

Stephen W. Hawking

**KRATKA
POVIJEST
VREMENA**

OD VELIKOG PRASKA DO CRNIH JAMA

Preveo
Damir Mikuličić



UJEDINJENJE FIZIKE

Kako sam objasnio u prvom poglavlju, bilo bi vrlo teško složiti potpunu jedinstvenu teoriju koja bi obuhvaćala sve u svemiru. Umjesto toga, napravljen je napredak u iznalaženju djelomičnih teorija koje opisuju ograničeni doseg događanja i zanemaruju druge učinke ili ih približno nadomještaju nekim brojevima. (Kemija, na primjer, dopušta nam računanje međudjelovanja atoma, a bez poznavanja unutarnje građe atomske jezgre.) Međutim, na kraju krajeva bismo se nadati da ćemo naći potpunu, dosljednu, jedinstvenu teoriju koja bi sadržavala sve ove djelomične teorije kao približna rješenja, aproksimacije, i koja se ne bi trebala podešavati putem odabiranja vrijednosti nekih proizvoljnih brojeva u teoriji da bi se slagala s činjenicama. Traganje za takvom jednom teorijom poznato je kao "ujedinjenje fizike". Einstein je utrošio mnogo svojih kasnijih godina u bezuspješnom traženju jedinstvene teorije, no njegovo vrijeme nije bilo zrela za to: bile su poznate djelomične teorije gravitacije i elektromagnetske sile, ali vrlo malo se znalo o nuklearnim silama. Štoviše, Einstein je

odbio povjerovati u stvarnost kvantne teorije, unatoč važnoj ulozi koju je bio imao u njenom razvoju. Čini se ipak da je načelo neodređenosti jedna temeljna značajka svemira u kojem živimo. Uspješna jedinstvena teorija mora stoga nužno utjeloviti i to načelo.

Kako ću opisati, izgledi za nalaženje takve teorije čini se da su mnogo bolji sada, budući da znamo tako mnogo više o svemiru. Ali moramo se čuvati prevelike samouvjerenosti — imali smo već ranije lažnih priviđenja! Na početku ovog stoljeća, na primjer, smatralo se da se sve može objasniti pomoću svojstava neprekinute tvari, svojstava poput elastičnosti i toplinske vodljivosti. Otkriće građe atoma i načela neodređenosti označilo je jasan kraj toga. Zatim ponovno, 1928., fizičar i dobitnik Nobelove nagrade Max Born rekao je skupini posjetitelja Sveučilišta Göttingen: "S fizikom kakvu poznajemo bit će gotovo za šest mjeseci." Njegovo uvjerenje se temeljilo na netom učinjenom Diracovom otkriću jednadžbe po kojoj se vlada elektron. Pomisliše neki da će se po sličnoj jednadžbi vladati proton, koji je bio još jedina druga čestica poznata u to doba, te da će to biti kraj teorijske fizike. Međutim, otkriće neutrona i nuklearnih sila udarilo je takve po glavi. Imajući sve to na umu, ipak još uvijek vjerujem da sada ima temelja za oprezni optimizam da bismo mogli biti blizu kraja traganja za konačnim prirodnim zakonima.

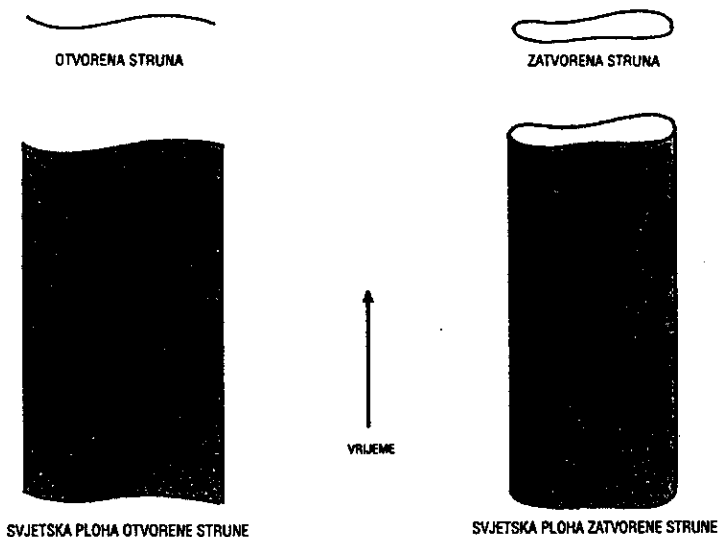
U prethodnim poglavljima spomenuo samo opću teoriju relativnosti, djelomičnu teoriju gravitacije i djelomične teorije po kojima se vladaju slaba, jaka i elektromagnetska sila. Posljednje tri se mogu združiti u takozvane velike jedinstvene teorije (ili GUT-ove, *engl.*), koje baš nisu jako zadovoljavajuće, jer ne uključuju u sebi gravitaciju, a uz to sadržavaju izvjestan broj veličina, na primjer relativne mase raznih čestica, koje se ne mogu izvesti iz teorije već moraju biti odabrane da bi se uopće postiglo slaganje s promatračkim podacima. Glavna poteškoća pri nalaženju neke teorije koja ujedinjuje gravitaciju s drugim silama je ta da je opća teorija relativnosti "klasična" teorija; to znači, ona ne utjelovljuje u sebi načelo

neodređenosti kvantne mehanike. S druge pak strane, druge teorije na bitan način leže na kvantnoj mehanici. Stoga je prvi potrební korak povezivanje opće teorije relativnosti s načelom neodređenosti. Kako smo vidjeli, to može proizvesti neke značajne posljedice, poput onih da crne jame ne budu crne, a da svemir nema singularnosti već je potpuno zatvoren sam u sebi i bez granica. Poteškoća, kako je objašnjeno u poglavlju 7, je u tome da načelo neodređenosti znači da je čak i "prazan" prostor ispunjen parovima virtualnih čestica i antičestica. Ovi bi parovi imali beskonačnu količinu energije te bi stoga, prema Einsteinovoj slavnoj jednadžbi $E = mc^2$, imale beskonačnu količinu mase. Njihovo gravitacijsko privlačenje bi savilo prostor u beskonačnu malu veličinu.

Prilično sličan prividni apsurd javlja se i u drugim djelomičnim teorijama, ali u svim tim slučajevima beskonačnosti se mogu odstraniti matematičkim postupkom zvanim renormalizacija. Postupak obuhvaća poništavanje beskonačnosti uvođenjem drugih beskonačnosti. Premda je ova tehnika matematički prilično sumnjiva, izgleda da u praksi radi i bila je upotrijebljena na ovim teorijama. Dobiveni su rezultati koji se do izvanrednog stupnja točnosti slažu s promatranjima. Međutim, renormalizacija ima ozbiljan nedostatak sa stanovišta pokušaja nalaženja potpune teorije, jer to znači da se prave vrijednosti masa i jakosti sila ne mogu predvidjeti iz teorije već moraju biti odabrane takve koje zadovoljavaju promatranja.

U pokušaju uključivanja načela neodređenosti u opću relativnost, imamo samo dvije veličine koje se moraju podesiti: jačina gravitacije i vrijednosti kozmološke konstante. Ali podešavanje tih veličina nije dostatno za otklanjanje svih beskonačnosti. Imamo stoga neku teoriju prema čijim predviđanjima izgleda da su neke veličine, poput zakrivljenosti prostorvremena, stvarno beskonačne, a ipak te veličine se mogu promatrati i mjeriti kao točno konačne! Ovaj problem koji se javlja pri povezivanju opće teorije relativnosti i načela neodređenosti bio je već naslućivan neko vrijeme, ali je konačno i potvrđen opsežnim izračunavanjima 1972. Četiri godine kasnije

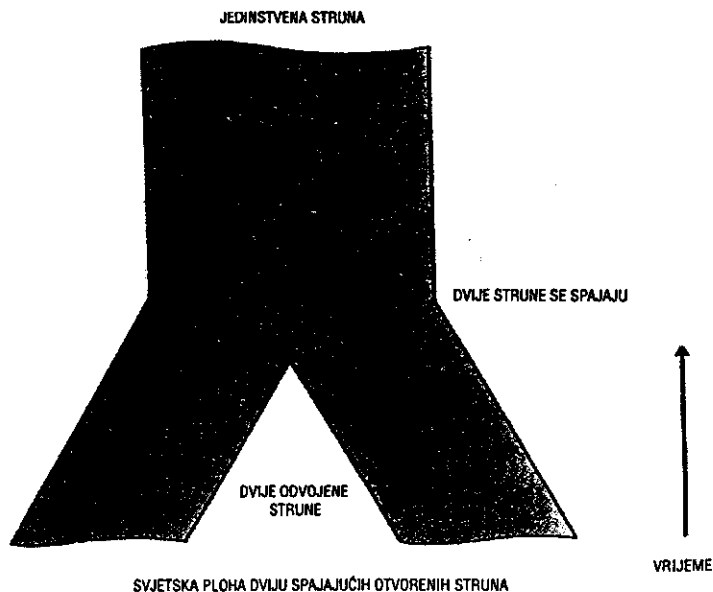
nabačeno je moguće rješenje zvano "supergravitacija". Zamisao je bila povezati česticu zvanu graviton, koja ima spin 2 i nosi gravitacijsku silu, s izvjesnim drugim novim česticama spina $3/2$, 1 , $1/2$ i 0 . U nekom smislu na sve te čestice moglo bi se tada gledati kao na razne oblike jedne te iste "superčestice", na taj način ujedinivši materijalne čestice spina $1/2$ i $3/2$ sa silonosećim česticama spina 0 , 1 i 2 . Virtualni čestica/antičestica parovi spina $1/2$ i $3/2$ bi imali negativnu energiju te bi stoga težili poništiti pozitivnu energiju virtualnih parova spina 2 , 1 i 0 . To bi rezultiralo ukidanjem mnogih mogućih beskonačnosti, ali izražena je sumnja da bi neke beskonačnosti mogle još uvijek preostati. Međutim, da bi se ustanovilo ima li ili nema nekih beskonačnosti, koje su još uvijek ostale neukinute, bilo bi potrebno provesti tako duga i složena proračunavanja da nitko nije bilo spreman prihvatiti se toga posla. Smatra se da bi čak i uz pomoć računala to potrajalo najmanje četiri godine, a vrlo su veliki izgledi da bi se pritom učinila barem jedna pogreška, ako ne i više njih. Stoga bi se



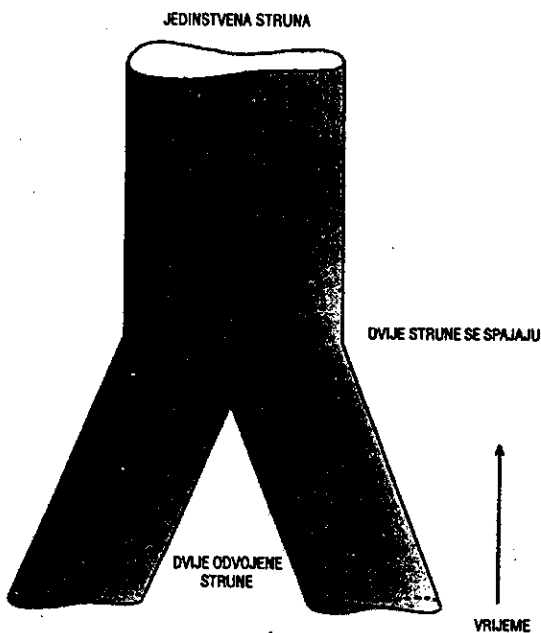
SLIKA 10.1 i SLIKA 10.2

dobilo pravi odgovor samo ako još netko drugi ponovi izračunavanja i dobije isti rezultat, a to ne izgleda baš jako vjerojatno!

Unatoč ovih problema te činjenici da nije izgledalo da se čestice u teorijama supergravitacije slažu s promatranim česticama, većina znanstvenika je povjerovala da je supergravitacija možda pravi odgovor na problem ujedinjenja fizike. Izgledalo je da je to najbolji put ujedinjavanja gravitacije s drugim silama. Međutim, godine 1984. došlo je do značajnih promjena mišljenja u korist onoga što se naziva teorije struna. U ovim teorijama, temeljni objekti nisu čestice koje zauzimaju jednu jedinu točku u prostoru, već svojstva koja imaju svoju dužinu, ali ne i drugu dimenziju; nešto poput beskonačno tanke niti, strune. Ove strune mogu imati krajeve (tako zvane otvorene strune) ili mogu biti spojene same sa sobom u zatvorene petlje (zatvorene strune) (slika 10.1 i slika 10.2). Neka čestica zauzima jednu točku prostora u svakom trenutku vremena. Njena povijest se može dakle predstaviti crtom u prostorvremenu



SLIKA 10.3

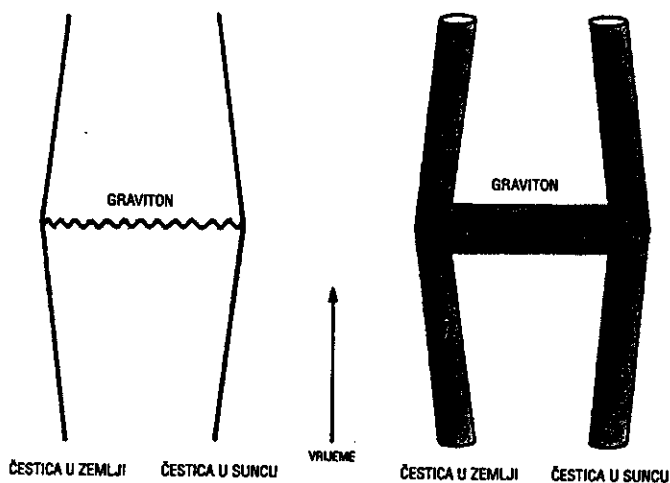


SLIKA 10.4

SVJETSKA PLOHA DVIJU SPAJAJUĆIH ZATVORENIH STRUNA

("svjetska crta"). S druge pak strane, neka struna zauzima crtu u prostoru u svakom trenutku vremena. Stoga je njen prikaz u prostorvremenu neka dvodimenziona površina, zvana svjetska ploha. (Bilo koja točka na takvoj jednoj svjetskoj plohi može se opisati pomoću dva broja: jedan određuje vrijeme, a drugi položaj točke na struni). Svjetska ploha otvorene strune je traka; njeni rubovi predstavljaju staze krajnjih točaka strune kroz prostorvrijeme (slika 10.1). Svjetska ploha zatvorene strune je valjak ili cijev (slika 10.2); presjek cijevi je krug, koji predstavlja položaj strune u neko određeno vrijeme.

Dva komada struna mogu se spojiti tako da oblikuju jednu jedinu strunu; u slučaju otvorenih struna one se jednostavno spoje na krajevima (slika 10.3), dok u slučaju zatvorenih struna to je poput dvije noge spojene u par hlača (slika 10.4). Slično tome, jedan komad strune može se podijeliti na dvije strune. U teorijama struna, ono što je ranije zamišljano kao čestice sada se oslikava u obliku valova koji putuju niz strunu, poput valova na vibrirajućoj struni. Zračenje ili upijanje jedne



SLIKA 10.5 i SLIKA 10.6

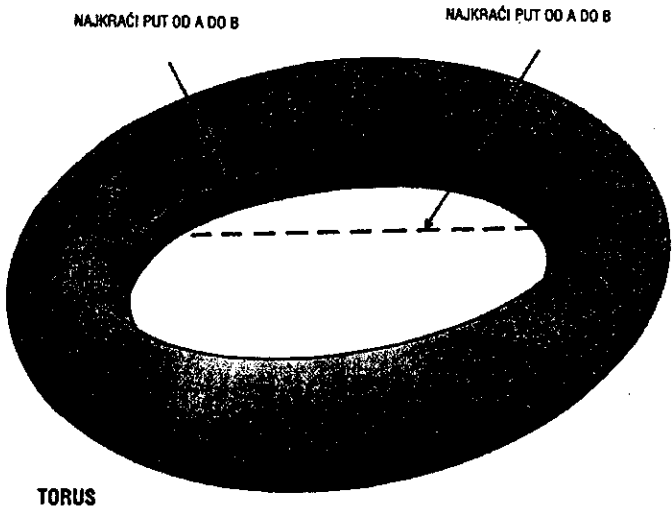
čestice od strane druge predstavlja se dijeljenjem odnosno spajanjem struna. Na primjer, gravitacijska sila Sunca na Zemlju predstavlja se u teorijama čestica kao odašiljanje gravitona s neke čestice u Suncu te njegovo upijanje od strane neke čestice u Zemlji (slika 10.5). U teoriji strune, postupak odgovara ustroju cijevi H-oblika (slika 10.6) (teorija struna je na neki način zapravo slična vodoinstalaterstvu). Dvije okomite strane H odgovaraju česticama u Suncu i u Zemlji, a vodoravna prečka odgovara gravitonu koji putuje između njih.

Teorija struna ima neobičnu povijest. Prvotno je izmišljena u kasnijim 1960-tim pri pokušaju iznalaženja neke teorije za opisivanje jake sile. Zamisao je bila da se čestice poput protona i neutrona mogu promatrati kao valovi na struni. Jake sile između čestica bi odgovarale komadima strune koje bi išle između drugih odlomaka strune, kao u paukovoju mreži. Da bi ova teorija dala promatranu vrijednost jake sile između čestica, strune su morale biti poput gumenih vrpca napetih utegom od oko deset tona.

Godine 1974. objavili su Joël Scherk iz Pariza i John Schwarz s Kalifornijskog tehnološkog instituta rad u kojem su pokazali da bi teorija struna mogla opisati gravitacijsku silu, ali samo ukoliko bi napetost u struni bila mnogo viša, oko tisuću milijardi milijardi milijardi milijardi tona (1 s 39 ničtica). Predviđanja teorije struna bila bi na normalnoj skali dužina točno ista poput onih opće teorije relativnosti, ali bi se vrlo razlikovala na vrlo malim udaljenostima, manjim od milijun milijardi milijardi milijarditog dijela centimetra (jedan centimetar podijeljen s brojem koji iza 1 ima 33 ničtice). Njihov rad ipak nije pobudio mnogo pažnje, jer nekako baš u to vrijeme mnogi istraživači napustiše prvobitnu teoriju struna jake sile u korist teorije zasnovane na kvarkovima i gluonima, koja je izgledala mnogo bolje u skladu s promatranjima. Scherk je umro u tragičnim okolnostima (bolovao je od dijabetesa i pao u komu kad pokraj njega nije bilo nikoga da mu pomogne injekcijom insulina.) Tako je Schwarz bio ostao gotovo jedini podupiratelj teorije struna, ali sada s predloženim mnogo višim iznosima napetosti struna.

Godine 1984. zanimanje za strune je iznenada oživjelo iz dva razloga. Jedan je bio taj što nije bilo stvarnog napretka prema pokazivanju da je supergravitacija konačna ili da bi mogla objasniti vrste čestica koje promatramo. Drugi je bio objavljivanje jednog rada Johna Schwarza i Mika Greena s visokog učilišta Queen Mary, London, koji je pokazao da bi teorija struna možda mogla objasniti postojanje čestica koje imaju ugrađeno svojstvo takozvane ljevorukosti, poput nekih čestica koje promatramo. Koji god da je razlog, velik broj istraživača počeo se baviti teorijom struna i razvijena je nova verzija, takozvana heterotska struna, koja je izgledala kao da će moći objasniti vrste čestice koje promatramo.

Teorije struna također vode u beskonačnosti, ali smatra se da će se te beskonačnosti poništiti u novim verzijama teorije, poput heterotske strune (premda se to još zasigurno ne zna). Ipak, teorije struna imaju velik problem: izgleda da su dosljedne samo ako prostorvrijeme ima ili deset ili dvadeset

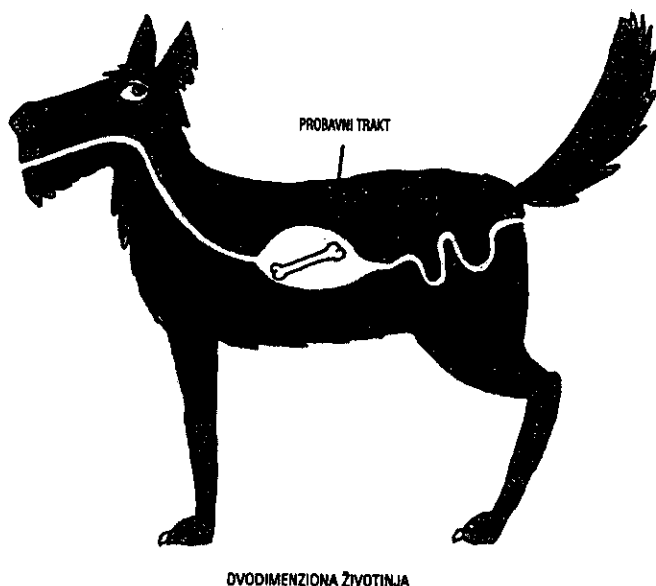


TORUS

SLIKA 10.7

šest dimenzija, umjesto uobičajene četiri! Dakako, dodatne dimenzije prostorvremena uobičajene su u znanstvenoj fantastici; one su ondje gotovo nužne, jer kako po teoriji relativnosti ništa ne može putovati brže od svjetlosti, putovanja između zvijezda i galaktika trajala bi predugo. Zamisao znanstvene fantastike je da se možda može udariti nekim prečacem kroz više dimenzije. To si možemo dočarati na sljedeći način: Zamislimo da prostor u kojem živimo ima samo dvije dimenzije te da je zakrivljen poput prstena ili torusa (slika 10.7). Ako se nalazite na jednoj strani unutarnjeg dijela prstena i želite stići u neku točku na drugoj strani, morate putovati po unutrašnjem rubu prstena. Međutim, ako ste u stanju koristiti treću dimenziju, mogli biste ići ravno poprijeko.

Ako sve te dodatne dimenzije doista postoje, zašto ih ne zamijećujemo? Zašto vidimo samo tri prostorne i jednu vremensku dimenziju? Predlaže se tumačenje da su te druge dimenzije zakrivljene u prostoru silno male veličine, otprilike deset tisuća milijardi milijardi milijardinke milimetra. To je toliko sitno da ne zamjećujemo; mi vidimo samo vremensku i tri



SLIKA 10.8

prostorne dimenzije, u kojima je prostorvrijeme lijepo ravno. To je poput površine naranče: promotrite li je izbliza vidjet ćete da je neravna i smežurana, ali kad je gledate iz daljene ne vidite pojedinosti i izgleda vam glatka. Tako je i s prostorvremenom: u vrlo malim razmjerima ono je desetdimenziono i jako iskrivljeno, ali u velikim razmjerima ne vide se zakrivljenja ili dodatne dimenzije. Ako je ova slika točna, to su loše vijesti za potencijalne galaktičke putnike: više dimenzije su premale da bi mogao njima proći svemirski brod. Međutim, javlja se drugi važan problem. Zašto bi neke, a ne sve, dimenzije bile skvrčene u sićušne lopte? Po svoj prilici, u vrlo ranom svemiru sve bi dimenzije trebale biti vrlo savinute. Zašto su se tri prostorne i jedna vremenska izravnale, dok su druge dimenzije ostale čvrsto smotane?

Jedan mogući odgovor je antropsko načelo. Dvije prostorne dimenzije izgleda nisu dovoljne da bi se u njima omogućio razvitak složenih bića poput nas. Na primjer, dvodimenzionalne životinje živeći na jednodimenzionalnoj zemlji trebale bi se pe-

njati jedna preko druge samo zato da prođu jedna pokraj druge. Ako bi dvodimenziono biće nešto pojelo, ne bi baš sve moglo probaviti, moralo bi izbaciti ostatke istim putem kojim je hrana i ušla, jer ako bi postojao prolaz od usta do stražnjice, on bi podijeli biće u dvije razdvojene polovice; naše dvodimenziono stvorenje bi se raspalo (slika 10.8). Slično tome, teško je vidjeti kako bi kod dvodimenzionih stvorenja mogao uopće postojati krvotok.

Bilo bi također problema s više od tri prostorne dimenzije. Gravitacijska sila između dva tijela opadala bi brže s udaljenošću negoli je to slučaj u tri dimenzije (U tri dimenzije, gravitacijska sila pada na $1/4$, ako se udaljenost udvostruči. U četiri prostorne dimenzije, pala bi na $1/8$, u pet dimenzija na $1/16$ i tako dalje. Kao posljedica toga, staze planeta oko Sunca bile bi nestabilne: i najmanja smetnja za kružnu stazu (kakvih je stalno zbog gravitacijskog djelovanja drugih planeta) imala bi za posljedicu ili udaljavanje Zemlje od Sunca po spirali ili jednako takav ubrzani pad prema Suncu. Ili bismo se smrznuli ili sagorjeli. Zapravo, isto takvo ponašanje gravitacije u više od tri prostorne dimenzije znači da ni Sunce ne bi bilo u stanju postojati u stabilnom stanju ravnoteže tlaka i gravitacije. Ili bi se raspršilo ili bi se urušilo tvoreći crnu jamu. U svakom slučaju, ne bi bilo od neke koristi kao izvor topline i svjetlosti za život na Zemlji. Na manjoj pak skali, električne sile koje uzrokuju gibanje elektrona oko atomske jezgre ponašale bi se na isti način kao gravitacijske sile. Elektroni bi stoga ili svi pobjegli iz atoma ili bi spiralno pali u jezgru. Ni u jednom slučaju, ne bismo mogli imati atome kakve poznamo.

Čini se jasnim da takav život, barem kakvog mi poznamo, može postojati samo u područjima prostorvremena u kojim jedna vremenska i tri prostorne dimenzije nisu skvrčene do sićušnosti. To bi značilo da se možemo pozvati na slabo antropsko načelo, pod uvjetom da se može pokazati da teorija struna uopće dopušta postojanje takvih područja u svemiru — a čini se da teorija struna to zaista i dopušta. Lako je moguće

da ima i drugih područja svemira ili drugih svemira (štogod to moglo značiti), u kojima su sve dimenzije smotane do sićušnosti ili u kojima je više od četiri dimenzije gotovo glatko, ali u takvim područjima ili svemirima ne bi bilo inteligentnih bića koja znaju brojati dimenzije u kojima žive.

Osim pitanja broja dimenzija u kojima se neko prostor-vrijeme predstavlja, teorija struna ima još niz drugih problema koje se mora riješiti prije negoli se nju proglašava za konačnu jedinstvenu teoriju fizike. Još ne znamo poništavaju li sve beskonačnosti jedne druge ili kakav je točan odnos valova na struni i određene vrste čestica što ih znamo iz promatranja. Ipak, postoji vjerojatnost će se odgovori na ta pitanja naći tijekom sljedećih nekoliko godina te da ćemo negdje do kraja stoljeća znati je li teorija struna zaista ta dugo tražena jedinstvena teorija fizike.

No može li stvarno postojati takva jedna jedinstvena teorija? Ili mi možda samo lovimo priviđenje? Izgleda da postoje tri mogućnosti:

- 1) Zaista postoji potpuna jedinstvena teorija koju ćemo jednoga dana imati, ako smo dovoljno pametni;
- 2) Ne postoji konačna teorija svemira, već samo bekrajan slijed teorija koje više ili manje točno opisuju svemir;
- 3) Ne postoji teorija svemira; izvan nekog ograničenog dosega događaji se ne mogu predvidjeti, već se odvijaju na nasumičan i proizvoljan način.

Neki bi se složili s trećom mogućnošću pod izlikom da kad bi postojao neki potpuni skup zakona, to bi značilo narušavanje Božje slobode da po volji mijenja svoje mnijenje i posreduje u svijetu kako mu dragu.

To je slično onom starom paradoksu: Može li Bog napraviti kamen tako težak da ga ne može podići? Ali pomisao da bi Bog mogao mijenjati svoje mišljenje je primjer zablude, na-

glasio je Sv. August, zamišljajući Boga kao biće postojeće u vremenu: vrijeme je svojstvo samo svemira kojeg je Bog stvorio. Po svoj prilici, On znaše što je namjeravao kad ga je uređivao!

Pojavom kvantne mehanike otkrismo da se događaji ne mogu nikad predvidjeti potpunom točnošću već da uvijek postoji neki stupanj neodređenosti. Ako se nekome tako sviđa, može ovu nasumičnost pripisati Božjem utjecaju, ali to bi bila vrlo čudna vrsta utjecaja: nije očito da je usmjerena prema nekoj svrhi. Međutim, ako i je, to po definiciji ne bi bila nasumičnost. U suvremeno doba, mi smo valjano odstranili onu treću od spomenutih mogućnost i to tako što smo nanovo odredili cilj znanosti: naš je cilj sustavno prikazati skup zakona koji nam omogućuju pretkazati događaje samo do granice postavljene načelom neodređenosti.

Druga mogućnost, ona da imamo beskrajn slijed sve poboljšanih i poboljšanih teorija, zasad je u suglasju s našim iskustvom. U više navrata smo povećali osjetljivost naših mjerenja ili nam je uspjelo otvoriti novi promatrački prozor, otkrivši pritom nove pojave koje nisu bile pretkazane postojećim teorijama, a da bismo i njih obuhvatili morali smo razviti naprednije teorije. Ne bi stoga predstavljalo veliko iznenađenje ako je sadašnja generacija velikih jedinstvenih teorija učinila pogrešku tvrdeći da se ništa bitno novoga neće događati između energije elektroslabog ujedinjenja od oko 100 GeV i energije velikog ujedinjenja od oko milijun milijardi GeV. Morali bismo ipak očekivati nalaženje više novih slojeva građe temeljnijih od kvarkova i elektrona, koje sada smatramo "elementarnim" česticama.

Ipak, čini nam se da gravitacija može postaviti granicu tom slijedu "kutija unutar kutija" teorija. Kad bi postojala čestica energije iznad onog što se zove Planckova energija, deset milijardi milijardi GeV (1 iza kojeg slijedi 19 ničtica), njena masa bi bila tako koncentrirana da bi se sama izrezala iz ostatka svemira i tvorila malu crnu jamu. Čini se prema tome da bi slijed sve poboljšanih i poboljšanih teorija naišao na

neku granicu, kako idemo ka sve višim i višim energijama, te da bi stoga mogli imati neku konačnu teoriju svemira. Daka-ko, od stotinjak GeV, što je najveća energija koju možemo proizvesti u sadašnje vrijeme u laboratorijima, još je vrlo da-lek put do Planckove energije. Taj razmak nećemo premostiti s ubrzivačima čestica ni u predvidivoj budućnosti! Međutim, vrlo rana stanja svemira su arena u kojoj su se takve energije morale događati. Mislim kako su dobri izgledi da će nas proučavanje ranog svemira i uvjeti matematičkog slaganja vo-diti do potpune jedinstvene teorije još za vrijeme životnog vijeka nekih od nas koji sada živimo, uvijek uz pretpostavku da se sami prije toga ne uništimo.

Što bi to značilo kad bismo zaista otkrili konačnu teoriju svemira? Kako smo objasnili u poglavlju 1, ne bismo nikad mogli biti posve sigurni da smo doista našli ispravnu teoriju, sve dok teorije ne mogu biti dokazane. Ali ako bi teorija bila matematički dosljedna i uvijek davala predviđanja koja bi se slagala s promatranjima, mogli bismo biti prihvatljivo uvjere-ni da je to ona prava. Time bi stigao kraju dug i slavan put u povijesti ljudskog intelektualnog napora prema razumijevanju svijeta. Ali to bi također iz temelja poboljšalo razumijevanje zakona po kojima se vlada svemir i kod nestručnjaka. U New-tonovo vrijeme, školovan čovjek mogao je obuhvatiti i shvatiti čitavo tadašnje znanje čovječanstva, barem u glavnim crtama. Ali od tada, razvoj znanosti je takav da današnji školovan čovjek to više nije u stanju. Budući da su se teorije stalno mijenjale da bi objasnile nove promatračke činjenice, nisu ni-kad do kraja uređene ni pojednostavnjeno prikazane tako da ih može shvatiti običan čovjek nestručnjak. Morate biti spe-cijalist, pa čak i u tom slučaju možete se samo nadati da ćete točno shvatiti tek mali dio znanstvenih teorija. Osim toga, tempo napretka je tako brz da je ono što se uči u školi ili na sveučilištu već je zastarjelo. Samo vrlo mali broj ljudi može držati korak s brzo napredujućom granicom znanja, a i ti mu moraju posvetiti svoje puno vrijeme i specijalizirati se za uska područja. Ostatak čovječanstva ima tek nejasnu, ako i ikakvu,

sliku o rezultatima koji se postižu i uzbuđenjima koja ona stvaraju. Prije sedamdeset godina, ako je vjerovati Eddingtonu, samo dva čovjeka su razumjela opću teoriju relativnosti. U današnje vrijeme deseci tisuća studenata je znaju, a milijuni ljudi poznaju barem osnovne zasade teorije. Kad bi se utemeljila potpuna jedinstvena teorija, bilo bi samo pitanje vremena dok se ona dovoljno ne bi sredila i pojednostavnila za ulazak u školski program, barem u osnovnim crtama. Svi bi ljudi tada mogli dobiti neku razumljivu sliku zakona kojima se pokorava svemir i kojima dugujemo naše postojanje.

Čak i ako dobijemo potpunu jedinstvenu teoriju, to ne bi značilo da bismo bili u stanju predvidjeti događaje općenito, i to zbog dva razloga. Prvi je ograničenje što ga na naše moći predviđanja postavlja načelo neodređenosti kvantne mehanike. Nema ničeg što bismo mogli učiniti da ga zaobiđemo. Međutim, u stvarnosti je ovo ograničenje manje ograničavajuće od jednog drugog. Ono proizlazi iz činjenice da ne možemo riješiti jednadžbe teorije, osim u vrlo jednostavnim slučajevima. (Ne možemo riješiti točno čak ni jednadžbe za gibanje tri tijela u Newtonovoj teoriji gravitacije, a poteškoće još i dalje rastu s brojem uključenih tijela i sa složenošću teorije.) Mi već znamo zakone po kojima se ponaša materija pod svim osim pod najekstremnijim uvjetima. Posebno, znamo temeljne zakone kojima podliježe cjelokupna kemija i biologija. Pa ipak, problemi na koje nailaze ljudi u tim znanostima nisu svi riješeni; dosad smo polučili malo uspjeha u predviđanju ljudskog ponašanja na temelju matematičkih jednadžbi! Stoga, kada i ako nađemo potpuni skup temeljnih zakona, još uvijek će u godinama koje dolaze biti za intelekt izazovnih zadataka na razvijanju metoda približnih rješenja, kako bismo mogli postići iskoristiva predviđanja mogućih ishoda u vrlo složenim i stvarnim situacijama. Potpuna, dosljedna, jedinstvena teorija samo je prvi korak: naš je cilj potpuno *razumijevanje* događaja oko nas i samog našeg postojanja.