

Nil de Gras Tajson i Donald Goldsmit

NASTANCI

Četrnaest milijardi godina kosmičke evolucije

Preveo

Zoran Živković

 Laguna 

Naslov originala

Neil deGrass Tyson and
Donald Goldsmith

ORIGINS

Fourteen Billion Years of Cosmic Evolution

Copyright © 2004 by Neil deGrass Tyson and Donald Goldsmith
Translation Copyright © 2005 za srpsko izdanje, LAGUNA

*Svima onima koji podižu pogled,
kao i svima koji još ne znaju ono što bi trebalo.*

Sadržaj

Zahvalnice	9
Predgovor: Razmišljanja o nastanku nauke i nauke o nastanku	11
Uvertira: Najveća ispričana priča	17
Prvi deo: NASTANAK KOSMOSA	23
1. U početku	25
2. Antimaterija je bitna	37
3. Neka bude svetlost	43
4. Neka bude tama	53
5. Neka bude još tame	66
6. Jedan kosmos ili mnoštvo njih?.	85
Drugi deo: NASTANAK GALAKSIJA I SKLOP KOSMOSA.	95
7. Otkriće galaksija	97
8. Nastanak sklopa	107
Treći deo: NASTANAK ZVEZDA.	129
9. Prah prahu	131
10. Zoološki vrt elemenata	150

Četvrti deo: NASTANAK PLANETA	163
11. Kada su svetovi bili mladi	165
12. Između planeta	175
13. Bezbrojni svetovi	184
Peti deo: NASTANAK ŽIVOTA	201
14. Život u kosmosu.	203
15. Nastanak života na Zemlji	210
16. Traganje za životom u Sunčevom sistemu	227
17. Traganje za životom u Mlečnom putu	250
Koda: Traganje za nama samima u kosmosu.	267
Pojmovnik	271
Za detaljnije upućivanje	295
Izvori fotografija.	299
Indeks	301

ZAHVALNICE

Zahvalnost dugujemo Robertu Laptonu na tome što je u više navrata pročitao rukopis kako bismo bili sigurni da smo mislili ono što smo kazali, odnosno da smo kazali ono što smo mislili. Njegova stručnost u astrofizici i engleskom jeziku omogućila je da naša knjiga domaši nivo koji bi joj inače bio nedostupan. Takođe smo zahvalni Šonu Kerolu s čikaškog Instituta Fermi, Tobajasu Ovenu s Havajskog univerziteta, Stivenu Soteru iz Američkog muzeja prirodne istorije, Lariju Skvajru s univerziteta San Dijego, Majklu Strausu s Princstonskog univerziteta i producentu kompanije PBS NOVA Tomu Levensonu na dragocenim primedbama koje su značajno poboljšale knjigu.

Na poverenju koje je od početka imao u projekat zahvalni smo Betsi Lerner iz agencije *Džernert*, koja u našem rukopisu nije videla samo knjigu nego i izraz dubokog zanimanja za kosmos što zavređuje najširu moguću publiku s kojom bi se ova ljubav podelila.

Glavnina drugog dela, kao i pojedini delovi prvog i trećeg dela izvorno su se pojavili kao ogledi u časopisu *Natural History* pri NDT-u. Na ovome smo zahvalni Piteru Braunu, glavnom uredniku časopisa, koji već dugo herojski radi kao pravi mentor za sve saradnike NDT-a.

Autori su veoma blagodarni i na podršci koju su dobili od zadužbine Sloun u pisanju i pripremi ove knjige. Oduvek smo se divili njihovoj spremnosti da podrže projekte poput ovoga.

Nil de Gras Tajson, Njujork
Donald Goldsmit, Berkli, Kalifornija
Jun 2004.

PREDGOVOR

RAZMIŠLJANJA O NASTANKU NAUKE I NAUCI O NASTANKU

Stasala je nova sinteza naučnog znanja i počela da urađa plodovima. Poslednjih godina, odgovori na pitanja o našem kosmičkom poreklu počeli su da se pojavljuju ne više samo na području astrofizike. Radeći pod kišobranom novih disciplina kao što su astrohemija, astrobiologija i astrofizika čestica, astrofizičari su uvideli da u velikoj meri mogu da se okoriste saradnjom s ovim srodnim oblastima. Oslanjanje na interdisciplinarni pristup pri pokušajima da se pruži odgovor na pitanja „Odakle potičemo?“ omogućilo je istraživačima ranije nezamislivu širinu i dubinu uvida u dejstvovanje kosmosa.

U knjizi *Nastanci: četrnaest milijardi godina kosmičke evolucije* upoznajemo čitaoca s ovom novom sintezom znanja koje nam pruža priliku da proniknemo ne samo u nastanak kosmosa nego i u nastanak najvećih sklopova materije, nastanak zvezda koje osvetljavaju kosmos, nastanak planeta koje predstavljaju najverovatnija staništa života, kao i nastanak samog života na jednoj ili više planeta.

Ljude ne prestaje da očarava pitanje porekla, i to iz više razloga, kako logičkih tako i emotivnih. Teško da možemo da dokučimo suštinu bilo čega ako ne znamo odakle potiče. A od svih priča koje imamo priliku da čujemo one koje se odnose na naše poreklo nailaze na najdublji odjek u nama.

Zaokupljenost sobom koja nam je usađena evolucijom i iskustvima na Zemlji prirodno nas je dovela do toga da budemo usredsređeni na lokalna zbivanja i pojave u stvaranju glavnine priča o poreklu. No sa svakim korakom u obogaćivanju znanja o kosmosu stalno smo iznova otkrivali da obitavamo na kosmičkom zrcu prašine koje kruži oko osrednje zvezde na rubovima jedne obične galaksije, među stotinama milijardi drugih galaksija. Ove vesti o našoj kosmičkoj beznačajnosti aktivirale su snažne odbrambene mehanizme u ljudskoj psihi. Mnogi od nas i nesvesno nalikuju na onog junaka crtanih filmova koji pogleda zvezdano nebo i kaže prijatelju: „Kad vidim sve ove zvezde, uvidim koliko smo beznačajni.“

Tokom cele istorije razne kulture stvarale su mitove o postanju koji objašnjavaju naš nastanak kao ishod dejstva kosmičkih sila što oblikuju našu sudbinu. Ove priče pomogle su nam da ublažimo osećanje beznačajnosti. Iako priče o postanju obično počinju najširim slikom, veoma brzo se spuštaju na Zemlju, sažimajući nastanak kosmosa, svih kontinenata i života na Zemlji, da bi prešle na opširno objašnjavanje mnoštva pojedinosti iz ljudske istorije i ljudskih sukoba, kao da se mi na neki način nalazimo u samom središtu postanja.

Gotovo svi raznovrsni odgovori na pitanje o postanju prihvataju kao temeljnu pretpostavku da se kosmos ponaša u saglasnosti s opštim pravilima koja se otkrivaju, bar u načelu, ako pomno ispitamo svet koji nas okružuje. Filozofi antičke Grčke uzdigli su ovu pretpostavku do zavidnih visina, tvrdeći da mi, ljudi, posedujemo sposobnost pronicanja u to kako priroda dejstvuje, kao i u stvarnost koja postoji ispod onoga što opažamo: u temeljne istine koje upravljaju svime ostalim. Sasvim razumljivo, oni su smatrali da će otkrivanje ovih istina biti teško. Pre dve hiljade tri stotine godina, u svom najznamenitijem razmatranju našeg neznanja, grčki filozof Platon uporedio je one što streme znanju sa zatočenicima okovanim lancima u pećini, koji nisu u stanju da vide predmete iza sebe, te tako do tačnog

opisa stvarnosti moraju da dođu samo posmatranjem senki koje ti predmeti bacaju.

Ovom slikom Platon je ne samo iskazao suštinu čovekovih nastojanja da razume kosmos nego je i naglasio da ispoljavamo prirodnu težnju ka verovanju u to da tajanstveni, teško dokučivi entiteti upravljaju kosmosom, raspolazući znanjem koje je nama, u najboljem slučaju, dostupno samo delimično i nakratko. Od Platona do Bude, od Mojsija do Muhameda, od pretpostavljenog tvorca sveta do modernih filmova o „matrici“, ljudi su u svim kulturama dolazili do zaključka da kosmosom upravljaju više sile, kadre da premoste jaz između stvarnosti i veštačkog privida.

Pre pola milenijuma počelo je da se pomalja novo razumevanje prirode. Ovo viđenje, koje danas nazivamo naukom, niklo je iz spoja novih tehnologija i otkrića koja su one omogućile. Širenje štampanih knjiga Evropom, udruženo s istovremenim poboljšanjem prevoza kopnom i vodom, omogućilo je ljudima da komuniciraju brže i delotvornije, tako da su sada mogli da doznaju šta drugi imaju da kažu i da na to reaguju znatno brže nego u prošlosti. U šesnaestom i sedamnaestom stoleću ovo je dovelo do znatno življe razmene zamisli, odnosno do novog načina sticanja znanja, zasnovanog na načelu da se najbolji načini razumevanja kosmosa temelje na pomnim posmatranjima, kao i na potonjim nastojanjima da se otkriju šira i temeljnija načela koja pružaju objašnjenja za nalaze tih posmatranja.

Još je nešto uticalo na rođenje nauke. Nauka se zasniva na sistematskoj skeptičnosti, odnosno na neprekidnom, metodičnom dovođenju u sumnju. Retki među nama dovode u sumnju vlastite zaključke, te je stoga nauka stekla svoj skeptički pristup tako što je favorizovala one koji dovode u sumnju tuđe zaključke. Ovaj pristup s pravom bi se mogao nazvati neprirodnim; ne toliko stoga što podstiče nepoverenje u tuđe razmišljanje nego zato što nauka nadahnjuje i nagrađuje one koji mogu da pokažu da su zaključci nekog drugog naučnika nesumnjivo pogrešni. Naučnici koji ispravljaju greške kolega ili navode valjane

razloge koji dovode u sumnju njihove zaključke nalikuju na učitelja zena koji ćuškom kažnjava učenika zato što je zastranio s dobrog puta, s tom razlikom što se naučnici međusobno ispravljaju kao ravnopravni, a ne kao učitelji i učenici. Nagrađujući naučnika koji uoči grešku kod kolege – što je za ljudsku prirodu znatno lakše nego uočiti vlastitu grešku – naučnici kao skupina ugradili su u svoju delatnost sistem samoispravljanja. Kolektivno su sazdali dosad najdelotvornije sredstvo za analiziranje prirode upravo time što su nastojali da obesnaže teoreme svojih kolega čak i kada su veoma uvažavali njihova iskrena nastojanja da obogate ljudsko znanje. Nauka je tako postala kolektivna potraga, ali nikada nije bila, niti je trebalo da bude, društvo okupljeno da bi članovi izražavali međusobno divljenje.

Kao i sve ostalo u napredovanju čovečanstva, nauka takođe deluje bolje u teoriji nego u praksi. Ne dovode svi naučnici u sumnju rezultate svojih kolega onako rigorozno kao što bi trebalo. Potreba da se ostavi utisak na naučnike koji se nalaze na važnim mestima i koji su ponekad pod dejstvom činilaca izvan njihovog svesnog znanja može rđavo da utiče na mehanizam samoispravljanja nauke. Na duge staze, međutim, greške ne mogu da prevagnu zato što će ih uočiti drugi naučnici i doprijeti vlastitoj karijeri time što će ukazati na njih. Oni zaključci koji prežive napade drugih naučnika konačno će dostići status naučnih „zakona“ i biće prihvaćeni kao valjani opisi stvarnosti, iako je naučnicima jasno da će se za svaki zakon jednoga dana možda ispostaviti da je samo deo šire i dublje istine.

No naučnici ne provode sve svoje vreme u nastojanjima da ukažu na greške kolega. Oni se uglavnom bave proveravanjem još nedokazanih hipoteza u svetlosti nešto boljih posmatračkih nalaza. Svaki čas, međutim, pojavljuju se novi momenti u nekoj važnoj teoriji ili (češće u doba velikog tehnološkog napretka) čitava nova klasa posmatračkih rezultata trasira put ka novom skupu hipoteza koje objašnjavaju te rezultate. Do najvećih trenuta u istoriji nauke dolazi – i uvek će dolaziti – kada neko novo objašnjenje, možda u sadejstvu s novim posmatračkim nalazi-

ma, izazove seizmički potres u dotadašnjem viđenju načina na koji priroda deluje. Naučni napredak zavisi od pojedinaca iz oba tabora: onih koji sakupljaju bolje podatke i na osnovu njih vrše ekstrapolacije; i onih koji mnogo rizikuju – ali i mogu mnogo da dobiju – dovodeći u pitanje široko prihvaćene zaključke.

Skeptičko srce nauke ne čini je osobito privlačnom ljudskim srcima i umovima kojima ne prijaju neprekidne protivurečnosti što u njoj vladaju, već zaklon od njih traže u bezbednosti prividno večnih istina. Da je naučni pristup bio samo jedno u nizu tumačenja kosmosa, on nikada ne bi bio uspešan; uspešnost nauke počiva na činjenici da ona deluje. Ako se ukrate na avion sazdan saglasno načelima nauke – načelima koja su preživela mnogobrojne pokušaje da budu obesnažena – imate znatno bolje izgleda da stignete na odredište nego ako biste putovali avionom zasnovanim na astrologiji veda.

U srazmerno novijoj istoriji ljudi suočeni s uspehom nauke u tumačenju prirodnih pojava reagovali su na jedan od četiri sledeća načina. Prvo, manjina je prihvatila naučni metod kao najbolju nadu za razumevanje prirode i nije posezala ni za kakvim dodatnim načinima. Drugo, znatno veći broj ljudi prenebregao je nauku, ocenivši je kao nezanimljivu, mračnu ili protivnu ljudskom duhu. (Oni koji besomučno gledaju televiziju, nikad se ne zapitavši kako se to pojavljuju zvuk i slika pred njima, podsećaju nas na činjenicu da reči „magija“ i „mašina“ imaju zajedničke etimološke korene.) Treće, takođe manjina, svesna da nauka ugrožava verovanja do kojih oni drže, aktivno se trudi da opovrgne naučne rezultate koji im smetaju ili ih ljute. To, međutim, čine sasvim izvan skeptičkih okvira nauke, kao što se lako možete uveriti ako zapitate nekog od njih: „Koji bi vas dokazi uverili da niste u pravu?“ Ovi protivnici nauke još osećaju šok koji je Džon Don opisao u pesmi „Anatomija sveta: prva godišnjica“, napisanoj 1661. godine, kada su počeli da se pojavljuju prvi plodovi moderne nauke:

*Nova filozofija sve u sumnju dovodi,
elemenat vatre više ništa ne izvodi.
Sunca nema, ni Zemlje nema više,
sada se sve o ljudskom duhu njiše.
Ne usteže se niko da kaže smesta
da ovaj svet već s nebesa nesta,
a smeniše ga nebrojene nove
planete što po svodu plove.
U prah se atomski sve pretvori,
a ništa novo uporište ne stvori.*

UVERTIRA

Četvrto, veliki broj ljudi prihvata naučno viđenje prirode, ali se ne odriče verovanja u to da postoje natprirodni entiteti, nedostupni našem poimanju, koji upravljaju kosmosom. Baruh Spinoza, filozof koji je saznao najpostojaniji most između prirodnog i natprirodnog, odbijao je svako razlikovanje prirode i Boga, smatrajući da je svet istovremeno priroda i Bog. Pristalice konvencionalnijih religija, koje obično drže do ovog razlikovanja, često izmiruju prirodno i natprirodno tako što mentalno razdvajaju oblasti njihovog ispoljavanja.

Bez obzira na to kom od ovih tabora pripadate, nema sumnje da su ovo veoma povoljna vremena da se dozna šta je novo u kosmosu. Otisnimo se stoga u pustolovno traganje za našim kosmičkim poreklom, poput detektiva koji izvode zaključke o zločinu na osnovu ostavljenih tragova. Pozivamo vas u ovo traganje za kosmičkim nastancima – i načinima da se oni protumače – kako bismo zajedno možda došli do istine o tome kako se deo kosmosa pretvorio u nas.

NAJVEĆA ISPRIČANA PRIČA

Svet već djeluje mnoge godine pošto je jednom prikladno pokrenut. Iz tog početka sve je proizašlo.

— Lukrecije

Pre nekih četrnaest milijardi godina, na početku vremena, svekoliki prostor, materija i energija poznatog sveta bili su zbijeni u zapreminu veličine glave čiode. Kosmos je tada bio toliko topao da su sve osnovne sile prirode, koje zbirno opisuju svet, bile spojene u jednu objedinjenu silu. Kada je kosmos bio star samo 10^{-43} sekunde, a temperatura mu dostizala 10^{30} stepeni – pre toga nijedna naša teorija o materiji i prostoru nije imala smisla – crne rupe su spontano nastajale, nestajale, pa ponovo nastajale iz energija sadržanih u polju objedinjene sile. U tim krajnjim uslovima kojima se bavi spekulativna fizika sklop prostora i vremena bio je izrazito zakrivljen, pretvarajući se u sunderasto, penasto ustrojstvo. Tokom tog razdoblja nisu se mogle razlikovati pojave koje opisuje Ajnštajnova opšta teorija relativnosti (moderna teorija gravitacije) i kvantna mehanika (opis materije u najmanjim razmerama).

Kako se kosmos širio i hladio, gravitacija se odvojila od ostalih sila. Ubrzo potom razdvojile su se jedna od druge jaka nuklearna sila i elektroslaba sila, što je pratilo ogromno oslobađanje uskladištene energije. Ovo oslobađanje dovelo je, sa svoje strane, do brzog povećanja razmera kosmosa – 10^{50} puta. Brzo

širenje, poznato kao „razdoblje inflacije“, razudilo je i ujednačilo materiju i energiju tako da su varijacije gustine u raznim delovima postale manje od jednog stohiljaditog dela.

Od ove tačke u prilici smo da nastavimo oslanjajući se na fiziku potvrđenu u laboratorijskim izučavanjima. Kosmos je bio dovoljno topao da fotoni spontano pretvaraju energiju u parove čestica materije i antimaterije koje su se odmah po nastajanju međusobno potirale, vraćajući energiju fotonima. Iz nepoznatih razloga došlo je do „narušavanja“ simetrije materije i antimaterije pod dejstvom sile koja ih je prethodno razdvojila, što je dovelo do malog preteka materije nad antimaterijom. Iako neznatna, ova asimetričnost imala je ipak ključni značaj za potonji razvoj kosmosa: na svakih milijardu čestica antimaterije nastajala je milijarda plus jedna čestica materije.

Kako se kosmos dalje hladio, elektroslaba sila razdvojila se u elektromagnetnu silu i slabu nuklearnu silu, čime je bio upotpunjen skup četiri zasebne sile prirode. S daljim opadanjem energije fotona više nije moglo da dolazi do spontanog stvaranja čestica materije i antimaterije. Svi preostali parovi čestica materije i antimaterije brzo su se međusobno potirali, tako da je u kosmosu preostala samo po jedna čestica materije na svakih milijardu fotona – dok antimaterije uopšte nije bilo. Da nije nastala ova asimetričnost između materije i antimaterije, kosmos koji se širi zauvek bi se sastojao jedino od svetlosti. U njemu ne bi bilo ničeg drugog, čak ni astrofizičara. Tokom razdoblja od približno tri minuta materija se pretvorila u protone i neutrone, od kojih su se mnogi povezali, obrazujući najjednostavnija atomska jezgra. U međuvremenu, elektroni koji su se slobodno kretali razmešali su fotone, sazdavši neprozirnu supu materije i energije.

Kada je temperatura kosmosa pala na nekoliko hiljada kelvina – što je nešto više od temperature visoke peći – kretanje slobodnih elektrona dovoljno se usporilo da ih jezgra privuku iz supe i tako sazdaju atome vodonika, helijuma i litijuma, tri najlakša elementa. Kosmos je tada postao providan (prvi

put) za vidljivu svetlost, a ti slobodni fotoni vidljivi su danas kao kosmička mikrotalasna pozadina. Prvih milijardu godina kosmos je nastavio da se širi i hladi, a materija se pod dejstvom gravitacije okupljala u masivna zbirišta koja nazivamo galaksije. Samo u granicama kosmosa koji možemo da vidimo nastalo je stotinu milijardi galaksija, od kojih svaka sadrži na stotine milijardi zvezda u čijim se jezgrima odigrava termonuklearna fuzija. U unutrašnjosti ovih zvezda, s masom približno deset puta većom od Sunčeve, postojali su dovoljno visoki pritisci i temperature da nastane na desetine elemenata težih od vodonika, računajući tu i one od kojih su sazdane planete i život na njima. Ti elementi bili bi beskorisni da su ostali u unutrašnjosti zvezda. Ali zvezde velike mase okončavaju vek eksplozijama, rasipajući galaksijom svoju hemijski bogatu utrobu.

Posle sedam ili osam milijardi godina ovakvog rasipanja nastala je neupadljiva zvezda (Sunce) u neupadljivom području (Orionov krak) neupadljive galaksije (Mlečni put) u neupadljivom delu kosmosa (na rubovima superjata u Devici). Oblak gasa iz koga se Sunce obrazovalo sadržao je dovoljan pretek teških elemenata da iznedri i nekoliko planeta, na hiljade asteroida i na milijarde kometa. Za vreme nastajanja zvezdanog sistema materija se kondenzovala i srastala iz matičnog oblaka gasa koji je kružio oko Sunca. Nekoliko stotina miliona godina neprekidni udari veoma brzih kometa i drugih ostataka održavali su površine planeta u tečnom stanju, onemogućujući nastanak složenih molekula. Kako je u Sunčevom sistemu ostajalo sve manje nesrasle materije, površine planeta počele su da se hlade. Planeta koju nazivamo Zemljom stvorena je na orbiti na kojoj njena atmosfera može da održava okeane poglavito u tečnom stanju. Da je Zemlja nastala bliže Suncu, okeani bi isparili. Da je sazdana na većoj udaljenosti od zvezde, okeani bi se zaledili. U oba slučaja, život kakav mi poznajemo ne bi se razvio.

U hemijski bogatim tečnim okeanima, pod dejstvom nekog mehanizma koji nam nije poznat, nastale su jednostavne anaerobne bakterije koje su nehotice preobrazile Zemljinu

atmosferu punu ugljen-dioksida u atmosferu s dovoljno kiseonika da omogući pojavu i razvoj aerobnih organizama. Postepeno, aerobni organizmi postali su preovlađujući i u okeanima i na kopnu. Ti isti atomi kiseonika, koji se obično javljaju u parovima (O_2), mogu takođe da se povezuju u trojke (O_3) u višim delovima atmosfere. Ovako povezan kiseonik zaštitio je površinu Zemlje od glavnine ultraljubičastih fotona sa Sunca koji veoma nepovoljno deluju na molekule.

Izuzetna raznovrsnost života na Zemlji, kao i (može se pretpostaviti) drugde u kosmosu, proističe iz okolnosti da u kosmosu ima mnogo ugljenika, odnosno da su od ugljenika sazdani nebrojeni molekuli (kako jednostavni tako i složeni); postoji više varijeteta molekula zasnovanih na ugljeniku nego svih drugih molekula zajedno. Ali život je krhak. Zemlja se sudara s velikim telima, zaostalim iz razdoblja nastanka Sunčevog sistema; takvi sudari svojevremeno su predstavljali običnu pojavu, a danas izazivaju prave katastrofe u našim ekosistemima. Pre pukih 65 miliona godina (što je manje od 2 odsto Zemljine starosti) asteroid od deset biliona tona udario je u područje koje je danas poznato kao poluostrvo Jukatan, zbrisavši preko 70 odsto kopnene flore i faune naše planete, uključujući i sve dinosauruse, glavne kopnene životinje iz te epohe. Ova ekološka tragedija pružila je priliku da mali preživeli sisari zauzmu upravo ispražnjene niše. Iz grane tih sisara koja je razvila velike mozgove i koju nazivamo primati izdvojio se rod i vrsta – *homo sapiens* – s takvim nivoom inteligencije koji im je omogućio da izume metode i oruđa nauke; da izume astrofiziku; da dokuče nastanak i razvoj kosmosa.

Da, kosmos je imao početak. Da, kosmos se i dalje razvija. I da, može se pratiti poreklo svakog atoma naših tela do Velikog praska, odnosno do termonuklearne peći u unutrašnjosti masivnih zvezda. Mi nismo jednostavno u kosmosu, mi smo deo njega. Rođeni smo iz njega. Moglo bi se čak reći da preko nas, ovde u ovom zabitom kutku, kosmos dokučuje sam sebe. A tek smo na početku tog puta.

Prvi deo

NASTANAK KOSMOSA

U POČETKU

U početku beše fizika. „Fizika“ opisuje kako se materija, energija, prostor i vreme ponašaju i u kakva međudejstva stupaju. Igra ovih likova u našoj kosmičkoj drami uzidana je u temelj svih bioloških i hemijskih pojava. Sve što je temeljno važno i što je blisko nama Zemljanima počinje zakonima fizike i zasniva se na njima. Kada te zakone primenimo na astronomska zbivanja, tada imamo posla s fizikom u velikim razmerama, koju nazivamo astrofizika.

Na gotovo svakom području naučnog istraživanja, ali naročito u fizici, do novih otkrića dolazi se na krajnjim granicama naših sposobnosti merenja događaja i situacija. U ekstremnim uslovima materije, kao što je okolina crnih rupa, gravitacija snažno savija kontinuum prostorvremena. U ekstremnim uslovima energije, termonuklearna fuzija održava samu sebe na temperaturi od 15 miliona stepeni u jezgrima zvezda. A krajnje zamislive uslove srećemo u nepojamno toploj i gustoj sredini koja je postojala u prvim trenucima kosmosa. Da bi se razumelo šta se zbiva na svim ovim mestima, bili su neophodni zakoni fizike koji su otkriveni posle 1900. godine, tokom razdoblja koje fizičari sada nazivaju moderna era, za razliku od klasične ere kojoj pripada celokupna prethodna fizika.

Jedno od glavnih svojstava klasične fizike jeste da događaji, zakoni i predviđanja imaju smisla. Svi su oni otkriveni i provereni u običnim laboratorijama smeštenim u običnim zgradama.

Zakoni gravitacije i kretanja, elektriciteta i magnetizma, kao i oni o prirodi i ponašanju toplotne energije i dalje se predaju na časovima srednjoškolske fizike. Ova otkrića o svetu prirode pokrenula su industrijsku revoluciju koja je preobrazila kulturu i društvo na načine nezamislive prethodnim pokolenjima; takođe su zadržala središnju ulogu u tumačenju onoga što se dešava i zašto se dešava u svetu svakodnevnog iskustva.

Nasuprot tome, u modernoj fizici kao da ništa nema smisla zato što se sve zbiva na područjima koja se nalaze daleko ispod onih dostupnih ljudskim čulima. To i nije tako rđavo. Možemo srećno da zaključimo da je naš svakodnevni život pošteđen krajnje fizike. Jednog normalnog jutra vi ustajete iz postelje, odlazite u kupatilo, obedujete, pa krećete na posao. Na kraju dana vaši ukućani očekuju da ne izgledate drugačije nego onda kada ste pošli, odnosno da se vratite kući u jednom komadu. Ali zamislite kako stižete u kancelariju, ulazite u pregrejanu salu za sastanke u 10:00 i najednom gubite sve elektrone – ili, još gore, atomi vašeg tela razleću se na sve strane. To bi baš bilo rđavo. Ili zamislite da sedite u kancelariji i pokušavate da radite uz stonu svetiljku od 75 vati, kad neko uključi rasvetu od 500 vati na tavanici, što dovodi do toga da vaše telo počinje da leti po prostoriji, odbijajući se od zidova, sve dok ne proleti kroz prozor. Ili, recimo, odete posle posla na takmičenje u sumo rvanju gde s nevericom gledate kako se dva gotovo okrugla borca sudaraju, nestaju, a potom spontano postaju dva zraka svetlosti koja napuštaju salu u suprotnim smerovima. Ili na povratku kući pođete nekim putem kojim inače ne idete, a kad se nađete u blizini neke mračne zgrade ona vas usisa u sebe, počev od stopala, istežući vam telo od nožnih prstiju do temena, dok vas sabija po širini kako bi vas provukla kroz rupu iz koje vam nema povratka.

Da se ovakvi događaji odigravaju u našem svakodnevnom životu, moderna fizika izgledala bi nam znatno manje čudnovata; naša upućenost u temelje relativnosti i kvantne mehanike prirodno bi proisticala iz životnog iskustva; a naši ukućani vero-

vatno nas uopšte ne bi puštali da idemo na posao. Ali u prvim minutima kosmosa ovakve stvari neprekidno su se zbivale. Da bismo ih predložili sebi i razumeli nema nam druge do da uspostavimo novu vrstu zdravog razuma, drugačiju intuiciju o tome kako se materija ponaša i kako fizički zakoni opisuju njeno ponašanje pri krajnjim temperaturama, gustinama i pritiscima.

Moramo da zakoračimo u svet jednačine $E = mc^2$.

Albert Ajnštajn objavio je prvu verziju ove znamenite jednačine 1905. godine, iste one kada se u uvaženom nemačkom časopisu za fiziku *Annalen der Physik* pojavio njegov kapitalni rad pod naslovom *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*. U prevodu ovaj naslov glasi „O elektrodinamici tela u kretanju“, ali je znatno poznatiji kao Ajnštajnova posebna teorija relativnosti, koja je uvela viđenja što su zauvek promenila naše predstave o prostoru i vremenu. Ajnštajnu je tada bilo samo dvadeset šest godina i radio je kao činovnik Švajcarskog patentnog zavoda u Bernu. Nešto kasnije iste godine Ajnštajn je prvi put naveo svoju slavnu jednačinu u sasvim kratkom radu (dve i po strane) objavljenom u istom glasilu: *Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?* („Da li inercija tela zavisi od njegove energetske sadržine?“) Da bismo vas pošteđeli truda tražanja za izvornim tekstom, odnosno upriličenja eksperimenta kojim biste proverili Ajnštajnovu teoriju, reći ćemo vam da je odgovor na pitanje postavljeno u naslovu potvrđan. Evo Ajnštajnovih reči:

Ako telo emituje energiju E u obliku zračenja, masa mu se smanjuje u odnosu E/c^2 ... Masa nekog tela jeste mera njegove energetske sadržine; ako se energija menja kao E , masa se menja u istom smislu.

Nesiguran u ispravnost ovog iskaza, Ajnštajn dodaje:

Nije nemoguće da se kod tela čiji je energetska sadržaj u visokoj meri promenljiv (soli radijuma, na primer) ova teorija može

uspešno staviti na probu. (Albert Einstein, *The Principles of Relativity*, prev. W. Perrett i G.B. Jeffrey, London: Methuen and Company, 1923, s. 69–71)

Evo, sad imate algebarski recept za sve prilike kada želite da pretvarate materiju u energiju ili energiju u materiju. $E = mc^2$ – energija je jednaka proizvodu mase i kvadrata brzine svetlosti – pruža nam izuzetno moćnu računsku alatku koja nam proširuje sposobnost saznavanja i razumevanja kosmosa od onoga kakav je sada pa sve do infinitezimalnih delića sekunde po rođenju našeg sveta. Ovom jednačinom možete da ustanovite koliko energije zračenja neka zvezda može da proizvede ili koliko energije možete dobiti pretvaranjem novčića koje imate u džepu u njene korisne oblike.

Najpoznatiji oblik energije – koji blista svuda oko nas, premda ga uglavnom ne prepoznamo niti znamo kako se naziva – jeste foton, nesvodiva čestica vidljive svetlosti ili bilo kog drugog vida elektromagnetnog zračenja, lišena mase. Mi svi živimo pod neprekidnim pljuskom fotona: sa Sunca, Meseca i zvezda; iz vaše pećnice, lustera i noćne svetiljke; iz stotina radio i televizijskih stanica; iz nebrojenih mobilnih telefona i radarskih odašiljača. Zašto onda ne vidimo svakodnevno pretvaranje energije u materiju ili materije u energiju? Energija običnih fotona daleko je ispod mase čak i najmanje masivnih subatomskih čestica, tako da ne može da bude pretvorena saglasno jednačini $E = mc^2$. Kako fotoni sadrže premalo energije da bi postali bilo šta drugo, oni vode jednostavan život, srazmerno lišan događaja.

Čeznete li za malo akcije putem $E = mc^2$? Dajte se u potragu za fotonima gama-zračenja koji nipošto ne oskudevaju u energiji – imaju je bar 200.000 puta više nego vidljivi fotoni. Od njih ćete se ubrzo razboleti i umreti od raka, ali pre no što se to dogodi, ukazaće vam se prilika da vidite parove elektrona, jedan načinjen od materije, a drugi od antimaterije, kako se pojavljuju tamo gde su prethodno bili fotoni. Moći ćete takođe da vidite kako se sudaraju parovi elektrona materije i antimaterije,

je, međusobno se potirući i ponovo stvarajući fotone gama-zračenja. Podignite energiju fotona 2.000 puta i sada imate gama-zračenje s dovoljno energije da ljude koji to mogu da podnesu pretvorite u Halka. Parovi ovih fotona sadrže dovoljno energije da, sasvim u saglasnosti s jednačinom $E = mc^2$, stvore čestice kao što su neutroni, protoni i njihovi antimaterijski parnjaci, s masom gotovo 2.000 puta većom od mase elektrona. Visokoenergetski fotoni ne nalaze se na svakom mestu, ali ih ima u mnogim kosmičkim topionicama. Za gama-zračenje gotovo bilo koja sredina toplija od nekoliko milijardi stepeni sasvim je odgovarajuća.

Ogroman je kosmološki značaj čestica i energetskih paketa koji se pretvaraju jedni u druge. Trenutno, temperatura našeg kosmosa u širenju, ustanovljena merenjem mikrotalasnih fotona koji ispunjavaju svekoliki prostor, iznosi samo 2,73 kelvina. (Na Kelvinovoj lestvici sve temperature imaju pozitivnu vrednost; čestice imaju najmanju moguću energiju na 0 kelvina; sobna temperatura iznosi 295 kelvina, dok voda ključa na 373 kelvina.) Poput fotona vidljive svetlosti, mikrotalasni fotoni suviše su hladni da bi smeli da se nadaju da će se pretvoriti u čestice preko $E = mc^2$. Drugim rečima, nijedna poznata čestica nema tako malu masu da može da nastane od oskudne energije jednog mikrotalasnog fotona. Isto važi za fotone koji tvore radio-talase, infracrvenu i vidljivu svetlost, kao i za ultraljubičasto i rendgensko zračenje. Jednostavnije govoreći, za sva pretvaranja čestica potrebno je gama-zračenje. Juče je, međutim, kosmos bio nešto manji i nešto topliji nego danas. A prekuče još manji i još topliji. Vratite časovnike još unazad – recimo, 13,7 milijardi godina – i obrećete se pravo u praiskonskoj supi, u razdoblju kada je temperatura kosmosa bila dovoljno visoka da bude astrofizički zanimljiva. Svet je, naime, tada bio ispunjen gama-zračenjem.

Razumevanje ponašanja prostora, vremena, materije i energije od Velikog praska do danas jedan je od najvećih trijumfa ljudske misli. Ako tragate za potpunim objašnjenjem događaja

u najranijim trenucima, kada je kosmos bio manji i topliji nego ikada potom, morate da pronađete neki način koji će omogućiti da četiri poznate sile prirode – gravitacija, elektromagnetizam, jaka i slaba nuklearna sila – međusobno komuniciraju, da se objedine i postanu jedinstvena metasila. Takođe morate neka-ko da izmirite dve trenutno neusklađene grane fizike: kvantnu mehaniku (nauku o malom) i opštu relativnost (nauku o velikom).

Podstaknuti uspešnim povezivanjem kvantne mehanike i elektromagnetizma sredinom dvadesetog stoleća, fizičari su pitali da spoje kvantnu mehaniku i opštu relativnost u jedinstvenu i usaglašenu teoriju kvantne gravitacije. Iako su svi dosadašnji pokušaji u ovom smislu zakazali, bar smo ustanovili gde se nalazi glavna prepreka: u „Plankovoj eri“. Posredi je kosmička faza koja je trajala 10^{-43} sekunde (jedan deset milioniti bilioniti bilioniti deo sekunde) posle početka. Kako informacije ne mogu da se kreću brže od svetlosti, 3×10^8 metara u sekundi, neki hipotetički posmatrač smešten bilo gde u kosmosu tokom Plankove ere ne bi mogao da vidi dalje od 3×10^{-35} metara (tri stotine milijarditi bilioniti bilioniti deo metra). Nemački fizičar Maks Plank, po kome su ovo nepojamno malo vreme i razdaljina dobili naziv, došao je na zamisao o kvantizovanju energije 1900. godine i danas se smatra rodonačelnikom kvantne mehanike.

Svakodnevni život nije, međutim, nimalo ugrožen svime ovim. Sudar kvantne mehanike i gravitacije ne suočava savremeni kosmos ni sa kakvim poteškoćama. Astrofizičari primenjuju pravila i sredstva opšte relativnosti i kvantne mehanike na potpuno različite klase problema. Ali u početku, tokom Plankove ere, veliko je bilo malo, tako da je moralo postojati neko prisilno venčanje između ove dve oblasti. Nažalost, i dalje nam je nepoznato na šta su se mladenci tom prilikom zarekli, odnosno nikakvi (poznati) zakoni fizike ne opisuju pouzdano kako se

kosmos ponašao za vreme tog kratkog medenog meseca, pre no što je širenje kosmosa primoralo veoma veliko i veoma malo da se trajno razdvoje.

Na kraju Plankove ere gravitacija se oslobodila ostalih, još objedinjenih sila prirode, stekavši nezavisan identitet koji naše sadašnje teorije sasvim valjano opisuju. Kako je kosmos postajao sve stariji od 10^{-35} sekundi, sve više se širio i hladio, a ostatak nekada objedinjenih sila razdvojio se na elektroslabu silu i jaku nuklearnu silu. Još kasnije, elektroslaba sila razdvojila se sa svoje strane na elektromagnetnu i slabu nuklearnu silu, čime su konačno nastale četiri zasebne sile za koje danas znamo – pri čemu slaba sila upravlja radioaktivnim raspadanjem, jaka sila povezuje čestice u atomskom jezgru, elektromagnetna sila drži na okupu atome u molekulima, dok gravitacija drži na okupu veće količine materije. U vreme kada je kosmos dostigao starost od jednog bilionitog dela sekunde, njegove preobražene sile, uz još nekoliko ključnih događaja, već su odredile temeljna svojstva našeg sveta, od kojih svako zavređuje da se o njemu napiše posebna knjiga.

Kako je proticao prvi bilioniti deo sekunde kosmosa, već je došlo do međudejstva materije i energije. Neposredno pre, za vreme i pošto su se jaka i elektroslaba sila razdvojile, kosmos je sadržao uskomešan okean kvarkova, leptona i njihovih antimaterijskih parnjaka, uz bozone koji su omogućavali ovim česticama da stupaju u međudejstva. Nijedna od tih čestica, bar koliko nam je poznato, ne može se podeliti na manje i temeljnije sastojke. Fotoni, uključujući i one koji obrazuju vidljivu svetlost, pripadaju porodici bozona. U leptone najpoznatije laicima za fiziku, spadaju elektroni i (možda) neutriini; a najpoznatiji kvarkovi jesu... e, nema najpoznatijih kvarkova, zato što u običnom životu uvek srećemo kvarkove vezane u česticama kao što su protoni i neutroni. Svakoj vrsti kvarkova dodeljen je apstraktan naziv koji nema nikakav filološki, filozofski ili pedagoški smisao. Nazivi su tu jedino stoga da bi se kvarkovi po njima razlikovali: „gore“ i „dole“, „čudan“ i „šarmantan“, „vrh“ i „dno“.

Uzgred budi rečeno, bozoni su nazvani po indijskom fizičaru Satjendranatu Bozeu. Reč „lepton“ potiče od grčkog leptos, što znači „lak“ ili „mali“. „Kvarkovi“, međutim, imaju književno i znatno maštovitije poreklo. Američki fizičar Marej Gel-Man, koji je 1964. izložio teoriju o postojanju kvarkova i koji je u to vreme smatrao da porodica kvarkova ima samo tri člana, preuzeo je naziv za njih iz jednog tipično složenog pasusa iz romana Džejmsa Džojisa *Fineganovo bdenje: Three quarks for Muster Mark!* Nazivi kvarkova imaju jednu nesumnjivu vrlinu: svi su jednostavni. Ovom vrlinom hemičari, biolozi i geolozi ne mogu baš uvek da se podiče pri odabiru naziva u svojim oblastima.

Kvarkovi su neobični. Za razliku od protona, čije naelektrisanje iznosi +1, i elektrona, čije naelektrisanje iznosi -1, kvarkovi imaju razlomačna naelektrisanja koja se javljaju u jedinicama od 1/3. Osim u najekstremnijim uslovima jedan kvark nikada nećete zateći kao samostalan entitet; uvek će se javljati zajedno s još jednim ili s još dva kvarka. Štaviše, sila koja drži na okupu dva ili više kvarkova postaje *snažnija* što ih više razdvajate – kao da su povezani nekom subnuklearnom gumenom trakom. Ako ipak uspete da dovoljno razdvojite kvarkove, gumena traka među njima će pući. Energija uskladištena u njoj tada priziva $E = mc^2$ i stvara nove kvarkove na dva kraja, te vas tako vraća na početak.

Tokom ere kvarkova i leptona u prvom bilionitom delu sekunde kosmosa, njegova gustina bila je tolika da se prosečni razmak među nepovezanim kvarkovima nije razlikovao od razmaka među povezanim kvarkovima. U tim uslovima, pripadnost među obližnjim kvarkovima nije se mogla nesumnjivo odrediti, te su se oni tako slobodno kretali. Do eksperimentalnog otkrića ovog stanja materije, koje je sasvim prikladno nazvano „supa od kvarkova“, došao je 2002. godine jedan tim fizičara s Nacionalne laboratorije Brukhejven na Long Ajlendu.

Iz kombinacije posmatračkih nalaza i teorije proishodi da je neka epizoda u veoma ranom kosmosu, možda prilikom neke od podela među raznim vrstama sila, imala za posledicu nast-

nak značajne asimetrije pri kojoj su čestice materije postale brojnije od čestica antimaterije za otprilike jednu na milijardu – što se pokazalo kao dovoljna razlika da mi danas postojimo. Ovo majušno nepodudaranje teško da je uopšte moglo da bude zapaženo usred neprekidnog stvaranja, potiranja i ponovnog stvaranja kvarkova i antikvarkova, elektrona i antielektrona (poznatijih kao pozitroni) i neutrina i antineutrina. Tokom te ere, maleni pretek materije nad antimaterijom imao je nebrojene prilike da nađe čestice s kojima bi se potro, kao što su to učinile i sve ostale čestice.

Ali takve prilike nisu još dugo potrajale. Kako je kosmos nastavio da se širi i hladi, temperatura mu je brzo pala ispod bilion kelvina. Od početka je protekao milioniti deo sekunde, ali smlaćeni kosmos više nije imao dovoljnu ni temperaturu ni gustinu da kuva kvarkove. Svi kvarkovi hitro su se dočepali partnera za ples, stvorivši postojanu novu porodicu teških čestica nazvanih hadroni (od grčke reči *hadros*, što znači „gust“). Udruživanje kvarkova u hadrone brzo je dovelo do nastanka protona i neutrona, kao i drugih, manje poznatih vrsta teških čestica koje se sve sastoje od neke kombinacije kvarkova. Mala asimetrija između materije i antimaterije u supi kvarkova i leptona sada se prenela na hadrone, što je imalo izuzetne posledice.

Kako se kosmos hladio, količina raspoložive energije za spontano stvaranje čestica postojano je opadala. U eri hadrona, fotoni više nisu mogli da računaju na $E = mc^2$ za pravljenje parova kvarkova i antikvarkova: njihovo E više nije bilo dovoljno za mc^2 parova. Osim toga, fotoni koji su nastajali iz svih preostalih potiranja nastavili su da gube energiju u procesu širenja kosmosa, sve dok ona konačno nije pala ispod praga neophodnog za stvaranje parova hadrona i antihadrona. Svaki milijardu potiranja ostavljalo je za sobom milijardu fotona – dok je preživljavao samo jedan hadron, nemi svedok majušnog preteka materije nad antimaterijom u ranom kosmosu. Taj samotni hadron na kraju će obrazovati svekoliku materiju: iz njih će nastati galaksije, zvezde, planete i ljudi.

Da nije bilo te neravnoteže od milijardu prema milijardu i jedan između materije i antimaterije, svekolika masa u kosmosu (s izuzetkom tamne materije čiji je oblik i dalje nepoznat) potrla bi se pre no što bi on napunio jednu sekundu, ostavivši za sobom svet u kome bismo videli (kada bi nas bilo) fotone i *ništa drugo* – krajnji scenario po modelu „Neka bude svetlost“.

Ali sada je protekla prva sekunda.

Na temperaturi od milijardu kelvina kosmos je i dalje veoma topao – još kadar da kuva elektrone koji se, zajedno sa svojim antimaterijskim parnjacima pozitronima, čas pojavljuju, a čas nestaju. Ali kako se nastavlja širenje i hlađenje kosmosa, njihovi dani (odnosno sekunde) bivaju izbrojani. Ono što se prethodno dogodilo s hadronima sada se zbilo i s elektronima i pozitronima: međusobno su se potrli, a samo je jedan na milijardu preživio – ishod samoubilačkog pakta materije i antimaterije. Ostali elektroni i protoni stradali su da bi preplavili kosmos pravim morem fotona.

Pošto se okončala era međusobnog potiranja elektrona i pozitrona, u kosmosu je na svaki proton dolazio po jedan elektron. S nastavkom hlađenja, odnosno kako je temperatura pala ispod 100 milijardi stepeni, protoni su se povezivali s drugim protonima i neutronima, obrazujući atomska jezgra i pripremajući teren za jedan budući kosmos u kome će 90 odsto ovih jezgara otpadati na vodonik, a 10 odsto na helijum, uz srazmerno male količine jezgara deuterijuma, tricijuma i litijuma.

Protekla su dva minuta od početka.

Narednih 380.000 godina ništa se značajno nije dogodilo u našoj supi vodonikovih i helijumovih jezgara, elektrona i fotona. Tokom tih stotina milenijuma temperatura kosmosa bila je dovoljno visoka da se elektroni slobodno kreću među fotonima.

Kao što ćemo uskoro videti u trećem poglavlju, ova sloboda naglo se okončala kada se temperatura kosmosa spustila ispod 3.000 kelvina (što je približno polovina temperature na površini Sunca). Tada su elektroni zauzeli mesta na orbitama oko jezgara,

obrazujući atome. Spojem elektrona i jezgara novonastali atomi našli su se usred fotona vidljive svetlosti, čime je okončana priča o nastanku čestica i atoma u praiskonskom kosmosu.

Nastavak širenja kosmosa doveo je do daljeg slabljenja energije fotona. Danas, u ma kom pravcu da astrofizičari pogledaju, svuda nailaze na trag mikrotalasnih fotona na temperaturi od 2,73 kelvina, što je samo hiljaditi deo vrednosti energije kojom su oni raspolagali u doba nastanka atoma. Razmeštaj ovog zračenja na nebu – ista količina energije stiže iz svih pravaca – čuva sećanje na razmeštaj materije u kosmosu neposredno pre no što su atomi stvoreni. Iz ovog razmeštaja astrofizičari mogu da steknu mnoštvo podataka, među kojima su starost i oblik kosmosa. Iako su atomi danas deo svakodnevnog života kosmosa, Ajnštajnovu jednačinu čeka još mnogo posla – u akceleratorima, gde se parovi čestica materije i antimaterije rutinski stvaraju iz energetskih polja; u jezgru Sunca, gde 4,4 miliona tona materije biva pretvoreno u energiju svake sekunde; i u središtima svih drugih zvezda.

$E = mc^2$ nalazi primenu i u blizini crnih rupa, tik izvan njihovog horizonta događaja, gde dolazi do nastanaka parova čestica i antičestica na račun izuzetne gravitacione energije crne rupe. Britanski kosmolog Stiven Hoking prvi je opisao ovu pojavu 1975. godine, pokazavši da celokupna masa crne rupe može polako da ispari pod dejstvom ovog mehanizma. Drugim rečima, crne rupe nisu sasvim crne. Pojava je poznata kao Hokingovo zračenje i služi kao podsetnik na postojanju korist od Ajnštajnovе najznamenitije jednačine.

Ali šta se događalo *pre* sve ove kosmičke pomame. Šta je bilo pre početka?

Astrofizičari ne znaju ništa o tome. Odnosno, naše najkreativnije zamisli gotovo da uopšte nisu zasnovane na eksperimentalnoj nauci. Ljudi skloni religijskom pogledu na svet tvrde, često uz prizvuk samouverenosti, da je nešto moralo da započne celu stvar: neka sila veća od svih ostalih, izvor iz koga je sve proisteklo. Prapokretač. Za ove ljude to nešto je, naravno, Bog, čija se

priroda menja od vernika do vernika, ali i koji je uvek odgovoran za početak kotrljanja lopte.

Ali šta ako je kosmos oduvek postojao, u stanju koje tek treba da odredimo – kao multiverzum, na primer, u okviru koga je ono što mi nazivamo kosmosom samo mehurić u zapenušanom okeanu? Ili šta ako je kosmos, poput njegovih čestica, najednom nastao ni iz čega što bismo mogli da vidimo?

Ovakvi odgovori obično ne zadovoljavaju nikoga. No oni nas podsećaju na to da je učeno neznanje prirodno stanje uma naučnika istraživača na stalno promenljivoj granici znanja. Ljudi koji su za sebe smatrali da ne znaju ništa nikada se nisu dali u traganje za granicom – niti su na nju nabasali – između poznatog i nepoznatog u kosmosu. A tu počiva očaravajuća dihotomija: „Kosmos je oduvek postojao“ – ne prolazi kao prihvatljiv odgovor na pitanje „Šta je bilo pre početka?“ Ali za mnoge religiozne ljude „Bog je oduvek postojao“ predstavlja očigledan i sasvim zadovoljavajući odgovor na pitanje „Šta je bilo pre Boga?“

Ma kom taboru pripadali, kada se upustite u pokušaje da date odgovor na pitanje kako je sve počelo, obično se javlja emocionalno uzbuđenje – kao da ćete postati saučesnik u onome što je usledilo, ili čak odgovorni za to. No ono što važi za život važi i za kosmos: znati odakle potičete nije manje važno nego znati kuda idete.