *Rniheiford: Simplc Genius.* London, Hodder, 1984.

Wilson, Ed\vard O., *The Diivrsity ofLife.* London, Allcn Lanc/Pcnguin Press, 1993. Winchcstcr, Simon, *Tlie Map That Changed tlie Workl: The Tale ojlVilliam Smirit and tlie Birth ofa Science.* London, Viking, 2001. Woolfson, Adrian, *Life uritliout Genes: The Ilistoij and Ihttitre oj Genomes.* London, Flamingo, 2000.

KAZALO

Agassiz, Louis, 63, 286, 345, 373-376
Ager, Derek V, 166
Aharanov, Yakir, 131
AIDS, 275, 276, 278, 281
alge: i lišajevi, 296-297; ispuštanje kisika, 261, 267; klasifikacija, 270; modro-zelene, 261; preživljavanje, 306
alkemija, 42, 85, 98
Alpha Centauri, 24, 33
aluminij, 92, 92 b, 221
Alvarez, Ltus, 173-175, 178
Alvarez. Walter. 164, 172-175
Alvin, ronilački brod, 244-246
amebe. 264. 270, 271, 272. 273, 324
aminokiseline, 252-254, 255, 257, 267, 409
amoniti. 306
anapsidi. 301,302
Anderson. Ray, 176-177, 179, 181-182
Anning, Marv, 74-75
antarktička cirkumpolarna struja, 234
Antarktika: bakterije. 268; bez leda. 382; ekosustav, 251; led, 240. 383; lišajevi, 296; prije odvajanja kontineneta. 161, 163; tuljani, 251
antibiotici, 264, 267, 268, 277-278
antiseptici, 267
Arambourg. Camille. 405
Ardipithecus ramidus kadabba, 394
Ardipithecus, 389
arhajska era (arhaik), 65, 260, 261
arheje, 272-273
arheobaktcrije; *vidi* arheje
arheopteriks, 34, 78, 345 b
Armstrong, Richard, 191
arsen, 222
Asaro, Frank, 173-174, 175
Ashcroft, Frances, 207, 212, 213, 227. 273
Ashfall Fossil Beds, park, 183-185
Asimov, Isaac, 126
Askezijsko društvo, 90, 232
asteroidi, 169, 170-172, 174, 175, 179, 181
asteroidni pojas, 22
ašelejsko oruđe, 400-401, 404, 411-412
Atlantik, dno. 159
atmosfera, 225-227
atomi: atomska težina, 94, 95. 121-122; atomski broj, 95; dokaz postojanja, 122; dugovječnost, 120-121; ideja o. 121; izgled', 124, 126, 129; jezgra, 125-127, 129; ljuska. 129; molekule i, 119; oblik. 124, 125; ponašanje, 127, 128: stanice i. 254; struktura, 124-127; u neutronskim zvijezdama, 29; veličina, 192. 120-121; život. 1-2

atomska bomba, 128, 132, 358, 371
atomska drobilica, 143
ATP (adenozin tnfosfat), 336
Attenborough, David, 247, 297
Audubon, John James, 189
aurora; *vidi* polarno svjetlo
Australija: dolazak prvih ljudi, 402; ekspedicija Jamesa Cooka, 50, 314; rani oblici života, 262-263, 289-291; život u oceanu, 248-249
Australopithectis, 387, 388-389, 390. 392-397
Avery, Osvvald, 357, 361
Avogadro, Lorenzo, 92-93
Avogadrov broj, 92-93 b
Avogadrov zakon, 92-93, 94

Baade, Walter. 29-30
Bachmanova pjevica, 420
bakalar, 250
bakar, 95, 221,222
bakterije: antibiotici, 277-278; bakterio-fagi, 278; cijanobakterije, 261-263, 379; djelovanje, 267, 275-277; dubokooceanski odušci, 245; ekstremni životni uvjeti, 206-207, 268-269; eukarioti, 264-265; formiranje stanice s jezgrom (eukarioti), 263-264; klasifikacija, 270, 273-274; mutacije, 267--268; na/u ljudskom tijelu, 266-267; otkrivanje, 333; otpornost, 268-270; proučavanje, 272; prvi oblik života na Zemlji, 261; reprodukcija, 267, 269; stromatoliti, 262-263; vrste, 324
bakteriofagi, 278, 355
Baldvvin, Ralph B., 174
Bali, Philip, 95, 239
balon, letovi, 226. 228
Banks, Sir Joseph, 52, 310, 313-314, 317
Barringer. Daniel M.. 169
Barton, Otis, 241-243
Bastin, Edson, 268
batisfera, 241-242. 243 b
batiskaf, 243, 243 b
Beagle, brod, ekspedicija s. 62, 310, 339--341,344
Becher, fohann. 86
Becker, George, 84
Becquercl, Henri, 97, 124
Beebe, Charles William, 241-242
belemniti, 80
Bell, Alexander Graham, 106
Bennett, Victona, 258-261, 268
Bergstralh.Jav, 207
Berners-Lee, Tim, 145 b
Berzclius,J.J.,93
Besso, Michele, 108
betaglobin, 409
Betelgeuz, 33
Biddle, Wayne, 142
Big Bang; *vidi* Veliki prasak
bijela krvna zrnca, 261, 276
Bijele stijene, doverske, 235
biljke. 299, 319-320
bjelančevine, 252-254, 334-335, 355, 367
Black, Davidson, 388
Blackett, Patrick, 160
Bodams, David, 110, 112
Bogdanov, Grichka i Igor, 149
Bohr. Niels, 127, 129, 130
bolest spavanja, 279
bolesti, 275-282
Boltzmann. Ludvvig, 122
Bonnichsen, Bili, 185
Bose, S. N,, 147
Bouguer, Pierre, 39-40, 46, 47
Boutellierov interval, 404
Bovvler.Jim, 401
Boyle, Robert, 86, 87
bozoni, 147, 148
Brace, C. Loring, 397
Brand, llennig, 86
Bnggs, Derek, 288, 293
bnofiti; *vidi* mahovine
Britanski muzej, 80, 240
Broad, William J., 244
Brocino područje, mozak, 398
Brock, Thomas i Louise, 206. 207
Broglie, Louis-Victor de, princ. 128
brojevi, vrlo veliki, 13 b, 92-93 b
Broom, Robert, 387
Brovvn, Guv, 333. 396

Brown, Harrison, 138, 139
Brown, Robcrt, 91, 313, 333
Brownovo gibanje, 90-91, 107, 122, 313
Brunhcs, Bernard, 159-160
Bryan, Alanson, 420
Bryce, David, 325
Buckland, William, 60, 61-62, 65, 66,
75-76, 83 Buffon, Comte de, 66-67, 70-72,
317 Bullard, E. C, 193 Burgesski škriljcvac,
fosili, 286-289,
291-295,297
Byron, 371

Cabot, John, 250
Cadbury, Deborah, 80
Cannon, Anme Jump, 116
carbon-14, 125, 136, 137
Carr, Geotfrey, 151
Cassini, Giovanni i Jacques, 46
Caster, K. E., 154
Cavendish, Henry, 52-55, 56, 87, 121,
124 b Cavendishov laboratorij, 123, 124,
124 b,
128, 143, 358 cefeide,
116, 117, 150 Celsius,
Anders, 232 CERN, 126,
145
Chadvvick, James, 29, 123, 124, 128
(Jhalletiger, ekspedicija, 240-241 Chambers,
Robert, 342, 348 Chapman, Clark, 19 Chappe,
Jean, 48 Chargaff, Erwin, 357 Charpentier,
Jean de, 373, 374 Chicxultib, krater, 177-178,
179 Christianscn, Bob, 197-198, 201, 203
Christy, James, 18, 19 cijanobaktenje, 261,
262, 263, 267, 273.
379 cijanovodična kiselina, 87
ciklotron; *vidi* atomska drobilica cink,
222, 224 cirkon. 259, 260 Clark,
William, 72,74 *C'.olumbia,* raketoplan.
226
Conard, IIenry S., 312
Conway Morris, Simon, 288, 292
Cook, James, 50, 314, 407
Coon, Carleton, 406
Ćope, Edvvard Dnnker, 81, 82-83, 84
Coriolis, Gustave-Gaspard de, 231
Coriolisov efekt, 231,240
Cox, David, 363
Cox, Peter, 236
Crampton, Henry Edward, 327
Crick, Francis, 124, 257, 358-361
Croll, James, 375, 376
Cro-Magnons, 385
Cropper, William H., 104, 106, 114, 126
Crouch, Henry, 111
Crovvther, J. G., 53
crvena krvna zrnca, 227, 353, 363
crveni divovi, zvijezde. 116
Crystal Palače Park, 76-77
Cuming, Hugh, 419
Cune, Marie, 97, 99, 100, 221
Curie, Pierre, 97, 99
Cuvier, Georges, 72, 73, 75, 78, 79, 373

Čimpanze, 391,398, 399

Dalton.John, 92, 121-122 Daly, Reginald, 35,
157 Dart, Raymond, 387-388, 392 Darwin,
Charles: bolest, 341-342; grob, 350;iMendel,
348; kip, 81; o Bucklandu, 61; o evoluciji,
285-286, 340-341; o glistama, 349-350; o
Kiparima, 341, 419; o Lyellu, 62, 63; o
Owcnu, 78; o počecima života, 256; *O
podrijetlu vrsta,* 67, 286, 338, 341, 342-346,
348, 349, 350; o starosti Zemlje, 67; *Podrijetlo
čovjeka,* 349, 350; putovanje *Beagleom,* 310,
339-340, 341; rane godine, 338-339; reakcije
na njegov rad, 345-346, 348-349; rođenje,
338. 352 Darwin, Erasmus, 340 Davies. Paul,
149, 222 Davy, Humphrv. 87, 91-92. 121. 221
Davvkins, Richard, 255, 291-292 de Bort,
Lćon-Philippe Teisserenc, 226

de Duve, Chnstian, 255, 267, 330, 335, 354
de Vnes, Hugo, 350
Deane, Charles, 213
dekanski trapovi, 175, 198
DeMoivre, Abraham, 42
Denver, 163-164
Descartes, Rene, 105
detektor čestica, 143
devon: izumiranje, 303, 305; razdoblje, 63-64, 299, 301
dezoksiribonukleinska kiselina; *vidi* DNK
Diamond, Jared, 275-276
diapsidi, 302
Dicke, Robert, 11-12, 13
Dickinson, Matt, 227
Dickson, Tonv, 162
dijamanti, 190
dijatomeje, 306
dimetrodon, 301
dinosauri: broj vrsta, 82-83, 308; doba, 285, 297, 302, 308; izumiranje, 172, 174, 177, 180-181, 220, 305; modeli u prirodnoj veličini, 76-77; muzejski izlošci, 307-308; naziv, 78; otkrića, 70, 74-76, 82-83, 84; područja obitavanja, 382-383
divovski liganj, 247
Dixon, Jeremiah, 49-50
DNK; bakterije *Deinococeus radiodurans,* 268; bjelančevine i, 221, 254, 355, 361; građa, 353-354, 362, 363-364; količina u stanici, 264, 354, 355, 365; kontaminacija uzoraka s, 411; kromosomi, 353, 355-356, 357; mitohondri-jska, 264, 407-411; »nekodirajuća«, 361, 363-364, 364 b; oštećivanje, 23. 194, 268, 334; otkrivanje strukture, 124, 357-361; otkrivanje, 354; pogreške pri repliciranju, 362-363; protisti. 264; repliciranje. 254, 362-363; RNK, 355; u eksoeriinentima, 355, 357; uloga, 337, 353-354, 361. 363-365
dodo, ptica, 78,414-415
Dopplerov efekt, 113-114, 113-114 b
Doss, Paul, 201-206
Drakc, Frank, 25
Draper, John William, 348
Drury, Stephcn, 233, 264, 382
drveće, 3(K)
Dubois, Eugene, 384-385, 384 b, 386-387, 388, 397 dušik; kemijski sastav
živih bića, 255;
nastajanje, 17; trovanje (»dušično pijanstvo«), 216-217; Zemljina atmosfera, 36, 223 dušikov
oksid, 330 dušikov suboksid,
90, 92 Dyson, Freeman, 210

ebola, groznica, 278, 281
Eddington, Sir Arthur, 111
Ediacaran, gorje, iosili, 289-291, 295, 297, 303
efekt staklenika, 36
Einstein, Albert: kozmološka konstanta, 113, 152; Nobelova nagrada, 107, 107 b, 127; o Brovvnovom gibanju, 107, 122; o kvantnoj teoriji. 130-131, 131 b; o prirodi svjetlosti, 107; o radijaciji, 97, 109; predgovor Elapgoodovoj knjizi. 154, 164;"rad, 107-111, 118, 131-132; smrt, 164; teorija relativnosti, 15-16, 107, 108-113, 117, 122, 152; ugled. 110-111, 117
elektromagnetizam, 14
elektroni: broj u atomu, 125; Mende-ljejev, 99; nastajanje, 14; negativni naboj, 124, 125; orbite, 127-128, 130; otkriće, 124; princip neodređenosti, 128-129; val ili čestica, 128-129
elementarne čestice, 125. 143-149
elementi, kemijski, 220-224
Elliott, Charles, 320
Ellis, Len, 312-314
EKvin, Whitwell, 338
Emerald Pool. 206
Hudcai'our, ekspedicija, 313-314
entropija, 103-104
enzimi, 334-335
erozija. 58
Erwin, Terrv, 321
eter, 105

Ethvl Corporation. 134, 141-142
eukanoti, 264-263, 272, 274
euriapsidi, 302 Evans, Robert, 27-29,
30-33 evaporacija; *vidi* isparavanje
evolucija, 215, 341, 396-397

Fahrenheit, Daniel Gabriel, 232
Falconer, Hugh, 79
Fallaronski otoci, 246
Formi, Enrico, 144
fermioni, 147
Ferris, Tunothy, 49, 126, 172
Feynman, Richard: o atomima, 119, 127; o fizici čestica. 129-130. 146, 148: o gravitaciji, 43-44; o putanjama planeta. 41; o umovanju, 224; o unutrašnjosti Zemlje, 185
Fisher. Osmond, 192
titoplankton, 251
FitzRov, Robert, 339-340, 349
Flannery, Tim: o australskom priobalju, 248; o izumiranju, 416. 417-418; o KT udaru, 305; o ledenim dobima, 383; o radioaktivnom datiranju, 136-137
fluoroklorougljici, 135, 142, 235
Focke, Wilhelm Olbers, 348
foraminiferi, 235, 236, 306
Forbes, Edward, 240
Fortev, Richard: o bakterijama, 325; o izumiranju, 303, 306; o modelima dinosaura, 76-77; o ranim oblicima života, 263. 290-291, 293-295; o raspravama geologa, 65, 292-293; o specijalistima, 311-312. 327-328; o trilobitima, 284-285
fosfor. 86-87. 255
fosili: anomalije, 155; Ashfall Fossil Beds. park, 183-184; dinosaura, 70, 74, 75-76, 81-84, 307-308; dokazi, 69; fosilni nalazi, 284, 307. 402-403, 407; mamut. 71-72; Mantcllov rad. 75-76. 79; nastajanje. 283-284: određivanje starosti stijena, 73: položaj. 57, 155: rad Marv Anning, 74-75; teorije izumiranja, 72-73
fotoelektrični efekt, 107
fotom, 14, 147
fotosinteza, 245, 261, 263, 270, 379
Fowler,W. A.,35
Franklin, Benjamin, 53
Franklin, Rosalind, 358, 359-361
Fraser, John, 314
freoni; *vidi* fluoroklorougljici
Fuhlrott, Johann Karl, 385
Fundacija svih vrsta, 322-323

galaksije, 115, 117
Galapagos Islands, 198, 241, 245, 341
Galeras, erupcija vulkana. 195-196
Gamow, George, 11
Gehrels, Tom, 181
Geiger, Hans, 125, 125 b
gejzin, 202, 204
Gell-Marm, Murray, 146-147
genetika, 215, 347, 361-362
geni, 347, 353, 356-357, 361-366. 409-410
genom, 274, 353, 362, 363, 365, 366-367
geologija: ere i razdoblja, 63-66; određivanje starosti stijena, 137-139
Geološko društvo, 59. 93, 138
gibanje, zakoni, 43
GibbsJ. Willard, 104. 108
Gilbert, G. K., 169
glacijacija. 372-376, 378, 380-381
Glicken, Harry, 195
gliste, 321,338. 349-350
globalno zagrijavanje. 382
(jlossopltris, 163
gluoni, 147
gljive, 270-271, 296, 321, 325-326
Godfray, G. I1..322
Goethe. Johann Wolfgang von, 232
Goksovr, Jostein, 324
Gold. Thomas. 269
Goldsniith. Donald. 151
Golfska struja. 234. 382
Gondvvana, 163
Gould. John. 341

Gould, Stephenjay: o Burgesskom šknljcvcu, 287-288, 289, 291-293; o Cramptonu, 327; o endiacaranskim organizmima, 291; o Lvellu, 66; o nastanku života, 256; o povijesti ljudi, 309, 396-397; o udaru meteora, 178
govor, 398
Grant, Robert, 79
Grant, Ulvsses S., 105
gravitacija: Einsteinov rad. 110, 112-113; jačina, 15; konstanta gravitacije, 47, 54; mjerenje, 54-55; nastajanje, 14; Nevvtonov rad, 43-44, 47
Greenland, ledeni pokrov, 235, 240, 381
Grecr, Frank, 268-269
Gregorv, Bruce, 115
Gregory,J.W, 411,412
grgeč, dubokomorski, 249
Gribbinjohn, 238, 257, 295
grinje, 323
gripa, epidemija (1918.), 279-281
grom, 229
Groves, Colin, 321
gušteri, 307
Gutenbcrg, Beno, 186
Guth, Alan, 11, 13-14
Guvot, Arnold, 158

Habeler, Peter, 227
Hadlev, George, 231
Hadlevjeve ćelije, 231
hadroni, 146
Haeckel, Ernst, 270, 318
Haldane, J. B. S., 16, 213, 214-216
Haldane, John Scott, 214
Hallam, Arthur, 372
I lallev, Edmond: karijera, 40; o atmosferi, 231; o određivanju starosti Zemlje, 66, 84; o Venerinom tranzitu, 48; objavljivanje knjige *Principia,* 44: oklada o orbitama planeta. 41, 42-43, 414; u posjetu Nev/tonu, 41, 42-43
Hallevjev komet, 20, 40, 257
Hallov.J.J. d'Omaliusd', 64
Hapgood. Charles. 154, 157, 164
Hardmg, Rosalmd, 409-411
Harrington. Robert, 18
Hartsoecker, Nicolaus, 333
Haughton, Samuel, 84
Havaji, ptice, 419-420
Havvkmg, Stephen, 112, 117, 130
I Iebgen Lake, potres, 203-204
Heisenberg, Werner, 128-129, 129 b
helij, 10, 15, 16,97
Helin, Eleanor, 169
I Jeli Creek, nalazište fosila, 74, 308
I Jelmholtz, Hermann von, 67
hemfilijsko izumiranje, 304
Ilerschel, William, 52, 52 b, 170
Hess, Harry, 158, 159, 164, 243
Hessler. Robert, 248
hidrosfera, 239
hidrotermalne eksplozije, 204-205
Higgs, Peter, 147
Higgsov bozon, 144, 147, 148
Uildebrand, Alan, 177-178
hipertermofili, 206-207
HIV, 275, 276, 279, 364
Hogg. John, 271
Holmes, Arthur, 137-138, 157
Holmvard, E.J., 122
holocen, razdoblje, 382
homeotični geni; *vidi hox* geni
hominidi: australopiteci, 391-396; dvonožni hod, 394, 395; fosili sa Sumatre, 384-385; klasifikacija, 388; multi-regionalizam, 406; nalaz kod jezera Turkana, 394, 398; nepotpunost ostataka, 389-390; pojam, 384-385 b; veličina mozga, 395; vrste, 396
Homo ereetus: datiranje, 378, 390, 397. 399, 403; Duboisovo otkriće, 386, 387, 397; govor. 398; klasifikacija, 389, 390, 406, 407; ljudi iz Sola, 388, 389; nalaz kod jezera Turkana, 398; ostaci, 390, 398; ponašanje, 397; prehrana, 398: teritorij, 390, 398-399. 401. 403: uporaba oruđa. 397; veličina mozga, 405, 413
Homo habilis, 389. 390, 391, 396-397, 406
Homo sapieiis: klasifikacija, 390, 406; ogledni primjerak, 83; oruđe, 401; pojavljivanje, 403-404; teritorij, 406; veličina mozga. 405

Hooke, Robert, 41, 44, 331-332, 414
Hookcr, Joscph, 343
I lopkins, William, 374
hormoni, 336
I Ioward, Luke, 232
Hovvell, F. Clark, 389
lwx geni, 365
I Ioyle, Fred, 34-35, 253, 255, 257-258
Hubble, Edvvin, 114-115, 116-118, 149-150 Hubble, teleskop, 23, 118, 150
Humboldt, Alexander von, 310, 373 Hunt, George, 313 Hunter, John, 77 Hunterian, muzej, London, 75, 79, 83, 385 Hutton, Charles, 51 Hutton, James, 56-59, 61, 62, 155, 372 Huxley, Aldous, 214, 215 I luxley, T. H.: i Ovvcn, 78-79, 80, 81; o Darwinovom radu, 340-341, 345; o katastrofizmu, 62-63; o neandertal-skim kostima, 385; o *Rudimentima,* 342; saltationist, 345-346; Wilberforceov izazov, 348-349
Hyde,Jack, 194-195

iguanodon, 75, 77, 79, 83-84
ihtiosaur, 74
infinitezimalni račun, 42, 43 inflacija, teorija, 13-14 insekti; *vidi* kukci
lonosfera. 180, 225 iridij, 173-174, 175
Isaacs, John, 248 isparavanje, 233 Izett, Glenn. 177 izotopu 125, 136,299-300
izumiranje, 72, 302-309. 414-421

Jardine, Lisa, 359. 359 b
Jarvik, Erik, 301
jastog. 250
javanski čovjek. 386, 388. 389, 399, 401, 403. 409 Jefterson, Thomas, 71, 72
JefTrevs, Alec, 364 b
Jeffreys, Ilarold, 161
Jenkin, Fleeming, 346
jezgra stanice, 333
Johanson, Donald, 391, 392, 394
Johnston, David, 195
Joly,John, 84, 99
Joseph, Lawrence, 130

Kaku, Michio, 113, 148
kalcij, 92, 158, 255
kalij, 92, 222
kambrij: »eksplozija«, 285, 287, 289, 292-295, 345, 380; razdoblje, 63-64
karbon, razdoblje, 299, 300
karolina, papigica, 418
katastrofizam, 62-63, 175
Kelly, Kevin, 322-323
Kelvin, William Thomson, lord, 67-69, 84, 98-99, 256, 345
kemijski simboli, 93
kemosinteza, 245
Kenyanthropu$ platyops, 394
Keynes, John Maynard, 42
kimberlitne cijevi, 190
Kimeu, Kamova, 398
Kjnsey, Alfred C, 327
kisik: bakterije i, 261-262; disanje, 211, 224, 227, 298, 299; ispuštanje, 267; kemijski sastav živih biča, 255; koncentracije u atmosferi, 299, 300; Lavoisierov rad, 89; na visinama, 227-228; najobilniji element na Zemlji, 221; nastajanje, 17; otkriće, 87; voda, 222, 238; za stanice, 335; zapaljivost, 222, 222 b, 223
kitovi, 247
klasifikacija: Linneov sustav, 315-318; organizama, 270-274; univerzalni kodeks, 319; zvijezda, 116
klima, 140, 200. 371-372, 379-383, 404-405
klor, 87, 222-223
kloroplasti. 263
koa. zeba, 420
kobalt, 221,222. 269
Kobe. potres (1995.). 188

kokoliti, 235
Kola, bušotina, 189-190
Kolbert, EHzabeth, 381, 382
koljeno, klasifikacija organizama, 319
kometi: duge periode, 20, 24; Hallevjev, 20, 40, 257; kratke periode, 20; posljedice udara, 179-181; Shoemaker--Levy, 178, 181; ulazak u Zemljinu atmosferu, 179
Koningsvvald, Ralph von. 388
kontinenti, razdvajanje. 155-158, 161
konji, 156, 183,304,326
konjici, kukci, 300
Koppen. Wladimir, 377
koraljni grebeni. 248
kozmičke zrake, 30, 152
kozmičko zračenje, pozadinsko, 11-12, 118
kozmološka konstanta, 131, 152
Krakatau, eruption, 199
Kraljevsko društvo: *Cliallenger,* ekspedicija, 240; Daltonov rad, 122; Huttonov rad, 58; Leemvenhoekov rad, 332, 333; Mantellov rad, 75; Masonov rad, 48; nakladništvo, 44: Ovvenova karijera, 79, 80; simpozij geologa, 160
kralježnica, 289. 298
Krebs, Robert E., 95
kreda, razdoblje, 64, 303, 308, 383
krednjaci, 235
kriogcnjj, razdoblje, 379, 379-380
kristali. 255
krokodili, 305. 307
kromanjonci, 136, 386, 404
kromosomi, 353, 355-356, 362. 365, 407 b
KT: granica. 172; udar. 180, 305-307. 308
Kuiper, Gerard, 20, 170
Kuiperov pojas. 20, 170
kukci, 300. 303, 321-322
Kunzig, Robert. 238, 245
Kurlanskv. Mark. 250
kvantna mehanika, 128-129
kvantna teorija. 107. 130-131
kvantni skok. 127
kvarkovi. 146-147
La Condaminc, Charles Mane de. 39-40, 46, 47
ladice, 306
Laetoli, otisci stopala, 393-394
Lakes, Arthur, 82
Lalande, Joseph, 50
Lamont Dohertv. laboratorij, 172
Lander, Eric, 366-367, 408
Lascaux, spilje, 136
lassa groznica, 281-282
Laubcnfels, M. W. de. 174
Laurazia, 163
Lavoisier, Antoine-Laurent, 880-90. 121
Lawrence, Ernest, 143
Lawrence, laboratorij, Berkelev, 32-33. 173
le Gentil, Guillaunie. 49
Leakev. Louis, 396, 412
Leakev, Marv, 393, 412
Leakev, Meave, 394
Leakev, Richard, 284, 398, 416-417
Leavitt, Helirietta Swan, 115-116
led, 235, 236, 239-240
ledena doba: Agassizova teorija, 373-376: ciklusi, 376-378; Crollov rad, 375; kriogenij, 379-380; Milankovićev rad. 376-377: pojam. 373; Schimperov rad, 373; trenutačno, 378-379, 382; uzroci, 378-379
Lederman, Leon, 147
Leeuvvenhoek, Antoni van, 332-333, 332 b
Lehmann. Inge, 186
Leibniz, Gottfried von, 43
Lemaitre. Georgcs, 10, 118
Leonard. F. C, 20
leptoni, 147
letargjjski encelalitis; *vidi* bolest spavanja
Lever. Sir Ashton, 61
Levv. David, 169
Le\vm. Roger, 284. 416-417
Levvis.JohnS.. 181
Le\vis, Meriwether. 72. 74
Levvontin. Richard, 354
Libbv, Willard, 136-137

liganj, divovski, 247
Lightman, Alan, 130
Lincoln, Abraham, 338 b, 352
Lindc, Andrci, 12
Linč, Carl, 315-318
Linnaeus, Carolus; *vidi* Line, Carl
Linncovsko društvo, 9.3, 232, 317, 343-344, 350
Lisabonski potres (1755.), 187
listrosaur, 163
lišajevi, 296-297, 312
litij, 10, 16
litosfera, 191-192
Lorentzove transformacije, 111
Lovvell, Pcrcival, 19-20
Lowellov institut, Boston, 60
Lovvellov, opservatorij, Arizona, 19, 20, 113, 114
Lucv, ženka australopiteka, 392-393, 394, 395
lupan, 341.420
Lyell, Charles: geološke epohe, 64, 65; karijera, 61. 62; o Huttonovom radu, 59, 62; o ledenom dobu, 374; predavanja, 60; prijateljevanje s Darvvinom, 343, 345; *Principks ofGeology,* 62, 63; utjecaj, 62-63, 66

Lvon, John, 315

ljudi iz Sola, 388, 389

M teorija, 148
iMach, Ernst, 122
MACI IO *(MAssivc Compact Halo Objats* - masivni kompaktni isijavajući objekti), 152 MacPhee,
Ross, 416 Maddox,
Brenda. 361 Maes. Koen.
322. 324 magnetosfera, 33
magnezij, 92 mahovine,
312-3 13 Malthus.
Thomas. 340 mamuti, 416
Manning. Aubrev, 235
Manson, krater: i izumiranje, 177, 182, 305; Shoemakerova proučavanja, 175; veličina, 167-168, 179,298 Mantell,
Gidcon Algernon, 75-76, 77, 79-80, 83 Marat.Jean-Paul, 89 Marcy,
Geoffrev, 8 Marić, Mileva, 108 Marijanska
brazda, 212, 243, 245 Mars: misija, 23; teorija
o kanalima, 19, 20; uvjeti na, 219 Marsh, Brvan, 276, 277
Marsh, Othniel Charles, 81-84 Marshall,
Barry, 278 Maskelvne, Nevil, 47-48, 49-50, 51
Mason, Charles, 48, 49-50, 51 Mason, John,
290 mastodont, 71-72 matrična mehanika, 128
Matthew, Patnck, 344 Matthevvs, Drummond,
160 Maunder, John, 323 Maxwell, James
Clerk, 53 Mayer, August, 385 Mayr, Ernst.
273-274, 389 McDonald, opservatorij, 170
McGravne, Sharon Bertsch, 134, 140, 141 ' McGuire, Bili, 188, 198 McLaren,
DeweyJ.. 174 McPhee, John: o geološkim
razdobljima, 298; o ledenim dobima, 377, 379; o tektonici ploča, 161, 163
Medavvar. Peter, 215, 278
megadinastije, 301-302
megalosaur, 76
Megatheritim (divivski ljenivac), 326, 340
Memertzhagen. Richard. 3 1 1 Mendel,
Gregor, 215. 346-348. 350 Mendeljejev,
Dmitrij Ivanovič, 94-97, 99 Mendes,J. C, 154
meningitis. 277 mesinijska kriza saliniteta.
233 metan, 36, 252, 304 Meteor Crater,
Arizona. 168-169 meteori, 139, 169, 179,298

meteorologija: dugoročno kruženje ugljika, 235-236; Hovvardov rad, 232-233; oceani i atmosfera, 234-236; pojam, 231; začetci, 231-232
mezosfera, 225
Michel, Helen, 174
Michelljohn, 51-52, 54
Michelson, Albert, 105-107, 115, 117-118
Midgley, Thomas mlađi, 133, 134-136, 138, 141, 142
Miescher, Johann Friedrich, 354
mikroorganizmi: hipertermofili, 206--207; mutacije, 267-268; uloga, 267
mikroskop, 332-333
miksomicete; *vidi* sluznjače
Milankovič, Milutin, 376-378, 382
MUler, Stanley, 252, 255
miocen, geološka epoha, 64, 65, 183
Mirsky, Alfred, 357
mitohondrij. 263-264, 335-336
mitohondrijska DNK, 407-411
Mjesec: krateri, 169, 244; lunarni materijal, 35; nastanak, 35, 157; put do, 23, 244; utjecaj na Zemlju, 219-220; veličina, 219
mlađi drijas, 381,382
mlazne struje *(jet streams),* 229
Mliječna staza, 25, 115, 117,211
»moderna sinteza«, 215, 350
Molio - Mohorovičićev diskontinuitet, 186, 189
Mohole, 189-190
Mohorovičić, Andrija, 186
mokrice, 299
molekule, 119. 127,254,335
Monod, Jacques, 367
Moodv, Plinus, 74
Morgan, Thomas 1 lunt, 355-357
Morley, Edward, 105, 106, 107
Morlev, Lavvrence, 160
morski lav. 417
morski psi. 249
Mount St. 1 lelens, erupcija (1980.). 194-197
Mount Wilson. opservatorij, 115. 117. 118, 150
Movius, Hallum, 401 Moviusova linija,
401 mozak, veličina, 392, 395, 396, 405
Mullis. Kary B., 206 multiregionalizam,
406)-409 Mungo, jezero, ljudi s, 401-402,
409 Murchison, meteor, 257 Murchison,
Roderick, 60, 63. 374 Murray. John, 344
mustenjensko oruđe, 404 mutacije, 267-
268, 356 Mvers, Norman, 421

Nagaoka, Hantaro, 126
Nageli, Karl-Wilhelm von, 347
NASA (National Aeronautics and Space Agencv), 150, 181, 197-198, 286
natrij, 92, 222-223
neandertalci, 349, 354, 385, 403, 404-407. 407 b, 408
nebulae, 117
Negrin, Juan, 216
nekrotični fascitis, 277
Neptun: mjeseci, 23; putanja, 19, 21, 22
neptunisti, 57, 62
neutnno, 144, 146, 147
neutroni: čestice, 147; nastajanje, 14; otkriće, 124, 128; u jezgri atoma, 125-126; Zwickyjeva teorija, 29
neutronske zvijezde, 29-30
New Horizons, svemirska letjelica. 22
Newlands.John, 94
Nevvton, Isaac: alkemija, 42, 85; epitaf, 38; grob, 350; I lallevev posjet, 41, 42--43; o eteru, 105; o gravitaciji, 43-44. 47; o masi Zemlje. 55; osobnost, 41: *Principu,* 43-44, 47, 121, 414; rad, 41--42; zakon obrnutog kvadrata, 42, 44. 3.31; zakoni gibanja,'"43-44, 44-45, 106
Ngallijillani, 412, 413
Nobelova nagrada: Alvarez, 173: Becqu-ercl. 97; Bolir, 127; Chadvvick. 128; Crick, 361; C.uric. Marie i Pierre, 97; de Duve, 255: Einstein, 107, 107 b, 127; Fovvler, 35; Libbv, 136; Meda-\var, 278; Michelson. 106; Morgan. 356; Mullis, 206; Pauling, 357:'

Penzias i Wilson, 12; Rcines, 107 b; Rusk, 107 b; Rutherford, 123; Sulston, 353; Urey, 252; Watson, 361; Wcinberg, 16 Norton, Trevor, 214, 215-216 Norvvood, Richard, 45-46 Novi Zeland: divovski liganj, 247; moa, ptica, 78; ribarenje, 249 nuklearna sila, jaka i slaba, 14, 131 Nuland, Shervvin B., 334, 335, 364 Nuttall, Thomas, 74, 314, 315

Oblaci, 232-233, 239-240
»oblačna šuma«, 324
oceani: dno, 158-159, 243-245; dno, 240; dubokooceanski odušci (podvodni gejziri), 245, 246, 380; kemijski sastav vode, 162; slanost, 246, 382; utjecaj na klimu, 234-236; život, 248
oceanografija, 241, 245
odušci, dubokooceanski, 207, 245-246, 248, 256, 268, 380
Officcr, Charles, 175
okapi, 326
Oldham, R.D., 186
olduvajsko oruđe, 401
olivin, 190
Olorgesailie, oruđe iz, 411-412
olovo, 133-134, 140-142,223
oluje, grmljavinske, 229
Oortjan, 23 b
Oortov oblak, 20, 23-24
Opik, Ernst, 23b, 174
Oppenheimer, Robert, 30
ordovicij: izumiranje, 303, 305; razdoblje, 64
orgaut'li, 263
Orgel, Leshe. 257
Orrorin tugaietisis, 394
oruđe. 400-401, 404, 411-412
Oštro. Steven, 171
otisci stopala, Laetoli, 293
Overbve. Dennis. 12, 113. 129
Ovven, Richard. 77-81, 83, 348-349
Ovster Club. 57
ozon. 135, 226

Palev, William, 345
Palmcr, 1 larrv, 420
Palomar, opservatorij, 169
Pangca, 155, 163, 299
Pangea, 163
panspennija, 257
Papua Nova Gvineja, 402
Parkinson, James, 60-61, 76
Pasteur, Louis, 266, 333
Patterson, Clair, 133, 138142
Pauli, Wolfgang, 123, 130
Pauling, Linus, 357-358, 359, 360
Pauw, Corneille de, 71
Peabodv, George, 81-82
Peabody, muzej, 74
Pcalc, Charles Willson, 418, 419
Pearce, Chaning, 80
Peebles, Curtis, 178
pekinški čovjek, 388, 389, 401. 403
Pelletier, P J., 122
penicilin, 277-278
Penzias, Arno, 10-12, 118
peridotit, 190, 193
periodni sustav kemijskih elemenata, 95-97
Perlmutter, Saul, 32
perm: izumiranje, 285, 303, 305; razdoblje, 64
Perutz, Max, 253
Petralona, lubanja iz, 407
Piazzi, Giuseppe, 170
Picard,Jean, 46
Piccard, Auguste i Jacques, 243
Pickering,WilliamH.. 116
Pillmore, C. L,, 177
pingvini, 251
piroklastičko tečenje, 195
Planck, Max, 103-104, 107, 108
plankton. 299, 306
plavetni kit. 247
Plavfair. John, 56. 59. 62
plesiosaur, 74. 75
plutini. 21
Pluton: otkrivanje, 20; mjesec, 18-19. 21; putanja, 21; udaljenost od Zemlje, 21. 22-23: planet. 18-19. 21, 26

plutonisti, 57, 62
Polaris (Sjcvernjača), 116
polarno svjetlo, 33, 194, 304
poluživot (vrijeme poluraspada), 98
Pope, Alexander, 38
Poppcr, Karl, 149
potresi, 186189, 202, 204, 381
Powell, James Lavvrence, 305
prašume, 324-325, 326
preci, 352-353
prekambrij, era, 64. 65. 298, 345
Priestlev, Joseph, 87
Prince William, tjesnac, potres, 381
Princeton, sveučilište, 11-12, 158, 164
princip neodređenosti, elektroni, 128--129, 129 b Prirodoslovni muzej, London: autorov posjet, 284. 311-312, 327; drevni morski gmazovi. 74; izlošci đinosaura, 307-308; kolekcija, 34. 310-312; nastanak, 80-81 proces konvekcijc, 192, 229-230 Projekt ljudskog genoma, 362, 365 prostor: međuzvjezdani prostor, 24; zakrivljenost, 16 prostor-vrijcme. 112-113 proteini; *vidi* bjelančevine proteom, 367 protisti, 264
protoni, 9, 14,95, 125-126, 147
protozoe, 264, 271 Proxima Centauri, 22, 24 pterodaktil, 74 ptice, 78, 301,307, 318. 319, 341. 418-419. 420

radijacija: bolest od, 99; Einstcinov rad, 109; imunost nekih bakterija, 268; kozmičko, pozadinsko, 1 1-12. 118
radioaktivni otpad, 246-247
radioaktivno datiranje, 136-137
radioaktivnost, 98-100. 124
radiovalovi, 124
rak, 134. 278, 336. 361
Rakovica, maglica, 34
rase. ljudi, 406
Raup, David, 302, 416
Ray, John, 317
razina morji, 240
Reader, John, 391
Rees, Martin, 14-15, 16. 120. 151
rendgenska ditrakcijska analiza, 359
reptili, 303, 305
retrovirusi, 364
ribe, 249-250, 298, 299, 303
ribonukleiriska kiselina; *vidi* RNK
Richter, Charles, 186
Richterova ljestvica, 186
Rickover, plvman G., 243, 244
Ridlev, Matt, 258. 396
RNK. 355, 367
Rodinia, 163
Rontgen, Wilhelm, 124
ronjenje, 45, 212-214, 241
Rothschild, Lionel Waltcr. barun, 419-420
Rotifem bdelloida, 325
Roval Institution, društvo, 92, 98
Rozier, Pilatre de, 53
ručni klinovi, 400-401
Rudwick, Martin, 63-64
Rumford, grof. 91, 98. 192. 234
Runcorn. S-K., 160
Russell, Bertrand, 111
Rutherford, Ernest: karijera, 122-123. 124; o rezervama topline, 155-156; o starosti Zemlje, 85, 98-99; osobnost, 123-124; rad na atomima, 125. 126--128, 138

Sacks, Oliver, 28
Sagan, Carl, 18,26, 146.264
Sahelanthropus tehadensis, 394
sakatonisti. 545
San Andreas. rasjed, 188
San Francisco. potres (1906.), 187
Sandage, Allan, 150
Sandicr. 1 lovvard, 248
Scheele. Karl. 87
Schiehallion, planina, 51
Schimper, Karl, 373. 374
Schlapkohl. Anna, 168

Schouten, Peter, 417-418
Schrodmger, Ervvin, 87, 128, 130
Schultz, Gwen, 377
Schvvalbe, Gustav, 386
Schvvann, Theodor, 333
Schvvartz, Jeffrey, 346, 391, 394, 403
Sedgvvick, Adam, 63, 345
selenij, 222
Shark Bay, stromatoliti, 262-263
Sheehan, Peter, 308
Shellev. Mary, 88
Shipman, Pat, 390
Shoemaker, Eugene: Manson, krater, 175. 176; Meteor Crater, Arizona, 168-170, 172, 178 smrt, 178; udar korneta na Jupiteru , 178;
Shoemaker-Levy, komet, 178, 181
SHRIMP *(Sensitiue Iligh Resolution Ion Micro Probe* - osjetljiva ionska mikrosonda visokog razlučivanja), 259
Siegel, LeeJ.,204
sifilis, 83, 137
silur, razdoblje, 63, 64
Simpson, George Gavlord, 163
Sinanthropus pekinensis, 388
smapsidi, 301-302
singularitet, 9, 12
sisavci, 63, 217, 251, 270, 295, 297-298, 302,307,308,318
sistematika, 317, 319-323
SLiME *(sub-surface lithoautotrophic niicro-bial ecosystems* - ispodpovršinski litoautotropski mikroskopski ekosustavi). 269
Slipher, Vesto, 113-114. 116
sluznjače. 271
Smith. A.J. E,, 312
Smith. Anthonv, 229
Smith, Robert B., 203, 204
Smith, William, 73
Snow, G. P, 107, 108. 110. 124. 132
SNP *(siugle iiucleotiilepolymorphism* -polimorfizam jednog nukleotida, »smp«), 362-363
Soddv, Frederick, 97, 155
soli, 239, 246
Sollas, William, 385
Somcrvcll, Hovvard, 227
Spencer, Herbert, 341
spin, elementarne čestice, 130
Sprigg, Regmald, 289-290, 295, 297
spužve, organizmi, 337
»standardni model«, elementarne čestice, 147-148
stanice: dioba, 329; djelovanje, 336-337; eukarioti, 264; jezgra, 333, 334; kvasac, 329; ljudske, 330-331; membrana, 334: mitohondriji, 263-264, 335-336; otkrivanje, 331-333; smrt, 336; ustroj, 329-330, 334-335; vrste, 330-331; život, 331
Stanlev, Steven M., 307
stariji drijas, 381
Steller, Georg, 417
stoka, 222
stonoge, 300, 324
stratosfera, 225, 226
Strickland, H. E., 415
Stricklandski kodeks, 318-319
stromatoliti, 260, 262-263
stroncij, 92
Suess, Eduard, 155-156
Sullivan, John, 71
Sulston, John, 353
sumpor, 36, 255
Sunce: helij, 97; izgled s Plutona, 23: masa, 51; nastanak, 35; Sunčevi bljeskovi, 304
Sunčev sustav: nastanak, 35; veličina, 21-24
Sunčevi bljeskovi, 304
superčepovi, 198-199
supernove, 27-35
Surovviecki, James, 278
svemir: starost, 150: rub, 15-17: širenje. 13-14, 15. 117-118. 152; materija. 152; veličina, 15-16, 151; nazivi mogućih, 15: teorija o postojanju mnogih, 14-15; nastanak. 9-10, 12-14, 118
svemirski brodovi, 226-227
svjetlost, brzina. 106. 109, 118

Swift, Jonathan, 315
Sykes, Bryan, 410

tahioni, 146
taksonomija; *vidi* sistematika
Tambora, erupcija vulkana, 371
tasmanijski tigar, 421
Tattersall, lan: o fosilnim ostacima, 289--290, 391; o *Homo sapiensu,* 403-404; o izradi oruđa, 400, 411; o izumiranju, 302; o kosturu dječaka iz Turkane, 398; o kromanjoncima, 404; o Lucy, 394; o otiscima stopala u Laetoliju, 393; o portugalskom kosturu, 407; o veličini mozga, 396
Taung, lubanja djeteta iz, 387-388, 392
Tavlor, Frank Burslev, 154-155
tektonika ploča, 58, 139, 161-163
teorija inflacije, 13-14
teorija relativnosti: gravitacija, 112-113, 131; opća teorija, 110, 112-113, 117-118, 152; razumijevanje, 110-112; specijalna teorija, 107, 108-110, 131; zakrivljenost svemira, 15-16, 112-113
teorija superstruna, 148
terapsidi, 302
termodinamika. 68, 68 b, 103-104
termodinamika, drugi zakon, 68 b
termohalinska cirkulacija, 234, 234 b, 235
termometar, 231-3
termosfera, 225, 226-227
Teton, planinski lanac, 204
tetrapodi, 301
Thompson, Benjamin; *vidi* Rumford, grof
Thomson, J.J., 105, 124, 128
Thomson, William; *vidi* Kelvin
Thomson. Wyville, 228
Thorne, Alan, 401. 402-403, 405-406, 406-407, 409
Thorne, Kip S.. 30, 106
Thorstensen, John. 33
nranosaur, 82 b, 382, 383
tlak zraka, 228. 230
Toba, erupcija vulkana, 2(K)
Tokvo. potres (1923.). 188
Tombaugh, Clydc, 20
Torsvik, Vigdis, 324
trave, 319
Trefil, James: o atomima, 129-130, 145; o oblacima, 233; o procesu konvek-cije, 192; o stanicama, 333; o tektonskim pločama, 162
triangulacija, 39, 39-40b, 46
Trieste, batiskaf, 243, 244
trijas, razdoblje, 64, 303
tnlobiti, 156, 284-286, 293, 294. 303
Trimlska kapica, 386
Trinkaus, Erik, 403, 407
troposfera, 192, 225-226
Tryon, Edvvard R, 14
Tsurutani, Bruce, 304
tuljani, 215
turbulencija, 229
Turkana, nalazište kostiju, 394, 398
TurnerJ. M. W, 371
1yrannosaurus rex: vidi tiranosaur

Ugljik: dugoročno kruženje, 235-236. 299; kemijski sastav živih bića, 222, 255; nastajanje, 17, 34; svojstva i važnost, 221-222 ugljikov dioksid, 36,
135, 218, 255-236,
300, 382 uniformitarijanizatn, 62 Unzen,
vulkan, 195 uranij, 95, 97, 98, 109, 138, 139,
259 uranijev oksid. 98, 98 Urey, Harold,
174,252,255 Ussher, James, 65-66, 66 b

Valerv, Paul, 110 valna mehanika, 128 Van
Allenovi pojascvi, 194 vapnenac,
sedimentacija, 235, 299 Vaucouleurs, Gerard
de, 150 Velika devonska kontroverza, 63-64
Velika rasjedna dolina, 41 1-413 Veliki
Magcllanov oblak. 34 Veliki prasak, 9, 10-
14. 16-17. 34, 118. 149. 152

Venera: tranzit, 48-50; udaljenost od
Sunca, 218-219; uvjeti na, 218-219 Vine,
Allyn C, 244 Vine, Fred, 160
virusi, 275, 276, 278-279, 280-282 vjetar,
brzina, 230 voćne mušice, 356, 365 voda;
kemijska formula, 238; soli. 239;
svojstva, 237-238; tlak, 211-212;
važnost za organizam, 238-239 vodik:
Cavendishov rad, 53; kemijski
sastav živih bića, 255; Lavoisierov rad,
89; najčešći element, 97; pretvaranje
u helij, 15; stvaranje, 10, 16; voda,
222, 238; zapaljivost, 53, 222, 222 b
vodozemci, 299, 305 Vogel, Shavvna, 192,
194 Voorhies, Mike, 183-185, 199 Vovager,
svemirske letjelice, 21-22. 23 vulkani: Galeras,
erupcija, 195;
Krakatau, erupcija, 199; Mount St.
Helens, erupcija, 194-196, 199;
Tambora, erupcija, 371-372; Toba,
erupcija. 200; Unzen, 195;
Yellowstone, 185, 197-202, 203-207
Vulkanski opservatorij Yellowstone
(YVO), 203

Walcott. Charles Doolittlc, 286-288,
293 Walker, Alan, 390-391, 392, 397
Wallace, Alfred Russel, 342-344, 357 Walsh,
Don, 243 Watson, James, 124,358-361
Wegener, Alfred, 155-157, 164. 377
Weinberg, Samantha, 240 Weinberg, Steven,
16, 122, 146, 149 Wcitz. Charles, 363
Whewcll. William, 64 White, Nathaniel, 46
Whittaker, R. II.. 271-272 Whittington. I Iarrv,
288 Wickramasinghe, Chandra. 257
Wilberforce. Samuel, 348-349 Wilkms.
Maunce. 358. 359-361 Wilkinsonova sonda za
anizotropiju
mikrovalova, 150 Williams, Stanlev, 195-
196 Wilson, Allan, 408 Wilson, C. T. R., 124,
143 Wilson, Edvvard O., 293, 319, 320. 324,
422 Wilson, Robert, 10-12, 118 WIMF
(Weakly lutcracting Massh'c Partidvs
- masivne čestice slabog djelovanja),
152 Winchcster, Simon, 73 Wistar,
Caspar, 70, 73-74, 83, 314 Witzke, Brian, 176-
177, 179, 181-182 Woese, Carl, 272-274
Woit, Peter. 149 Wren, Sir Christopher, 41,
414

Yellowstone, nacionalni park, 185, 197, 198-
206

Zakon obrnutog kvadrata, 42, 44, 331 zebe,
ptice: Galapagos, 341; koa, 420 Zemlja:
atmosfera, 225-226; formiranje, 35-36; jezgre,
186. 193; klima, 140, 200, 371-372, 379-383,
404-405; kora, 189-190, 191; magnetsko
polje, 160, 193-194; masa, 51, 54-55; oblik!
45, 46, 47; orbita, 171; plašt, 191-193; počeci
života, 256-259: povijest, 297-298; slojevi,
190-191, 191 b; starost, 55, 66-67, 68-69, 84-
85. 98-99, 133, 138-140; temperatura jezgre,
193; udaljenost od Sunca, 48, 50-51, 218:
unutrašnjost. 185-186, 191; utjecaj Mjeseca,
219-220; uvjeti za život ljudi, 217. 219;
veličina, 45; vrtnja. 231,240 zmije, 305
zvijezde: klasifikacija, 116; neutronske,
29-30; vidljive, 30-31 Zvvickv,
Fntz, 29-30. 34, 151

Željezo, 34. 222, 255. 262

O AUTORU

Bili Brvson rodio se 1951. u Des Moinesu, država Iowa, SAD. U Englesku je doselio 1973. gdje se izdržavao radeći kao novinar. Nakon što je upoznao svoju suprugu odlučio se i trajno nastaniti u North Yorkshireu gdje je ostao sve do 1995. kada se na nekoliko godina vratio u SAD. Trenutačno sa suprugom i četvero djece ponovno živi u Engleskoj.

Najpoznatiji je kao autor duhovitih putopisa od kojih je jedan preveden i na hrvatski, ***Ni tu, ni tamo*** *(Neittier Here Nor There;* Biovega, *Zagreb,* 2003.) Sve su mu knjige mahom bestseleri od kojih su najpoznatiji *The Lost Continent* (Izgubljeni kontinent), *A IValk in the IVoods* (Šetnja šumom), *Notes From a Big Country* (Zabilješke iz velike zemlje) i *Douni Uuder* (Dolje ispod).

Za knjigu *Kratka povijest gotovo svega* dobio je nagradu Aventis za 2004. godinu u vrlo laskavoj konkurenciji. Nagradu Aventis dodjeljuje britanska znanstvena akademija Royal Societv za izniman doprinos znanosti u popularnoj i čitateljima pristupačnoj formi. Cjelokupni iznos nagrade Brvson je poklonio u dobrotvorne svrhe.