

# STIVEN HOKING



**CRNE RUPE  
I  
BEBE-VASELJENE**

**Hoking Stiven**

# **CRNE RUPE I BEBE VASELJENE**

Prevod: Živković Zoran

Hawking Stephen BLACK HOLES AND BABY UNIVERSES, 1993.



SFINGA  
1995.

## PREDGOVOR

Ova knjiga sadrži zbirku tekstova koje sam napisao u razdoblju između 1976. i 1992. godine. Oni se kreću u rasponu od autobiografskih skica, preko filosofije nauke, do pokušaja da se objasni uzbuđenje koje osećam kada su u pitanju nauka i Vaseljena. Knjiga se okončava prepisom tonskog dela emisije Ploče za pusto ostrvo u kojoj sam učestvovao. Posredi je osobena britanska emisija u kojoj se od gosta traži da zamisli sebe kao osobu koja se obrela na pustom ostrvu, imajući prethodno priliku da ponese osam ploča koje bi joj pomogle da prekrati vreme dok ne stignu spasioci. Srećom, ja nisam morao predugo da čekam da bih se vratio u civilizaciju.

Budući da su tekstovi sakupljeni u ovoj knjizi pisani tokom razdoblja od šesnaest godina, oni odražavaju nivo mog znanja iz odgovarajućeg doba, za koji se nadam da je porastao sa protokom godina. Bilo je stoga neophodno da uz svaki tekst pružim obaveštenje o vremenu i prigodi nastanka. Kako je zamišljeno da svi oni budu samostalne celine, neizbežno se javilo izvesno ponavljanje. Ja sam to pokušao da svedem na najmanju meru, ali ono se donekle ipak zadržalo.

Jedan broj tekstova iz ove knjige prvobitno je bio predviđen da se pročita. Glas mi je s vremenom postajao sve nerazgovetniji, tako da sam predavanja i seminare morao da držim posredstvom drugih ljudi, obično mojih studenata-istraživača koji su me mogli razumeti ili koji bi pročitali tekst što sam ga ja napisao. Godine 1985, međutim, bio sam podvrgnut operaciji kojom je potpuno uklonjena moja sposobnost govora. Neko vreme potom bio sam sasvim lišen mogućnosti opštenja. Konačno sam pribavio naročiti kompjuterski sistem i izuzetno dobar sintesajzer govora. Na vlastito iznenađenje, ustanovio sam da sam u stanju da budem prilično uspešan govornik pred velikim auditorijumom. Ja inače uživam u tome da objašnjavam nauku i da odgovaram na pitanja. Sigurno je da mi predstoji još mnogo da naučim kako da to što bolje radim, ali nadam se da napredujem. Pročitavši ove stranice, vi ćete već prosuditi koliki je taj napredak.

Ne slažem se sa gledištem da Vaseljena predstavlja tajnu, nešto što se može samo naslutiti, ali nikada u potpunosti povrći analizi ili razumeti. Smatram da se ovakvim stanovištem čini nepravda prema naučnoj revoluciji koju je pre skoro četiri stotine godina otpočeo Galilej, a nastavio Njutn. Oni su pokazali da se bar neka područja Vaseljene ne ponašaju na proizvoljan način, već da njima vladaju precizni matematički zakoni. Tokom godina koje su prošle od tada, mi smo proširili delo Galileja i Njutna na gotovo sva područja Vaseljene. Ustanovili smo matematičke zakone koji upravljaju svime u okviru našeg normalnog iskustva. Mera našeg uspeha jeste i to što smo sada u prilici da uložimo milijarde dolara u izgradnju džinovskih mašina kojima se čestice ubrzavaju do tako visokih energija da uopšte još ne znamo šta će se dogoditi prilikom njihovih sudaranja. Ove veoma visoke energije čestica ne javljaju se u normalnim prilikama na Zemlji, tako da može izgledati akademski i suvišno trošiti velike svote na njihovo izučavanje. Ali one su postojale u ranoj Vaseljeni, tako da moramo ustanoviti šta se zbiva sa tim energijama ako želimo da dokučimo kako smo mi i Vaseljena počeli.

Još ima mnogo stvari koje ne znamo ili ne razumemo o Vaseljeni. Ali izuzetan napredak koji smo ostvarili, naročito u poslednjih stotinu godina, trebalo bi da nas učvrsti u uverenju da potpuno razumevanje možda nije izvan našeg domašaja. Možda nećemo biti osuđeni da doveka pipamo u mraku. Nije isključeno da ćemo jednoga dana postaviti celovitu teoriju Vaseljene. U tom slučaju, uistinu ćemo postati Gospodari Vaseljene. *Igra reči: Hoking koristi naziv 'Masters of the Universe', asocirajući na popularne junake dečjeg filma i stripa istog naziva - prim. prev.*

Naučni članci u ovoj knjizi napisani su u uverenju da Vaseljenom vlada poredak koji trenutno možemo delimično da razaberemo, a koji u potpunosti možemo dokučiti u ne tako dalekoj budućnosti. Može se dogoditi da je ova nada puka opsena; možda konačna teorija uopšte ne postoji, pa čak i ako postoji, mi je možda nećemo otkriti. Ali svakako je bolje stremiti ka potpunom razumevanju nego očajavati zbog ograničenosti ljudskog uma.

Stiven Hoking  
31. mart 1993.

## 1. DETINJSTVO

*Ovaj i naredni esej temelje se na govoru koji sam održao u Međunarodnom društvu za borbu protiv motoričke neuronske bolesti, u Cirihu, septembra 1987, a dopunjeni su građom koju sam napisao avgusta 1991.*

Rođen sam 8. januara 1942, tačno tri stotine godina posle Galilejeve smrti. Procenjujem, međutim, da se toga dana rodilo još oko dve stotine hiljada drugih beba. Rođen sam u Oksfordu, iako su moji roditelji živeli u Londonu. Bilo je to stoga što je Oksford predstavljao zgodno mesto da čovek dođe na svet tokom Drugog svetskog rata: Nemci su, naime, pristali da ne bombarduju Oksford i Kembridž, dok su se Britanci zauzvrat saglasili da ne bombarduju Hajdelberg i Getingen. Prava je šteta što se ovaj civilizovani dogovor nije mogao proširiti na više gradova.

Moj otac poticao je iz Jorkšira. Njegov otac, moj deda, bio je imućni ratar. Nakupovao je previše imanja i bankrotirao tokom poljoprivredne depresije početkom ovog stoleća. Ovo je prilično pogodilo roditelje mog oca, ali oni su ipak uspeali da ga pošalju na Oksford, gde je studirao medicinu. Odabravši izučavanje tropske medicine, uputio se u istočnu Afriku 1937. Kada je počeo rat, prešao je pola crnog kontinenta da bi se na Sredozemlju ukrcao u brod za Englesku, gde se dobrovoljno javio u vojnu službu. Rečeno mu je, međutim, da će biti korisniji u medicinskim istraživanjima.

Majka mi je rođena u Glazgovu, u Škotskoj, kao drugo od sedmoro dece u lekarskoj porodici. Porodica se preselila na jug, u Devon, kada joj je bilo dvanaest godina. Kao ni očeva porodica, ni majčina nije dobro stajala, ali su ipak takođe uspeali da je pošalju na Oksford. Posle Oksforda, bavila se raznim poslovima; bila je čak i poreski inspektor, ali to joj se nije dopalo. Napustila je tu službu i postala sekretarica. Tako je i upoznala mog oca na početku rata.

Živeli su na Hajgejtu, u severnom Londonu. Moja sestra Meri rođena je

osamnaest meseci posle mene. Pričali su mi da se nisam obradovao njenom dolasku. Tokom celog detinjstva, među nama je postojala napetost, podsticana malom razlikom u godinama. Kada smo odrasli, međutim, ove napetosti je nestalo i mi smo otišli na različite strane. Ona je postala lekar, na očevo zadovoljstvo. Moja mlađa sestra, Filipa, rođena je kada mi je bilo skoro pet godina i kada sam već mogao da shvatam ono što se događa. Sećam se da sam se radovao njenom dolasku kako bi nas bilo troje da se igramo. Bila je veoma bistro dete. Uvek sam uvažavao njen sud i njeno mišljenje. Moj brat Edvard rođen je znatno kasnije, kada mi je bilo četrnaest godina, tako da on uopšte nije pripadao svetlu mog detinjstva. Veoma se razlikovao od nas troje, ne naginjujući nimalo nauci i intelektualnim stvarima. Bilo je to verovatno dobro po nas. Kao dete, bio je prilično težak, ali čovek nije mogao da ga ne voli.

Ono čega se najranije sećam jeste to kako stojim u jaslicama u Bajron Hauzu, na Hajgejtu, i ne prestajem da plačem. Svuda oko mene deca su se igrala igračkama koje su mi izgledale čarobno, ali meni su bile samo dve i po godine i ovo je bilo prvi put da sam ostavljen sa ljudima koje ne poznajem. Mislim da je moje roditelje prilično iznenadila ovakva reakcija, zato što sam im ja bio prvo dete, a držali su se udžbenika o podizanju potomstva u kome je stajalo da deca treba da počnu sa uspostavljanjem društvenih odnosa već sa dve godine. Posle tog groznog jutra, povukli su me iz Bajron Hauza, u koji sam se vratio tek godinu i po kasnije.

U to vreme, tokom rata i neposredno posle njega, Hajgejt je bio područje gde je živelo puno naučnika i ljudi sa univerziteta. U nekoj drugoj zemlji, njih bi nazivali intelektualcima, ali Englezi nikada nisu priznavali da imaju intelektualce. Svi ti roditelji slali su svoju decu u školu Bajron Hauz, koja je za ta vremena bila veoma napredna. Sećam se da sam se požalio roditeljima da me tamo ničemu ne uče. U školi nisu imali poverenja u ono što je predstavljalo prihvaćen način podučavanja. Umesto toga, trebalo je da naučite da čitate, ne shvatajući uopšte da vas nečemu uče. Na kraju sam naučio da čitam, ali tek pošto sam duboko zašao u osmu godinu. Moja sestra Filipa naučila je da čita na uobičajeniji način i to već sa četiri godine. Doduše, ona je uvek bila bistrija od mene.

Živeli smo u visokoj i uskoj viktorijanskoj zgradi koju su moji roditelji

kupili veoma jeftino tokom rata, kada su svi smatrali da će London biti bombardovanjem sraunjen sa zemljom. I odista, jedna raketa 'fau-2' pala je samo nekoliko kuća od nas. Izbivao sam tada iz kuće sa majkom i sestrom, ali se u njoj nalazio moj otac. Srećom, nije bio povređen, a ni kuća nije bila mnogo oštećena. Godinama posle toga, u blizini je zjapio krater koji je napravila ta bomba; igrao sam se u njemu sa mojim prijateljem Hauardom, koji je živeo tri kuće dalje na drugu stranu. Hauard je predstavljao otkrovenje za mene, zato što njegovi roditelji nisu bili intelektualci kao roditelji sve ostale dece koju sam poznavao. Išao je u opštinsku školu, a ne u Bajron Hauz, i znao je sve o fudbalu i boksu - sportovima za koje se moji roditelji ni u snu ne bi zanimali.

Među moje najranije uspomene spada i ona o dobijanju prvog voza. Igračke nisu proizvođene tokom rata, bar ne za domaće tržište. Ali mene su silno privlačili modeli vozova. Otac je pokušao da mi napravi voz od drveta, ali to me nije zadovoljilo, zato što sam želeo nešto što radi. Otac je uspeo da nabavi jedan polovni vozić na navijanje, opravio ga pomoću lemilice i poklonio mi ga za Božić kada sam imao skoro tri godine. Voz nije naročito dobro radio. Ali otac je otišao za Ameriku odmah posle rata, a kada se vratio brodom Kvin Meri, doneo je majci neke stvari od najlona koje se nisu mogle nabaviti u Britaniji u to vreme. Meri je dobila lutku koja je zatvarala oči kada biste je položili. Za mene je stigao američki voz, čija je lokomotiva imala plug pred sobom, dok su šine išle u obliku broja osam. Još se sećam oduševljenja koje sam doživeo kada sam otvorio kutiju.

Vozovima na navijanje ništa nije falilo, ali ono što sam ja stvarno želeo bio je električni voz. Sate sam provodio posmatrajući izloženi model u Železničkom klubu u Krauč Endu, blizu Hajgejta. Maštao sam o električnim vozovima. Konačno, kada su jednom prilikom moji roditelji bili negde odsutni, iskoristio sam priliku da iz poštanske štedionice podignem sav svoj skromni kapital koji su mi ljudi davali u posebnim prilikama kao što je, na primer, krštenje. Ovim novcem sam kupio električni voz, ali, na moju osujećenost, on nije dobro radio. Danas znamo za prava potrošača. Trebalo je da vratim voz i da zahtevam da mi ga radnja ili proizvođač zamene, ali u to vreme smatralo se da je povlastica kupiti nešto, a ako to ne bi bilo ispravno, onda naprosto niste imali sreće. I tako sam platio opravku elektromotora

lokomotive, ali voz ipak nikada nije proradio kako treba.

Kasnije, kao omladinac, pravio sam modele aviona i brodova. Nikada nisam bio umešan u ručnom radu, ali ovo sam radio sa mojim školskim drugom Džonom Mek Klenahenom, koji je bio znatno umešniji i čiji je otac držao radionicu u kući. Namera mi je stalno bila da pravim modele koji bi radili i koje bih mogao da kontrolišem. Bilo mi je svejedno kako izgledaju. Mislim da me je isti poriv nagnao da izumim niz veoma složenih igara sa jednim drugim školskim drugom, Rodžerom Fernejhjuom. Napravili smo jednu 'proizvođačku igru', sa fabrikama u kojima su pravljene proizvodi različitih boja, sa putevima i kolosecima kojima su bivali prevoženi, a bila je tu i berza. Smislili smo i 'ratnu igru' koja se igrala na ploči od četiri hiljade kvadratića, pa čak i 'feudalnu igru' u kojoj je svaki igrač predstavljao čitavu dinastiju sa rodoslovom. Mislim da su ove igre, kao i vozovi, brodovi i avioni, poticali iz potrebe da se dokuči kako stvari rade i da se one stave pod kontrolu. U vreme kada sam počeo rad na doktoratu, ovu potrebu zadovoljavalo je istraživanje u oblasti kosmologije. Ako dokučite kako Vaseljena deluje, vi je na neki način kontrolišete.

Godine 1950, očevo radno mesto premešteno je iz Hempsteda, blizu Hajgejta, u novopodignuti Nacionalni institut za medicinska istraživanja u Mil Hilu, na severnom kraju Londona. Umesto da se kroz grad putuje iz Hajgejta, izgledalo je razumnije iseliti se iz Londona, a onda putovati u grad. Tako su moji roditelji kupili kuću u varoši Sent Olbans, središtu biskupije, desetak milja severno od Mil Hila, odnosno dvadeset milja severno od središta Londona. Bila je to velika viktorijanska kuća koja se odlikovala elegantnošću i karakterom. Roditelji mi nisu dobro stajali kada su je kupili, a i valjalo je obaviti mnogo radova pre no što smo se mogli useliti. Kao pravi Jorkširac, moj otac je posle toga odbijao da plaća bilo kakve nove popravke. Umesto toga, svojski se trudio da je sam održava i boji, ali bila je to velika kuća, a on nije bio baš najvičniji tim poslovima. Kuća je, međutim, bila stameno sazdana, tako da je izdržala ovaj nemar. Moji roditelji prodali su je 1985, u vreme očeve bolesti (on je umro 1986). Video sam je nedavno. Kako izgleda, nije mnogo rada u nju uloženo, ali ona ipak deluje uglavnom isto.

Kuća je bila predviđena za obitavanje porodice sa poslugom, a u sobi za serviranje nalazila se ploča sa zvoncima na kojoj su se oglašavali pozivi.



Razume se, mi nismo imali poslugu, ali moja prva spavaća soba bila je mala prostorija u obliku latiničnog slova 'L' koja prvobitno mora da je pripadala nekoj služavki. Zatražio sam da mi ona bude dodeljena na nagovor moje rođake Sare koja je bila nešto starija od mene i kojoj sam se silno divio. Kazala mi je da će tu biti baš zgodno za igru. Jedna od pogodnosti sobe bila je to što smo kroz prozor mogli da iziđemo na krov spremišta za bicikle, a odatle da se spustimo na zemlju.

Sara je bila kćer starije sestre moje majke, Dženet, koja je završila medicinu i udala se za jednog psihijatra. Oni su živeli u sličnoj kući u Harpendenu, selu pet milja dalje na sever, što je i bio jedan od razloga da se preselimo u Sent Olbans. Za mene je bilo veoma važno da se nađem blizu Sare i često sam autobusom odlazio u Harpenden. Sent Olbans se, inače, nalazi blizu ostataka starog rimskog grada Verulamijuma, koji je, uz London, predstavljao najznačajniju rimsku naseobinu u Britaniji. U srednjem veku, tu se nalazio najbogatiji manastir u Britaniji. Podignut je oko svetilišta svetog Albana, rimskog centuriona, o kome postoji predanje da je bio prva osoba u Britaniji pogubljena zbog hrišćanske vere. Sve što je ostalo od manastira jesu jedna veoma velika i prilično ružna crkva, kao i staro zdanje kapije - sada deo škole u Sent Olbansu, u koju sam docnije išao.

Sent Olbans je bio pomalo teško i konzervativno mesto u poređenju sa Hajgejtom ili Harpendenom. Moji roditelji tu nisu stekli prijatelje. Delimično je to bila i njihova krivica, pošto su se po prirodi držali izdvojeno, naročito moj otac. Ali dobrim delom je to bio odraz drugačije vrste populacije; sasvim je, naime, izvesno da se roditelji nijednog od mojih školskih drugova iz Sent Olbansa nisu mogli računati u intelektualce.

Na Hajgejtu, naša porodica se osećala prilično normalno, ali u Sent Olbansu su nas nesumnjivo držali za ekscentrike. Ovo viđenje osnaženo je ponašanjem mog oca koji nimalo nije držao do spoljašnjosti ako je to moglo da mu donese uštedu. Porodica mu je bila veoma siromašna kada je on bio mlad, što je na njega ostavilo trajan utisak. Teško mu je padalo da troši novac na vlastitu udobnost, čak i onda kada je, u poznijim godinama, to mogao sebi da dopusti. Odbio je da uvede centralno grejanje, iako je slabo podnosio hladnoću. Umesto toga, oblačio je po nekoliko džempera, kao i kućni ogrtač preko normalne odeće. Prema drugim ljudima bio je, međutim,

veoma velikodušan.

Tokom pedesetih godina smatrao je da nismo u prilici da nabavimo novi auto, pa je tako kupio jedan predratni londonski taksi, za koji smo on i ja podigli montažnu baraku kao garažu. Susede je ovo silno rasrdilo, ali nas nisu mogli sprečiti. Kao i većina dečaka, osećao sam potrebu da se prilagođavam sredini, tako da su me roditelji dovodili u nepriliku. Ali njih to nimalo nije brinulo.

Kada smo se doselili u Sent Olbans, upisali su me u devojačku školu, koju su - protivno njenom nazivu - pohađali i dečaci do uzrasta od deset godina. Pošto sam tu proveo jedno tromesečje, međutim, otac je krenuo na jedan od svojih pohoda u Afriku, na koje se zupućivao skoro svake godine; ovoga puta trebalo je da ostane na putu puna četiri meseca. Mojoj majci nije se dopalo što će toliko dugo ostati sama sa decom, pa je tako povelala mene i dve sestre u posetu svojoj školskoj drugarici Beril koja je bila udata za pesnika Roberta Grejvsa. Oni su živeli u selu Deja, na španskom ostrvu Majorci. Bilo je to samo pet godina posle rata i na vlasti se još nalazio španski diktator Fransisko Franko, koji je bio saveznik Hitlera i Musolinija. (U stvari, on je ostao na vlasti još pune dve decenije.) Uprkos ovoj okolnosti, moja majka, koja je bila član Lige mladih komunista pre rata, nije se ustezala da se sa troje dece zaputi brodom i vozom na Majorku. Iznajmili smo kuću u Deji i tu nam je bilo veoma lepo. Robertov sin Vilijem i ja imali smo istog privatnog učitelja. Čovek je bio Robertov štićenik i više ga je zanimalo da napiše dramu za edinburški festival nego da nas podučava. Naložio bi nam stoga da svakoga dana pročitao neki odlomak iz Biblije, a potom da napišemo sastav o tome. Zamisao je bila da tako naučimo lepotu engleskog jezika. Pre no što smo otišli odatle, proradili smo celo 'Postanje' i zašli u 'Izlazak' *Prve dve od pet 'Mojsijevih knjiga' - prim. prev.* Jedna od najvažnijih stvari koje sam tu naučio bila je da ne počnem rečenicu veznikom 'T'. Primetio sam, međutim, da mnoge rečenice u Bibliji počinju upravo sa 'T', ali mi je objašnjeno da se engleski promenio od vremena kralja Džejmisa. *Iz čijeg doba potiče današnji prevod Biblije na engleski jezik (izvorno je objavljen 1611.) - prim. prev.* Ali zašto nas onda, usprotivio sam se ja, teraju da čitamo Bibliju? No, moje protivljenje ispalo je uzaludno. Robert Grejvs bio je u to vreme veoma sklon simboličnosti i mističnosti Biblije.

Kada smo se vratili sa Majorke, proveo sam godinu dana u drugoj školi, a onda sam polagao ispit koji se nazivao 'jedanaest i više'. Bio je to, zapravo, test inteligencije; morala su ga položiti sva deca koja su želela da pohađaju državne škole. U međuvremenu se od toga odustalo, poglavito stoga što puno dece iz srednje klase nije uspelo da ga savlada, pa su slata u neakademske škole. Ali ja sam uvek bolje prolazio na testovima i ispitivanjima nego u ocenjivanju u redovnoj nastavi; položio sam 'jedanaest i više' i tako obezbedio besplatno mesto u školi u Sent Olbansu.

Kada mi je bilo trinaest godina, otac je pozeleo da se oprobam u Vestminsterskoj školi, jednoj od glavnih 'javnih' - što će reći, privatnih - škola. U to vreme postojala je oštra podela u obrazovanju koja je išla linijom što je razdvajala klase. Moj otac je smatrao da je to što je bio bez statusa i veza uslovljavalo da ga podređuju drugim ljudima koji su bili manje sposobni, ali su imali više mesto u društvu. Kako moji roditelji nisu bili imućni, trebalo je da se izborim za stipendiju. Bio sam, međutim, bolestan u vreme polaganja ispita za stipendiju, tako da je nisam dobio. Ostao sam stoga u školi u Sent Olbansu gde sam stekao obrazovanje koje je bilo podjednako dobro, ako ne i bolje od onoga koje bih dobio u Vestminsteru. Nikada nisam smatrao da mi to što nemam visoko mesto u društvu predstavlja neki nedostatak.

Englesko obrazovanje bilo je u to vreme veoma hijerarhijsko. Ne samo što su se škole delile na akademske i neakademske, nego su se i one akademske dalje delile u grupe A, B i C. Ova podela pogodovala je onima iz grupe A, ali ne i iz grupe B, dok je u grupi C već bilo sasvim loše. Ja sam dospeo u grupu A zahvaljujući rezultatima sa ispita 'jedanaest i više'. Ali posle prve godine, svi koji bi po uspehu bili ispod dvadesetog mesta u razredu prebacivani su u grupu B. Bio je to težak udarac njihovom samopouzdanju od koga se neki nikada nisu oporavili. Posle prva dva tromesečja u Sent Olbansu, bio sam dvadeset četvrti, odnosno dvadeset treći, ali zato sam posle trećeg zauzeo osamnaesto mesto, što mi je omogućilo da za dlaku ostanem u grupi A.

Uvek sam po uspehu bio negde u sredini razreda. (Razred je inače bio natprosečan.) Moji školski zadaci bili su neuredni, dok mi je rukopis bacao nastavnike u očaj. Ali drugovi iz razreda prozvali su me 'Ajnštajn', videći u

meni verovatno i nagoveštaje nečeg boljeg. Kada mi je bilo dvanaest godina, jedan od mojih prijatelja opkladio se sa drugim u vrećicu slatkiša da od mene nikada ništa neće ispasti. Ne znam šta je bilo sa ovom opkladom niti ko ju je dobio.

Imao sam šest ili sedam bliskih prijatelja, a sa većinom njih i dalje održavam vezu. Često smo vodili duge rasprave o svemu i svačemu, od modela koji se kontrolišu radio-vezom do religije i od parapsihologije do fizike. Jedna od stvari o kojoj smo razgovarali bio je nastanak Vaseljene, kao i to zbog čega je Bogu uopšte bilo potrebno da je stvori i stavi u dejstvo. Čuo sam o tome da se svetlost što stiže sa dalekih galaksija odlikuje pomakom ka crvenom kraju spektra, za šta se smatralo da ukazuje na širenje Vaseljene. (Pomak ka plavom kraju govorio bi o njenom sažimanju.) Ali bio sam uveren da mora postojati neki drugi razlog za crveni pomak. Možda se svetlost umori i sva zajapuri na putu do nas. U osnovi nepromenljiva i večna Vaseljena izgledala je nekako znatno prirodnija. Shvatio sam da nisam bio u pravu tek pošto sam proveo dve godine pripremajući doktorat.

Kada sam stigao u poslednja dva razreda škole, pozeleo sam da se specijalizujem u matematici i fizici. Imao sam veoma nadahnjujućeg nastavnika iz matematike, gospodina Tatu, a u školi je upravo podignut matematički kabinet u kome se nalazila stalna učionica matematičkog razreda. Ali moj otac se tome veoma protivio. Smatrao je da matematičari mogu da se zaposle jedino kao nastavnici. Njemu bi se najviše dopalo da sam se opredelio za medicinu, ali mene nije zanimala biologija koja mi je izgledala odveć opisna i ne dovoljno fundamentalna. Ona je uz to i uživala prilično nizak ugled u školi. Najpametniji momci posvećivali su se matematici i fizici, dok su oni manje bistri odlazili na biologiju. Otac je znao da ja neću odabrati biologiju, ali naveo me je da se okušam u hemiji i sasvim malo u matematici. Smatrao je da će na ovaj način moje naučne perspektive biti otvorene. Ja sam sada profesor matematike, ali nigde je formalno nisam učio od kad sam sa sedamnaest godina napustio školu u Sent Olbansu. Morao sam uz put da stičem znanja o njoj. Pratio sam studente u Kembridžu, odmakavši im uvek po nedelju dana na kursevima.

Moj otac se bavio istraživanjem tropskih bolesti, pa me je tako vodio u svoju laboratoriju u Mil Hilu. Uživao sam u tome, naročito kada bi mi se

pružila prilika da gledam kroz mikroskop. Takođe me je vodio u kuću sa insektima, gde je držao komarce zaražene tropskim bolestima. To me je onespokojavalo, zato što mi se činilo da je uvek na slobodi po nekoliko ovih insekata. On je bio veoma predan poslu i zaokupljen istraživanjem. Uvek je uzimao na svoja pleća više od drugih ljudi, zato što je smatrao da su oni tu ne zbog toga što su bolji od njega nego zbog društvenog položaja i veza. Često me je upozoravao na tu vrstu ljudi. Ali mislim da se u ovom pogledu fizika razlikuje od medicine. U njoj je svejedno koju si školu pohađao ili sa kim si u rođачkoj vezi. Računa se samo ono što postižeš.

Oduvek me je zanimalo kako stvari rade, pa sam ih tako rastavljao da bih to ustanovio, ali nisam bio baš tako umešan kada ih je trebalo ponovo sklopiti. Moje praktične sposobnosti nikada nisu bile na nivou mog teorijskog umeća. Otac je podsticao moje zanimanje za nauku, pa me je čak podučavao u matematici sve dok ga nisam nadrastao. Sa ovakvim obrazovanjem, kao i uz posao moga oca, izgledalo mi je prirodno da ću se baviti naučnim istraživanjem. U ranim godinama nisam pravio mnogo razlike između pojedinih nauka. Ali kada sam napunio trinaest ili četrnaest godina, znao sam da želim da se posvetim istraživanju na polju fizike, zato što je to bila najosnovnija od svih disciplina. Opredelio sam se za ovo uprkos okolnosti da je fizika bila najdosadniji predmet u školi, zato što mi je izgledala tako laka i očigledna. Hemija mi je delovala znatno zabavnije zato što su se u njoj zbivale neočekivane stvari, kao što su eksplozije. Ali fizika i astronomija nudile su nadu da ćemo jednom dokučiti odakle potičemo i zašto smo ovde. Želeo sam da doznam do najdaljih dubina Vaseljene. Možda sam to u maloj meri uspeo, ali svakako još ima puno toga što želim da doznam.

## 2. OKSFORD I KEMBRIDŽ

Moj otac veoma je držao do toga da odem na Oksford ili Kembridž. On je pohađao Univerzitetski koledž u Oksfordu, pa je bio mišljenja da i ja treba tu da se prijavim, zato što bih imao veće izgleda za upis. U to vreme, Univerzitetski koledž nije davao stipendije za matematiku, a to je bio dodatni razlog što je otac želeo da se upišem na hemiju: u prirodnim naukama, pre nego u matematici, mogao sam da računam na stipendiju.

Ostatak porodice otišao je u Indiju na godinu dana, a ja sam morao da ostanem kako bih položio završni ispit i upisao se na fakultet. Direktor moje škole smatrao je da sam premlad za Oksford, ali ja sam se u martu 1959. prijavio za ispit za stipendiju sa dvojicom mladića iz starijeg razreda u školi. Bio sam uveren da sam ga loše uradio, a moju potištenost samo je pojačala okolnost da su, tokom praktičnog dela ispita, fakultetski predavači prišli drugim ljudima i popričali sa njima, ali ne i sa mnom. A onda, nekoliko dana pošto sam se vratio sa Oksforda, stigao mi je telegram u kome sam izvešten da sam dobio stipendiju.

Bilo mi je sedamnaest godina, a većina studenata na mojoj godini već je odslužila vojsku i bila je znatno starija. Osećao sam se prilično usamljeno tokom prve godine, a delom i druge. Tek sam na trećoj postao zadovoljan. Preovlađujući stav na Oksfordu u to vreme bio je antirad. Svi su očekivali da budu blistavi studenti bez uloženog truda ili da prihvate vlastita ograničenja i diplomiraju sa jedva dovoljnim uspehom. Zagrejati stolicu kako bi se stekao što bolji uspeh smatrano je tada znamenjem 'sivog čoveka' - što je bio najgori epitet u oksfordskom rečniku.

U to vreme, kurs iz fizike na Oksfordu bio je tako upriličen da se rad sasvim lako mogao izbeći. Položio sam jedan ispit odmah na početku, a potom sam proveo tri godine na Oksfordu, da bih tek na kraju imao završne ispite. Jednom sam izračunao da sam tokom trogodišnjeg boravka tamo radio oko hiljadu časova, što u proseku iznosi po sat dnevno. Ne ponosim se ovim neradom. Samo opisujem svoj stav iz tog doba, koji su delile mnoge moje

kolege: stav potpunog dosađivanja i osećanje da baš ništa nije vredno truda. Jedna od posledica moje bolesti bilo je to da se ovo promenilo: kada se suočite sa mogućnošću rane smrti, onda shvatite da je život i te kako vredan i da postoji mnoštvo stvari koje želite da uradite.

Zbog premalo rada, planirao sam da se u okviru završnog ispita pozabavim problemima teorijske fizike, čime bih izbegao pitanja koja nalažu činjeničko znanje. Nisam oka sklopio noć uoči tog ispita zato što su mi živci bili prenapeti, pa sam tako slabije prošao. Bio sam negde na granici između najviše ocene i one ispod nje, pa sam morao da iziđem na usmeni ispit pred profesore kako bi konačno odlučili šta da mi daju. Tom prilikom su me pitali i o mojim planovima. Odgovorio sam im da nameravam da se posvetim istraživanjima. Ako mi daju najvišu ocenu, otići ću na Kembridž. Ako dobijem onu slabiju, ostaću na Oksfordu. Dali su mi najvišu ocenu.

Smatrao sam da postoje dva moguća područja teorijske fizike koja su temeljna i na kojima bih mogao da preduzmem istraživanja. Prvo je bila kosmologija, izučavanje veoma velikog. Drugo su bile elementarne čestice, proučavanje veoma malog. Učinilo mi se da su elementarne čestice manje privlačne zato što u to vreme nije postojala prikladna teorija o njima, iako su naučnici otkrivali mnogo novih. Sve što su uspevali da postignu bilo je da ih razvrstavaju u porodice, kao u botanici. U kosmologiji, nasuprot tome, postojala je jedna sasvim određena teorija - Ajnštajnova opšta teorija relativnosti.

Na Oksfordu se tada niko nije bavio kosmologijom, ali na Kembridžu je bio Fred Hojl, najvažniji britanski astronom tog vremena. Prijavio sam se stoga za doktorat kod Hojla. Moja prijava za istraživanje na Kembridžu bila je prihvaćena, pod uslovom da dođem sa najvišom ocenom, ali, na žalost, za mentora mi je dodeljen ne Hojl nego čovek po imenu Denis Skjama za koga nikada ranije nisam čuo. Na kraju se, međutim, ispostavilo da bolje nije ni moglo ispasti. Hojl je često izbivao iz zemlje, tako da ga ja ne bih puno viđao. Sa druge strane, Skjama se stalno nalazio tu i rad sa njim bio je veoma podsticajan, iako se počesto nisam slagao sa njegovim zamislima.

Budući da se nisam mnogo bavio matematikom ni u školi ni na Oksfordu, u početku mi je opšta relativnost bila veoma teška, tako da nisam puno napredovao. Takođe, tokom poslednje godine na Oksfordu, zapazio sam da

mi pokreti postaju nekako nespretni. Ubrzo pošto sam stigao na Kembridž, ustanovljeno je da bolujem od ALS-a, amiotrofičke lateralne skleroze, ili motoričke neuronske bolesti, kako se naziva u Engleskoj. (U Sjedinjenim Američkim Državama nazivaju je još Lu Gerigova bolest.) Lekari nisu mogli da mi obezbede izlečenje niti da mi pruže jemstvo da se bolest neće pogoršati.

U početku je izgledalo da bolest napreduje prilično brzo. Planirana istraživanja odjednom su izgubila smisao, budući da nisam očekivao da ću poživeti dovoljno dugo da završim doktorat. Kako je, međutim, vreme prolazilo, tok bolesti se sve više usporavao. Takođe sam počeo da shvatam opštu relativnost i da napredujem u radu. Ali ono što je uistinu odnelo prevagu bila je veridba sa devojkom po imenu Džejn Vajld, koju sam upoznao nekako u vreme kada je postavljena dijagnoza o ALS-u. To mi je pružilo razlog zbog koga je vredelo živeti.

Kako bismo se venčali, morao sam da nađem neki posao, a da bih našao posao, morao sam doktorat da privedem kraju. I tako sam počeo prvi put u životu da radim. Na moje iznenađenje, rad mi je prijao. Možda nije pošteno, doduše, nazvati to radom. Neko je jednom rekao: naučnici i prostitutke bivaju plaćeni za obavljanje onoga u čemu uživaju.

Konkurisao sam za istraživačku stipendiju na koledžu Gonvil i Kejs. Nadao sam se da će mi Džejn otkucati prijavu, ali kada mi je došla u posetu u Kembridž, ruka joj je bila u gipsu zato što ju je slomila. Moram priznati da nisam bio dovoljno uviđavan tim povodom. Bila je to, međutim, leva ruka, tako da je mogla da, po mom diktatu, napiše prijavu, a onda da je da nekome da je prekuca.

U prijavi sam morao da navedem imena dvojice naučnika koji su mogli da pruže preporuke o mom delu. Moj mentor je predložio da zamolim Hermana Bondija da bude jedan od njih. Bondi je tada bio profesor matematike na Kings koledžu u Londonu i važio je za stručnjaka za opštu relativnost. Sreli smo se prethodno u dva navrata, a on je predložio da se jedan moj tekst objavi u časopisu Proceedings of the Royal Society. Obratio sam mu se posle jednog predavanja koje je držao u Kembridžu; pogledao me je nekako neodređeno i odvratio da će mi dati preporuku. Očigledno me se nije sećao, jer kada mu je koledž zvanično zatražio preporuku, on je



odgovorio da nije čuo za mene. Danas toliko ljudi pokušava da dobije istraživačke stipendije na koledžima, da ako jedan od kandidatovih mogućih preporučilaca izjavi da ga ne poznaje, onda ovaj više nema nikakve izgleda. No, ono su bila mirnija vremena. Koledž me je pismom izvestio o neprijatnom odgovoru mog preporučioca, posle čega je moj mentor stupio u vezu sa Bondijem i osvežio mu pamćenje. Bondi mi je potom napisao preporuku koja je verovatno bila znatno bolja nego što sam je zasluživao. Dobio sam stipendiju i od tada sam neprekidno na koledžu Kejs.

Stipendija je značila da se Džejn i ja možemo venčati, što smo i učinili jula 1965. Proveli smo jednonedeljni medeni mesec u Safolku, jer to je bilo najviše što sam mogao sebi da dopustim. Potom smo otišli u letnju školu o opštoj relativnosti, koja je upriličena na univerzitetu Kornel, u državi Njujork. Bilo je to pogrešno. Odseli smo u spavaonici punoj parova sa bučnom malom decom, što je stvorilo priličnu napetost u našem braku. U drugim pogledima, međutim, letnja škola bila mi je veoma korisna zato što sam se tu upoznao sa mnogo vodećih ljudi u ovoj oblasti.

Zaključno sa 1970. godinom bavio sam se istraživanjima na polju kosmologije - izučavanjem makrosveta. Moj najznačajniji rad iz tog razdoblja odnosio se na singularnosti. Osmatranja dalekih galaksija ukazuju na to da se one udaljuju od nas: drugim rečima, Vaseljena se širi. Ovo znači da su se galaksije nalazile bliže jedna drugoj u prošlosti. Tim povodom javilo se pitanje: da li je postojao takav trenutak u prošlosti kada su sve galaksije bile zbijene ujedno, dok je gustina Vaseljene bila beskonačna? Ili je postojala prethodna faza sažimanja, u kojoj su galaksije uspele da izbegnu međusobno sudaranje. Možda su prohujale jedne pored drugih i potom nastavile da se razilaze. Da bi se odgovorilo na ova pitanja, bilo je neophodno razviti nove matematičke postupke. Njih smo poglavito usavršili Rodžer Penrouz i ja između 1965. i 1970. Penrouz je tada bio na koledžu Birkbek, u Londonu; sada je na Oksfordu. Primenili smo ove postupke da pokažemo kako je moralo postojati stanje beskrajne gustine u prošlosti ukoliko je tačna opšta teorija relativnosti.

Ovo stanje beskrajne gustine naziva se singularnost Velikog Praska. Odatle proishodi da nauka ne bi bila u stanju da predvidi kako je Vaseljena počela ako je opšta relativnost ispravna. Moji noviji radovi, međutim,

ukazuju na to da je moguće predvideti kako je Vaseljena počela ukoliko se uzme u obzir teorija kvantne fizike, teorija veoma malog.

Opšta relativnost takođe predviđa da će se masivne zvezde urušiti u same sebe pošto utroše svoje nuklearno gorivo. Penrouzovi i moji radovi pokazali su da bi se ovo urušavanje nastavilo sve dok se ne stigne do singularnosti beskrajne gustine. Ova singularnost bila bi ujedno i kraj vremena, bar za datu zvezdu i sve na njoj. Gravitaciono polje singularnosti bilo bi tako jako da čak ni svetlost ne bi uspela da se otisne iz područja oko njega, već bi je stalno vuklo natrag gravitaciono polje. Područje iz koga nije moguće otisnuti se naziva se 'crna rupa', a njegova granica 'horizont događaja'. Ma šta ili ma ko da prekorači horizont događaja i stupi u crnu rupu, iskusio bi kraj vremena u singularnosti.

Razmišljao sam o crnim rupama dok sam se spremao za početak jedne noći 1970, ubrzo po rođenju moje kćerke Lusi. Najednom mi je sinulo da se mnogi postupci koje smo Penrouz i ja razvili da dokažemo postojanje singularnosti mogu primeniti i na crne rupe. Na primer, područje horizonta događaja, granica crne rupe, ne može se smanjivati s protokom vremena. A kada se dve crne rupe sudare i sjedine u jedinstvenu rupu, područje horizonta ove nove rupe bilo bi veće od zbira područja horizonata dve prvobitne crne rupe. Ovim je postavljeno značajno ograničenje u pogledu količine energije koja se može odaslati prilikom sudara. Bio sam toliko uzbuđen da nisam mnogo spavao te noći.

Od 1970. do 1974. poglavito sam radio na crnim rupama. Ali 1974. došao sam do svog možda najneočekivanijeg otkrića: crne rupe nisu potpuno crne! Kada se u obzir uzme ponašanje materije u malim razmerama, čestice i zračenje mogu da procure iz crne rupe. Crna rupa emituje zračenje kao da je vrelo telo.

Od 1974. radim na tome da povežem opštu relativnost i kvantnu mehaniku u postojanu teoriju. Jedan od ishoda u ovom pogledu bila je pretpostavka koju sam 1983. izložio zajedno sa Džimom Hartlom sa Kalifornijskog univerziteta u Santa Barbari: vreme i prostor su konačni, ali nemaju granicu ili rub. Oni bi nalikovali površini Zemlje, ali sa dve dodatne dimenzije. Površina Zemlje je konačna, ali nema granica. Ni na jednom od mojih mnogih putovanja nisam uspeo da padnem sa ruba sveta. Ako je ova

pretpostavka tačna, onda nema singularnosti, a zakoni nauke svuda bi važili, računajući tu i početak Vaseljene. Način na koji bi Vaseljena počela bio bi određen zakonima nauke. Ja bih onda mogao da uspem u svojim nastojanjima da otkrijem kako je Vaseljena počela. Ali ne i zašto je počela.

### 3. MOJE ISKUSTVO SA ALS-om

*Govor održan na konferenciji Britanskog društva za borbu protiv motoričke neuronske bolesti, u Birminghamu, oktobra 1987.*

Često me pitaju: 'Kako se osećate kao žrtva ALS-a?' Odgovor glasi: 'Ne tako rđavo.' Pokušavam da vodim što je moguće normalniji život i da ne razmišljam puno o svom stanju, odnosno da ne žalim zbog stvari koje zbog bolesti nisam u stanju da radim, a kojih i nema tako mnogo.

Doživeo sam veliki šok kada je ustanovljeno da bolujem od motoričke neuronske bolesti. Kao dete nikada nisam imao valjanu fizičku koordinaciju. Nisam se isticao u igrama loptom, što je verovatno i bio razlog da nisam mnogo mario za sport ili fizičke aktivnosti. Ali stvari kao da su se promenile kada sam otišao na Oksford. Počeo sam da se bavim veslanjem i upravljanjem čamcem. Nisam baš uspeo da učestvujem u tri Oksford-Kembridž, ali sam stigao do međufakultetskog takmičenja.

Na trećoj godini u Oksfordu, međutim, zapazio sam da postajem nekako trapaviji, pa sam tako jednom ili dva puta pao bez nekog očiglednog razloga. No, tek kada sam naredne godine prešao na Kembridž, ove promene uočila je i moja majka i odvela me kod porodičnog lekara. On me je uputio specijalisti i ubrzo po mom dvadeset prvom rođendanu otišao sam u bolnicu da se izvrše pretrage. Ostao sam tamo dve sedmice tokom kojih sam bio podvrgnut mnoštvu raznovrsnih ispitivanja. Uzeli su mi uzorak mišićnog tkiva iz ruke, postavljali su elektrode na mene, ubrizgavali su mi neku radioaktivnu tečnost u kičmenu moždinu i posmatrali je kako se kreće gore-dole posredstvom rendgenskih zraka, dok su naginjali postelju na razne strane. Posle svega toga, nisu mi kazali od čega bolujem, već su rekli jedino to da posredi nije multipla skleroza i da predstavljam atipičan slučaj. Shvatio sam, međutim, da očekuju da se stvar pogoršava i da ne mogu ništa drugo preduzeti osim da mi daju vitamine. Bilo mi je jasno da od vitamina ne očekuju neki veći učinak. Ja baš nisam goreo od želje da doznam više pojedinosti, jer bilo je očigledno

da su one loše.

Uviđanje da bolujem od neizlečive bolesti sa verovatnim smrtnim ishodom kroz godinu-dve predstavljalo je pravi šok. Kako se nešto tako moglo baš meni dogoditi? Zar baš moram tako da skončam? Tokom boravka u bolnici, međutim, video sam kako je u krevetu do moga od leukemije umro jedan dečak koga sam površno poznao. Nije to bio prijatan prizor. Jasno je bilo da ima ljudi koji su u još težem stanju od mene. Zbog moje bolesti bar nisam trpeo bol. Kad god bih osetio sklonost ka samosažaljenju, setio bih se tog dečaka.

Ne znajući šta će biti sa mnom niti kojom će brzinom bolest napredovati, našao sam se u nedoumici šta mi valja činiti. Lekari su mi kazali da se vratim na Kembridž i nastavim upravo započeta istraživanja na polju opšte relativnosti i kosmologije. Ali nisam u ovom pogledu daleko odmakao zato što moje matematičko obrazovanje nije bilo dovoljno - a ionako se moglo dogoditi da ne poživim dovoljno dugo da završim doktorat. Osećao sam se pomalo kao tragični junak. Počeo sam da slušam Vagnera, ali novinski članci o tome da sam se potpuno odao piću predstavljali su preterivanje. Nevolja je bila u tome što su mnogi drugi preuzeli ovu tobožnju vest pošto je objavljena u jednom tekstu, zato što je zvučala kao zgodna priča. A sve što bi se toliko puta pojavilo u novinama moralo je biti tačno.

Moji snovi iz tog vremena bili su prilično uznemirujući. Pre no što je postavljena dijagnoza, vodio sam prilično dosadan život. Ništa mi nije izgledalo vredno truda. Ali ubrzo po izlasku iz bolnice, sanjao sam kako treba da budem pogubljen. Najednom sam shvatio da postoji mnoštvo vrednih stvari koje bih mogao uraditi ako bih bio pomilovan. U jednom drugom snu koji sam više puta sanjao, žrtvovao sam svoj život da bih spasao druge. Konačno, ako ću već ovako ili onako umreti, time bih bar učinio neko dobro delo.

Ali nisam umro. Štaviše, iako se nad mojom budućnošću nadvio crni oblak, sa iznenađenjem sam ustanovio da sada uživam u životu više nego ikada ranije. Počeo sam da napredujem u istraživanju, verio sam se i oženio, dobio sam istraživačku stipendiju na koledžu Kejs, u Kembridžu.

Stipendija na Kejsu rešila je problem moje nezaposlenosti. Imao sam sreće što sam odabrao da radim na polju teorijske fizike, jer to je bilo jedno

od retkih područja na kojima moje stanje ne predstavlja ozbiljan nedostatak. Isto tako, uporedo sa pogoršavanjem moje invalidnosti, naučni ugled mi je rastao. To je značilo da su ljudi spremni da mi ponude mesta na kojima bih se jedino bavio istraživanjima, bez obaveze da predajem.

Takođe smo imali sreće sa smeštajem. Kada smo se venčali, Džejn je još pohađala koledž Vestfild u Londonu, tako da je tamo morala da bude radnim danima u nedelji. Trebalo je stoga da nađemo takvo prebivalište gde bih ja mogao da budem samostalan i koje bi bilo smešteno negde u centru, zato što nisam mogao daleko da pešačim. Zamolio sam koledž za pomoć, ali mi je tadašnji blagajnik odgovorio da je politika koledža da ne pomažu studentima oko smeštaja. Prijavili smo se stoga za iznajmljivanje jednog stana iz skupine novih koji su upravo građeni blizu pijace. (Godinama kasnije, ustanovio sam da je vlasnik tih stanova koledž, ali to mi onda niko nije kazao.) Kada smo se vratili u Kembridž posle leta provedenog u Americi, međutim, ustanovili smo da stanovi još nisu gotovi. Kao veliku uslugu, blagajnik nam je ponudio jednu sobu u hostelu predviđenom za postdiplomce, rekavši pri tom: 'Obično naplaćujemo dvanaest šilinga i šest penija po sobi za noć. Kako će vas, međutim, u njoj biti dvoje, zakupnina će vas stajati dvadeset pet šilinga.'

Ostali smo tu samo tri noći. Onda smo pronašli jednu malu kuću na samo stotinak jardi od odeljenja mog univerziteta. Pripadala je drugom koledžu koji ju je iznajmio jednom od svojih studenata. On se, međutim, nedavno preselio u neku kuću u predgrađu, pa nam je izdao kućicu na tri meseca, koliko je još trajao njegov zakup. Tokom ta tri meseca, pronašli smo još jednu praznu kuću u istoj ulici. Sused je pozvao vlasnicu iz Dorseta i kazao joj da je to skandalozno što joj kuća zvrji prazna dok mladi ljudi traže smeštaj na sve strane, pa nam ju je ona tako izdala. Pošto smo tu proveli nekoliko godina, poželeli smo da je otkupimo i renoviramo, te smo od koledža zatražili hipoteku. Koledž je ispitao stvar i zaključio da mu se rizik ne isplati. Na kraju smo hipoteku dobili preko jednog građevinskog društva, a moji roditelji dali su nam novac za renoviranje.

Tu smo živeli četiri godine, sve dok meni nije postalo preteško da se penjem uz stepenice. U to vreme, u koledžu su me, izgleda, više uvažavali, a i promenio se blagajnik. Ponudili su nam stan u prizemlju u kući koja je bila njihovo vlasništvo. Smeštaj mi je veoma odgovarao, zato što su sobe bile

prostrane, a vrata široka. I mesto je bilo veoma pogodno, u samom centru, tako da sam lako stizao u električnim invalidskim kolicima do univerzitetskog odeljenja ili koledža. Dopalo se i našoj deci, njima trima, zato što je kuća bila okružena vrtom o kome se brinuo baštovan sa koledža.

Do 1974. mogao sam sam da se hranim i da se penjem na krevet, odnosno da silazim sa njega. Džejn je uspevala da pomaže meni, kao i da podigne dvoje naše dece bez spoljnje pomoći. Okolnosti su, međutim, potom postale teže, pa smo odlučili da sa nama živi neko od mojih studenata-istraživača. U zamenu za besplatan smeštaj i puno moje pažnje, oni bi mi pomagali oko ustajanja iz postelje i leganja u nju. Od 1980. godine angažovali smo državne i privatne bolničarke koje bi dolazile na sat ili dva ujutro i uveče. To je potrajalo sve dok nisam oboleo od upale pluća 1985. Morao sam da budem podvrgnut takozvanoj traheotomiji *Razrezivanje dušnika - prim. prev.* i od tada mi je bila potrebna dvadeset četvoročasovna nega, koju su mi omogućili prilozi iz više zadužbina.

Pre operacije, moj govor postajao je sve nerazgovetniji, tako da su me mogli razumeti jedino oni ljudi koji su me dobro poznavali. Ali bar sam sa njima mogao da opštim. Pisao sam naučne tekstove tako što bih ih diktirao sekretarici, a seminarska predavanja držao bih uz pomoć tumača koji bi jasnije ponavljao moje reči. Traheotomijom je, međutim, potpuno uklonjena moja sposobnost govora. Izvesno vreme, jedini način na koji sam mogao da opštim bio je da reči sričem slovo po slovo na taj način što bih podigao obrve kada bi neko pokazao pravo slovo na tabli sa abecedom. Prilično je teško ovako voditi razgovor, a kamoli pisati naučne tekstove. Srećom, jedan kompjuterski stručnjak iz Kalifornije po imenu Volt Voltos čuo je za moju muku i poslao mi je program pod nazivom 'Ekvilajzer', koji je sam napisao. Program mi je omogućio da biram reči iz niza menija na ekranu tako što bih pritiskao prekidač u ruci. Program se takođe mogao kontrolisati pokretima glave ili oka. Kada bih sastavio ono što želim da kažem, upućivao sam to sintesajzeru govora.

U početku je program 'Ekvilajzer' radio na jednom stonom kompjuteru. Onda je Dejvid Mejson, iz firme 'Cambridge Adaptive Communications', ugradio mali lični računar i sintesajzer govora u moja invalidska kolica. Na ovaj način mogao sam da opštim znatno bolje nego ranije. Uspevao sam da

sastavim do petnaest reči u minutu. Mogao sam bilo da izgovorim ono što sam napisao, bilo da to snimim na hard-disk. Snimak sam potom bio u prilici da ili odštampam ili pozovem iz memorije i izgovorim rečenicu po rečenicu. Uz pomoć ovog sistema napisao sam dve knjige i više naučnih tekstova. On mi je takođe omogućio da održim puno naučnih i popularnih predavanja. Sva su ona dobro primljena. Mislim da je to ponajpre zahvaljujući kvalitetu sintesajzera govora, koji je načinila firma 'Speech Plus'. Čovekov glas veoma je važan. Ako vam je glas nerazgovetan, ljudi će vas po svoj prilici držati za maloumnika. Ovaj sintesajzer je daleko najbolji od svih za koje sam čuo, zato što njime uspevate da menjate intonaciju, pa ne zvučite kao neki Dalek. *Junak popularne britanske TV serije 'Dr Hu' - prim. prev.* Jedina nevolja je to što sada imam američki naglasak. No, već sam se poistovetio sa tim glasom. Ne bih ga promenio čak ni onda kada bi mi ponudili pravi britanski glas. Osećao bih se kao da sam postao druga osoba.

Bolujem od motoričke neuronske bolesti praktično ceo svoj odrasli život. Ona me, međutim, nije osujetila u tome da imam veoma privlačnu porodicu i da budem uspešan u svom poslu. Ovo pre svega zahvaljujući pomoći koju mi pružaju supruga, deca i veliki broj drugih ljudi i organizacija. Imao sam sreće što mi je tok bolesti napredovao sporije nego što je inače slučaj. To pokazuje da čovek ne sme da izgubi nadu.



## 4. ODNOS JAVNOSTI PREMA NAUCI

*Govor održan u Ovijedu, u Španiji, oktobra 1989, prigodom uručenja nagrade 'Saglasje i sloga', koju dodjeljuje princ od Asturije. Tekst je ažuriran.*

Dopadalo nam se to ili ne, svet u kome živimo veoma se promenio u poslednjih sto godina, a sva je prilika da će se još više promeniti u narednih stotinu. Neki ljudi bi voleli da zaustave ove promene i da se vrate u jedno doba koje njima izgleda čistije i jednostavnije. Ali, kako nas istorija uči, prošlost nije bila tako divna. Život, doduše, nije bio baš rđav za povlašćenu manjinu, premda je i ona morala da se snalazi bez moderne medicine, dok je porođaj bio veoma rizičan za žene. Za veliku većinu ljudi, međutim, život je bio težak, grub i kratak.

U svakom slučaju, čak i kada bismo to želeli, ne bismo mogli da vratimo časovnik u neko ranije doba. Znanje i tehnike ne mogu se tek tako zaboraviti. Niti se u budućnosti može sprečiti dalji napredak. Čak i kada bi se obustavila sva vladina ulaganja u istraživanja (a sadašnja vlada na tome zdušno radi), sila konkurencije i dalje bi dovodila do napretka u tehnologiji. Štaviše, nikako se ne mogu sprečiti radoznali umovi da razmišljaju o temeljnim naukama, bili oni plaćeni za to ili ne. Jedini način da se spreči potonji razvoj bilo bi osnivanje globalne totalitarne države koja bi se borila protiv svega novog, ali ljudska preduzimljivost i domišljatost su takve da čak ni to ne bi uspelo. Time bi se jedino postiglo usporenje brzine promena.

Ako prihvatimo da ne možemo osujetiti nauku i tehnologiju u tome da menjaju svet, onda bar možemo pokušati da obezbedimo da promene koje one donose budu okrenute u dobrom pravcu. U jednom demokratskom društvu ovo znači da javnost treba da ima osnovnu upućenost u nauku, tako da može obavešteno da donosi odluke, a ne da ih prepusti stručnjacima. U ovom trenutku, javnost ima prilično dvoličan odnos prema nauci. Ona očekuje nastavak postojanog poboljšavanja standarda života, koji su

obezbedila nova otkrića u nauci i tehnologiji, ali je takođe nepoverljiva prema nauci zato što je ne razume. Ovo nepoverenje očigledno je u klišeu ludog naučnika koji u svojoj laboratoriji radi na pravljenju Frankenštajna. To je takođe važan činilac koji stoji iza podrške zelenim strankama. Ali javnost se takođe veoma zanima za nauku, posebno za astronomiju, kao što to pokazuje velika gledanost televizijskih serija kao što je Kosmos i velika popularnost naučne fantastike.

Šta se može preduzeti da se iskoristi ovo zanimanje i da se javnosti pruži odgovarajuća naučna upućenost kako bi mogla da donosi obaveštene odluke o predmetima kao što su kisele kiše, dejstvo staklene bašte, nuklearno naoružanje i genetski inženjering? Jasno, osnova mora počivati na onome što se uči u školama. Ali u školama se nauka često predstavlja na suvoparan i nezanimljiv način. Deca je uče da bi dobila prelaznu ocenu, ne uviđajući značaj koji ona ima u svetu što ih okružuje. Štaviše, nauka se poglavito predaje preko jednačina. Iako su jednačine sažet i tačan vid opisivanja matematičkih zamisli, one plaše većinu ljudi. Kada sam nedavno pisao jednu popularnu knjigu, ukazano mi je na to da će svaka jednačina koju navedem prepолоviti broj kupaca. Ipak sam uključio jednu jednačinu - poznato Ajnštajново  $E = mc^2$ . Možda bih bez nje prodao dvostruko više primeraka.

Naučnici i inženjeri izražavaju svoje zamisli u obliku jednačina, zato što je potrebno da znaju tačnu vrednost kvantiteta. Ali za nas ostale dovoljno je kvalitativno razumevanje naučnih zamisli, a to se može predočiti rečima i dijagramima, bez uvođenja jednačina.

Nauka o kojoj ljudi uče u školi može da pruži osnovni okvir. Ali brzina naučnog napretka sada je tako velika da uvek ima novih dostignuća koja su se zbila pošto ste završili školu ili fakultet. U školi uopšte nisam učio o molekularnoj biologiji ili tranzistorima, a genetski inženjering i kompjuteri predstavljaju oblasti za koje je najverovatnije da će u najvećoj meri uticati na naš budući život. Knjige i časopisi koji se bave popularizacijom nauke doprinose tome da budemo u toku sa novim razvojem, ali čak i najuspešnije naučnopopularnu knjigu pročita samo mali deo populacije. Jedino televizija može da obezbedi uistinu masovnu publiku. Na televiziji ima stvarno dobrih emisija o nauci, ali u drugim programima naučna čudesa predstavljaju se naprosto kao čarobnjaštvo, bez objašnjavanja ili pokazivanja kako se ona

uklapaju u okvire naučnih zamisli. Urednici naučnih programa na televiziji treba da shvata da je na njima odgovornost da obrazuju javnost, a ne samo da je zabavljaju.

Koje su naučne teme koje javnost treba da ima u vidu kako bi pozvano mogla da donosi odluke u bliskoj budućnosti? Najneodložnija među njima jeste ona koja se odnosi na nuklearno naoružanje. Ostali globalni problemi, kao što su zalihe hrane ili dejstvo staklene bašte, srazmerno su sporohodni, ali nuklearni rat može da donese okončanje svekolikog ljudskog života na Zemlji u roku od svega nekoliko dana. Popuštanje napetosti između Istoka i Zapada, do čega je došlo svršetkom hladnog rata, dovelo je do toga da strah od nuklearnog rata bude potisnut u svesti javnosti. Ali opasnost je i dalje prisutna sve dok bude postojalo dovoljno oružja da se satre populacija koja višestruko premaša onu što danas postoji na svetu. U državama bivšeg Sovjetskog Saveza i u Americi, nuklearna oružja i dalje su upravljena ka svim većim gradovima na severnoj polulopti. Da bi počeo globalni rat, dovoljna je i kompjuterska greška ili pobuna među onima koji upravljaju tim oružjem. Još više zabrinjava okolnost da sada i srazmerno male sile dolaze u posed nuklearnog oružja. Velike sile ponašale su se uglavnom na razuman način, ali ne može se imati isto poverenje u zemlje kao što su Libija ili Irak, Pakistan, pa čak i Azerbejdžan. Opasnost ne leži toliko u samom nuklearnom oružju koga te zemlje mogu uskoro da se domognu i koje bi bilo prilično jednostavno, iako se njime mogu pobiti milioni ljudi. Nevolja je pre u tome što bi u nuklearni rat između dve manje zemlje mogle biti uvučene velesile sa svojim ogromnim arsenalima.

Veoma je važno da javnost uvidi ovu opasnost i izvrši pritisak na sve vlade da se slože oko što obimnijeg razoružanja. Verovatno nije praktično potpuno ukloniti nuklearno naoružanje, ali svakako da možemo smanjiti opasnost tako što ćemo smanjiti broj bombi.

Čak i ako uspemo da izbegnemo nuklearni rat, postoje i druge opasnosti koje nas sve mogu uništiti. Postoji 'crnjak' o tome da je razlog što dosad nismo uspostavili kontakt ni sa jednom vanzemaljskom civilizacijom to što civilizacije ispoljavaju težnju ka samouništenju pošto dostignu naš stepen. Ja, međutim, imam dovoljno vere u zdrav razum javnosti i uveren sam da ćemo ovo demantovati.

## 5. KRATKA POVEST KRATKE POVESTI

*Ovaj ogled izvorno je objavljen decembra 1988. kao članak u listu Independent. Kratka povest vremena zadržala se na listi najbolje prodavanih knjiga The New York Timesa pune pedeset tri nedelje; u Britaniji, zaključno sa februarom 1993, bila je 205 nedelja na listi londonskog The Sunday Timesa. (Kada se navršilo 184 nedelje, ušla je u Ginisovu knjigu rekorda kao naslov koji je najduže bio na ovoj listi.) Broj prevedenih izdanja trenutno iznosi trideset tri.*

Još sam zapanjen prijemom koji je doživela moja knjiga Kratka povest vremena. Na listi najbolje prodavanih knjiga The New York Timesa bila je trideset sedam nedelja, dok je na listi londonskog The Sunday Timesa već dvadeset osam sedmica. (U Britaniji je kasnije objavljena nego u Sjedinjenim Američkim Državama.) Prevedena je na dvadeset jezika (na dvadeset jedan, zapravo, ako se računa i američki kao različit od engleskog). Ovo znatno prevazilazi moja očekivanja iz vremena kada sam, 1982, došao na zamisao da napišem naučnopopularnu knjigu o Vaseljenu. Namera mi je delimično bila da na taj način zaradim novac kojim bih platio kćerkinu školarinu. (U vreme kada se knjiga pojavila, ona je, međutim, već bila u poslednjem razredu.) Ali glavni razlog bilo je to što sam želeo da objasnim dokle smo stigli u našem razumevanju Vaseljene: koliko smo, možda, blizu postavljanju jedne celovite teorije koja bi opisala Vaseljenu i sve u njoj.

Ako je već trebalo da uložim vreme i trud u pisanje knjige, onda sam želeo da ona stigne do što većeg broja ljudi. Moje prethodne tehničke knjige objavila je izdavačka kuća 'Cambridge University Press'. Svoj posao obavila je veoma dobro, ali smatrao sam da ona nije baš najpogodnija za plasman na masovno tržište do koga mi je bilo stalo. Stupio sam stoga u vezu sa literarnim agentom Alom Cukermanom, koga sam upoznao kao zeta jednog mog kolege. Dao sam mu radnu verziju prvog poglavlja i objasnio sam mu da želim da to bude knjiga koja će se prodavati u aerodromskim knjižarama.

Kazao mi je da nema nikakvih izgleda da se to dogodi. Prođa može da bude dobra među akademskom i studentskom populacijom, ali knjiga ove vrste ne može se probiti na teritoriju Džefrija Arčera. *Savremeni pisac popularnih romana o engleskom visokom društvu - prim. prev.*

Dao sam Cukermanu radnu verziju knjige 1984. godine. On ju je poslao većem broju izdavača i preporučio mi da prihvatim ponudu 'Nortona', američkog izdavača okrenutog gornjim slojevima tržišta. Ali ja sam se opredelio za ponudu koju sam dobio od firme 'Bantam Books', zato što je ona bila usmerena na popularno tržište. Iako 'Bantam' nije bio specijalizovan za objavljivanje naučnih knjiga, njihova izdanja mogla su se u velikom broju naći u aerodromskim knjižarama. Oni su prihvatili moju knjigu ponajpre stoga što je posebno zanimanje za nju pokazao jedan od urednika, Piter Guzardi. On se veoma ozbiljno latio svog posla i ubedio me je da napišem novu verziju koja bi bila shvatljiva laicima poput njega. Svaki put kada bih mu poslao neko prerađeno poglavlje, on bi sačinio dug spisak primedbi i pitanja koja je želeo da razjasnim. Bilo je trenutaka kada mi se činilo da se ovo nikada neće završiti. Ali pokazalo se da je bio u pravu: na kraju smo dobili znatno bolju knjigu.

Ubrzo pošto sam prihvatio ponudu iz 'Bantama', razboleo sam se od upale pluća. Morao sam da budem podvrgnut traheotomiji, tako da sam ostao bez sposobnosti govora. Neko vreme mogao sam da opštim jedino podizanjem obrva kada bi mi neko pokazao odgovarajuće slovo na jednoj tabli. Privođenje kraju knjige uopšte ne bi bilo moguće da nisam dobio jedan naročiti kompjuterski program. On je, doduše, bio pomalo spor, ali i ja sporo razmišljam, tako da mi je baš odgovarao. Posredstvom ovog programa, gotovo sam potpuno preradio prvu verziju, odgovarajući na Guzardijeve podsticaje. Pri ovoj reviziji značajno mi je pomogao jedan moj student, Brajan Vit.

Veoma mi se dopala televizijska serija Džejkoba Bronovskog Uspon čoveka. (Ovakav seksistički naslov danas ne bi bio moguć.) *Izvorni naslov ove televizijske serije glasi The Ascent of Man; Hoking ima na umu dvostruki smisao reči 'Man', koja znači i 'čovek', ali i 'muškarac', tako da se u originalu naslov može razumeti i kao 'Uspon muškarca' - prim. prev.* Serija je predočavala podvig ljudske rase koja je za samo petnaest hiljada

godina prevalila uspon od primitivnih divljaka do našeg sadašnjeg nivoa. Ja sam želeo da predočim sličan podvig kojim je obeleženo naše napredovanje ka potpunom razumevanju zakona koji vladaju Vaseljenom. Bio sam uveren da gotovo svakoga zanima kako Vaseljena dejstvuje, ali većina ljudi nije u stanju da prati matematičke jednačine - pa čak ni ja ne marim mnogo za njih. To je delimično stoga što mi je teško da ih pišem, ali mislim da je glavni razlog okolnost da nemam intuitivno osećanje za jednačine. Naprotiv - ja razmišljam u slikama, a moj naum u knjizi bio je da rečima opišem te mentalne slike uz pomoć poznatih analogija i nekoliko dijagrama. Nadao sam se da će na ovaj način većina ljudi biti u stanju da podeli uzbuđenje i osećanje postignuća u vezi sa izuzetnim napretkom koji je ostvaren u fizici u poslednjih dvadeset pet godina.

No, čak i ako se izbegne matematika, neke zamisli veoma su neobične i teško ih je objasniti. Ovo me je suočilo sa sledećim problemom: treba li da pokušam da ih rastumačim i time da rizikujem da ljude dovedem u zabunu ili da naprosto pređem preko njih? Neke neobične predstave, kao što je činjenica da posmatrači koji se kreću različitim brzinama mere različita vremena između dva ista događaja, nisu bile od ključne važnosti za sliku koju sam želeo da predočim. Odlučio sam stoga da ih samo pomenem, ali da se ne udubljujem u stvar. Ali neke druge teške zamisli bile su veoma značajne za ono što sam hteo da kažem. Naročito su dve predstave morale biti uključene. Prva je takozvani zbir po istorijama. Posredi je zamisao o tome da ne postoji samo jedna istorija Vaseljene. Naprotiv, postoji skup svih mogućih istorija Vaseljene i sve one su podjednako stvarne (ma šta to značilo). Druga zamisao, koja je neophodna da bi se dobio matematički smisao zbira po istorijama, jeste 'imaginarno vreme'. Danas mi se čini da je trebalo da uložim dodatni napor kako bih potpunije objasnio ove dve veoma teške predstave, naročito imaginarno vreme, budući da je ono zadalo najviše glavobolje čitaocima knjige. No, nije zapravo nužno da se tačno razume šta je imaginarno vreme - dovoljno je uvideti da se ono razlikuje od onoga što nazivamo stvarno vreme.

Kada se primakao izlazak knjige iz štampe, jedan naučnik, kome je unapred poslat primerak radi prikaza u časopisu Nature, sa nevericom je ustanovio da je ona puna grešaka, sa fotografijama i dijagramima na

pogrešnom mestu i sa pogrešnim potpisima. Nazvao je 'Bantam', u kome su se takođe neprijatno iznenadili i istog dana doneli odluku da povuku i unište ceo odštampan tiraž. Potom su proveli tri pune nedelje ispravljajući i proveravajući celu knjigu i ona je stigla u knjižare u aprilu, u vreme predviđeno za objavljivanje. Tada je i časopis Time objavio veliki tekst o meni. No, urednike je ipak iznenadila potražnja za knjigom. Ona je već doživela sedamnaest izdanja u Americi i deset u Britaniji. *Zaključno sa aprilom 1993, bilo je četrdeset izdanja u tvrdom povezu i devetnaest u mekom u Sjedinjenim Američkim Državama, odnosno trideset devet u tvrdom povezu u Velikoj Britaniji.*

Zašto je toliko ljudi odlučilo da je kupi? Teško mi je da budem siguran da sam u ovom pogledu objektivan, pa ću se stoga osloniti na ono što su drugi rekli. Ustanovio sam da je većina prikaza, iako povoljna, ne odveć pronicljiva. Svi se oni drže iste formule: Stiven Hoking ima Lu Gerigovu bolest (u američkim prikazima), odnosno motoričku neuronsku bolest (u britanskim). Vezan je za invalidska kolica, ne može da govori, a u stanju je da pokreće samo x prstiju (ovo x varira od jedan do tri, već prema tome koji je netačan članak prikazivač pročitao o meni). Pa ipak, uspeo je da napiše ovu knjigu o najvećem od svih pitanja: 'Odakle potičemo i kuda idemo?' Odgovor koji Hoking nudi glasi da Vaseljena niti nastaje niti nestaje: ona naprosto jeste. Da bi iskazao ovu zamisao, Hoking uvodi predstavu o imaginarnom vremenu, koju ja (prikazivač) ne mogu baš lako da pojmem. Pa ipak, ako je Hoking u pravu i mi dođemo do celovite objedinjene teorije, onda ćemo uistinu prozreti Božji um. (U poslednjoj reviziji gotovo sam izbacio poslednju rečenicu u knjizi, koja je glasila da ćemo prozreti Božji um. Da sam to učinio, verovatno bi se prodaja prepolovila.)

Znatno pronicljiviji bio je, čini mi se, članak u londonskom listu The Independent, u kome je istaknuto da čak i jedna ozbiljna naučna knjiga, kakva je Kratka povest vremena, može da postane kultno delo. Moju suprugu je to užasnulo, ali ja sam bio polaskan poređenjem moje knjige sa delom Zen i veština održavanja motocikala. Nadam se da ona, baš kao i Zen, gradi u ljudima uverenje da ne moraju biti odvojeni od velikih intelektualnih i filozofskih pitanja.

Nema sumnje da je od koristi bila dirljiva priča o tome kako sam uspeo

da budem teorijski fizičar uprkos mojoj invalidnosti. Ali oni koji su knjigu kupili zarad dirljivosti verovatno su bili razočarani, jer se u njoj moje stanje pominje svega na dva-tri mesta. Knjiga je zamišljena kao povest Vaseljene, a ne kao povest Stivena Hokinga. Ova okolnost nije, međutim, osujetila pojavu optužbi da je 'Bantam' sramno iskoristio moju bolest, kao i da sam ja u tome učestvovao tako što sam dopustio da mi se slika pojavi na koricama. U stvari, ugovor mi nije dopuštao nikakvu kontrolu nad koricama. Uspeo sam, međutim, da ubedim ljude iz 'Bantama' da uzmu bolju fotografiju za britansko izdanje od one grozne i već zastarele koja se pojavila na američkom. No, 'Bantam' je odbio da promeni američke korice, tvrdeći da ih tamošnja publika sada poistovećuje sa knjigom.

Takođe je izložena pretpostavka da ljudi kupuju knjigu zato što su čitali prikaze o njoj ili zato što se ona nalazi na listi najbolje prodavanih dela, ali da je ne čitaju; oni je samo odlože na policu ili na stilski stočić, stičući tako poene time što je poseduju, a da pri tom ne moraju da ulože truda u to da je shvate. Svestan sam da mora biti i takvih primera, ali nisam uveren da ih ima više nego kod većine drugih ozbiljnih knjiga, računajući tu Bibliju i Šekspirova dela. Sa druge strane, pouzdano znam da ju je bar izvestan broj ljudi pročitao, zato što svakoga dana dobijam gomilu pisama o njoj; u mnogima od njih postavljaju se pitanja ili izlažu detaljne opaske iz kojih jasno proističe da je knjiga čitana, iako je možda nisu potpuno shvatili. Takođe me zaustavljaju neznanci na ulici, koji mi tvrde da su u knjizi silno uživali. Razume se, mene je lakše prepoznati i ja sam upadljiviji, ako već ne ugledniji, od većine drugih autora. Ali učestalost kojom dobijam ove javne čestitke (što izaziva silnu nelagodnost kod mog devetogodišnjeg sina) kao da ukazuje na to da bar jedan deo onih koji kupe moju knjigu takođe stigne da je pročita.

Ljudi me sad pitaju šta dalje nameravam. Teško da mogu napisati nastavak Kratke povesti vremena. Kakav bi bio naslov ovog dela? Duža povest vremena? S one strane kraja vremena? Sin vremena? Moj agent mi je predložio da dopustim snimanje filma o mom životu. Ali i članovi moje porodice i ja izgubili bismo samopoštovanje ako bismo pristali da glumimo sami sebe. Isto bi važno, premda u manjem obimu, ako bih se saglasio sa tim da neko napiše moju biografiju. Razume se, ne mogu sprečiti nekoga da



samostalno sačini takvu knjigu, sem ako ona ne bi bila klevetnička, ali pokušavam da sve zainteresovane odvratim izjavom da sam razmišljam o pisanju autobiografije. Možda ću to i učiniti. Ali ne žuri mi se. Ima puno naučnih stvari koje prethodno valja obaviti.

## 6. MOJ STAV

*Predavanje održano na koledžu Kejs maja 1992.*

Ovaj tekst ne govori o tome da li ja verujem u Boga. Umesto toga, preduzeću raspravu o mom pristupu razumevanju Vaseljene: kakav je status i smisao velike objedinjene teorije, 'teorije svega'. Ovde postoji jedan ozbiljan problem. Ljudi koji treba da proučavaju ovakva pitanja i da raspravljaju o njima, filosofi, uglavnom nemaju dovoljno matematičkog obrazovanja da prate moderne tokove teorijske fizike. Postoji, doduše, jedna podvrsta koja se naziva filosofi nauke i koja bi trebalo da je upućenija u stvar. Ali mnogi iz te skupine samo su neuspeli fizičari kojima je bilo preteško da smišljaju nove teorije, pa su tako preduzeli da pišu o filosofiji fizike. Oni i dalje raspravljaju o naučnim teorijama sa početka ovog stoleća, kao što su relativnost i kvantna mehanika, a nisu ni u kakvoj vezi sa sadašnjim graničnim područjima fizike.

Možda sam pomalo grub prema filosofima, ali ni oni nisu bili blagi prema meni. Moj pristup opisan je kao naivan i prostodušan, dok su mene opisivali kao nominalistu, instrumentalistu, pozitivistu, realistu ili već nekakvog 'istu'. Primenjena tehnika može se nazvati 'osporavanje ocrnjivanjem': ako se mom pristupu može prikačiti neka nalepnica, onda vas to oslobađa obaveze da objasnite šta u njemu nije u redu. Svakako da svi znaju za kobne pogreške svih tih 'izama'.

Ljudi koji uistinu grade napredak u teorijskoj fizici ne razmišljaju u kategorijama koje filosofi i istoričari nauke potom izmišljaju sa njih. Uveren sam da Ajnštajn, Hajzenberg i Dirak nisu marili za to da li su realisti ili instrumentalisti. Oni su naprosto bili zaokupljeni okolnošću da se postojeće teorije nisu međusobno valjano uklapale. U teorijskoj fizici, traganje za logičkom saglasnošću uvek je bilo važnije po napredovanje od ishoda opita. Elegantne i lepe teorije bivale su odbacivane zato što se nisu slagale sa posmatranjima, ali ne znam ni za jednu veliku teoriju koja je postavljena samo na osnovu opita. Uvek prvo dolazi teorija, koja proističe iz želje da se

načini elegantan i saglasan matematički model. Iz teorije potom slede predviđanja koja se onda mogu proveriti posmatranjem. Ako su posmatranja u saglasnosti sa predviđanjima, to još ne dokazuje teoriju; ali teorija opstaje da bi iz nje nikla nova predviđanja, koja se takođe proveravaju posredstvom posmatranja. Ukoliko ova nova posmatranje obesnažuju predviđanja, teorija biva napuštena.

Ili se bar očekuje da tako bude. U praksi, međutim, ljudi veoma nerado odustaju od teorije u koju su uložili mnogo vremena i truda. Obično počinju tako što dovode u pitanje tačnost posmatranja. Ako to ne urodi plodom, onda pokušavaju da ad hoc preoblikuju teoriju. Konačno, teorija se pretvara u napuklo i ružno zdanje. Onda neko postavi novu teoriju, u okviru koje su svi čudnovati nalazi posmatranja objašnjeni na elegantan i prirodan način. Primer u ovom smislu bio je Majklson-Morlijev opit, izvršen 1887, koji je pokazao da je brzina svetlosti nepromenljiva, bez obzira na to kojom se brzinom kreću izvor ili posmatrač. Ovo je izgledalo smešno. Neko ko se kreće ka izvoru svetlosti svakako bi trebalo da izmeri njenu veću brzinu od drugog posmatrača koji se udaljava od istog izvora; no, opit je pokazao da bi oba posmatrača izmerila u dlaku istu brzinu. Narednih osamnaest godina naučnici kao što su Hendrik Lorenc i Džordž Ficdžerald pokušavali su da usklade ovaj nalaz sa prihvaćenim zamislima o prostoru i vremenu. Uvodili su ad hoc postulate, kao što je pretpostavka da tela postaju kraća kada se kreću velikim brzinama. Celokupno zdanje fizike najednom je postalo nezgrapno i ružno. A onda je, 1905. godine, Ajnštajn izložio jedno znatno privlačnije viđenje u sklopu koga vreme više nije shvatano kao potpuno nezavisna i izdvojena veličina. Umesto toga, ono je spojeno sa prostorom u četvorodimenzioni objekat nazvan prostorvreme. Ajnštajn je na ovu zamisao došao ne toliko zahvaljujući ishodima opita koliko zbog želje da dva dela teorije uklopi u saglasnu celinu. Ta dva dela bila su zakoni koji upravljaju električnim i magnetnim poljem i zakoni koji upravljaju kretanjem tela.

Uveren sam da ni Ajnštajn ni bilo ko drugi iz 1905. nije shvatio koliko je jednostavna i elegantna nova teorija relativnosti. Ona je potpuno revolucionisala naše predstave o prostoru i vremenu. Ovaj primer valjano predočava poteškoće sa kojima je suočen realista u filosofiji nauke, jer ono što smatramo stvarnošću uslovljeno je teorijom za koju se opredelimo.

Siguran sam da su Lorenc i Fildžerald smatrali sebe realistima kada su ogled vezan za brzinu svetlosti tumačili iz ugla njutnovskih zamisli o apsolutnom prostoru i apsolutnom vremenu. Izgledalo je da ove predstave o prostoru i vremenu odgovaraju zdravom razumu i stvarnosti. Danas, međutim, oni koji razumeju teoriju relativnosti - a posredi je i dalje uznemirujuće mali broj ljudi - imaju potpuno drugačije viđenje stvari. Mi imamo obavezu da objašnjavamo ljudima moderna shvatanja takvih osnovnih pojmova kao što su prostor i vreme.

Ako ono što držimo za stvarno zavisi od primenjene teorije, kako onda stvarnost možemo proglasiti za osnovu naše filosofije? Ja bih rekao da sam realista u smislu da smatram da nas okružuje Vaseljena koja čeka da bude istražena i shvaćena. Smatram da je solipsističko stanovište, prema kome sve predstavlja tvorevinu naše uobrazilje, samo gubljenje vremena. Nema nikakvog učinka sa te osnove. Ali bez neke teorije nije moguće razabrati šta je stvarno u vezi sa Vaseljenom. Ja stoga smatram - a to gledište opisano je kao prostodušno ili naivno - da je jedna fizička teorija samo matematički model koji koristimo da bismo njime objasnili nalaze posmatranja. Jedna teorija je valjana ako predstavlja elegantan model, ako objašnjava širok raspon posmatračkih nalaza i ako predviđa ishode novih posmatranja. Izvan toga, nema smisla pitati da li je ona u saglasnosti sa stvarnošću, budući da ne znamo koja je stvarnost nezavisna od teorije. Ovo viđenje naučnih teorija može od mene načiniti instrumentalistu ili pozitivistu - kao što sam prethodno kazao, uistinu sam tako i nazvan. Osoba koja je to učinila još je dodala kako svi znaju da je pozitivizam prevaziđen - ponovo slučaj 'osporavanja ocrnjivanjem'. Možda je stvarno prevaziđen u smislu da je predstavljao nekadašnju intelektualnu pomodnost, ali pozitivističko stanovište koje sam izložio izgleda mi kao jedino moguće za nekoga ko traga za novim zakonima i novim načinima da opiše Vaseljenu. Nije dobro pozivati se na stvarnost zato što ne raspolažemo predstavom o stvarnosti koja bi bila nezavisna od modela.

Prema mom mišljenju, neiskazano uverenje u postojanje stvarnosti nezavisne od modela predstavlja skriveni razlog zbog koga filosofi nauke imaju poteškoća sa kvantnom mehanikom i načelom neodređenosti. Postoji jedan znameniti misaoni opit nazvan 'Šredingerova mačka'. Mačka biva

stavljena u kutiju koja se potom zatvori. U kutiji je u nju uperen pištolj koji će opaliti ako se jedno radioaktivno jezgro raspadne. Verovatnoća da se to dogodi iznosi pedeset odsto. (Danas se niko ne bi odvažio da predloži ovakvu stvar, čak ni samo kao misaoni opit, ali u Šredingerovo vreme nije još bilo pokreta za oslobodjenje životinja.)

Kada se kutija otvori, u njoj će se naći ili ubijena ili živa mačka. Ali pre otvaranja, kvantno stanje mačke predstavljaće mešavinu stanja mrtve mačke sa stanjem u kome je mačka živa. Neki filosofi nauke veoma teško mogu ovo da prihvate. Mačka ne može biti napola pogođena, a napola nepogođena, tvrde oni, isto kao što neka žena ne može biti napola trudna. Njihova poteškoća nastaje stoga što podrazumevaju klasičnu predstavu o stvarnosti u kojoj svaki objekat ima jasno određenu, jedinstvenu istoriju. Suština kvantne mehanike jeste u tome da ona ima drugačije viđenje stvarnosti. Prema tom viđenju, objekat nema samo jednu istoriju, već sve moguće istorije. U većini slučajeva, verovatnoća jedne posebne istorije biće potpuno verovatnoćom neke sasvim malo različite istorije; ali ima i takvih slučajeva u kojima se verovatnoće obližnjih istorija međusobno ne potiru nego pojačavaju. Upravo je posredi jedna od tih pojačanih istorija koju mi uočavamo kao istoriju datog objekta.

Kod Šredingerove mačke, postoje dve istorije koje se međusobno pojačavaju. U jednoj od njih mačka je pogođena, dok u drugoj ostaje živa. U kvantnoj teoriji, obe ove mogućnosti mogu uporedo da postoje. Ali neki filosofi ne uspevaju da se raspetljaju iz ovoga zato što podrazumevaju da mačka može da ima samo jednu istoriju.

Priroda vremena takođe predstavlja primer područja na kome fizičke teorije određuju našu predstavu o stvarnosti. Smatra se za očigledno da vreme neprekidno teče, bez obzira na to šta se događa; ali teorija relativnosti dovodi u vezu prostor i vreme i tvrdi da i jedna i druga veličina mogu biti savijene ili izobličene materijom ili energijom u Vaseljenu. To je uslovilo promenu našeg viđenja prirode vremena: vreme je najpre bilo nezavisno od Vaseljene, da bi ga potom ona oblikovala. Iz ovog ugla postaje zamislivo da se vreme naprosto ne može definisati pre određene tačke; kako se vraćamo u prošlost, na kraju možemo naići na nepremostivu prepreku, singularnost, iza koje je nemoguće zaći. Ako je to posredi, onda se može učiniti da ima smisla

pitati ko je, ili šta je, izazvalo ili stvorilo Veliki Prask. No, govoriti ovde o uzročnosti ili stvaranju podrazumeva da je postojalo vreme i pre singularnosti Velikog Praska. Poznato nam je već dvadeset pet godina da Ajnštajnova opšta teorija relativnosti predviđa da je vreme moralo imati početak u nekoj singularnosti pre petnaest milijardi godina. Ali filosofi još nisu stigli do ove zamisli. Oni se još muče sa temeljima kvantne mehanike koji su postavljeni pre šezdeset pet godina, uopšte ne shvatajući da se granica fizike uveliko pomerila.

Stvari još teže stoje sa matematičkom predstavom o imaginarnom vremenu, u vezi sa kojom smo Džim Hartl i ja izložili zamisao o tome da Vaseljena nema ni početak ni kraj. Jedan filosof nauke žestoko me je napao zbog ovog uvođenja imaginarnog vremena. On je kazao: 'Kako jedan matematički trik kakvo je imaginarno vreme može da ima bilo kakve veze sa stvarnom Vaseljenom?' Mislim da je filosof pobrkao tehničke matematičke pojmove kao što su stvarni i imaginarni brojevi sa načinom na koji se 'stvarno' i 'imaginarno' koriste u svakodnevnom govoru. Ovo samo osnažuje moje stanovište: kako možemo znati šta je stvarno, nezavisno od teorije ili modela kojima ga tumačimo?

Upotrebio sam primere iz relativnosti i kvantne mehanike da ukažem na probleme sa kojima se suočavamo kada pokušavamo da se razaberemo u stvarima vezanim za Vaseljenu. Nije, zapravo, uopšte važno ako ne razumete relativnost i kvantnu mehaniku. Pa čak ni to ako ove teorije nisu tačne. Ono što sam želeo da pokažem jeste da je izvestan pozitivistički pristup, u okviru koga se teorija prihvata kao model, jedini način da se shvati Vaseljena, bar za jednog teorijskog fizičara. Nadam se da ćemo doći do saglasnog modela koji opisuje sve u Vaseljeni. Ako u tome uspemo, posredi će biti istinski trijumf ljudske rase.

## 7. DA LI JE NA VIDIKU KRAJ TEORIJSKE FIZIKE?

*Dvadeset devetog aprila 1980. godine proglašen sam za profesora matematike na Lukasovoj katedri u Kembridžu. Ovaj tekst, moja pristupna beseda, pročitao je u moje ime jedan od mojih studenata.*

Želeo bih da na ovim stranicama govorim o mogućnosti ostvarenja krajnje svrhe teorijske fizike u ne odveć dalekoj budućnosti: do kraja ovog stoleća, recimo. Pod ovim podrazumevam postavljanje potpune, saglasne i objedinjene teorije fizičkih međudejstava, koja bi objasnila nalaze svih mogućih posmatranja. Razume se, valja biti veoma obazriv kada su posredi ovakva predviđanja. Već nam se u dva navrata u prošlosti učinilo da smo na pragu ove konačne sinteze. Na početku veka vladalo je uverenje da se sve može shvatiti iz ugla kontinuumske mehanike. Jedino je bilo potrebno izmeriti izvestan broj koeficijenata za veličine kao što su elastičnost, viskoznost, provodljivost i tako dalje. Ova nada poljuljana je otkrićem sastava atoma i kvantne mehanike. Potom, u poznim dvadesetim godinama, Maks Born je izjavio skupini naučnika, koja je bila u poseti Getingenu, da će 'fizika kakvu mi poznajemo biti okončana za šest meseci'. Zbilo se to nedugo pošto je Pol Dirak, prethodni profesor na Lukasovoj katedri, došao do svoje jednačine koja opisuje ponašanje elektrona. Očekivalo se da će neka slična jednačina opisivati proton, jedinu preostalu elementarnu česticu za koju se tada znalo. Otkriće neutrona i nuklearnih sila razvejalo je, međutim, te nade. Mi danas znamo da ni proton ni neutron nisu elementarni već da se sastoje od još manjih čestica. No, tokom poslednjih godina ostvarili smo ogroman napredak i, kao što ću pokazati, ima izvesne osnove za obazrivi optimizam u pogledu toga da ćemo doći do potpune teorije tokom životnog veka nekih čitalaca ovih stranica.

Čak i ako postavimo potpunu objedinjenu teoriju, nećemo biti u stanju da ostvarujemo podrobna predviđanja osim u najjednostavnijim okolnostima. Na

primer, već su nam poznati fizički zakoni koji upravljaju svime iz našeg svakodnevnog života. Kao što je to Dirak istakao, njegova jednačina predstavljala je osnovu 'pretežnog dela fizike i cele hemije'. Mi smo, međutim, bili u stanju da rešimo jednačinu samo za najjednostavniji sistem, vodonikov atom, koji se sastoji od jednog protona i jednog elektrona. Kod složenijih atoma sa više elektrona, a da i ne pominjemo molekule sa više jezgara, morali smo da se zadovoljimo približnostima i intuitivnim nagađanjima sumnjive pouzdanosti. Kada su posredi makroskopski sistemi koji se sastoje od oko 10 na 23 čestica, bili smo prinuđeni da pribegnemo statističkim metodima i da odustanemo od namere da tačno rešimo jednačine. Iako u načelu poznajemo jednačine koje upravljaju svekolikom biologijom, nipošto nismo bili u stanju da svedemo izučavanje ljudskog ponašanja na jednu granu primenjene matematike.

Šta podrazumevamo pod potpunom i objedinjenom teorijom fizike? Naša nastojanja da modelima iskažemo fizičku stvarnost normalno se sastoje iz dva dela:

1. Iz skupa lokalnih zakona kojima se pokoravaju različita fizička svojstva. Oni se obično izražavaju diferencijalnim jednačinama.

2. Iz skupa graničnih uslova koji nam govore o stanju nekih područja Vaseljene u određenom trenutku i o tome kakva se dejstva tu potom javljaju iz njenog ostatka.

Mnogi ljudi bi tvrdili da je uloga nauke ograničena samo na prvi od ova dva vida i da će teorijska fizika ostvariti svoju svrhu kada dođemo do skupa lokalnih fizičkih zakona. Za njih, pitanje početnih uslova Vaseljene pripada području metafizike ili religije. Na izvestan način, ovaj stav sličan je stanovištu onih koji su u ranijim stolećima obeshrabrivali naučna istraživanja, tvrdeći da sve prirodne pojave predstavljaju Božje delo i da se u njih stoga ne treba pačati. Ja smatram da su početni uslovi Vaseljene u podjednakoj meri pogodan predmet naučnog izučavanja i teorija kao što su to lokalni fizički zakoni. Nećemo doći do potpune teorije sve dok ne budemo u stanju da učinimo i nešto više od toga da samo izjavimo da su 'stvari takve kakve jesu zato što su bile kakve su bile'.

Pitanje jedinstvenosti početnih uslova u bliskoj je vezi sa pitanjem proizvoljnosti lokalnih fizičkih zakona: jedna teorija ne bi se, naime, smatrala



potpunom ako bi sadržala izvestan broj prilagodljivih parametara, kao što su mase ili spojne konstante, kojima se može pripisati bilo koja željena vrednost. U stvari, izgleda da ni početni uslovi ni vrednosti parametara u teoriji nisu proizvoljni, već su odabrani, odnosno određeni veoma pažljivo. Primera radi, ako razlika u masi između protona i neutrona ne bi približno iznosila koliko i dvostruka masa elektrona, ne bi se dobilo oko dve stotine stabilnih nukleida koji tvore elemente i predstavljaju osnovu hemije i biologije. Slično tome, da je gravitaciona masa protona značajno drugačija, ne bi bilo zvezda u kojima bi ovi nukleidi nastajali, a da je početno širenje Vaseljene bilo malo sporije ili malo brže, ona bi se ili sažela pre no što bi se zvezde uopšte obrazovale, ili bi se širenje nastavilo tako brzo da zvezde ne bi mogle da nastanu gravitacionim kondenzovanjem.

Bilo je naučnika koji su otišli tako daleko da su krajnje uopštili ova ograničenja vezana za početne uslove i parametre, pretvorivši ih u takozvano antropičko načelo, čija bi parafraza mogla da glasi: 'Stvari su takve kakve jesu zato što mi postojimo.' Prema jednoj verziji ovog načela, postoji veoma veliki broj različitih, zasebnih vasseljena sa različitim vrednostima fizičkih parametara i različitim početnim uslovima. Većina ovih vasseljena ne bi pružila odgovarajuće uslove za razvoj složenih struktura neophodnih za inteligentan život. Tek u malom broju njih, sa uslovima i parametrima sličnim ovima u našoj Vaseljeni, mogao bi da nastane inteligentni život koji bi sebi postavio pitanje: 'Zašto je Vaseljena takva kakvom je mi vidimo?' Odgovor, razume se, glasi da, kada bi ona bila drugačija, onda ne bi postojao niko ko bi postavio to pitanje.

Antropičko načelo pruža izvesno objašnjenje za mnoge izuzetne brojne odnose uočene između vrednosti različitih fizičkih parametara. Ono, međutim, nije u potpunosti zadovoljavajuće; čovek se ne može oteti utisku da mora postojati i neko dublje objašnjenje. Isto tako, ono ne važi za sva područja Vaseljene. Na primer, Sunčev sistem je svakako preduslov za naše postojanje, baš kao što je to bilo ranije pokolenje obližnjih zvezda u kojima je spajanjem jezgara moglo doći do nastanka teških elemenata. Može se čak pokazati da je u ovom pogledu bila potrebna čitava Galaksija. Ali iz tog ugla uopšte nije neophodno da postoje susedne galaksije, a da se i ne pominju milioni i milioni onih drugih koje vidimo raspoređene prilično ravnomerno u

Vaseljeni dostupnoj našim posmatranjima. Ova homogenost Vaseljene u velikim razmerama znatno otežava verovanje u to da je sklop kosmosa određen nečim tako sporednim kao što su to složena molekularna ustrojstva na jednoj majušnoj planeti što orbitira oko sasvim prosečne zvezde na spoljnim ograncima jedne prilično tipične spiralne galaksije.

Ako ne želimo da se pozovemo na antropičko načelo, potrebna nam je neka objedinjujuća teorija kojom bismo objasnili početne uslove Vaseljene, kao i vrednosti raznih fizičkih parametara. Odveć je, međutim, teško smisliti potpunu teoriju svega u jednom potezu (iako to nije prepreka za neke ljude; ja poštom dobijam dve do tri objedinjene teorije nedeljno). Ono čemu umesto toga pribegavamo jeste postavljanje delimičnih teorija; one bi opisale situacije u sklopu kojih se neka međudejstva mogu prenebreći ili se na jednostavan način približno odrediti. Najpre podelimo materijalni sadržaj Vaseljene na dva dela: 'materiju', odnosno čestice kao što su kvarkovi, elektroni, muoni i tako dalje, i 'međudejstva', odnosno gravitaciju, eletromagnetizam i tako dalje. Čestice materije opisane su poljima sa polucelobrojnim spinom i pokoravaju se Paulijevom načelu isključenja, koje zabranjuje da više od jedne čestice date vrste bude u istom stanju. To je razlog što postoje čvrsta tela koja ne kolabiraju do tačke, odnosno ne vrše zračenje u beskraj. Materijalne čestice podeljene su u dve skupine: prvu čine hadroni, koji se sastoje od kvarkova, a drugu leptoni, koji obuhvataju sve ostalo.

Međudejstva su fenomenološki podeljena u četiri kategorije. Mereno prema snazi, posredi su: jaka nuklearna sila, koja dejstvuje jedino kod hadrona, elektromagnetna sila, koja se javlja kod naelektrisanih hadrona i leptona; slaba nuklearna sila, koja dejstvuje na sve hadrone i leptone; i, konačno, daleko najslabija, gravitaciona sila, koja deluje na sve. Međudejstva su predstavljena poljima sa celobrojnim spinom, koja se ne pokoravaju Paulijevom načelu isključenja. Ovo znači da kod njih može postojati mnogo čestica u istom stanju. Kod elektromagnetizma i gravitacije, međudejstva su uz to i dalekodometa, što znači da se polja proizvedena velikim brojem čestica materije mogu sva ujediniti i tako dati polje koje se može otkriti u makroskopskim razmerama. Zahvaljujući ovoj okolnosti, najpre su o tim poljima izložene teorije: Njutn je postavio teoriju gravitacije

u sedamnaestom stoleću, a Maksvel teoriju elektromagnetizma u devetnaestom. Ove dve teorije bile su, međutim, u osnovi međusobno nesaglasne, zato što je Njutnova teorija nepromenljiva ako se celom sistemu da neka ravnomerna brzina, dok je Maksvelova teorija određivala gornju brzinsku granicu - brzinu svetlosti. Na kraju se ispostavilo da je neophodno preinačiti Njutnovu teoriju gravitacije kako bi se usaglasila sa nepromenljivostina Maksvelove teorije. To je učinila Ajnštajnova opšta teorija relativnosti koja je formulisana 1915.

Teorija opšte relativnosti o gravitaciji i Maksvelova teorija elektrodinamike označene su kao klasične teorije; drugim rečima, one se odnose na veličine koje se kontinuirano menjaju i koje se mogu, bar u načelu, meriti do željene tačnosti. Problem se, međutim, javio onda kada je preduzet pokušaj da se ove teorije primene u sazdanju modela atoma. Ustanovljeno je da se atom sastoji od malog, pozitivno naelektrisanog jezgra oko koga kruži oblak negativno naelektrisanih elektrona. Prirodna pretpostavka je bila da se elektroni nalaze na orbiti oko jezgra kao što se Zemlja nalazi na orbiti oko Sunca. Ali klasična teorija je predviđala da će elektroni zračiti elektromagnetne talase. Ovi talasi bi odnosili energiju, što bi uslovalo da elektron počne zavojito da se spušta prema jezgru, uzrokujući tako kolabiranje atoma.

Rešenje ovog problema predstavlja ujedno ono što bi se nesumnjivo moglo označiti kao najveće postignuće teorijske fizike u ovom veku: otkriće kvantne teorije. Osnovni postulat ove teorije jeste Hajzenbergovo načelo neodređenosti, koje kaže da se dati parovi veličina, kao što su to položaj i impuls neke čestice, ne mogu istovremeno izmeriti uz željenu tačnost. Kada je posredi atom, ovo znači da pri najnižem energetsom stanju elektron ne može da bude u stanju mirovanja u jezgru, jer bi u tom slučaju tačno bili određeni i njegov položaj (u jezgru) i njegova brzina (koja bi bila ravna nuli). Umesto toga, može se govoriti jedino o verovatnoći razmeštaja oko jezgra i položaja i brzine, pri čemu elektron ne može da zrači energiju u obliku elektromagnetnih talasa zato što ne bi postojalo niže energetske stanje na koje bi prešao.

Tokom dvadesetih i tridesetih godina, kvantna mehanika primenjivana je sa velikim uspehom na sisteme kao što su atomi i molekuli, čiji je stepen

slobode određen konačnim brojem. Poteškoće su se, međutim, javile onda kada je pokušana primena na elektromagnetno polje, čiji je stepen slobode određen beskonačnim brojem - grubo uzev, dva za svaku tačku prostorvremena. Ovi stepeni slobode mogu se uporediti sa oscilatorima, od kojih svaki ima svoj položaj i impuls. Oscilatori se ne mogu nalaziti u stanju mirovanja jer bi u tom slučaju imali tačno određen i položaj i impuls. Umesto toga, svaki oscilator mora imati male oscilacije oko ravnotežnog položaja i energiju čija je vrednost različita od nule. Energije svih beskonačnih brojeva stepena slobode uslovile bi da prividna masa i naelektrisanje elektrona postanu takođe beskonačni.

Krajem četrdesetih godina razvijen je jedan postupak, nazvan 'renormalizacija', kojim je trebalo otkloniti ovu poteškoću. On se sastojao od prilično proizvoljnog uklanjanja određenih beskonačnih veličina, što je omogućavalo da ostatak bude konačan. Kod elektrodinamike, bilo je neophodno preduzeti dva ovakva uklanjanja beskonačnosti: jedno za masu, a drugo za naelektrisanje elektrona. Postupak renormalizacije nikada nije postavljen na čvrste konceptualne i matematičke temelje, ali se u praksi pokazao kao veoma uspešan. Njegov najveći uspeh bilo je predviđanje jednog malog premeštanja - takozvani Lembov pomak - nekih linija u spektru atomskog vodonika. Tehnika, međutim, nije sasvim zadovoljavajuća sa stanovišta nastojanja da se postavi celovita teorija, zato što se njome ne mogu predvideti veličine konačnih ostataka po uklanjanju beskonačnih vrednosti. Morali bismo stoga da ponovo pribegnemo antropičkom načelu da bismo objasnili zašto elektron ima upravo tu masu i to naelektrisanje koje ima.

Tokom pedesetih i šezdesetih godina, načelno se smatralo da se slaba i jaka nuklearna sila ne mogu podvrći renormalizaciji; odnosno, bio bi potreban beskonačan broj beskonačnih uklanjanja da bi one postale konačne. U tom slučaju, postojao bi beskonačan broj konačnih ostataka koji ne bi bili određeni teorijom. Takva teorija, naime, ne bi imala moć predviđanja zato što se nikada ne bi mogao izmeriti sav beskonačan broj parametara. Godine 1971, međutim, Gerard 't Huft je pokazao da se objedinjen model elektromagnetnog i slabog nuklearnog međudejstva, koji su prethodno izložili Abdus Salam i Stiven Vajnberg, ipak može podvrći renormalizaciji sa

konačnim brojem uklanjanja beskonačnih veličina. Prema Salam-Vajnbergovoj teoriji, fotonu, čestici sa spinom 1, koja nosi elektromagnetno međudejstvo, pridružuju se tri druga partnera takođe sa spinom 1, takozvani  $W^+$ ,  $W^-$  i  $Z^0$ . Pri veoma velikim energijama, za sve ove četiri čestice predviđalo se da će se ponašati na sličan način. Pri nižim energijama, međutim, u pomoć je prizvana jedna pojava koja se naziva spontano narušavanje simetrije kako bi se objasnila okolnost da foton ima nultu masu mirovanja, dok su  $W^+$ ,  $W^-$  i  $Z^0$  veoma masivni. Predviđanja ove teorije za stanja niske energije izuzetno su se poklapala sa posmatračkim nalazima, što je bio dovoljan razlog za Švedsku akademiju da 1979. dodeli Nobelovu nagradu za fiziku Salamu, Vajnbergu i Šeldonu Glešou, koji je takođe sazdavao slične objedinjene teorije. Glešou je, međutim, primetio da Nobelov odbor, zapravo, ide pred ruku, zato što još ne raspolažemo akceleratorima čestica dovoljno visoke energije kojima bismo mogli da proverimo teoriju u režimu gde se uistinu odigrava objedinjenje elektromagnetne sile, koju nose fotoni, i slabe nuklearne sile, koju nose  $W^+$ ,  $W^-$  i  $Z^0$ . Dovoljno moćan akcelerator biće spreman kroz nekoliko godina, a većina fizičara uverena je da će on potvrditi Salam-Vajnbergovu teoriju. *Čestice  $W$  i  $Z$  otkrivene su u laboratorijama CERN-a u Ženevi 1983, a naredne godine Nobelova nagrada za fiziku pripala je Karlu Rubiji i Simonu van der Meru, koji su predvodili tim što je došao do ovog otkrića. Jedina osoba kojoj je izmakla bilo koja nagrada bio je 't Huft.*

Uspeh Salam-Vajnbergove teorije nadahnuo je traganje za sličnom teorijom renormalizacije jakog međudejstva. Prilično rano se uvidelo da proton i drugi hadroni, kakav je pi mezon, ne mogu, zapravo, biti prave elementarne čestice, već predstavljaju vezana stanja drugih čestica koje se nazivaju kvarkovi. Kvarkovi se, kako izgleda, odlikuju jednim neobičnim svojstvom: iako se mogu kretati prilično slobodno unutar hadrona, nije moguće zasebno izdvojiti samo jedan kvark; oni uvek idu ili u skupinama od po tri (kao kod protona ili neutrona) ili u parovima koji se sastoje od kvarka i antikvarka (kao kod pi mezona). Da bi se ovo objasnilo, kvarkovi su označeni jednim atributom koji je nazvan boja. Mora se odmah istaći da to nema nikakve veze sa našim uobičajenim poimanjem boja; kvarkovi su, naime, daleko manji od talasne dužine vidljive svetlosti. Posredi je, naprosto,

zgodan epitet. Zamisao je da se kvarkovi javljaju u tri boje - crvenoj, zelenoj i plavoj - ali da svako izdvojeno vezano stanje, kakav je hadron, mora biti bezbojno, bilo da je posredi kombinacija crvenog, zelenog i plavog, kao kod protona, ili mešavina crvenog i anticrvenog, zelenog i antizelenog i plavog i antiplavog, kao kod pi mezona.

Jako međudejstvo između kvarkova nose, kako se pretpostavlja, čestice sa spinom 1, takozvani gluoni, prilično slični česticama koje nose slabo međudejstvo. Gluoni takođe imaju boju, a oni i kvarkovi podležu teoriji renormalizacije koja se naziva kvantna hromodinamika ili, skraćeno, QCD. *Quantum Chromodynamics - prim. prev.* Posledica postupka renormalizacije jeste to da konstanta efektivnog vezivanja u okviru ove teorije zavisi od energije na kojoj se meri, a pada na nulu pri veoma visokim energijama. Ova pojava dobila je naziv asimptotička sloboda. To znači da se kvarkovi unutar hadrona ponašaju gotovo kao slobodne čestice prilikom sudaranja pri visokim energijama, tako da se perturbacije do kojih tom prilikom dolazi mogu uspešno objasniti perturbacionom teorijom. Predviđanja perturbacione teorije prilično se kvalitativno poklapaju sa nalazima posmatranja, ali se ipak još ne može ustvrditi da je teorija eksperimentalno potvrđena. Pri niskim energijama, konstanta efektivnog vezivanja postaje veoma velika, što uzrokuje zakazivanje perturbacione teorije. Postoji nada da će ovo 'infracrveno ropstvo' pružiti objašnjenje zašto su kvarkovi uvek ograničeni na bezbojna vezana stanja, ali još niko nije uspeo da to stvarno uverljivo pokaže.

Pošto su postavljene renormalizacione teorije za jaka međudejstva, odnosno za slaba i elektromagnetna međudejstva, bilo je prirodno krenuti u potragu za teorijom koja bi povezala ove dve. Ove teorije dobile su prilično preteran naziv 'velike objedinjene teorije', ili GUT. *Grand Unified Theories - prim. prev.* Naziv je uistinu neprecizan, jer posredi nisu ni tako velike, ni potpuno objedinjene, a ni celovite teorije, budući da obuhvataju nekoliko neodređenih parametara renormalizacije kao što su konstante vezivanja ili mase. No, one su možda ipak značajan korak ka celovitoj objedinjenoj teoriji. Osnovna zamisao ogleda se u tome da konstanta efektivnog vezivanja jakog međudejstva, koja je velika pri niskim energijama, postepeno opada pri visokim energijama usled asimptotičke slobode. Sa druge strane, konstanta

efektivnog vezivanja iz Salam-Vajnbergove teorije, koja je mala pri niskim energijama, postepeno se povećava pri visokim energijama zbog toga što ova teorija nije asimptotički slobodna. Ako se izvrši ekstrapolacija stope povećanja i smanjenja konstanti vezivanja pri niskim energijama, ustanovljava se da se konstante vezivanja izjednačuju pri energiji od oko 10 na 15 GeV. (Jedna GeV iznosi milijardu elektron volti. To približno odgovara onoj energiji koja bi se oslobodila kada bi se jedan vodonikov atom mogao potpuno pretvoriti u energiju. Poređenja radi, energija koja se oslobađa pri hemijskim reakcijama kakvo je gorenje reda je veličine od jednog elektron volta po atomu.) Prema teoriji, iznad ove energije jaka međudejstva ujedinjuju se sa slabim i elektromagnetnim međudejstvima, dok pri nižim energijama dolazi do spontanog narušavanja simetrije.

Energija od 10 na 15 GeV daleko je izvan domašaja bilo koje laboratorijske opreme; sadašnja generacija akceleratora čestica može da proizvede energije u središtu mase snopa od oko 10 GeV, dok će naredno pokolenje dostići približno 100 GeV. Ovo će biti dovoljno da se ispita energetski raspon u kome elektromagnetne sile treba da se ujedine sa slabim silama prema Salam-Vajnbergovoj teoriji, ali je daleko od izuzetno visokih energija na kojima se, prema predviđanjima, ujedinjuju slaba i elektromagnetna međudejstva sa jakim međudejstvima. No, postoje i predviđanja vezana za niske energije u okviru velikih objedinjenih teorija, koja se mogu laboratorijski proveriti. Primera radi, teorije predskazuju da proton ne bi trebalo da bude potpuno stabilan, već bi dolazilo do njegovog raspadanja, pri čemu bi mu razdoblje poluraspada iznosilo 10 na 31 godina. Trenutna eksperimentalna donja granica veka protona iznosi 10 na 30 godina, ali trebalo bi da je ovu vrednost moguće podići.

Drugo predviđanje koje se može eksperimentalno proveriti vezano je za odnos između bariona i fotona u Vaseljeni. Zakoni fizike podjednako važe za čestice i za antičestice. Tačnije govoreći, oni su isti ako se čestice zamene antičesticama, ako se desnostrane zamene levostranima, odnosno ako se brzine svih čestica preokrenu. Ovo je poznato kao CPT teorema i predstavlja posledicu temeljnih pretpostavki koje bi trebalo da ostanu na snazi u bilo kojoj suvisloj teoriji. Pa ipak, Zemlja, baš kao i ceo Sunčev sistem sazđani su od protona i neutrona, bez imalo antiprotona ili antineutrona. Štaviše, ova

neravnoteža između čestica i antičestica još jedan je apriorni uslov za naše postojanje, jer da je Sunčev sistem sačinjen od ravnomerne mešavine čestica i antičestica, one bi se međusobno sve potrle, ostavivši za sobom jedino zračenje. Budući da ovakvo zračenje koje potiče od potiranja nije zabeleženo, možemo da zaključimo da je naša Galaksija sazdana isključivo od čestica, a ne od antičestica. Ne raspolažemo neposrednim dokazima kada su posredi druge galaksije, ali izgleda verovatno da se i one sastoje od čestica, odnosno da u Vaseljenu kao celini čestice nadmašuju antičestice u odnosu jedna čestica na 10 na 8 fotona. Ovo se može objasniti pozivanjem na antropičko načelo, ali velike objedinjene teorije pružaju mogući mehanizam za tumačenje pomenute neravnoteže. Iako su, kako izgleda, sva međudejstva nepromenljiva u kombinaciji C (zamena čestica antičesticama), P (promena desnostranog u levostrano) i T (promena smeru vremena), zna se za međudejstva koja nisu nepromenljiva kada je posredi samo T. U ranoj Vaseljenu, u kojoj postoji jasno istaknuta strela vremena određena širenjem, ova međudejstva mogla bi da proizvedu više čestica nego antičestica. Međutim, broj koji oni tvore u velikoj meri zavisi od modela, tako da saglasnost sa nalazima posmatranja teško da predstavlja potvrdu velikih objedinjenih teorija.

Za sada je glavnina napora bila uložena u ujedinjenje prve tri kategorije fizičkih međudejstava, jake i slabe nuklearne sile i elektromagnetizma. Četvrta i poslednja, gravitacija, ostala je zanemarena. Jedno opravdanje ove okolnosti nalazi se u činjenici da je gravitacija tako slaba da bi kvantna gravitaciona dejstva postala osetna jedino pri energijama čestica koje daleko nadmašuju one što se postižu u akceleratorima. Drugo opravdanje jeste to da se, kako izgleda, gravitacija ne može renormalizovati; da bi se dobili konačni odgovori, morao bi se obaviti beskonačan broj beskonačnih uklanjanja uz odgovarajuće beskonačan broj neodređenih konačnih ostataka. No, gravitacija se mora uzeti u obzir da bi se postavila potpuno objedinjena teorija. Štaviše, klasična teorija opšte relativnosti predviđa postojanje prostorvremenskih singularnosti u kojima bi gravitaciono polje postalo beskonačno snažno. Ove singularnosti dogodile bi se u prošlosti, na početku sadašnjeg širenja Vaseljene (Veliki Prasak), kao i u budućnosti, u gravitacionom kolapsu zvezda i, moguće, same Vaseljene. Predviđanje singularnosti kao da ukazuje na krah klasične teorije. Nema, međutim,



razloga da usledi ovaj krah sve dok gravitaciono polje ne postane toliko snažno da do izražaja počnu da dolaze kvantna gravitaciona dejstva. Prema tome, kvantna teorija gravitacije od suštinskog je značaja ako želimo da opišemo ranu Vaseljenu, a onda da pružimo neka objašnjenja za početne uslove, umesto da se naprosto pozovemo na antropičko načelo.

Ovakva teorija takođe je neophodna ako želimo da odgovorimo na sledeće pitanje: da li vreme uistinu ima početak i, možda, kraj, kako to predviđa klasična opšta relativnost, ili singularnosti u Velikom Prasku i Velikom Sažimanju bivaju na neki način potrte kvantnim dejstvima? Ovo je odveć teško pitanje da bi se na njega dao sasvim nedvosmislen odgovor u okolnostima kada je i samo ustrojstvo prostora i vremena podložno načelu neodređenosti. Moj lični utisak jeste da singularnosti verovatno još postoje, iako se vreme može nastaviti mimo njih u izvesnom matematičkom smislu. Bilo koje subjektivno poimanje vremena, međutim, koje bi stajalo u vezi sa svešću ili sposobnošću da se vrše merenja, tu bi se okončalo.

Kakvi su izgledi za dobijanje kvantne teorije gravitacije i njenog objedinjenja sa druge tri kategorije međudejstava? Najveća nada leži u jednom proširenju opšte relativnosti koje se naziva supergravitacija. Tu dolazi do povezivanja gravitona, čestice sa spinom 2 koja nosi gravitaciono međudejstvo, sa izvesnim brojem drugih polja manjeg spina posredstvom takozvanih transformacija supersimetrije. Ova teorija ima veliku zaslugu u uklanjanju stare dihotomije između 'materije', koju predstavljaju čestice sa polucelobrojnim spinom, i 'međudejstava', koje predstavljaju čestice sa celobrojnim spinom. Njeno dodatno veliko preimućstvo jeste to što se u njoj međusobno potiru mnoge beskonačnosti koje se javljaju u kvantnoj teoriji. Još nije jasno da li ovo potiranje omogućuje nastanak teorije koja je konačna bez ikakvih uklanjanja beskonačnosti. Veruje se da je tako, zato što se može pokazati da su teorije koje obuhvataju gravitaciju ili konačne ili ih nije moguće renormalizovati; drugim rečima, ako se moraju izvršiti uklanjanja beskonačnosti, onda je neophodno obaviti beskonačan broj njih, uz odgovarajući beskonačan broj neodređenih ostataka. Shodno tome, ako se ispostavi da se sve beskonačnosti u supergravitaciji međusobno potiru, onda bismo dobili teoriju koja ne samo što potpuno objedinjuje sve čestice materije i međudejstva nego je i celovita u smislu da nema nikakve

neodređene parametre renormalizacije.

Iako još ne raspolažemo odgovarajućom kvantnom teorijom gravitacije, a još manje takvom koja bi gravitaciju povezala sa drugim fizičkim međudejstvima, imamo izvesnu predstavu o nekim svojstvima koje bi takva teorija trebalo da poseduje. Jedno od njih stoji u vezi sa činjenicom da gravitacija utiče na uzročno ustrojstvo prostorvremena; drugim rečima, gravitacija određuje koji se događaj može uzročno povezati sa kojim. Primer u ovom smislu u klasičnoj teoriji opšte gravitacije predstavlja crna rupa, odnosno područje prostorvremena u kome je gravitaciono polje toliko snažno da sa njega ne može da se otisne u spoljni svet ni svetlost niti bilo koji drugi signal. Snažno gravitaciono polje u blizini crne rupe uzrokuje stvaranje parova čestica i antičestica, od kojih jedna pada u crnu rupu, dok druga uspeva da umakne u beskraj. Čestica koja odlazi ostavlja utisak kao da ju je emitovala crna rupa. Posmatrač na izvesnoj udaljenosti od crne rupe u prilici je da izmeri jedino odlazeće čestice koje ne može ni na koji način da dovede u vezu sa onima što padaju u crnu rupu zato što ovih uopšte nije svestan. To znači da se odlazeće čestice odlikuju dodatnim stepenom neodređenosti ili nepredvidljivosti iznad onoga koji se obično dovodi u vezu sa načelom neodređenosti. Pod normalnim okolnostima, načelo neodređenosti podrazumeva da se tačno može predvideti ili položaj ili brzina neke čestice, odnosno neka kombinacija položaja i brzine. Stoga, grubo uzev, mogućnosti tačnog predviđanja bivaju prepolovljene. Kod čestica emitovanih iz crne rupe, međutim, činjenica da nije moguće pratiti ono što se zbiva u njoj podrazumeva da im se tačno ne mogu predvideti ni položaj ni brzina. Najviše do čega se može doći jesu verovatnoće emitovanja čestica na određene načine.

Odavde, dakle, proishodi da ćemo, čak i ako dođemo do neke objedinjene teorije, biti u stanju da vršimo jedino statistička predviđanja. Takođe ćemo morati da odustanemo od viđenja da je Vaseljena koju posmatramo jedinstvena. Umesto toga, moraćemo da prihvatimo sliku u kojoj postoji skup svih mogućih vasseljena sa nekiom raspodelom verovatnoća. Ovo bi moglo da bude objašnjenje zašto je Vaseljena počela u Velikom Prasku u gotovo savršenoj termalnoj ravnoteži: termalna ravnoteža bi, naime, odgovarala najvećem broju mikroskopskih konfiguracija, te otuda i njena

najveća verovatnoća. Da parafraziramo Volterovog filozofa Panglosa: 'Mi živimo u najverovatnijem od svih mogućih svetova.'

Kakvi su izgledi za to da postavimo celovitu objedinjenu teoriju u ne odveć dalekoj budućnosti? Svaki put kada smo naša posmatranja proširili na kraća rastojanja i više energije otkrivali smo nove slojeve ustrojstva. Na početku stoleća, otkriće Braunovog kretanja, kod koga tipična energija čestice iznosi  $3 \times 10^{-2}$  eV, pokazalo je da materija nije neprekidna nego da se sastoji od atoma. Nedugo potom, ustanovljeno je da su ti navodno nedeljivi atomi sazđani od elektrona koji kruže oko jezgra, sa energijama reda veličine od nekoliko elektron volti. Za jezgro se potom ispostavilo da je načinjeno od takozvanih elementarnih čestica, protona i neutrona, koje na okupu drže nuklearne veze čije energije dostižu  $10^6$  eV. Okolnost da su sada neophodne ogromne mašine i veoma mnogo novca da bi se izveli opiti čije ishode ne možemo predvideti ima se pripisati u zaslugu napretku na polju teorijske fizike.

Naše pređašnje iskustvo kao da nagoveštava da postoji beskonačan niz slojeva ustrojstva na sve višim i višim energijama. Doista, ovakvo viđenje beskrajnog regrediranja kutija u kutijama predstavljalo je zvaničnu dogmu u Kini pod vladavinom četvočlane bande. Izgleda, međutim, da gravitacija postavlja granicu u ovom pogledu, ali tek na sasvim kratkim rastojanjima od  $10^{-33}$  cm, odnosno pri veoma visokoj energiji od  $10^{28}$  eV. Na još manjim rastojanjima, može se očekivati da će prostorvreme prestati da se ponaša kao jednoobrazni kontinuum, stekavši svojevršno mehurasto ustrojstvo usled kvantnih fluktuacija gravitacionog polja.

Između naše sadašnje opitne granice na oko  $10^{10}$  eV i gravitacione konačne međe na  $10^{28}$  eV nalazi se veoma veliko neistraženo područje. Može izgledati naivno pretpostaviti, kako to sledi iz velikih objedinjenih teorija, da postoji samo jedan sloj ili dva sloja ustrojstva u tom ogromnom rasponu. Ima, međutim, mesta optimizmu. U ovom trenutku, bar, čini se da se gravitacija može objediniti sa drugim fizičkim međudejstvima jedino u okviru neke teorije o supergravitaciji. Broj ovakvih teorija nije beskonačan. Najveću vrednost među supergravitacijama iz ovih teorija ima ona koja je dobila naziv proširena supergravitacija  $N = 8$ . Ona se sastoji iz jednog gravitona, osam čestica sa spinom  $-3/2$ , nazvanih gravitonoi, dvadeset osam čestica sa spinom

1, pedeset šest čestica sa spinom  $-1/2$  i sedamdeset čestica sa spinom 0. Iako su ovi brojevi veliki, oni ipak nisu dovoljni da pruže objašnjenje za sve čestice koje, kako izgleda, uočavamo kod jakog i slabog međudejstva. Na primer, teorija  $N = 8$  ima dvadeset osam čestica sa spinom 1. To je dovoljno da se objasne gluoni koji nose jaka međudejstva, kao i dve od četiri čestice koje nose slaba međudejstva, ali ne i preostale dve. Moralo bi se stoga zaključiti da mnoge ili gotovo sve uočene čestice, kao što su gluoni ili kvarkovi, nisu, zapravo, elementarne, kako to izgleda u ovom trenutku, već da predstavljaju vezana stanja fundamentalnih  $N = 8$  čestica. Ako se predviđanja prave na osnovu sadašnjih ekonomskih trendova, nije verovatno da ćemo u doglednoj budućnosti, a možda ni bilo kada, raspolagati dovoljno moćnim akceleratorima kojima bismo mogli pronaći u ova složena ustrojstva. Međutim, okolnost da ova vezana stanja proishode iz sasvim određene teorije  $N = 8$  trebalo bi da nam omogući izvestan broj predviđanja koja bi se mogla proveriti pri energijama što su sada dostupne ili bi to mogle biti u bliskoj budućnosti. Situacija stoga može biti slična onoj oko Salam-Vajnbergove teorije koja objedinjuje elektromagnetizam i slaba međudejstva. Predviđanja na niskim energijama ove teorije tako se dobro slažu sa nalazima posmatranja da je ona sada opšte prihvaćena, iako nam još nisu postale dostupne energije na kojima bi trebalo da dođe do objedinjenja.

Teorija koja opisuje Vasseljenu trebalo bi da bude krajnje izuzetna. Zašto ova teorija oživljava, dok druge teorije postoje jedino u umovima onih koji ih postavljaju? Teorija supergravitacije  $N = 8$  uistinu ima neka posebna svojstva. Kako izgleda, to je jedina teorija:

1. koja je u četiri dimenzije;
2. koja obuhvata gravitaciju;
3. koja je konačna bez ikakvih uklanjanja beskonačnosti.

Već sam istakao da je treće svojstvo neophodno ako želimo da imamo celovitu teoriju bez parametara. Teško je, međutim, pružiti objašnjenje za prva dva svojstva bez pozivanja na antropičko načelo. Postoji, kako izgleda, celovita teorija koja zadovoljava svojstva 1 i 3, ali koja ne obuhvata gravitaciju. No, u takvoj vasseljeni privlačne sile verovatno ne bi bile dovoljne da sakupe materiju u velike agregate koji su, po svoj prilici, neophodni za razvoj složenih ustrojstava. Zbog čega prostorvreme treba da

bude četvorodimenziono - za to pitanje se obično smatra da izlazi iz okvira fizike. I za to, međutim, postoji valjan argument iz ugla antropičkog načela. Tri prostorvremenske dimenzije - dve prostora i jedna vremena, naime - očigledno su nedovoljne za postojanje bilo kakvog složenog organizma. Sa druge strane, kada bi bilo više od tri prostorne dimenzije, orbite planeta oko Sunca ili elektrona oko jezgra postale bi nestabilne i težile bi da se zavojito spuštaju ka središtu privlačenja. Preostaje mogućnost postojanja više od jedne vremenske dimenzije, ali meni je veoma teško da zamislim takvu vaseljenu.

Do sada sam implicitno podrazumevao da postoji jedna konačna teorija. Ali da li je tako? Ovde postoje najmanje tri mogućnosti:

1. Postoji celovita objedinjena teorija.

2. Ne postoji konačna teorija, ali postoji beskonačan niz teorija čija je priroda takva da se bilo koja posebna klasa posmatračkih nalaza može predvideti pozivanjem na neku od njih.

3. Ne postoji takva teorija. Nalazi posmatranja ne mogu se opisati ili predvideti preko određene tačke, već su samo proizvoljni.

Treće stanovište potezano je kao argument protiv naučnika iz sedamnaestog i osamnaestog stoleća: kako bi oni mogli formulirati zakone koji bi sputali slobodu Boga da menja svoje mišljenje? No, oni su to ipak činili, i to uspešno. U modernim vremenima, delotvorno smo odstranili treću mogućnost na taj način što smo je uključili u našu shemu: kvantna mehanika u osnovi je teorija o onome što ne znamo i što ne možemo da predvidimo.

Druga mogućnost potkrepljuje sliku beskrajnog niza ustrojstava na sve višim i višim energijama. Kao što sam prethodno rekao, ovo izgleda neverovatno zato što se razložno može očekivati postojanje krajnje granice na Plankovoj energiji od 10 na 28 eV. Tako nam preostaje samo prva mogućnost. U ovom trenutku, teorija supergravitacije  $N = 8$  predstavlja jedinog kandidata na vidiku. *Kako izgleda, teorije o supergravitaciji jedine su teorije sa sva tri navedena svojstva, ali posle pisanja ovog teksta javilo se veliko interesovanje za takozvane teorije o superstrunama. U njima, osnovni objekti nisu tačkaste čestice već izduženi objekti slični malim petljama struna. Zamisao se sastoji u tome da ono što nama izgleda kao čestica jeste, zapravo, vibracija na petlji. Ove teorije o superstrunama*

*spuštaju supergravitaciju na granicu niske energije, ali za sada je bilo malo uspeha u predviđanjima proisteklim iz njih, koja su se mogla proveriti u opitima.* Očekuje se da se u nekoliko narednih godina obavi izvestan broj ključnih proračuna koji bi pokazali da li je teorija valjana ili nije. Ako preživi ove provere, proteći će verovatno još nekoliko godina pre no što usavršimo matematičke postupke koji bi nam omogućili da vršimo predviđanja i da pružimo objašnjenje za početne uslove Vaseļjene, odnosno za lokalne fizičke zakone. Biće to izuzetni problemi sa kojima će se suočavati teorijski fizičari tokom narednih dvadesetak godina. S tim u vezi, jedna pomalo uznemirujuća opaska na kraju: možda moje kolege i neće imati na raspolaganju mnogo više vremena. U ovom času, naime, računari su korisna pomoć u istraživanju, ali njima i dalje upravljaju ljudski umovi. No, ako se izvrši ekstrapolacija sadašnje brze stope razvoja na ovom polju, uopšte nije isključeno da će računari potpuno preuzeti na sebe teorijsku fiziku. Prema tome, na vidiku je možda kraj teorijskih fizičara, ako već ne teorijske fizike.

## 8. AJNŠTAJNOV SAN

*Predavanje održano jula 1991. na sesiji 'Paradigma' korporacije 'NTT Data Communications Systems'.*

Početak dvadesetog stoleća, dve nove teorije potpuno su promenile naše viđenje prostora i vremena, kao i same stvarnosti. Više od sedamdeset pet godina kasnije mi i dalje razrađujemo ono što iz njih proishodi i pokušavamo da ih povežemo u objedinjenu teoriju koja bi opisala sve u Vaseljeni. Dve teorije o kojima je reč jesu opšta teorija relativnosti i kvantna mehanika. Opšta teorija relativnosti odnosi se na prostor i vreme, kao i na to kako ih materija i energija u Vaseljeni zakrivljuju ili savijaju. Kvantna mehanika, sa druge strane, odnosi se na veoma male razmere. Ona obuhvata takozvano načelo neodređenosti koje kaže da se nikada istovremeno ne mogu izmeriti i položaj i brzina neke čestice; što tačnije merite jednu od ove dve veličine, to manje tačno možete da merite drugu. Uvek postoji elemenat neodređenosti ili slučaja, što na temeljan način utiče na ponašanje materije u malim razmerama. Opšta relativnost gotovo se u potpunosti može pripisati Ajnštajnu, a on je igrao i značajnu ulogu u razvoju kvantne mehanike. Njegov stav prema ovoj potonjoj sažet je u poznatoj izjavi: 'Bog se ne igra kockicama.' Ali svi nalazi ukazuju na to da je Bog nepopravljivi kockar i da on u svakoj mogućoj prilici baca kockice.

U ovom ogledu pokušaću da dočaram osnovne zamisli na kojima počivaju ove dve teorije, kao i da objasnim zbog čega je Ajnštajn bio tako nesrećan u vezi sa kvantnom mehanikom. Takođe ću opisati neke izuzetne stvari do kojih, kako izgleda, dolazi prilikom nastojanja da se povežu ove dve teorije. Odatle proishodi da je samo vreme imalo početak pre otprilike petnaest milijardi godina, kao i da će se možda okončati u nekoj tački u budućnosti. No, u jednoj drugoj vrsti vremena, Vaseljena nema granica. Ona nije ni stvorena niti će biti uništena, već naprosto jeste.

Počću sa teorijom relativnosti. Nacionalni zakoni važe samo u jednoj

zemlji, ali zakoni fizike isti su u Britaniji, Sjedinjenim Američkim Državama i u Japanu. Oni su takođe nepromenljivi na Marsu i u galaksiji Andromeda. Ne samo to, nego ti zakoni ostaju isti bez obzira na to kojom se brzinom mi kretali. Oni isto važe u superbrzom vozu, mlaznom avionu, kao i za nekoga ko stoji u mestu. U stvari, čak i neko ko je nepomičan na Zemlji kreće se brzinom od oko 30 kilometara u sekundi oko Sunca. Sa svoje strane, Sunce se kreće brzinom od više stotina kilometara u sekundi oko središta Galaksije, i tako dalje. No, sva ova kretanja nemaju uticaja na zakone fizike; oni su isti za sve posmatrača.

Ovu nezavisnost od brzine kretanja sistema prvi je uočio Galilej, koji je otkrio zakone kretanja objekata kao što su topovska đulad ili planete. Problem se, međutim, javio onda kada su naučnici pokušali da prošire ovu nezavisnost brzine posmatrača na zakone koji upravljaju brzinom svetlosti. U osamnaestom stoleću je otkriveno da svetlost ne prevaljuje trenutno rastojanje između izvora i posmatrača; naprotiv, ona se kreće konačnom brzinom koja iznosi oko 300.000 kilometara u sekundi. Ali u odnosu na šta je ta brzina? Izgledalo je da u prostoru mora postojati neki medijum kroz koji svetlost putuje. Taj medijum dobio je naziv eter. Zamisao je bila da se svetlosni talasi kreću brzinom od 300.000 kilometara u sekundi kroz eter; ovo znači da bi neki posmatrač koji se nalazi u stanju mirovanja u odnosu na eter merenjem ustanovio da brzina svetlosti iznosi oko 300.000 kilometara u sekundi, ali bi zato posmatrač koji se kreće kroz eter izmerio veću ili manju brzinu. Na osnovu ovoga takođe se verovalo da brzina svetlosti treba da se menja kako se Zemlja kreće kroz eter na svojoj orbiti oko Sunca. Godine 1887, međutim, jedan precizan opit koji su izveli Majklson i Morli pokazao je da je brzina svetlosti uvek ista. Bez obzira na to kojom se brzinom posmatrač kretao, on će stalno meriti brzinu svetlosti od oko 300.000 kilometara u sekundi.

Kako je to moguće? Kako posmatrači koji se kreću različitim brzinama svi mere istu brzinu svetlosti? Odgovor glasi da to uistinu nije moguće ako na snazi ostanu naše uobičajene predstave o prostoru i vremenu. U svom znamenitom radu iz 1905, međutim, Ajnštajn je pokazao da će svi posmatrači odista meriti istu brzinu svetlosti ako odustanu od zamisli o univerzalnom vremenu. Umesto toga, svaki posmatrač imao bi vlastito vreme, mereno



časovnikom koji bi imao uza se. Vremena izmerena ovim različitim časovnicima gotovo sasvim bi se podudarala ako bi se oni kretali sporo jedni u odnosu na druge - ali bi zato vremena izmerena različitim časovnicima počela značajno da odstupaju jedna od drugih ukoliko bi se ti časovnici kretali velikom brzinom. Ovaj efekat uočen je poređenjem jednog časovnika na tlu sa jednim u putničkom avionu; časovnik u avionu išao je malo sporije u odnosu na časovnik u mirovanju. No, pri normalnim brzinama putovanja, razlike u brzinama rada časovnika veoma su male. Morali biste da obletite svet četiri stotine miliona puta da biste svom životu dodali jednu sekundu; pri tom bi vam, međutim, život bio znatno više skraćen silnim obrocima koji se služe u avionima.

Kako postojanje vlastitog vremena dovodi do toga da ljudi koji se kreću različitim brzinama mere istu brzinu svetlosti? Brzina jednog svetlosnog impulsa predstavlja udaljenost koju on prevali između dva događaja podeljenu sa vremenskim razmakom između tih događaja. ('Događaj' u smislu nečega što se zbiva u jednoj tački prostora u nekoj određenoj tački vremena.) Ljudi koji se kreću različitim brzinama neće se složiti oko razdaljine između dva događaja. Primera radi, ako je moje merenje vezano za kola koja se kreću auto-putem, ja mogu zaključiti da su ona prevalila samo jedan kilometar, ali za nekoga na Suncu ona bi prešla čak oko 1.800 kilometara, zato što bi se i Zemlja kretala dok se kola kreću putem. Kako ljudi koji se kreću različitim brzinama mere različite razdaljine između događaja, oni takođe moraju meriti različite vremenske razmake ako treba da se saglase oko brzine svetlosti.

Ajnštajnova prvobitna teorija relativnosti, koju je izložio u svom radu iz 1905, danas se naziva posebna teorija relativnosti. Ona opisuje kako se objekti kreću kroz prostor i vreme. Odatle proishodi da vreme nije univerzalno svojstvo koje postoji nezavisno od prostora. Naprotiv, budućnost i prošlost samo su smerovi, kao gore i dole, levo i desno, napred i nazad, u nečemu što se naziva prostorvreme. Možete ići jedino u smeru budućnosti u vremenu, ali možete ići i pod izvesnim uglom u odnosu na taj pravac. Upravo zbog toga vreme može da protiče različitim brzinama.

Posebna teorija relativnosti povezala je vreme i prostor, ali prostor i vreme i dalje su predstavljali nepomično zaleđe spram koga su se zbivali

dogadaji. Mogli ste izabrati da se krećete različitim putanjama kroz prostorvreme, ali ništa niste mogli preduzeti da preinačite zaleđe prostora i vremena. Sve se to, međutim, promenilo kada je Ajnštajn 1915. godine izložio opštu teoriju relativnosti. On je došao na revolucionarnu zamisao da gravitacija nije samo sila koja deluje spram nepomičnog zaleđa prostorvremena. Naprotiv, gravitacija predstavlja izobličenje prostorvremena izazvano masom i energijom u njemu. Objekti poput topovske đuladi i planeta pokušavaju da se kreću pravolinijski kroz prostorvreme, ali kako je prostorvreme zakrivljeno, savijeno, a ne ravno, dolazi do iskrivljenja njihove putanje. Zemlja pokušava da se kreće pravolinijski kroz prostorvreme, ali zakrivljenost prostorvremena izazvana masom Sunca nagoni je da kruži oko njega. Slično tome, svetlost nastoji da putuje pravolinijski, ali zakrivljenost prostorvremena u blizini Sunca dovodi do toga da svetlost sa dalekih zvezda biva savijena ako prođe nedaleko od njega. Pod normalnim uslovima, nije moguće videti zvezde na nebu koje se nalaze u gotovo istom pravcu kao i Sunce. Za vreme potpunog pomračenja, međutim, kada najveći deo Sunčeve svetlosti biva zaklonjen Mesecom, svetlost zvezda može se videti. Ajnštajn je postavio svoju opštu teoriju relativnosti u jeku Prvog svetskog rata, kada uslovi za naučna posmatranja nisu bili povoljni, ali neposredno posle rata jedna britanska ekspedicija pozabavila se posmatranjem pomračenja iz 1919. i potvrdila predviđanja opšte relativnosti: prostorvreme nije ravno, već ga zakrivljuju materija i energija u njemu.

Bio je to Ajnštajnov najveći trijumf. Njegovo otkriće potpuno je preobrazilo način na koji razmišljamo o prostoru i vremenu. Oni su prestali da budu pasivno zaleđe spram koga se odigravaju događaji. Više nismo mogli da zamišljamo prostor i vreme kao veličine koje se pružaju u beskraj i na koje nema nikakvog uticaja ono što se zbiva u Vaseljenu. Umesto toga, one su postale dinamična svojstva koje vrše uticaj na događaje što se zbivaju u njima, ali i trpe njihov uzvratni uticaj.

Jedno važno svojstvo mase i energije jeste to da su one stalno pozitivne. To je razlog što gravitacija uvek izaziva međusobno privlačenje tela. Primera radi, Zemljina sila teže uvek nas privlači ka površini čak i onda kada se nalazimo na antipodnim tačkama sveta. To je razlog što ljudi u Australiji ne odlete u kosmos. Slično tome, Sunčeva gravitacija drži planete na orbiti oko

naše zvezde i sprečava Zemlju da se otisne u tamu međuzvezdanog prostora. Prema opštoj relativnosti, okolnost da je masa uvek pozitivna znači da je prostorvreme zakrivljeno ka unutra, slično površini Zemlje. Da je masa negativna, prostorvreme bi bilo zakrivljeno na drugačiji način, slično površini sedla. Ova pozitivna zakrivljenost prostorvremena, koja odražava činjenicu da gravitacija deluje privlačno, predstavljala je za Ajnštajna veliki problem. Tada je bilo rasprostranjeno uverenje da je Vaseljena statična; no, ako su prostor, a naročito vreme zakrivljeni ka unutra, kako onda Vaseljena može nastaviti da traje zauvek u manje ili više istom stanju u kome je u ovom vremenu?

Ajnštajnovе prvobitne jednačine opšte relativnosti predviđale su da se Vaseljena ili širi ili sažima. On je stoga uveo dodatni uslov u jednačine koji je dovodio u vezu masu i energiju u Vaseljeni sa zakrivljenošću prostorvremena. Ova takozvana kosmološka konstanta pretpostavljala je odbojno gravitaciono dejstvo. Tako je postalo moguće držati u ravnoteži privlačenje materije sa odbojnim dejstvom kosmološke konstante. Drugim rečima, negativna zakrivljenost prostorvremena izazvana kosmološkom konstantom mogla je potrti pozitivnu zakrivljenost prostorvremena izazvanu masom i energijom u Vaseljeni. Na ovaj način, mogao se dobiti model Vaseljene koja bi zauvek ostala u istom stanju. Da se Ajnštajn držao svojih prvobitnih jednačina, bez uvođenja kosmološke konstante, on bi predvideo da se Vaseljena ili širi ili sažima. No, sve do 1929. godine ni bilo ko drugi nije pomislio na mogućnost da se Vaseljena menja sa protokom vremena; ali tada je Edvin Habl otkrio da se daleke Galaksije još više udaljuju od nas. Vaseljena se, dakle, širi. Povodom kosmološke konstante, Ajnštajn je kasnije izjavio: 'Bila je to najveća greška u mom životu.'

Sa kosmološkom konstantom ili bez nje, međutim, okolnost da materija izaziva zakrivljavanje prostorvremena ka unutra ostala je nerešen problem, iako to nisu svi uviđali. Odatle je proishodilo da materija može u toj meri da zakrivi neko područje ka unutra da ono potpuno postane odsečeno od ostatka Vaseljene. Takvo područje postalo bi ono što je dobilo naziv crna rupa. Objekti mogu da upadaju u crnu rupu, ali ništa ne može iz nje da umakne. Da bi to bilo moguće, objekti bi morali da se kreću brže od svetlosti, ali to ne dopušta teorija relativnosti. Materija unutar crne rupe postala bi zarobljena i

kolabirala bi do nekog nepoznatog stanja veoma velike gustine.

Ajnštajna su veoma uznemirile implikacije ovog kolabiranja i on je odbio da poveruje da do toga uistinu dolazi. Ali Robert Openhajmer pokazao je 1939. godine da bi jedna stara zvezda sa masom dvostruko većom od Sunčeve neumitno podlegla kolabiranju pošto utroši svoje nuklearno gorivo. No, onda je izbio rat, Openhajmer je uzeo udela u projektu izrade atomske bombe i izgubio je zanimanje za gravitacioni kolaps. I drugi naučnici postali su zaokupljeniji fizikom koja se mogla izučavati na Zemlji. Izgubili su poverenje u predviđanja o dalekim krajevima Vaseljene zato što je izgledalo da se ona ne mogu proveriti posmatranjima. Tokom šezdesetih godina, međutim, veliko povećanje dosega i kvaliteta astronomskih posmatranja ponovo je podstaklo zanimanje za gravitacioni kolaps i ranu Vaseljenu. Šta je tačno Ajnštajnova teorija relativnosti predviđala u ovim situacijama ostalo je nejasno sve dok Rodžer Penrouz i ja nismo dokazali nekoliko teorema. One su pokazale da iz činjenice da je prostorvreme zakrivljeno ka unutra sledi da postoje singularnosti, mesta gde prostorvreme ima početak ili kraj. Početak bi mu bio u Velikom Prasku, pre približno petnaest milijardi godina, a okončalo bi se za neku zvezdu koja je kolabirala i za sve što bi upalo u crnu rupu zaostalu iza kolabirale zvezde.

Okolnost da je Ajnštajnova opšta teorija relativnosti predvidela singularnosti dovela je do krize u fizici. Jednačine opšte relativnosti, koje dovode u vezu zakrivljenost prostorvremena sa rasporedom mase i energije, ne mogu se odrediti kao singularnost. Ovo znači da opšta relativnost ne može da predvidi šta ishodi iz singularnosti. A posebno, opšta relativnost ne može da predvidi kako bi Vaseljena trebalo da je počela u Velikom Prasku. Prema tome, opšta relativnost nije celovita teorija. Njoj je potreban dodatak kako bi odredila početak Vaseljene, kao i ono što se događa kada materija kolabira pod dejstvom vlastite gravitacije.

Ovaj neophodan dodatak jeste, kako izgleda, kvantna mehanika. Godine 1905, upravo onda kada je objavio posebnu teoriju relativnosti, Ajnštajn je takođe napisao rad o jednoj pojavi koja je nazvana fotoelektrični efekat. Uočeno je da, kada svetlost padne na određene metale, dolazi do emitovanja naelektrisanih čestica. Ono što je bilo neobično s ovim u vezi jeste okolnost da ako se smanji jačina svetlosti, takođe opada broj emitovanih čestica, ali

zato brzina njihovog emitovanja ostaje ista. Ajnštajn je pokazao da se ovo može objasniti ako se svetlost javlja ne u neprekidno promenljivom obimu, kao što su prethodno svi pretpostavljali, nego pre u paketima određene veličine. Na zamisao o svetlosti koja se javlja jedino u paketima, nazvanim kvanti, prvi je došao, nekoliko godina ranije, nemački fizičar Maks Plank. To je pomalo kao kada bi se kazalo da se u samousluzi šećer može kupovati ne u željenoj količini već jedino u kesama od jednog kilograma. Plank je iskoristio zamisao o kvantima da bi objasnio zašto komad metala u stanju crvenog usijanja ne zrači beskonačno toplotu; ali za njega su kvanti bili samo teorijski trik koji nije odgovarao ničemu u fizičkoj stvarnosti. Ajnštajnov rad pokazao je da se pojedinačni kvanti mogu neposredno posmatrati. Svaka emitovana čestica odgovarala je jednom kvantu svetlosti koja je padala na metal. Ovo otkriće ocenjeno je kao veoma značajan doprinos kvantnoj teoriji i donelo je Ajnštajnu Nobelovu nagradu 1922. (Ovu nagradu trebalo je da dobije za opštu relativnost, ali zamisao da su prostor i vreme zakrivljeni još je smatrana za odveć spekulativnu i protivurečnu, tako da mu je nagrada pripala za fotoelektrični efekat, što nipošto ne znači da je tim otkrićem nije zaslužio.)

Puni značaj fotoelektričnog efekta shvaćen je tek 1925, kada je Verner Hajzenberg objavio da mu je taj efekat onemogućio da tačno izmeri položaj jedne čestice. Da biste videli gde je neka čestica, morate je osvetliti. Ali Ajnštajn je pokazao da se ne mogu koristiti sasvim male količine svetlosti; mora se upotrebiti najmanje jedan paket, ili kvant. Ovaj paket svetlosti poremetio bi česticu i nagnao je da se kreće izvesnom brzinom u nekom pravcu. Što tačnije želite da izmerite položaj čestice, to biste morali da upotrebite veću energiju paketa, čime biste više poremetili česticu. Ma koliko se trudili da izmerite česticu, proizvod neodređenosti njenog položaja i neodređenosti njene brzine uvek bi bili veći od neke minimalne vrednosti.

Ovo Hajzenbergovo načelo neodređenosti pokazalo je da se nikako ne može tačno izmeriti stanje nekog sistema, pa je samim tim i nemoguće predvideti šta će sa njim biti u budućnosti. Sve što je moguće učiniti jeste predviđanje verovatnoća različitih ishoda. Ono što je uznemirilo Ajnštajna bio je upravo ovaj elemenat slučaja, nasumičnosti. On je odbio da poveruje da iz fizičkih zakona ne slede sasvim određena, nedvosmislena predviđanja.

Ali ma kako oni bili izraženi, svi nalazi idu u prilog tome da su kvantni fenomen i načelo neodređenosti neizbežni, kao i da se oni javljaju u svim granama fizike.

Ajnštajnova opšta relativnost naziva se klasična teorija; to znači da ona ne uključuje u sebe načelo neodređenosti. Potrebno je stoga bilo pronaći novu teoriju koja bi povezala opštu relativnost sa načelom neodređenosti. U većini situacija, razlika između ove nove teorije i klasične opšte relativnosti biće veoma mala. To je stoga, kako je ranije istaknuto, što se neodređenost koju predviđaju kvantni efekti javlja u sasvim malim razmerama, dok se opšta relativnost odnosi na ustrojstvo prostorvremena u veoma velikim razmerama. Međutim, teoreme singularnosti koje smo Rodžer Penrouz i ja dokazali pokazuju da će prostorvreme biti izrazito zakrivljeno u veoma malim razmerama. Dejstvo načela neodređenosti postaće tada veoma značajno i ono će dati neke izuzetne ishode.

Deo Ajnštajnovih problema sa kvantnom mehanikom i načelom neodređenosti poticao je iz okolnosti da je on koristio običnu, zdravorazumsku predstavu o tome da jedan sistem ima jednu određenu istoriju. Neka čestica je na jednom mestu ili na nekom drugom. Ne može se nalaziti pola na jednom, a pola na drugom. Slično tome, neki događaj, kao što je, na primer, spuštanje astronauta na Mesec, odigrao se ili se nije odigrao. Nije se mogao napola odigrati. To je kao kada se kaže da čovek ne može biti malo mrtav ili žena malo trudna. Oni to ili jesu ili nisu. Ali ako neki sistem ima samo jednu određenu istoriju, onda načelo neodređenosti vodi do sve sile paradoksa: tada se čestica javlja na dva mesta u isto vreme, a astronauti su samo napola na Mesecu.

Do elegantnog načina da se izbegnu ovi paradoksi koji su zadavali toliko glavobolje Ajnštajnu došao je američki fizičar Ričard Fajnmen. Fajnmen je postao poznat 1948. po svom radu na kvantnoj teoriji svetlosti. Godine 1965. dobio je Nobelovu nagradu sa svojim zemljakom Džulijanom Švingerom i japanskim fizičarem Šiničiom Tomonagom. Pripadao je istoj tradiciji velikih fizičara u koju je spadao i Ajnštajn. Nimalo nije voleo pompu i spletkarenje i dao je ostavku na članstvo u Nacionalnoj akademiji nauka kada je ustanovio da se tamo najveći deo vremena troši na odlučivanje o tome koji će drugi naučnici biti primljeni. Fajnmen, koji je umro 1988, ostao je upamćen po

mnogim doprinosima teorijskoj fizici. Jedan od njih jeste dijagram koji nosi njegovo ime i koji predstavlja osnovu za gotovo sve proračune u fizici čestica. Ali još značajniji doprinos bila je njegova zamisao o zbiru po istorijama. Reč je o tome da neki sistem nema samo jednu istoriju u prostoru vremenu, kao što bi se to normalno očekivalo u nekoj klasičnoj nekvantnoj teoriji. Naprotiv, on ima sve moguće istorije. Razmotrimo, na primer, slučaj čestice koja se nalazi u tački A u određenom vremenu. Normalno bi se očekivalo da se čestica kreće u pravoj liniji od A. Međutim, prema zamisli o zbiru po istorijama, ona može da se kreće bilo kojom putanjom koja počinje u A. To je slično onome što se događa kada kapnete malo mastila na komad upijajuće hartije. Čestice mastila raširiće se kroz upijač u svim mogućim pravcima. Čak i ako zaprečite pravu liniju između dve tačke na taj način što zasečete hartiju, mastilo će svejedno proći tako što će zaobići ivice ureza.

Za svaku putanju ili istoriju čestice biće vezan neki broj koji zavisi od oblika putanje. Verovatnoća da će čestica prevaliti put od A do B dobija se sabiranjem brojeva što stoje u vezi sa svim putanjama kojima čestica može stići od A do B. Kod većine putanja, broj koji stoji u vezi sa jednom putanjom gotovo će se potrti sa brojevima obližnjih putanja. Oni će stoga malo doprineti verovatnoći stizanja čestice iz A u B. Ali brojevi pravolinijskih putanja sabraće se sa brojevima putanja koje su gotovo pravolinijske. Prema tome, glavni doprinos verovatnoći potićaće od putanja koje su pravolinijske ili gotovo pravolinijske. To je razlog što trag koji čestica ostavlja prilikom prolaska kroz mehurastu komoru izgleda gotovo pravolinijski. Ali ako se na putu čestice postavi nekakva prepreka sa otvorom, putanje čestica mogu se raširiti i izvan ivica otvora. Postoji visoka verovatnoća da se čestica nađe izvan prave linije koja vodi kroz otvor.

Godine 1973. počeo sam da ispitujem kakav bi uticaj načelo neodređenosti imalo na neku česticu u zakrivljenom prostoru vremenu blizu crne rupe. Ustanovio sam tom prilikom jednu izuzetnu stvar: crna rupa ne bi bila potpuno crna. Načelo neodređenosti dopustilo bi da zračenje otiče iz crne rupe postojanom brzinom. Ovaj nalaz potpuno je iznenadio kako mene tako i sve ostale, te je dočekan opštom nevericom. Ali, posmatrano unazad, stvar je trebalo da bude očigledna. Crna rupa predstavlja područje prostora iz

koga je nemoguće pobeći ako se krećete brzinom manjom od svetlosne. Ali iz Fajnmenovog zbira po istorijama proishodi da se čestice mogu kretati bilo kojom putanjom kroz prostorvreme. To znači da se čestica može kretati brže od svetlosti. Verovatnoća prevaljivanja neke veće razdaljine brzinom višom od svetlosne nije velika, ali čestica se ipak može kretati brže od svetlosti dovoljno dugo da iziđe iz crne rupe, da bi potom nastavila putovanje sporije od svetlosti. Na ovaj način, načelo neodređenosti dopušta česticama da umaknu iz onoga za šta se verovalo da predstavlja konačni zatvor - iz crne rupe. Verovatnoća da neka čestica iziđe iz crne rupe čija je masa slična Sunčevoj bila bi veoma niska zato što bi ta čestica morala da prevali nadsvetlosnom brzinom više kilometara. Ali sva je prilika da postoje i znatno manje crne rupe koje su nastale u ranoj Vaseljeni. Ove praiskonske crne rupe bile bi manje od jezgra jednog atoma, ali bi im masa dostizala milijarde tona, što odgovara masi planine Fudži. One bi mogle da zrače onoliko energije koliko je daje neka velika elektrana. Kada bismo samo mogli da pronađemo neku od tih malih crnih rupa i da je zauzdamo! Na žalost, nema ih, kako izgleda, mnogo oko nas u Vaseljeni.

Predviđanje zračenja iz crnih rupa predstavljalo je prvi značajan ishod povezivanja Ajnštajnovе opšte relativnosti sa kvantnim načelom. Pokazalo se da gravitacioni kolaps nije takav ćorsokak kao što je izgledalo. Čestice u crnoj rupi ne moraju da okončaju svoje istorije u singularnosti. Naprotiv, one mogu da pobegnu iz crne rupe i da nastave svoje istorije izvan nje. Možda iz kvantnog načela takođe proističe da se mogu izbeći istorije koje imaju početak u vremenu, tačku nastanka, Veliki Prasak.

Na ovo pitanje znatno je teže odgovoriti, zato što ono pretpostavlja primenu kvantnog načela na samo ustrojstvo prostora i vremena, a ne samo na putanje čestica spram datog zaleđa prostorvremena. Ono što je ovde neophodno jeste zbir po istorijama ne samo za čestice nego i za ceo sklop prostora i vremena. Mi još ne znamo kako da ispravno izvedemo ovo sabiranje, ali poznata su nam izvesna svojstva koje ono treba da ima. Lakše je, na primer, doći do zbira po istorijama ako se uzimaju u obzir istorije ne u običnom, stvarnom vremenu nego u onome što se naziva imaginarno vreme. Zamisao o imaginarnom vremenu nije lako shvatiti i ona je verovatno zadala najviše problema čitaocima moje knjige. Zbog korišćenja imaginarnog



vremena takođe sam bio izložen žestokoj kritici filozofa. Kako imaginarno vreme može imati bilo šta sa stvarnom Vaseljnom? Mislim da ti filozofi nisu naučili lekciju iz istorije. Svojevremeno se smatralo za očigledno da je Zemlja ravna, kao i da Sunce kruži oko Zemlje, ali od Kopernikovog i Galilejevog vremena morali smo da se prilagodimo zamisli da je Zemlja okrugla i da je ona ta koja kruži oko Sunca. Slično tome, dugo je izgledalo očigledno da vreme teče istom brzinom za sve posmatrača, ali Ajnštajn nam je pokazao da ono, zapravo, teče različitim brzinom za različite posmatrača. Takođe je izgledalo očigledno da Vaseljna ima jedinstvenu istoriju, ali posle otkrića kvantne mehanike moramo da prihvatimo da Vaseljna ima svaku moguću istoriju. Ovim želim da pokažem da je zamisao o imaginarnom vremenu takođe nešto što ćemo morati da prihvatimo. Posredi je intelektualni skok istog reda veličine kao i prelazak na verovanje da je svet okrugao. Mislim da će imaginarno vreme jednom izgledati podjednako prirodno kao što je to danas predstava o okrugloj Zemlji. Među obrazovanim svetom nema više mnogo poklonika ravne Zemlje.

Obično, stvarno vreme možete zamisliti kao vodoravnu liniju koja ide sleva nadesno. Ranija vremena su sa leve strane, dok su ona potonja sa desne. Ali takođe možete zamisliti jedan drugi pravac koji ide odozgo nadole. To je takozvani pravac imaginarnog vremena koji stoji pod pravim uglom u odnosu na stvarno vreme.

Koja je svrha uvođenja pojma imaginarnog vremena? Zašto se naprosto ne držimo običnog, stvarnog vremena koje razumemo? Razlog je to što, kako je primećeno ranije, materija i energija ispoljavaju težnju da zakrivljuju prostorvreme ka unutra. Na pravcu stvarnog vremena, ovo neumitno vodi do singularnosti, mesta gde se prostorvreme okončava. U singularnostima, jednačine fizike ne mogu se odrediti; tu se, stoga, ne može predvideti šta će se dogoditi. Ali pravac imaginarnog vremena stoji pod pravim uglom u odnosu na stvarno vreme. To znači da se on ponaša na sličan način i prema tri pravca koja odgovaraju kretanju kroz prostor. Zakrivljenost prostorvremena izazvana materijom u Vaseljni može tada da vodi do sticanja tri prostorna pravca i pravca imaginarnog vremena oko crne rupe. Oni bi tu obrazovali zatvorenu površinu, sličnu površini Zemlje. Tri prostorna pravca i imaginarno vreme sazdali bi prostorvreme koje je zatvoreno u sebe,

bez granica ili ivica. Ono ne bi imalo tačke koje bi se mogle nazvati početak ili kraj, baš kao što ni površina Zemlje nema tačke početka i kraja.

Godine 1983, Džim Hartl i ja izložili smo pretpostavku o tome da zbir po istorijama za Vaseljenu ne bi trebalo da se radi preko istorija u stvarnom vremenu. Umesto toga, on bi trebalo da se radi preko istorija u imaginarnom vremenu, koje su zatvorene u sebe, slično površini Zemlje. Kako te istorije nemaju singularnosti niti početak i kraj, ono što se u njima događa bilo bi u potpunosti određeno zakonima fizike. To znači da se može izračunati ono što se događa u imaginarnom vremenu. A ako znate istoriju Vaseljene u imaginarnom vremenu, onda možete izračunati kako se ona ponaša u stvarnom vremenu. Na ovaj način, otvara se mesto nadi da ćemo doći do celovite, objedinjene teorije - takve koja bi predvidela sve u Vaseljenu. Ajnštajn je poslednje godine svoga života proveo u traganju za takvom teorijom. Nije je našao zato što nije verovao u kvantnu mehaniku. Nije bio spreman da prizna da Vaseljena može imati mnogo alternativnih istorija, kao što je to u zbiru po istorijama. Mi još ne znamo kako da dođemo do zbira po istorijama za Vaseljenu, ali prilično smo uvereni da će u to biti upleteni imaginarno vreme i zamisao o prostorvremenu koje se zatvara u sebe. Mislim da će ove predstave izgledati podjednako prirodne narednom pokolenju kao i zamisao da je svet okrugao. Imaginarno vreme već predstavlja opšte mesto u naučnoj fantastici. Ali ono je nešto više od naučne fantastike ili matematičkog trika. Posredi je svojstvo što oblikuje Vaseljenu u kojoj živimo.

## 9. NASTANAK VASELJENE

*Predavanje održano juna 1987. na Kembridžu u okviru konferencije pod nazivom 'Tri stotine godina gravitacije'. Povod skupa bilo je tri stoleća od objavljivanja Njutnovog dela Principia.*

Problem nastanka Vaseljene pomalo nalikuje starom pitanju: šta je prvo nastalo - kokoška ili jaje? Drugim rečima, kakvo je delovanje stvorilo Vaseljenu i šta je stvorilo to delovanje? Ili su možda Vaseljena, odnosno delovanje koje ju je stvorilo, večno postojali, tako da uopšte nisu morali da budu stvoreni. Sve donedavno, naučnici su nastojali da se klone ovih pitanja, smatrajući da ona pripadaju pre metafizici ili religiji nego nauci. Tokom poslednjih godina, međutim, pokazalo se da zakoni nauke mogu da važe čak i kada je posredi početak Vaseljene. U tom slučaju, Vaseljena bi bila samoobuhvatna i potpuno određena zakonima nauke.

Rasprava o tome da li je i kako je Vaseljena počela vodila se tokom cele istorije. U osnovi, postojale su dve škole mišljenja. Mnoge rane mitologije, kao i judejska, hrišćanska i islamska religija, držale su da je Vaseljena stvorena u prilično skoroj prošlosti. (U sedamnaestom stoleću, biskup Ašer je izračunao da je Vaseljena stvorena 4.004. godine pre nove ere; do ove brojke došao je sabiranjem životnog veka ljudi koji se pominju u Starom zavetu.) Činjenica kojom se potkrepljivala zamisao o skorašnjem nastanku bila je uviđanje da se ljudska rasa, očigledno, razvija na području kulture i tehnologije. Mi pamtimo ko je prvi ostvario dato delo ili razvio datu tehniku. Shodno tome, tvrdilo se, nismo mogli postojati predugo; u protivnom, već bismo uznapredovali znatno više nego što zapravo jesmo. U stvari, biblijski datum postanja nije mnogo daleko od vremena poslednjeg ledenog doba, kada su se, kako izgleda, pojavila prva moderna ljudska bića.

Sa druge strane, bilo je ljudi, kakav je, na primer, grčki filosof Aristotel, kojima se nije dopadala zamisao o tome da je Vaseljena imala početak. Oni su smatrali da bi to podrazumevalo božanski upliv. Više im se dopadalo da

veruju da je Vaseljena oduvek postojala i da će zauvek postojati. Nešto što je večno savršenije je od onoga što je moralo biti stvoreno. Imali su odgovor na gore izloženi argument o napredovanju ljudi: periodične poplave ili druge prirodne nesreće stalno su vraćale ljudsku rasu na početak.

Obe škole mišljenja bile su uverenja da se Vaseljena, u biti, ne menja s protokom vremena. Ona je ili stvorena u svom sadašnjem obliku ili oduvek postoji ovakva kakva je danas. Bilo je to prirodno verovanje, zato što je ljudski život - štaviše, cela istorija - tako kratak da se tokom njega Vaseljena značajnije ne menja. U statičnoj, nepromenljivoj Vaseljeni, pitanje da li je ona oduvek postojala ili je stvorena u nekom konačnom vremenu u prošlosti uistinu predstavlja stvar metafizike ili religije: obe ove oblasti mogle su da pruže objašnjenje za jednu takvu Vaseljenu. I odista, godine 1871, filosof Imanuel Kant napisao je monumentalno i veoma opskurno delo pod naslovom Kritika čistog uma u kome je zaključio da postoje podjednako valjani argumenti kako za verovanje da je Vaseljena imala početak tako i za verovanje da nije. Kako to naslov dela nagoveštava, zaključci su mu se temeljili naprosto na umu, na razmišljanju; drugim rečima, on nije uzeo u obzir nalaze posmatranja Vaseljene. Uostalom, šta se to i ima posmatrati u nepromenljivoj Vaseljeni?

U devetnaestom stoleću, međutim, počeli su da se sakupljaju dokazi o tome da se Zemlja i ostatak Vaseljene, u stvari, menjaju s vremenom. Geolozi su uvideli da je obrazovanje stena i fosila u njima moralo trajati stotinama i hiljadama miliona godina. Bilo je to daleko duže od starosti Zemlje koju su izračunali kreacionisti. Dodatne dokaze pružilo je takozvano drugo načelo termodinamike, koje je formulisao nemački fizičar Ludvih Bolcman. Prema njemu, ukupna količina nereda u Vaseljeni (čija je mera svojstvo nazvano entropija) stalno se povećava s protokom vremena. Kao i iz argumenta vezanog za napredovanje ljudi, odavde takođe proishodi da je Vaseljena mogla postojati samo neko konačno vreme. U protivnom, ona bi se već uveliko rastočila u stanje potpunog nereda, gde bi sve bilo na istoj temperaturi.

Dodatna poteškoća sa kojom se suočavala zamisao o statičnoj Vaseljeni odnosila se na Njutnov zakon gravitacije; prema ovom zakonu, svaka zvezda u Vaseljeni trebalo je da bude privlačena svakoj drugoj. Ako tako stoje

stvari, kako onda one mogu da počivaju nepomične, na nepromenjenoj međusobnoj udaljenosti? Zar ne bi trebalo da se sve sjate ujedno?

Njutn je bio svestan ovog problema. U jednom pismu upućenom Ričardu Bentliju, vodećem filozofu njegovog vremena, složio se sa tim da konačan skup zvezda ne bi mogao da ostane nepokretan; one bi se sve sjatile u neku središnju tačku. No, istakao je on, beskonačan skup zvezda ne bi doživeo tu sudbinu, jer ne bi postojala nikakva središnja tačka u koju bi se one sjatile. Ovo je primer zamki u koje se može upasti kada se barata beskonačnim sistemima. Korišćenjem različitih načina zbrajanja sila kojima beskrajn broj drugih zvezda u Vaseljenu deluje na svaku zvezdu dobijaju se različiti odgovori na pitanje da li zvezde mogu ostati na stalnoj međusobnoj udaljenosti. Danas znamo da je ispravan postupak pretpostaviti postojanje nekog konačnog područja sa zvezdama, a potom dodati tome nove zvezde koje bi približno ravnomerno bile razmeštene izvan datog područja. Konačan skup zvezda sjatio bi se ujedno, a prema Njutnovom zakonu, povećanjem broja zvezda izvan osnovnog područja ne bi se zaustavilo kolabiranje. Prema tome, beskonačan skup zvezda ne može da ostane u nepomičnom stanju. Ako se zvezde ne kreću jedne u odnosu na druge u nekom trenutku, njihovo međusobno privlačenje uslovalo bi da počnu da se sunovraćaju jedne ka drugima. Alternativno, one bi mogle da se međusobno udaljuju, pri čemu bi gravitacija usporavala brzinu razmicanja.

Uprkos ovim poteškoćama vezanim za zamisao o statičnoj i nepromenljivoj Vaseljenu, tokom sedamnaestog, osamnaestog i devetnaestog stoleća, pa i početkom dvadesetog niko nije istupio sa pretpostavkom da se Vaseljenu razvija sa protokom vremena. I Njutn i Ajnštajn propustili su priliku da predvide da bi Vaseljenu trebalo ili da se sažima ili da se širi. Njutnu se svakako ne može ništa zameriti, zato što je živeo dve stotine pedeset godina pre no što je posmatranjima otkriveno da se Vaseljenu širi. Ali Ajnštajn je trebalo to da zaključi. Teorija opšte relativnosti, koju je formulisao 1915, predviđala je širenje Vaseljene. Ali on je bio toliko uveren u statičnu Vaseljenu da je čak dodao jedan elemenat svojoj teoriji kako bi je doveo u sklad sa Njutnovom teorijom i našao protivtežu gravitaciji.

Kada je Edvin Habl dokazao 1929. da se Vaseljenu širi, ovo otkriće potpuno je promenilo tok rasprave o njenom nastanku. Ako uzmete u obzir

sadašnji položaj galaksija i projektujete ga unazad kroz vreme, pokazuje se da su se sve one nalazile na istom mestu u nekom trenutku pre između deset i dvadeset hiljada miliona godina. U to vreme, singularnost nazvana Veliki Prask, gustina Vaseljene i zakrivljenost prostora vremena trebalo bi da su imale beskonačnu vrednost. U takvim uslovima, svi poznati zakoni nauke neumitno bi otkazali. To predstavlja pravu katastrofu za nauku, zato što podrazumeva da nauka nije u stanju da predvidi kako je Vaseljena počela. Sve što ona može da kaže tim povodom jeste: Vaseljena je ovakva kakva je sada zato što je prvobitno bila kakva je bila. Ali nije u stanju da objasni zašto je bila baš takva kakva je bila neposredno po Velikom Prasku.

Nimalo iznenađujuće, mnogi naučnici nisu bili oduševljeni ovakvim zaključkom. Preduzeto je stoga nekoliko pokušaja da se izbegne neumitnost singularnosti Velikog Praska, pa time i početka vremena. Jedan od njih bila je takozvana teorija stacionarnog stanja. Zamisao se ogledala u sledećem: kako se galaksije međusobno razmiču, nove bi nastajale u međuprostoru iz materije koja se neprekidno stvara. Vaseljena postoji i nastaviće da postoji zauvek u manje-više istom stanju u kome je danas.

Da bi Vaseljena nastavila da se širi, a nova materija da se stvara, model stacionarnog stanja nalagao je preinačenje opšte relativnosti, ali obim neophodnog stvaranja materije bio je sasvim mali: približno jedna čestica po kubnom kilometru godišnje, što ne bi bilo u protivurečnosti sa nalazima posmatranja. Ova teorija takođe je predviđala da bi prosečna gustina galaksija i sličnih objekata trebalo da bude stalna kako u prostoru tako i u vremenu. Ispitivanje vangalaktičkih izvora radio-talasa, koje su preuzeli Martin Rajl i njegova grupa sa Kembridža, pokazalo je da ima znatno više slabih nego jakih izvora. U proseku, očekivalo bi se da slabiji izvori budu ujedno udaljeniji. Postojale su, naime, dve mogućnosti: ili se mi nalazimo u području Vaseljene u kome je broj jakih izvora manji od prosečne vrednosti, ili je gustina izvora bila veća u prošlosti, kada se svetlost otisnula sa udaljenijih izvora na putovanje ka nama. Nijedna od ove dve mogućnosti nije bila saglasna sa predviđanjem teorije stacionarnog stanja da bi gustina radio-izvora trebalo da bude stalna i u prostoru i u vremenu. Konačni udarac ovoj teoriji zadat je 1964. godine, kada su Arno Penzijas i Robert Vilson otkrili fon mikrotalasnog zračenja koje ne potiče iz naše Galaksije. Spektar ovog

pozadinskog zračenja poklapao se sa spektrom zračenja vrelog tela - premda, doduše, pridev 'vrelo' teško da je prikladan ovde, budući da je posredi temperatura od samo 2,7 stepeni iznad apsolutne nule. Vaseljena je hladno i tamno mesto! Nije postojao nikakav mehanizam u teoriji stacionarnog stanja koji bi stvarao mikrotalase sa ovakvim spektrom. Teorija se stoga morala napustiti.

Dvojica ruskih naučnika, Jevgenij Lifšic i Isak Kalatnjikov, izložili su 1963. godine novu zamisao koja je trebalo da izbegne stupicu singularnosti Velikog Praska. Oni su ustvrdili da je do stanja beskrajne gustine moglo doći samo ako se galaksije kreću pravo jedna ka drugoj, odnosno jedna od druge; jedino bi se tada sve one stekle u istu tačku u prošlosti. No, galaksije bi takođe mogle da imaju neku neveliku bočnu brzinu, što bi onda omogućilo postojanje takve pređašnje sažimajuće faze Vaseljene u kojoj bi se one našle na sasvim maloj međusobnoj udaljenosti, ali bi nekako uspele da izbegnu sudaranje. Vaseljena bi tako mogla da otpočne novo širenje bez prolaska kroz stanje beskonačne gustine.

Kada su Lifšic i Kalatnjikov istupili sa svojom pretpostavkom, ja sam bio student-istraživač u potrazi za problemom koji bih ispitao u mojoj doktorskoj tezi. Privuklo me je ovo pitanje postojanja singularnosti Velikog Praska, zato što je ono bilo od ključne važnosti za razumevanje nastanka Vaseljene. U saradnji sa Rodžerom Penrouzom, razradio sam novi niz matematičkih postupaka kojima sam mogao da se uhvatim ukoštac sa ovim i sličnim problemima. Pokazali smo da, ako je opšta relativnost tačna, svaki razložni model Vaseljene mora početi singularnošću. Ovo je značilo da je nauka u stanju da predvidi da je Vaseljena morala imati početak, ali i da nije u stanju da predskaje kako je trebalo da počne: za ovaj odgovor morali ste se obratiti Bogu.

Bilo je zanimljivo pratiti promene klime mišljenja o singularnostima. U vreme kada sam ja bio pred diplomiranjem, niko ih nije shvatao ozbiljno. Kao posledica teorema o singularnosti koje su u međuvremenu postavljene, danas su gotovo svi uvereni da je Vaseljena počela singularnošću, u kojoj je došlo do otkazivanja zakona fizike. Ja, međutim, sada smatram da zakoni fizike mogu da odrede kako je Vaseljena počela, iako singularnost postoji.

Opšta teorija relativnosti spada u takozvane klasične teorije. Ona, naime,

ne uzima u obzir činjenicu da čestice nemaju tačno određene položaje i brzine, već da ih na malom prostoru 'razmazuje' načelo neodređenosti kvantne mehanike koje nam ne dopušta da istovremeno izmerimo i položaj i brzinu. Ovo je nebitno u normalnim situacijama, zato što je prečnik zakrivljenosti prostorvremena veoma veliki u poređenju sa neodređenošću položaja neke čestice. No, teoreme singularnosti ukazuju na to da dolazi do veoma velike izobličivosti prostorvremena, sa malim prečnikom zakrivljenosti na početku sadašnje faze širenja Vaseljene. Pod takvim okolnostima, načelo neodređenosti postaje veoma značajno. Prema tome, opšta relativnost donosi vlastiti krah predviđanjem singularnosti. Da bi se raspravljalo o početku Vaseljene, potrebna nam je nova teorija koja bi povezala opštu relativnost sa kvantnom mehanikom.

Ta teorija jeste kvantna gravitacija. U ovom trenutku još nam nije poznato kako će tačno izgledati konačna verzija teorije kvantne gravitacije. Najbolji kandidat kojim sada raspolažemo jeste teorija superstruna, ali tu još postoji izvestan broj nerešenih poteškoća. Međutim, može se očekivati da će izvesna svojstva biti prisutna u svakoj održivoj teoriji. Jedno od njih jeste Ajnštajnova zamisao da se dejstvo gravitacije može prikazati prostorvremenom koje materija i energija u njemu zakrivljuju ili izobličuju - odnosno, savijaju. Objekti nastoje da se kreću što više mogu pravolinijski u tom zakrivljenom prostoru. No, upravo zato što je on zakrivljen, putanje im izgledaju savijene, kao pod uticajem gravitacionog polja.

Drugi element koji očekujemo da će biti prisutan u krajnjoj teoriji jeste zamisao Ričarda Fajmna da se kvantna teorija može formulirati kao 'zbir po istorijama'. U svom najjednostavnijem vidu, ova zamisao nalaže da svaka čestica ima svaku moguću putanju, ili istoriju, u prostorvremenu. Svaka putanja ili istorija odlikuje se određenom verovatnoćom koja zavisi od njenog oblika. Da bi stvar mogla da dejstvuje, neophodno je uzeti u obzir istorije koje se odigravaju u imaginarnom vremenu, a ne u stvarnom vremenu u kome mi opažamo sebe kao bića koja postoje. Imaginarno vreme može zvučati kao stavka iz inventara naučne fantastike, ali posredi je sasvim određen matematički pojam. U izvesnom smislu, ono se može predočiti kao pravac vremena koji stoji pod pravim uglom u odnosu na stvarno vreme. Potrebno je sabrati verovatnoće svih istorija čestica sa određenim svojstvima, kao što je



prolaženje kroz date tačke u data vremena. Potom je neophodno preduzeti ekstrapolaciju dobijenog ishoda unazad do stvarnog prostorvremena u kome mi živimo. Posredi nije najpoznatiji pristup kvantnoj teoriji, ali on daje iste ishode kao i drugi postupci.

Kada je u pitanju kvantna gravitacija, Fajnmenova zamisao o zbiru po istorijama prepostavlja zbrajanje različitih mogućih istorija Vaseljene - odnosno, različitih zakrivljenih prostorvremena. Ovim bi bila predstavljena istorija Vaseljene i svega u njoj. Potrebno je bliže odrediti koja klasa mogućih zakrivljenih prostora treba da bude uključena u zbir po istorijama. Izbor ove klase prostora određuje u kome je stanju Vaseljena. Ako klasa zakrivljenih prostora koja definiše stanje Vaseljene obuhvata prostore sa singularnostima, verovatnoća takvih prostora ne bi bila određena teorijom. Umesto toga, verovatnoće o kojima je reč morale bi biti ustanovljene na neki proizvoljan način. To znači da nauka ne bi bila u stanju da predviđa verovatnoće ovakvih singularnih istorija prostorvremena, pa samim tim ne bi mogla da predvidi ni kako bi Vaseljena trebalo da se ponaša. Moguće je, međutim, da se Vaseljena nalazi u stanju određenom zbirom koji obuhvata jedino nesingularne zakrivljene prostore. U tom slučaju, zakoni nauke mogli bi da potpuno opišu Vaseljenu; ne bi bilo neophodno pozivati se na neki pokretač izvan Vaseljene da bi se odredilo kako je ona počela. Na izvestan način, zamisao o tome da je stanje Vaseljene određeno zbirom po samo nesingularnim istorijama nalikuje na situaciju sa pijancem koji pokušava da nađe ključ od ulaznih vrata ispod ulične svetiljke: on ga tu možda nije izgubio, ali posredi je jedino mesto gde ga može naći. Slično tome, Vaseljena možda nije u stanju određenom zbirom po nesingularnim istorijama, ali to je jedino stanje u kome nauka može da predvideti kako je Vaseljena počela.

Godine 1983, Džim Hartl i ja izložili smo pretpostavku da se stanje Vaseljene može predstaviti kao zbir po jednoj određenoj klasi istorija. Ova klasa sastoji se od zakrivljenih prostora bez singularnosti, koji bi bili konačne veličine, ali i koji ne bi imali granice ili rubove. Ti prostori nalikovali bi površini Zemlje, ali sa dve dodatne dimenzije. Površina Zemlje je konačna, ali nema nikakvih singularnosti, granica ili rubova. Proverio sam to eksperimentalno. Obišao sam oko sveta i nisam pao sa njega.

Zamisao sa kojom smo istupili Hartl i ja može se parafrazirati na sledeći

način: granični uslov Vaseljene jeste da ona nema granicu. Jedino u slučaju da se Vaseljena nalazi u ovom stanju bez granice zakoni nauke mogli bi samostalno da odrede verovatnoću svake moguće istorije. Shodno tome, jedino bi u ovom slučaju poznati zakoni odredili kako bi Vaseljena trebalo da se ponaša. Ako se Vaseljena nalazi u bilo kom drugom stanju, klasa zakrivljenih prostora u zbiru po istorijama obuhvatila bi i prostore sa singularnostima. Kako bi se ustanovile verovatnoće ovih singularnih istorija, bilo bi neophodno osloniti na neko drugo načelo, a ne na poznate zakone nauke. To načelo stajalo bi izvan naše Vaseljene. Sa druge strane, ako je Vaseljena u stanju bez granica, mi bismo, načelno govoreći, mogli da potpuno ustanovimo kako je Vaseljena počela, sve do samih granica načela neodređenosti.

Za nauku bi svakako bilo lepo da se Vaseljena nalazi u stanju bez granica, ali kako možemo znati da je stvarno tako? Odgovor glasi da iz zamisli o stanju bez granica slede sasvim određena predviđanja o tome kako bi Vaseljena trebalo da se ponaša. Ako se pokaže da ta predviđanja nisu u saglasnosti sa posmatračkim nalazima, neće nam preostati drugo do da zaključimo da Vaseljena nije u stanju bez granica. Prema tome, pretpostavka o stanju bez granica predstavlja valjanu naučnu teoriju u smislu koji je odredio filosof Karl Popper: nju mogu opovrći ili krivotvoriti nalazi posmatranja.

Ako nalazi posmatranja ne budu saglasni sa predviđanjima, znaćemo da mora biti singularnosti u klasi mogućih istorija. No, to će ujedno biti i sve što ćemo znati. Nećemo biti u stanju da izračunamo verovatnoće singularnih istorija, pa stoga nećemo moći da predvidimo kako bi Vaseljena trebalo da se ponaša. Moglo bi se pomisliti da ova nepredvidljivost nije odveć važna ukoliko se odnosi samo na Veliki Prasak; uostalom, on se zbio pre negde između deset i dvadeset milijardi godina. Ali ako predvidljivost zakazuje u uslovima veoma snažnih gravitacionih polja pri Velikom Prasku, ona takođe može da zakaže i kad bilo koja zvezda kolabira. A to se događa po nekoliko puta sedmično samo u našoj Galaksiji. Naša sposobnost predviđanja bila bi slaba čak i po merilima meteorološke prognoze.

Može se, naravno, reći da zakazivanje predvidljivosti do koga dolazi u slučaju neke daleke zvezde ne predstavlja nešto oko čega treba brinuti. U

kvantnoj teoriji, međutim, sve što nije izričito zabranjeno može se dogoditi i dogodice se. Prema tome, ako klasa mogućih istorija obuhvata prostore sa singularnostima, onda se te singularnosti mogu javiti bilo gde, a ne samo u Velikom Prasku i zvezdi koja kolabira. To bi onda značilo da ništa nismo u stanju da predvidimo. I obrnuto, činjenica da smo ipak sposobni da predviđamo događaje predstavlja eksperimentalni dokaz protiv postojanja singularnosti, a u korist zamisli o Vaseljenu bez granica.

Šta, onda, predviđa zamisao o odsustvu granica kada je u pitanju Vaseljenu? Prvo što treba istaći jeste da će, stoga što su sve moguće istorije Vaseljene konačne, bilo koja veličina koja se koristi kao mera vremena imati najveću i najmanju vrednost. Vaseljenu će, tako, imati početak i kraj. Početak u stvarnom vremenu biće singularnost Velikog Praska. Početak u imaginarnom vremenu neće, međutim, biti singularnost, već nešto što pomalo nalikuje na Zemljin severni pol. Ako se uzmu stepeni geografske širine na površini Zemlje kao analogni vremenu, onda se može reći da površina naše planete počinje na severnom polu. No, severni pol je savršeno obična tačka na Zemlji. Ona ni u jednom pogledu nije posebna, odnosno isti zakoni važe na severnom polu kao i na bilo kojoj drugoj tački na Zemlji. Slično tome, događaj koji bismo mogli označiti kao 'početak Vaseljenu u imaginarnom vremenu' predstavljao bi običnu tačku u prostorvremenu, nimalo različitu od ostalih. Zakoni nauke važili bi na početku, kao i bilo gde drugde.

Iz analogije sa površinom Zemlje moglo bi se očekivati da će kraj Vaseljenu biti sličan početku, baš kao što je severni pol umnogome sličan južnom. No, severni i južni pol odgovaraju početku i kraju istorije Vaseljenu u imaginarnom vremenu, a ne u stvarnom vremenu koje je deo našeg iskustva. Ako se izvrši ekstrapolacija rezultata zbrajanja po istorijama iz imaginarnog vremena u stvarno vreme, ustanoviće se da početak Vaseljenu u stvarnom vremenu može biti veoma različit od njenog kraja.

Džonatan Halivel i ja izvršili smo približan proračun onoga što proishodi iz uslova odsustva granica. Pošli smo od toga da je Vaseljenu savršeno ravnomerno i jedoobrazno zaleđe na kome se javljaju mali poremećaji u gustini. U stvarnom vremenu, izgledalo bi da Vaseljenu počinje svoje širenje sa veoma malim prečnikom. U početku, širenje bi bilo takozvane inflatorne vrste: veličina Vaseljenu udvostručila bi se, naime, svakog delića sekunde

baš kao što se cene udvostruče svake godine u nekim zemljama. Svetski rekorder u ekonomskoj inflaciji verovatno je Nemačka posle Prvog svetskog rata, u kojoj se cena vekne hleba povećala sa ispod jedne marke na mnogo miliona maraka za svega nekoliko meseci. Ali to nije ništa u poređenju sa inflacijom koja se, kako izgleda, odigrala u ranoj Vaseljenu: tu je, naime, došlo do povećanja veličine od najmanje milion milion milion miliona puta za samo delić sekunde. Razume se, zbilo se to pre mandata sadašnje vlade.

Ova inflacija bila je dobra utoliko što je stvorila Vaseljenu koja je bila ravnomerna i jednoobrazna u velikim razmerama i koja se širila upravo kritičnom stopom da izbegne povratno kolabiranje. Takođe je bila korisna stoga što je načinila svekoliku sadržinu Vaseljene sasvim doslovno ni iz čega. Kada je Vaseljena bila samo jedna tačka, slična severnom polu, ona nije sadržala ništa. Sada, međutim, postoji najmanje deset na osamnaesti čestica u onom delu Vaseljene koji je dostupan našim posmatranjima. Odakle sve te čestice? Odgovor glasi da relativnost i kvantna mehanika dopuštaju stvaranje materije iz energije u obliku parova čestica-antičestica. A odakle potiče energija iz koje je načinjena ova materija? Odgovor glasi da je pozajmljena od gravitacione energije Vaseljene. Vaseljena ima ogroman dug negativne gravitacione energije, koji stoji u savršenoj ravnoteži sa pozitivnom energijom materije. Tokom inflatornog razdoblja, Vaseljena se do guše zadužila kod svoje gravitacione energije da bi finansirala stvaranje nove materije. Ishod je predstavljao trijumf Kejnesove ekonomije: bodra i šireća Vaseljena, puna materijalnih objekata. Dug gravitacione energije moraće da bude vraćen tek na kraju Vaseljene.

Rana Vaseljena nije mogla da bude potpuno homogena i jednoobrazna zato što bi time bilo narušeno načelo neodređenosti kvantne mehanike. Umesto toga, javila su se odstupanja od jednoobrazne gustine. Zamisao o odsustvu granica podrazumeva da će se ove razlike u gustini javiti najpre u rudimentarnom obliku; drugim rečima, one će biti što je manje moguće, saglasno načelu neodređenosti. Tokom inflatornog širenja, međutim, razlike će se povećavati. Po okončanju inflatornog širenja, Vaseljena će nastaviti da se širi neravnomerno: na nekim mestima činiće to brže nego na drugim. U područjima sporijeg širenja, gravitaciono privlačenje materije još će više

usporiti širenje. Konačno, ta područja prestaće da se šire i počeće da se sažimaju, obrazujući galaksije i zvezde. Prema tome, zamisao o odsustvu granica pruža objašnjenje za sva složena ustrojstva koja vidimo oko nas. No, ona ne daje samo jedno predviđanje kada je posredi Vaseljena. Umesto toga, predviđa celo niz mogućih istorija, koje sve imaju vlastitu verovatnoću. Možda postoji i takva moguća istorija u kojoj je Laburistička partija dobila poslednje izbore u Britaniji, premda je njena verovatnoća niska.

Zamisao o odsustvu granica ima duboke implikacije u pogledu uloge Boga u poslovima Vaseljene. Sada je opšte prihvaćeno da se Vaseljena razvija prema sasvim određenim zakonima. Te zakone možda je zadao Bog, ali izgleda da se On ne meša u Vaseljenu da bi ih kršio. Sve donedavno se, međutim, smatralo da su ovi zakoni neprimenjivi na početak Vaseljene. Na Bogu je bilo da navije mehanizam i pusti Vaseljenu u rad na bilo koji način koji bi mu se svideo. Shodno tome, sadašnje stanje Vaseljene predstavljalo bi ishod Božjeg izbora početnih uslova.

Okolnosti bi, međutim, bile znatno drugačije ako bi se pokazalo da je zamisao o odsustvu granica ispravna. U tom slučaju, zakoni fizike ostali bi na snazi čak i na početku Vaseljene, tako da Bog ne bi imao slobodu da odabere početne uslove. Razume se, On bi i dalje imao odrešene ruke u pogledu izbora zakona kojima bi se Vaseljena pokoravala. No, to možda i ne bi bio neki naročiti izbor. Postojao bi, naime, tek mali broj zakona koji bi bili celoviti i saglasni i koji bi vodili do složenih bića kakva smo mi, koja bi postavila pitanje: Kakva je priroda Boga?

A čak i ako postoji samo jedan jedinstven niz mogućih zakona, to nije ništa drugo do niz jednačina. Šta je to što pogoni jednačine i što primorava Vaseljenu da im se pokorava? Da li je krajnja objedinjena teorija tako moćna da dovodi i do vlastitog nastanka? Iako će nauka možda rešiti problem početka Vaseljene, ona ne može da odgovori na sledeće pitanje: zašto Vaseljena uopšte mari da postoji? Ni ja ne znam taj odgovor.

## 10. KVANTNA MEHANIKA CRNIH RUPA

*Tekst objavljen u časopisu Scientific American, januara 1977.*

Tokom prvih trideset godina ovog stoleća postavljene su tri teorije koje su iz korena promenile čovekovo viđenje fizike, kao i same stvarnosti. Ove tri teorije jesu posebna teorija relativnosti (1905), opšta teorija relativnosti (1915) i teorija kvantne mehanika (oko 1926). Prvu u dobroj meri dugujemo Albertu Ajnštajnu, druga je potpuno njegovo delo, dok je u razvoju treće on igrao značajnu ulogu. Ajnštajn, međutim, nikada nije prihvatio kvantnu mehaniku zato što u njoj postoji element slučajaja i neodređenosti. Njegov stav ovim povodom sažet je u često navodenoj izjavi: 'Bog se ne igra kockicama.' No, većina fizičara spremno je prihvatila i posebnu relativnost i kvantnu mehaniku zato što su one opisivale dejstva koja su se neposredno mogla meriti. Sa druge strane, opšta relativnost uglavnom je prenebregavana zato što je izgledala odveć složena u matematičkom pogledu, zato što se nije mogla proveriti u laboratoriji i zato što je bila čisto klasična teorija koja nije stajala u saglasnosti sa kvantnom mehanikom. Tako se dogodilo da je opšta relativnost ostala u zapećku skoro pedeset godina.

Veliki razvoj astronomskih posmatranja koji se zbio početkom šezdesetih godina oživeo je zanimanje za klasičnu teoriju opšte relativnosti zato što je izgledalo da mnoge nove pojave koje su otkrivene, kao što su kvazari, pulsari i kompaktni rendgenski izvori, ukazuju na postojanje veoma jakih gravitacionih polja - polja koja je mogla opisati jedino opšta relativnost. Kvazari su zvezdoliki objekti koji moraju biti mnogo puta sjajniji od čitavih galaksija ako se uistinu nalaze na udaljenostima o kojima govore crveni pomaci u njihovim spektrima; pulsari su brzo rotirajući ostaci eksplozija supernova za koje se smatra da predstavljaju ultraguste neutronske zvezde; kompaktni rendgenski izvori, koji su otkriveni uređajima na kosmičkim letelicama, možda su takođe neutronske zvezde, a možda su i hipotetički objekti još veće gustine - takozvane crne rupe.

Jedan od problema sa kojim se suočavaju fizičari koji pokušavaju da primene opštu relativnost na ove novootkrivene ili hipotetičke objekte ogledao se u tome da se ona morala usaglasiti sa kvantnom mehanikom. Tokom poslednjih godina došlo se do novih otkrića koja pružaju nadu da ćemo u doglednoj budućnosti postaviti potpuno celovitu kvantnu teoriju gravitacije - takvu, naime, koja će biti u saglasnosti sa opštom relativnošću kada su posredi makroskopski objekti i koja neće, veruje se, sadržati matematičke beskonačnosti koje su dugo predstavljale prokletstvo ostalih kvantnih teorija polja. Ova otkrića stoje u vezi sa izvesnim, nedavno ustanovljenim kvantnim dejstvima kod crnih rupa, koja ukazuju na naročitu povezanost crnih rupa sa zakonima termodinamike.

Dopustite mi da ukratko opišem kako može da nastane jedna crna rupa. Zamislite zvezdu čija je masa deset puta veća od Sunčeve. Tokom najvećeg dela svog veka, koji iznosi oko milijardu godina, zvezda će stvarati toplotu u svom središtu pretvaranjem vodonika u helijum. Oslobođena energija obezbediće dovoljan pritisak da se zvezda suprotstavi vlastitoj gravitaciji, a ravnoteža između ova dva dejstva uspostaviće se kada prečnik zvezde bude iznosio oko pet Sunčevih prečnika. Druga kosmička brzina sa površine jedne takve zvezde iznosila bi oko hiljadu kilometara u sekundi. Drugim rečima, neko telo izbačeno okomito uvis sa površine zvezde brzinom manjom od hiljadu kilometara u sekundi podleglo bi dejstvu gravitacionog privlačenja i vratilo bi se na površinu, dok bi ono čija je brzina veća nastavilo da se zauvek udaljava od zvezde.

Pošto zvezda iscrpi svoje nuklearno gorivo, ne bi više postojalo ništa što bi se suprotstavljalo gravitaciji; zvezda bi tada neumitno počela da kolabira pod dejstvom vlastite sile teže. Kako se ona smanjuje, gravitaciono polje na površini postajaće jače, a uporedo sa tim povećavaće se i druga kosmička brzina. U času kada se prečnik smanji na samo trideset kilometara, druga kosmička brzina dostići će vrednost od 300.000 kilometara u sekundi, što odgovara brzini svetlosti. Posle toga, svetlost koju zvezda zrači neće više moći da se otisne u beskraj već će ostati prikovana za površinu gravitacionim poljem. Prema posebnoj teoriji relativnosti, ništa ne može da se kreće brže od svetlosti, te tako, ako svetlost ne može da utekne kolabiranoj zvezdi, ništa drugo takođe ne može.

Ishod ovog procesa bila bi crna rupa: područje prostorvremena iz koga nije moguće pobeći. Granica crne rupe naziva se horizont događaja. Ono odgovara talasnom frontu svetlosti sa zvezde koji zamalo nije uspeo da se otisne u beskraj već je ostao da počiva na Švarcšildovom poluprečniku:  $2GM/c^2$  - gde je  $G$  Njutnova gravitaciona konstanta,  $M$  masa zvezde, a  $c$  brzina svetlosti. Kod zvezde čija je masa deset puta veća od Sunčeve Švarcšildov prečnik iznosi oko trideset kilometara.

Raspolažemo prilično pouzdanim posmatračkim nalazima koji ukazuju na to da crne rupe približno te veličine postoje u dvojnim zvezdanim sistemima, kakav je rendgenski izvor poznat kao Labud X-1. Moguće je da postoji i prilično veliki broj znatno manjih crnih rupa rasutih po Vaseljeni, koje su nastale kolabiranjem ne zvezda nego veoma zbijenih područja u toploj, gustoj sredini za koju se smatra da je postojala neposredno po Velikom Prasku kojim je Vaseljena počela. Ovakve 'praiskonske' crne rupe od ogromnog su značaja za kvantna dejstva koja ću ovde pokušati da opišem. Jedna crna rupa čija masa dostiže milijardu tona (što približno odgovara masi neke planine) imala bi prečnik od oko 10 na -13 centimetara (veličina neutrona ili protona). Ona bi se mogla nalaziti na orbiti bilo oko Sunca bilo oko središta Galaksije.

Prvi nagoveštaj o tome da možda postoji veza između crnih rupa i termodinamike usledio je 1970, po matematičkom otkriću da se površina horizonta događaja - granice crne rupe - uvek povećava kada nova materija ili zračenje dospeju u crnu rupu. Štaviše, ako se dve crne rupe sudare i stope u jednu, područje horizonta događaja oko nove crne rupe veće je od zbira područja horizonata događaja oko prvobitnih crnih rupa. Ovo svojstvo ukazuje na to da postoji sličnost između područja horizonta događaja crne rupe i predstave o entropiji u termodinamici. Entropija se može shvatiti kao mera nereda nekog sistema, odnosno, ekvivalentno, kao nedostatak znanja o njegovom tačnom stanju. Znameniti drugi zakon termodinamike kaže da se entropija uvek povećava sa protokom vremena.

Analogiju između svojstava crnih rupa i zakona termodinamike proširili smo Džejms M. Bardin, sa Vašingtonskog univerziteta, Brendon Karter, koji je sada u opservatoriji Medon, i ja. Prvi zakon termodinamike kaže da malu promenu entropije nekog sistema prati srazmerna promena energije tog sistema. Činilac srazmernosti naziva se temperatura sistema. Bardin, Karter i



ja došli smo do sličnog zakona koji dovodi u vezu promenu mase crne rupe sa promenom područja horizonta događaja. Činilac srazmernosti uvodi ovde jedno svojstvo nazvano površinska gravitacija, koja predstavlja meru jačine gravitacionog polja na horizontu događaja. Ako se prihvati da je područje horizonta događaja analogno entropiji, onda bi proishodilo da je površinska gravitacija analogna temperaturi. Sličnost osnažuje i činjenica da se za površinsku gravitaciju ispostavlja da je ista u svim tačkama horizonta događaja, baš kao što je svuda ista temperatura kod tela u termalnoj ravnoteži.

Iako nesumnjivo postoji sličnost između entropije i područja horizonta događaja, nije nam bilo očigledno kako to područje može biti poistovećeno sa entropijom crne rupe. Šta bi se uopšte podrazumevalo pod entropijom crne rupe? Odlučujući doprinos ovde je ostvario Džekob D. Bekenstin 1972. godine, tada postdiplomac na Prinstonskom univerzitetu, a sada na univerzitetu Negev, u Izraelu. Evo o čemu je reč. Kada dođe do nastanka crne rupe pri gravitacionom kolapsu, ona se brzo upostoji u stacionarnom stanju koje je određeno samo trima parametrima: masom, ugaonim momentom i naelektrisanjem. Izuzev ova tri svojstva, crna rupa ne zadržava nikakve druge pojedinosti kolabiranog objekta. Do ovog zaključka, poznatog kao teorema 'crna rupa nema kose', došli smo udruženim pregalaštvom Karter, Vornier Izrael sa univerziteta Alberta, Dejvid S. Robinson iz londonskog Kings koledža i ja.

Teorema 'bez kose' podrazumeva da velika količina informacija biva izgubljena pri gravitacionom kolapsu. Primera radi, na završno stanje crne rupe nema nikakvog uticaja to da li je telo koje je kolabiralo bilo sačinjeno od materije ili od antimaterije, odnosno da li je imalo loptasti ili krajnje nepravilan oblik. Drugim rečima, crna rupa date mase, ugaonog momenta i naelektrisanja mogla je nastati kolabiranjem bilo koje od velikog broja različitih konfiguracija materije. Štaviše, ako se zanemare kvantna dejstva, broj konfiguracija bio bi beskonačan, budući da je crna rupa mogla nastati i kolabiranjem oblaka sačinjenog od neograničeno velikog broja čestica neograničeno male mase.

Načelo neodređenosti kvantne mehanike podrazumeva, međutim, da se čestica mase  $m$  ponaša kao talas čija je talasna dužina  $h/mc$ , gde je  $h$

Plankova konstanta (mala vrednost koja iznosi  $6,62 \times 10^{-27}$  erga u sekundi), a  $c$  brzina svetlosti. Da bi jedan oblak čestica mogao da kolabira i tako obrazuje crnu rupu, bilo bi neophodno da ova talasna dužina bude manja od veličine obrazovane crne rupe. Proishodi, dakle, da broj konfiguracija koje mogu da obrazuju crnu rupu date mase, ugaonog momenta i naelektrisanja, iako veliki, nije neograničen. Bekenstin je izložio zamisao da se logaritam ovog broja može protumačiti kao entropija crne rupe. Logaritam tog broja predstavljao bi meru za količinu informacija koje su nepovrativo izgubljene tokom kolabiranja kroz horizont događaja prilikom nastajanja crne rupe.

Naizgled kobna pogreška u Bekenstinovoj zamisli bila je okolnost da ako crna rupa ima konačnu entropiju srazmernu području svog horizonta događaja, onda ona takođe treba da ima konačnu temperaturu koja bi bila srazmerna površinskoj gravitaciji. Odavde bi proishodilo da bi crna rupa mogla da bude u ravnoteži za toplotnim zračenjem na nekoj temperaturi različitoj od nule. No, prema klasičnoj koncepciji, takva ravnoteža nije moguća, budući da bi crna rupa apsorbivala svo toplotno zračenje koje bi dospelo do nje, ali po defeniciji ne bi mogla ništa da emituje zauzvrat.

Paradoks je ostao nerešen sve do početka 1974, kada sam ja počeo da ispitujem kakvo bi bilo ponašanje materije u blizini crne rupe prema kvantnoj mehanici. Na svoje iznenađenje, ustanovio sam da, kako izgleda, crna rupa emituje čestice postojanom stopom. Kao i svi ostali u to vreme, prihvatao sam diktum da crna rupa ne može ništa da emituje. Uložio sam stoga puno truda u pokušaj da se nekako oslobodim tog neprijatnog dejstva. No, ono je odbijalo da se ukloni, tako da mi na kraju nije preostalo ništa drugo do da ga prihvatim. Ono što me je na kraju ubedilo da je posredi stvaran fizički proces bila je okolnost da odlazeće čestice imaju spektar koji je sasvim određeno toplotni; crna rupa stvara i emituje čestice baš kao da je posredi neko obično toplo telo sa temperaturom srazmernom površinskoj gravitaciji, a obrnuto srazmernom masi. Ovo je učinilo potpuno razložnom Bekenstinovu zamisao o tome da crna rupa ima konačnu entropiju, budući da je iz nje proishodilo da bi crna rupa mogla biti u toplotnoj ravnoteži na nekoj konačnoj temperaturi različitoj od nule.

Od tog vremena, više istraživača potvrdilo je različitim matematičkim pristupima da crne rupe mogu da vrše toplotno emitovanje. Evo jednog od

načina da se razume ovo emitovanje. Kvantna mehanika podrazumeva da je svekoliki prostor ispunjen parovima 'virtualnih' čestica i antičestica koje se neprekidno otelotvaraju u parovima, razdvajaju, a potom ponovo spajaju i međusobno potiru. Ove čestice nazivaju se virtualne zato što ih je, za razliku od 'stvarnih' čestica, nemoguće neposredno posmatrati detektorom čestica. Njihovo posredno dejstvo može se, međutim, meriti, a postojanje im je potvrđeno malim pomakom ('Lembovim pomakom') koji stvaraju u spektru svetlosti pobuđenih vodonikovih atoma. U blizini crne rupe, jedan član para virtualnih čestica može da padne u rupu, što drugog člana ostavlja bez partnera sa kojim bi se potro. Napuštena čestica ili antičestica može takođe da padne u crnu rupu za svojim partnerom, ali takođe može da joj utekne, u kom slučaju izgleda kao zračenje koje odašilje crna rupa.

Drugi način da se sagleda ovaj proces jeste da se zamisli da član para čestica koji pada u crnu rupu - neka bi to, recimo, bila antičestica - jeste, zapravo, čestica koja putuje unazad kroz vreme. Antičestica, dakle, koja pada u crnu rupu može se zamisliti kao čestica koja izlazi iz crne rupe, ali putujući unazad kroz vreme. Kada ova čestica stigne do tačke gde se prvobitno materijalizovao par čestica-antičestica, gravitaciono polje je raspršava, tako da se ona sada kreće napred kroz vreme.

Kvantna mehanika tako dopušta da čestica pobegne iz crne rupe, što nije dozvoljeno u okviru klasične mehanike. Postoje, međutim, i mnoge druge situacije u atomskoj i nuklearnoj fizici u kojima se javljaju razne prepreke koje čestice ne bi mogle da pređu shodno načelima klasične mehanike, ali koje one ipak prelaze shodno načelima kvantne mehanike.

Visina prepreke oko crne rupe srazmerna je veličini crne rupe. Ovo znači da je samo sasvim malo čestica u stanju da pobegne iz crne rupe velike poput one za koju se pretpostavlja da postoji u Labudu X-1, ali zato čestice mogu veoma brzo da otiču iz manjih crnih rupa. Podrobni proračuni pokazuju da emitovane čestice imaju toplotni spektar koji odgovara temperaturi što brzo raste sa smanjenjem mase crne rupe. Kod crne rupe čija je masa jednaka Sunčevoj temperatura iznosi samo jedan desetomilioniti deo stepena iznad apsolutne nule. Toplotno zračenje koje se odliva sa crne rupe takve temperature bilo bi potpuno prikriveno opštim fonom zračenja Vaseljene. Sa druge strane, crna rupa sa masom od samo milijardu tona - drugim rečima,

praiskonska crna rupa, velika približno kao proton - imala bi temperaturu od oko 120 milijardi stepeni Kelvinove lestvice, što odgovara energiji od desetak miliona elektron volti. Pri takvoj temperaturi, crna rupa mogla bi da stvara parove elektron-pozitron, kao i čestice nulte mase, kakvi su fotoni, neutriini i gravitoni (pretpostavljeni nosioci gravitacione energije). Jedna praiskonska crna rupa oslobađala bi energiju stopom od 6.000 magavata, što odgovara izlaznoj snazi šest velikih nuklearnih elektrana.

Kako crna rupa emituje čestice, njena masa i veličina postojano se smanjuju. To olakšava još veće oticanje, tako da se emitovanje nastavlja sve većom brzinom, sve dok na kraju crna rupa potpuno ne izrači samu sebe i prestane da postoji. U krajnjoj liniji, svaka crna rupa u Vaseljeni ispariće na ovaj način. Kada su u pitanju velike crne rupe, međutim, vreme neophodno da se to dogodi uistinu je veoma dugo; crna rupa Sunčeve mase potrajaće oko 10 na 66 godina. Sa druge strane, neka praiskonska crna rupa trebalo bi da je već gotovo potpuno isparila tokom deset milijardi godina koje su protekle od Velikog Praska, početka Vaseljene kakvu mi znamo. Takve crne rupe sada bi emitovale teško gama-zračenje čija bi energetska vrednost iznosila oko 100 miliona elektron volti.

Proračuni koje smo izvršili Don N. Pejdž, tada na Kalifornijskom tehnološkom institutu, i ja, zasnovani na merenjima fona gama-zračenja izvršenim sa satelita SAS-2, pokazuju da prosečna gustina praiskonskih crnih rupa u Vaseljeni mora biti nešto manja od oko dve stotine po kubnoj svetlosnoj godini. Lokalna gustina u našoj Galaksiji mogla bi biti milion puta veća od ove prosečne vrednosti, ako su praiskonske crne rupe bile usredsređene u 'oreolu' galaksija - retkom oblaku brzih zvezda u koji je smeštena svaka galaksija - umesto da budu ravnomerno razmeštene po Vaseljeni. Odavde bi proishodilo da je praiskonska crna rupa koja je najbliža Zemlji verovatno udaljena najmanje koliko i planeta Pluton.

Završni čin isparavanja crne rupe odigrao bi se tako brzo da bi na kraju došlo do strahovite eksplozije. Koliko bi snažna bila ta eksplozija, zavisilo bi od toga koliko ima različitih vrsta elementarnih čestica. Ako se, kao što se sada uglavnom smatra, sve čestice sastoje od možda šest raznih varijeteta kvarkova, završna eksplozija imala bi energiju ravnu onoj koja bi se oslobodila pri istovremenoj detonaciji deset miliona jednomegatonskih

vodoničnih bombi. Sa druge strane, prema alternativnoj teoriji koju je postavio R. Hagedorn iz CERN-a, Evropske organizacije za nuklearna istraživanja u Ženevi, postoji beskonačan broj elementarnih čestica sve veće i veće mase. Kako se crna rupa smanjuje i postaje toplija, ona bi emitovala sve veći i veći broj različitih vrsta čestica, da bi se, najzad, okončala eksplozijom možda 100.000 puta silovitijom od one koja je proračunata u okviru hipoteze sa kvarkovima. Prema tome, posmatranja eksplozija crnih rupa pružila bi veoma značajne podatke o fizici elementarnih čestica - podatke koji možda ne bi bili dostupni na drugi način.

Eksplozija crne rupe dovela bi do masivnog odliva visokoenergetskog gama-zračenja. Iako bi se ono moglo posmatrati posredstvom gama-detektora na satelitima ili balonima, bilo bi teško podići dovoljno veliki detektor koji bi imao razložne izgleda za registrovanje značajnog broja fotona gama-zračenja koje potiče iz takve eksplozije. Jedna mogućnost bila bi da se uposli kosmički šatl koji bi izgradio veliki detektor gama-zračenja na orbiti. Lakša i znatno jeftinija alternativa bila bi da se prepusti gornjem delu Zemljine atmosfere da posluži kao detektor. Visokoenergetsko gama-zračenje koje se sliva u atmosferu stvorilo bi pljusak parova elektron-pozitron, koji bi se u početku kretali kroz atmosferu brže nego što može svetlost. (Svetlost usporavaju međudejstva sa molekulima vazduha.) Elektroni i pozitroni izazvali bi svojevrsan sonični prasak, ili udarni talas, u elektromagnetnom polju. Ovakav udarni talas, koji se naziva Čerenkovljevo zračenje, mogao bi se otkriti sa površine kao blesak vidljive svetlosti.

Preliminarni opit, koji su izvršili Nil E. Porter i Trevor S. Viks sa univerzitetskog koledža u Dablinu, ukazuje na to da ako crna rupa eksplodira onako kako to predviđa Hagedornova teorija, onda ima manje od dve eksplozije crnih rupa po kubnoj svetlosnoj godini u jednom stoleću u našem području Galaksije. Odavde bi proishodilo da gustina praiskopskih crnih rupa iznosi manje od sto miliona po kubnoj svetlosnoj godini. Moguće je značajno povećati osetljivost ovih posmatranja. Čak i ako ona ne pruže nikakav pozitivan dokaz o postojanju praiskopskih crnih rupa, i dalje će biti veoma dragocena. Postavljanjem niske gornje granice gustine ove vrste crnih rupa, posmatranja će ukazati na to da je rana Vaseljena morala biti znatno ravnomernije i mirnije mesto.

Veliki Prasak podseća na eksploziju crne rupe, ali u veoma velikim razmerama. Osnovano je stoga nadati se da će razumevanje procesa kojim crne rupe stvaraju čestice dovesti do sličnog razumevanja kako je Veliki Prasak stvorio sve u Vaseljeni. U jednoj crnoj rupi, materija kolabira i biva zauvek izgubljena, ali umesto nje stvara se nova materija. Nije stoga isključeno da je u nekoj ranijoj fazi Vaseljene materija kolabirala, da bi potom bila ponovo stvorena pri Velikom Prasku.

Ako materija koja kolabira, obrazujući crnu rupu, ima neko naelektrisanje, i crna rupa će zadržati isti naboj. To znači da će crna rupa težiti da privlači one članove virtualnih parova čestica-antičestica koji imaju suprotno naelektrisanje, dok će odbijati one sa istim nabojem. Crna rupa će, dakle, poglavito emitovati čestice sa naelektrisanjem istog znaka, te će stoga sama brzo gubiti svoj naboj. Slično tome, ako materija koja kolabira ima neki ugaoni momenat, novonastala crna rupa vrteće se i emitovaće poglavito one čestice koje odnose njen ugaoni momenat. Razlog što crna rupa 'pamti' naelektrisanje, ugaoni momenat i masu materije koja kolabira, a 'zaboravlja' sve ostalo, jeste to što ova tri svojstva stoje u vezi sa poljima koja imaju daleki domet: kada je reč o naelektrisanju, posredi je elektromagnetno polje, dok je kod ugaonog momenta i mase u pitanju gravitaciono polje.

Opiti koje su izvršili Robert H. Dajk sa Prinostonskog univerziteta i Vladimir Braginski sa Moskovskog državnog univerziteta ukazuju na to da nijedno polje dalekog dometa ne stoji u vezi sa kvantnim svojstvom označenim kao barionski broj. (Barioni su klasa čestica koja obuhvata protone i neutrone.) Stoga, crna rupa koja se obrazuje kolabiranjem skupa bariona zaboraviće svoj barionski broj i zračiće podjednak broj bariona i antibariona. Prema tome, kada bi crna rupa nestala, to bi narušilo jedan od najstamenijih zakona fizike čestica - zakon očuvanja bariona.

Iako Bekenstinova hipoteza, prema kojoj crne rupe imaju konačnu entropiju, nalaže, da bi bila održiva, da ova vrsta objekata vrši toplotno zračenje, u prvi mah je kao pravo čudo delovala okolnost da detaljni kvantnomehantički proračuni nastajanja čestica potvrđuju postojanje emisija sa termalnim spektrom. Objašnjenje glasi da emitovane čestice iz crne rupe potiču iz područja o kome spoljnji posmatrač ne zna ništa drugo osim njihove mase, ugaonog momenta i naelektrisanja. Ovo znači da su sve kombinacije ili

konfiguracije emitovanih čestica koje imaju istu energiju, isti ugaoni momenat i isto naelektrisanje podjednako verovatne. Štaviše, načelno je moguće da iz crne rupe iziđe televizijski prijemnik ili Prustova dela u deset tomova i u kožnom povezu, ali broj konfiguracija čestica koji odgovara ovim egzotičnim mogućnostima zanemarljivo je mali. Daleko najveći broj konfiguracija odgovara emisijama sa spektrom koji je gotovo toplotni.

Emisije iz crne rupe imaju dodatni stepen neodređenosti ili nepredvidljivosti, pored onoga koji normalno proishodi iz kvantne mehanike. U klasičnoj mehanici mogu se predvideti ishodi merenja kako položaja tako i brzine neke čestice. U kvantnoj mehanici, načelo neodređenosti kaže da se samo jedno od ova dva merenja može predvideti; posmatrač može predvideti ishod merenja ili položaja ili brzine, ali ne i jedno i drugo. Alternativno, on može da predvidi ishod merenja neke kombinacije položaja i brzine. Prema tome, sposobnost posmatrača da dođe do određenih predviđanja ovde je prepolovljena. Kod crne rupe, stvari stoje još gore. Kako čestice koje emituje crna rupa potiču iz područja o kome posmatrač poseduje sasvim ograničeno znanje, on nije u stanju da predvidi ni položaj ni brzinu neke čestice, kao ni bilo koju kombinaciju ove dve veličine; sve što može da predvidi jesu verovatnoće emitovanja određenih čestica. Izgleda stoga da je Ajnštajn dvostruko pogrešio kada je kazao da se 'Bog ne igra kockicama'. Razmatranje emitovanja čestica iz crne rupe kao da govori o tome da Bog ne samo što se igra kockicama već ih i ponekad baca tamo gde se uopšte ne mogu videti.

## 11. CRNE RUPE I BEBE-VASELJENE

*Predavanje održano na Hičkokovoj katedri pri Kalifornijskom univerzitetu, u Berkliju, aprila 1988.*

Padanje u crnu rupu postalo jedan od užasa naučne fantastike. No, danas se može reći da crne rupe pripadaju znatno više području nauke nego naučne fantastike. Kao što ću pokazati, ima valjanih razloga za predviđanje da crne rupe uistinu postoje, a posmatrački nalazi uverljivo govore o prisustvu izvesnog broja crnih rupa u našoj Galaksiji, kao i još više u drugim galaksijama.

Stvar u kojoj pisci naučne fantastike uglavnom zakazuju jeste opis onoga što se zbiva po upadanju u crnu rupu. Najčešća zamisao jeste da, ako crna rupa rotira, onda možete upasti u mali otvor u prostorvremenu, a izbiti u nekom drugom području Vaseljene. Ovo očigledno otvara velike mogućnosti za putovanje kosmosom. Upravo će nam nešto slično biti neophodno ako želimo da putovanje do drugih zvezda, a da i ne pominjemo druge galaksije, bude praktična mogućnost u budućnosti. Inače, okolnost da ništa ne može da se kreće brže od svetlosti znači da bi dvosmerno putovanje do najbrže zvezde potrajalo najmanje osam godina. Toliko što se tiče vikenda na Alfi Kentaura! Sa druge strane, ako bi se prošlo kroz crnu rupu, onda bi se moglo izbiti bilo gde u Vaseljenu. Nije, doduše, jasno kako bi se obezbedilo prispeće na željeno odredište: moglo bi vam se desiti da se uputite na godišnji odmor u Devicu, a da završite u maglini Rak.

Žao mi je što ću razočarati punonadežne galaktičke turiste, ali ovaj scenario neće biti ostvarljiv: ako skočite u crnu rupu, bićete rastureni na deliće i prestaćete da postojite. No, čestice iz kojih ste sazdani u izvesnom smislu će stići do jedne druge vasseljene. Ne znam da li, za nekoga ko je pretvoren u špagete u crnoj rupi, može biti utešno saznanje da će njegove čestice možda preživeti.

Uprkos pomalo neprikladnom tonu kojim sam počeo, ovaj ogled temelji



se na ozbiljnoj nauci. Sa najvećim delom onoga o čemu ću ovde govoriti slažu se ostali naučnici koji rade na istom polju, premda je do te saglasnosti došlo srazmerno nedavno. Drugi deo oglada temelji se, međutim, na sasvim skorašnjim nalazima koji još nisu opšte prihvaćeni. Ali ti nalazi pobuđuju veliko zanimanje i uzbuđenje.

Iako je osnovna zamisao o pojavi koju danas podrazumevamo pod ovim pojmom stara više od dve stotine godina, naziv crna rupa prvi je upotrebio američki fizičar Džon Viler 1967. godine. Bio je to blesak genija: naziv je smesta ušao u mitologiju naučne fantastike. Takođe je podstakao naučna istraživanja, pruživši oznaku za nešto što prethodno nije bilo na zadovoljavajući način imenovano. Važnost valjanog naziva u nauci nipošto ne bi trebalo da bude potcenjena.

Koliko je meni poznato, prva osoba koja je preduzela raspravljanje o crnim rupama bio je naučnik sa Kembridža po imenu Džon Mičel, koji je još 1873. objavio rad o njima. Njegova ideja ogledala se u sledećem: zamislite da ispalite topovsko đule okomito uvis sa površine Zemlje. Kako ide nagore, usporavaće ga dejstvo gravitacije. Ono će konačno prestati da se uspinje i počće da pada natrag na Zemlju. Ako mu je početna brzina bila veća od određene kritične vrednosti, međutim, ono nikada neće prestati da se uspinje, nastavivši zauvek da se udaljava. Ova kritična brzina naziva se druga kosmička brzina. Na Zemlji, ona iznosi oko sedam milja u sekundi, dok na Suncu dostiže oko sto milja u sekundi. Obe ove brzine veće su od stvarne brzine topovskog đuleta, ali su i daleko manje od brzine svetlosti koja iznosi 186.000 milja u sekundi. Ovo znači da gravitacija nema veliki uticaj na svetlost; svetlost se bez poteškoća može otisnuti kako sa Zemlje tako i sa Sunca. Mičel je, međutim, zaključio da je moguće zamisliti zvezdu koja je dovoljno masivna i dovoljno malih razmera, tako da bi kod nje druga kosmička brzina bila veća od brzine svetlosti. Takvu zvezdu ne bismo mogli da vidimo zato što do nas ne bi stigla svetlost sa njene površine; nju bi vuklo natrag gravitaciono polje zvezde. No, mogli bismo da otkrijemo prisustvo ovakve zvezde po uticaju koji bi njeno gravitaciono polje vršilo na okolnu materiju.

Nije, doduše, na mestu izjednačiti svetlost i topovsko đule. Prema jednom opitu izvršenom 1897, svetlost se uvek kreće istom brzinom. Kako,

onda, gravitacija može da uspori svetlost? Celovita teorija o načinu na koji gravitacija utiče na svetlost postavljena je tek 1915, kada je Ajnštajn formulisao opštu teoriju relativnosti. No, čak i tako, ono što je ova teorija podrazumevala kada su u pitanju stare zvezde i druga masivna tela postalo je poznato tek šezdesetih godina.

Prema opštoj relativnosti, prostor i vreme zajedno obrazuju četvorodimenzioni prostor koji se naziva prostorvreme. Ovaj prostor nije ravan; on biva izobličen, ili zakrivljen, pod uticajem materije i energije koje se nalaze u njemu. Tu zakrivljenost uočavamo po savijanju svetlosnih ili radio-talasa koji prođu u blizini Sunca na svom putu ka nama. Kada je posredi svetlost koja prolazi blizu Sunca, savijanje je veoma malo. Ako bi se, međutim, Sunce smanjilo do lopte prečnika svega nekoliko milja, savijanje bi postalo tako veliko da svetlost koja kreće sa Sunca ne bi uopšte mogla da se odvoji sa njega, budući da bi je zadržavalo ogromno gravitaciono polje zvezde. Saglasno teoriji relativnosti, ništa ne može da se kreće brže od svetlosti, tako da bi postojalo područje sa koga ništa ne bi moglo da pobegne. To područje naziva se crna rupa. Njena granica dobila je naziv horizont događaja. Tu granicu određuje svetlost koja zamalo nije uspela da se otrgne od crne rupe, ostavši zauvek da počiva na njenom rubu.

Može izgledati smešno zamisao o tome da se Sunce smanji do prečnika od svega nekoliko milja. Reklo bi se da materija nikako ne može toliko da bude zbijena. Ali ispostavlja se da ipak može.

Sunce je upravo ove veličine zato što je toplo. U njemu se vodonik sagoreva u helijum, kao u kakvoj kontrolisanoj vodoničnoj bombi. Toplota oslobođana u ovom procesu stvara pritisak koji omogućava Suncu da se suprotstavi privlačnom dejstvu vlastite sile teže koja stalno nastoji da ga smanji.

Sunce će, međutim, jednom ostati bez svog nuklearnog goriva. No, to će se dogoditi tek kroz pet milijardi godina, tako da ne morate žuriti sa rezervisanjem mesta na letu do neke druge zvezde. Zvezde masivnije od Sunca, međutim, brže će utrošiti svoje gorivo. Kada se to dogodi, one će početi da gube toplotu i da se sažimaju. Ako im je masa manja od dve Sunčeve, jednog časa će prestati da se sažimaju i upostoji će se u stabilnom stanju. Jedno takvo stanje naziva se beli patuljak. Beli patuljci imaju

prečnike od nekoliko hiljada milja i gustinu od više stotina tona po kubnom inču. Drugo takvo stanje jeste neutronska zvezda. Njen prečnik iznosi jedva desetak milja, dok joj gustina dostiže više miliona tona po kubnom inču.

Uočili smo veliki broj belih patuljaka u našem neposrednom susedstvu u Galaksiji. Neutronske zvezde nisu, međutim, primećene sve do 1967, kada su Džoselin Bel i Entoni Hjuiš sa Kembridža otkrili objekte, nazvane pulsari, koji su emitovali pravilne impulse radio-talasa. U prvi mah, pomislili su da su uhvatili signale neke vanzemaljske civilizacije; sećam se kako je seminarska sala u kojoj su objavili svoje otkriće bila prigodno ukrašena figurama 'malih zelenih ljudi'. Na kraju su, međutim, oni, kao i svi ostali, došli do manje romantičnog zaključka da su ovi objekti, u stvari, rotirajuće neutronske zvezde. Bila je to rđava vest za pisce kosmičkih vesterna, ali dobra za nekolicinu nas koji smo u to vreme verovali u crne rupe. Ako zvezda može da se smanji do prečnika od svega deset ili dvadeset milja i postane neutronska zvezda, onda se može očekivati da se druge zvezde još više smanje i postanu crne rupe.

Zvezda sa masom koja je veća od približno dvostruke Sunčeve ne može se stabilizovati kao beli patuljak ili neutronska zvezda. U nekim slučajevima, ona može da eksplodira i tako da odbaci dovoljno mase kako bi se spustila ispod kritične granice. Ali to se neće uvek dogoditi. Pojedine zvezde postaće tako male da će im gravitaciona polja saviti svetlost u toj meri da će ova stati da se vraća ka zvezdi. Ni svetlost niti bilo šta drugo neće više moći da se otisne sa nje. Zvezda će tada postati crna rupa.

Zakoni fizike vremenski su simetrični. Ako, naime, postoje objekti nazvani crne rupe u koje stvari mogu upasti, ali iz kojih ne mogu izići, onda treba da postoje i takvi objekti iz kojih stvari mogu izići, ali u koje ne mogu upasti. Ovakvi objekti mogu se nazvati bele rupe. Moguće je zamisliti da se uskoči u crnu rupu na jednom mestu, a iziđe iz bele rupe na nekom drugom. Bio bi to idealan vid dugih kosmičkih putovanja koja su ranije pomenuta. Sve što bi vam za njih bilo potrebno jeste jedna obližnja crna rupa.

U prvi mah, ovaj oblik putovanja kosmosom izgledao je moguć. Postoje takva rešenja Ajnštajnovе opšte teorije relativnosti u kojima je moguće upasti u crnu rupu, a izići u beloј rupi. Potonji radovi, međutim, pokazali su da su sva ta rešenja veoma nepostojana: i najmanji poremećaj, kao što je to

prisustvo kosmičkog broda, uništilo bi 'crvotočinu', ili prolaz koji vodi od crne do bele rupe. Letelicu bi razorile beskrajno jake sile. Stvar bi ličila na spuštanje niz Nijagarine vodopade u buretu.

Izgledalo je da nema nade. Crne rupe mogu biti od koristi da se otarasimo smeća, pa čak i nekog prijatelja. Ali one su 'zemlja iz koje nema povratka'. Sve što sam do sada rekao, međutim, temeljilo se na proračunima zasnovanim na Ajnštajnovoj opštoj teoriji relativnosti. Ova teorija stoji u savršenoj saglasnosti sa svim posmatračkim nalazima koje smo dosad sakupili. Ali poznato nam je da ona ne može biti sasvim ispravna, zato što ne uključuje u sebe načelo neodređenosti kvantne mehanike. Prema načelu neodređenosti, čestice ne mogu istovremeno imati i sasvim određen položaj i sasvim određenu brzinu. Što tačnije merite položaj čestice, to netačnije merite njenu brzinu, i obrnuto.

Godine 1973, počeo sam da ispitujem do kakvih bi promena načelo neodređenosti dovelo kod crnih rupa. Na veliko iznenađenje, ne samo mene nego i ostalih naučnika, ustanovio sam da crne rupe nisu potpuno crne. One, naime, postojanom stopom odašilju zračenje i čestice. Moji rezultati primljeni su sa velikom nevericom kada sam ih izložio na jednoj konferenciji održanoj u blizini Oksforda. Predsedavajući skupa proglasio ih je za besmislicu, pa je čak u tom smislu objavio i jedan tekst. Kada su, međutim, drugi naučnici ponovili moje proračune, došli su do istog zaključka. Na kraju se i predsedavajući saglasio da sam u pravu.

Kako zračenje može da umakne gravitacionom polju crne rupe? Postoji više načina na koji se to može dogoditi. Iako oni izgledaju veoma različiti, svi su sasvim ravnopravni. Jedan od njih zasniva se na okolnosti da načelo neodređenosti dopušta česticama da se kreću brže od svetlosti, ali samo na kratkim rastojanjima. Ovo omogućava česticama i zračenju da se probiju kroz horizont događaja i tako da pobegnu iz crne rupe. Moguć je, dakle, uzmak iz crne rupe. No, ono što iziđe iz crne rupe razlikovaće se od onoga što je u nju ušlo. Jedino će energija biti ista.

Kako crna rupa ispušta čestice i zračenje, ona gubi masu. Ovo uzrokuje da postaje sve manja i da sve brže odašilje čestice. Na kraju će joj se masa svesti na nulu i ona će potpuno nestati. Šta bi se tada dogodilo sa objektima, računajući tu i moguće kosmičke brodove, koji su upali u crnu rupu? Prema

nekim mojim skorijim istraživanjima, odgovor glasi da bi oni otišli u malu, vlastitu bebu-vaseljenu. Mala, samosvojna vaseljena odvaja se poput grane iz našeg područja Vaseljene. Ta beba-vaseljena može se ponovo pripojiti našem području prostorvremena. Ako do toga dođe, ona bi nam izgledala kao još jedna crna rupa koja je nastala, a potom isparila. Čestice koje su upale u jednu crnu rupu delovale bi kao čestice koje emituje druga crna rupa, i obrnuto.

Ovo može zvučati kao upravo ono što je neohodno za kosmičko putovanje posredstvom crnih rupa. Naprosto, upravite svoj kosmički brod u pogodnu crnu rupu. Bolje da ona bude što veća, jer će vas inače gravitaciono polje pretvoriti u špagete pre no što se čestito i obrete unutra. Onda vam preostaje da se nadate da ćete izići iz neke druge rupe, premda nećete biti u prilici da izaberete odredište.

Postoji, međutim, jedna poteškoća u ovoj međugalaktičkoj prevoznoj shemi. Beba-vaseljena u koju dospevaju čestice što upadaju u rupu javlja se jedino u onome što nazivamo imaginarno vreme. U stvarnom vremenu, astronauta koji bi dospeo u crnu rupu čekala bi teška sudbina. Njega bi razorila razlika između jačine gravitacione sile na njegovoj glavi i na stopalima. Čak ni čestice iz kojih je sazdano njegovo telo ne bi preživele. Njihove istorije, u stvarnom vremenu, okončale bi se u singularnosti. Ali zato bi se istorije čestica nastavile u imaginarnom vremenu. One bi prešle u bebu-vaseljenu, a zatim bi se ponovo pojavile u našoj Vaseljeni kao čestice što ih je emitovala neka druga crna rupa. I tako, u izvesnom smislu, astronaut bi uspeo da se prebaci u drugo područje Vaseljene. Čestice koje bi izronile kod nas ne bi, međutim, mnogo nalikovale sirotom astronautu. Niti bi to bilo odveć utešno za njega, dok završava u singularnosti u stvarnom vremenu, da zna da će njegove čestice opstati u imaginarnom vremenu. Moto za svakoga ko dospe u crnu rupu morao bi da glasi: 'Mislite imaginarno!'

Šta određuje to gde će čestice izroniti? Broj čestica u bebi-vaseljenu biće jednak broju čestica koje su dospele u crnu rupu, plus broj čestica koje crna rupa emituje tokom isparavanja. Ovo znači da će čestice koje padnu u jednu crnu rupu izići iz druge rupe približno iste mase. Prema tome, moglo bi se odabrati mesto gde će čestice izići tako što bi se načinila crna rupa iste mase kao ona u koju su čestice ušle. No, podjednako je verovatno da će crna rupa

emitovati drugi skup čestica sa istom ukupnom energijom. Čak i ako crna rupa odašilje pravu vrstu čestica, ne bi se moglo reći da li su one odista iste čestice koje su prvobitno dospele u drugu rupu. Čestice, naime, nemaju lične karte; sve čestice iste vrste međusobno se ne mogu razlikovati.

Sve ovo znači da se prolaženje kroz crnu rupu neće pokazati kao popularan i pouzdan vid kosmičkog putovanja. Pre svega, put biste morali da prevalite u imaginarnom vremenu, zanemarivši pri tom da vam se istorija u stvarnom vremenu okončala. Drugo, ne biste, u stvari, mogli da odaberete odredište. Bilo bi to slično putovanju nekim vazduhoplovnim kompanijama sa kojima sam imao prilično mračna iskustva.

Iako bebe-vaseljene možda neće biti od velike koristi za kosmička putovanja, one imaju značajan odraz na naše pokušaje da dođemo do celovite objedinjene teorije koja bi opisala sve u Vaseljenu. Naše sadašnje teorije sadrže jedan broj veličina, kao što je to obim naelektrisanja po nekoj čestici. Vrednosti tih veličina ne mogu se predskazati teorijama. Umesto toga, one se moraju tako odrediti da budu u saglasnosti sa nalazima posmatranja. Većina naučnika smatra, međutim, da postoji neka temeljna objedinjujuća teorija kadra da predvidi vrednosti svih ovih veličina.

Takva temeljna teorija uistinu može da postoji. Najozbiljniji kandidat u ovom trenutku jeste teorija o takozvanim heterotičkim superstrunama. Prema ovoj zamisli, prostorvreme je ispunjeno malim petljama, sličnim komadićima struna. Ono što mi podrazumevamo pod elementarnim česticama zapravo su te majušne petlje koje vibriraju na različite načine. Ova teorija ne sadrži nikakve vrednosti koje treba prilagođavati. Očekivalo bi se stoga da je ta objedinjena teorija u stanju da predvidi sve vrednosti veličina, kakvo je naelektrisanje po čestici, koje ostaju neodređene iz ugla naših sadašnjih teorija. Iako još nismo bili kadri da predvidimo nijednu od tih veličina na osnovu teorije o superstrunama, mnogi naučnici su uvereni da će nam to jednom poći za rukom.

Ako je, međutim, predstava o bebama-vaseljenama tačna, naša sposobnost da predviđamo ove veličine biće smanjena. Ovo stoga što ne možemo posmatrački da ustanovimo koliko postoji beba-vaseljena koje čekaju da se priključe našem području Vaseljenu. Mogu da postoje bebe-vaseljene koje sadrže svega nekoliko čestica. Te bebe-vaseljene tako su

male da uopšte ne bismo zapazili kako nam se pridružuju ili se izdvajaju od nas. Pridruživanjem, međutim, one bi promenile prividnu vrednost nekih veličina, kao što je to naelektrisanje po čestici. Mi, dakle, ne bismo bili u stanju da predvidimo kakva će biti prividna vrednost tih veličina, zato što ne znamo koliko ima beba-vaseljena. Nije isključeno da postoji populaciona eksplozija beba-vaseljena. Za razliku od čovečanstva, međutim, ovde ne postoje ograničavajući činioci kao što su hrana ili životni prostor. Bebe-vaseljene su potpuno samostalne i nezavisne. Situacija pomalo nalikuje pitanju koliko anđela može da igra na vrhu igle.

Kod većine veličina, bebe-vaseljene uvode izvestan mali iznos neodređenosti pri predviđanju njihovih vrednosti. No, sa druge strane, one mogu da pruže objašnjenje za posmatrački utvrđenu vrednost jedne veoma značajne veličine: takozvane kosmološke konstante. Ovo je pojam koji se javlja u jednačinama opšte relativnosti i koji prostoru vremenu obezbeđuje sposobnost da se širi ili sažima. Ajnštajn je prvobitno predložio veoma malu vrednost kosmološke konstante u nadi da će tako pružiti protivtežu težnjoj materije da dovede do sažimanja Vaseljene. Ova pobuda je nestala kada je ustanovljeno da se Vaseljena širi. Ali nije bilo lako otarasiti se kosmološke konstante. Moglo bi se očekivati da će fluktuacije koje podrazumeva kvantna mehanika uzrokovati veoma veliku vrednost kosmološke konstante. Na osnovu promene brzine širenja Vaseljene sa protokom vremena, međutim, ispostavlja se da je kosmološka konstanta veoma mala. Sve do sada nije bilo valjanog objašnjenja zbog čega bi uočena vrednost trebalo da bude ovako mala. No, pridruživanje i odvajanje beba-vaseljena neće ostati bez uticaja na prividnu vrednost kosmološke konstante. Kako ne znamo koliko ima beba-vaseljena, postojaće različite moguće vrednosti prividne kosmološke konstante. Od svih njih, međutim, daleko je najizglednija vrednost bliska nuli. Ovo je srećna okolnost, jer jedino ako je kosmološka konstanta veoma mala, Vaseljena će biti pogodno mesto za bića kakva smo mi.

Da rezimiramo: kako izgleda, čestice padaju u crnu rupu koja potom ispari i nestaje iz našeg područja Vaseljene. Čestice dospevaju u bebu-vaseljenu koja se izdvaja iz naše Vaseljene. Te bebe-vaseljene zatim nam se ponovo pridružuju na nekom drugom mestu. One možda baš nisu pogodne za kosmičko putovanje, a njihovo postojanje znači da ćemo biti u stanju da

predvidimo manje nego što smo očekivali, čak i ako dođemo do celovite objedinjene teorije. Sa druge strane, sada smo u prilici da pružimo objašnjenje za izmerene vrednosti nekih veličina, kakva je, na primer, kosmološka konstanta. Tokom poslednjih nekoliko godina, mnogo naučnika počelo je da razrađuje zamisao o bebama-vaseljenama. Sumnjam da će se iko od njih obogatiti patentiranjem beba-vaseljena kao vida kosmičkog putovanja, ali ovo je u svakom slučaju postalo veoma uzbudljivo područje istraživanja.



## 12. DA LI JE SVE PREDODREĐENO?

*Predavanje održano na seminaru 'Sigma kluba' pri Kembridžskom univerzitetu, aprila 1990.*

U drami Julije Cezar Kasije kaže Brutu: 'Ljudi su ponekad gospodari svoje sudbine.' Ali jesmo li mi uistinu gospodari vlastite sudbine? Ili je sve što činimo predodređeno, determinisano. Argument u prilog predodređenosti glasio je da je Bog svemoguć i izvan vremena, tako da uvek zna šta će se dogoditi. Ali kako u tom slučaju možemo da imamo slobodnu volju? A ako nemamo slobodnu volju, kako onda možemo biti odgovorni za svoje postupke? Teško da čovek može biti optužen ako je bio predodređen da opljačka banku. Zašto bi ga, onda, trebalo kazniti zbog toga?

U novije vreme, argument u prilog determinizmu zasnivao se na nauci. Kako izgleda, postoje precizni zakoni koji određuju kako će se Vaseljena i sve u njoj razvijati sa vremenom. Iako još nismo ustanovili tačan vid svih tih zakona, već znamo dovoljno da ustanovimo šta se zbiva u svim, osim u sasvim krajnjim situacijama. Da li ćemo otkriti preostale zakone u bliskoj budućnosti ostaje da se vidi. Ja sam u tom pogledu optimista: smatram da su izgledi pola-pola da ćemo doći do ovih zakona u narednih dvadeset godina. Ali čak i ako se to ne dogodi, ta okolnost biće bez uticaja na predmet o kome je ovde reč. Ono što je značajno jeste da treba da postoji skup zakona koji potpuno određuju razvoj Vaseljene od njenog početnog stanja. Možda je te zakone propisao Bog. Ali, kako izgleda, On (ili Ona) ne pača se potom u Vaseljenu da bi kršio vlastite zakone.

Početnu konfiguraciju Vaseljene možda je odabrao Bog, a možda su je odredili zakoni nauke. U oba slučaja, sve je potom u Vaseljenu bilo određeno razvojem koji se odigravao u saglasnosti sa zakonima nauke, tako da je teško razabrati kako možemo biti gospodari svoje sudbine.

Zamisao o tome da postoji nekakva velika objedinjena teorija koja određuje sve u Vaseljenu suočava nas sa mnoštvom poteškoća. Pre svega,

velika objedinjena teorija trebalo bi da bude sažeta i elegantna u matematičkom pogledu. Teorija koja opisuje sve morala bi da bude posebna i jednostavna. Kako, međutim, izvestan broj jednačina može da pruži objašnjenja za svu složenost i mnoštvo beznačajnih pojedinosti koji nas okružuju? Može li se stvarno poverovati u to da je velika objedinjena teorija odredila da se Sinead O'Konor nađe na čelu parade hitova ove nedelje, ili da se Madona nađe na naslovnoj strani časopisa Cosmopolitan?

Druga poteškoća vezana za zamisao o tome da je sve predodređeno velikom objedinjenom teorijom jeste to da je onda i sve što mi kažemo takođe predodređeno istom teorijom. Ali zašto bi bilo predodređeno da bude tačno? Nije li verovatnije da će biti pogrešno, jer na svaki tačan iskaz dolazi mnogo mogućih netačnih? Svake sedmice poštar mi donese više teorija koje su mi razni ljudi poslali. Sve su one različite, a većina se međusobno isključuje. No, pretpostavka je da je velika objedinjena teorija predodredila da autori smatraju kako su im teorije tačne. Zašto bi onda bilo šta što ja kažem imalo neku veću vrednost? Zar nisam i ja u podjednako meri predodređen velikom objedinjenom teorijom?

Treći problem vezan za zamisao o tome da je sve predodređeno jeste naše uverenje da imamo slobodnu volju - da uživamo slobodu izbora da li ćemo nešto učiniti ili nećemo. Ali ako je sve predodređeno zakonima nauke, onda slobodna volja mora biti samo privid, a ako ne raspolažemo slobodnom voljom, na čemu se onda temelji naša odgovornost za ono što radimo? Ne kažnjavamo ljude za počinjene zločine ako su sišli s uma, jer smo zaključili da u takvom stanju nisu odgovorni za svoje postupke. Ali ako smo svi predodređeni velikom objedinjenom teorijom, onda se sa svakoga skida odgovornost za ono što čini.

O ovim problemima determinizma raspravlja se već stolicima. Rasprave su, međutim, poglavito bile akademske, budući da smo bili daleko od potpunog uvida u zakone nauke, a nismo ni znali kako je bilo određeno početno stanje Vaseljene. Ovi problemi dobijaju na aktuelnosti danas, zato što se ukazala mogućnost da dođemo do celovite objedinjene teorije u roku od svega dvadeset godina. Takođe uviđamo da je početno stanje moglo biti određeno zakonima nauke. Ono što sledi jeste moj lični pokušaj hvatanja ukoštac sa ovim problemima. Ne tvrdim da će se pokušaj odlikovati nekom

velikom originalnošću ili dubinom, ali to je najbolje što mogu da pružim u ovom trenutku.

Evo, najpre, prvog problema: kako iz jedne srazmerno jednostavne i sažete teorije može da nikne Vasseljena složena poput one koju imamo prilike da posmatramo, sa svom silom beznačajnih pojedinosti? Ključ za ovo predstavlja načelo neodređenosti kvantne mehanike, koje kaže da se velikom preciznošću ne mogu istovremeno izmeriti i položaj i brzina čestice; što tačnije merite položaj, to manje tačno merite brzinu, i obrnuto. Ova neodređenost nije tako važna u sadašnje vreme, kada su stvari prilično razmaknute, tako da mala neodređenost u pogledu položaja ne znači mnogo. Ali u ranoj Vasseljeni, sve je bilo veoma zbijeno, tako da je tu bilo puno neodređenosti, a uz to je postojao izvestan broj mogućih stanja Vasseljene. Ova različita moguća rana stanja razvila bi se u celu porodicu različitih istorija Vasseljene. Većina ovih istorija bila bi slična u pogledu svojih makroosobina. One bi odgovarale Vasseljeni koja je jednoobrazna i koja se širi. Razlike među njima, međutim, ispoljile bi se u pogledu razmeštaja zvezda, a još više u pogledu toga ko će se naći na naslovnim stranama časopisa. (Ukoliko bi, naime, date istorije uopšte imale časopise.) Prema tome, složenost Vasseljene oko nas i njene pojedinosti nastaju u ranim fazama pod uticajem načela neodređenosti. Otuda proishodi cela porodica mogućih istorija Vasseljene. Među njima bi postojala i takva istorija, na primer, u kojoj su nacisti dobili Drugi svetski rat, premda bi njena verovatnoća bila niska. Ali dogodilo se da mi živimo baš u istoriji u kojoj su saveznici izišli kao pobednici u ratu, a Madona se pojavila na naslovnoj strani časopisa Cosmopolitan.

Razmotriću sada drugi problem. Ako je ono što činimo određeno nekom velikom objedinjenom teorijom, zašto bi onda ta teorija odredila da dođemo do ispravnih zaključaka o Vasseljeni, a ne do pogrešnih? Zašto bi bilo šta što kažemo imalo neku vrednost? Moj odgovor na ovo pitanje zasniva se na Darvinovoj zamisli o prirodnom odabiranju. Smatram da su neki sasvim primitivni oblici života spontano nastali na Zemlji kao ishod slučajnog kombinovanja atoma. Ovaj rani oblik života verovatno je bio neki veliki molekul. Ali to po svoj prilici nije bio DNK, zato što su izgledi za nastanak celog molekula DNK slučajnim kombinovanjem veoma mali.

Taj rani oblik života počeo bi da se razmnožava. Kvantno načelo neodređenosti i neuređena toplotna kretanja atoma uslovlili bi da dođe do izvesnog broja grešaka pri razmnožavanju. Većina ovih grešaka bila bi kobna po opstanak organizma ili po njegovu sposobnost da se dalje razmnožava. Takve greške ne bi se prenele na potonja pokolenja, već bi nestale zajedno sa nestankom organizma. Sasvim mali broj grešaka bio bi blagodetan, čistom igrom slučaja. Organizmi sa takvim greškama imali bi više izgleda da prežive i da se razmnože. Oni bi tako ispoljili težnju da zamene prvobitne, nepoboljšane organizme.

Nastanak dvostrukog spiralnog ustrojstva DNK moglo je da bude jedno od tih poboljšanja u ranim fazama. Bio je to verovatno takav napredak da je došlo do potpune zamene svih prethodnih oblika života, ma kakvi da su oni bili. Kako je evolucija napredovala, dovela je i do razvoja centralnog nervnog sistema. Stvorenja koja su tačno shvatila implikacije podataka sakupljenih pomoću organa čula, a potom delala u skladu sa njima, imala su veće izgleda da opstanu i da ostave potomstvo. Ljudska rasa nastavila je ovo napredovanje do nove faze. Mi smo veoma slični višim majmunima, kako u pogledu telesnog sklopa tako i DNK; ali mala varijacija u našoj DNK omogućila nam je da razvijemo jezik. Ovo je značilo da možemo da prenosimo informacije i sakupljeno iskustvo sa pokolenja na pokolenje, najpre usmeno, a najzad i u pisanom obliku. Ranije, tekovine iskustva mogle su se preneti jedino sporim procesom kodiranja u DNK posredstvom nasumičnih grešaka pri razmnožavanju. Ovo je za posledicu imalo dramatično ubrzanje evolucije. Bilo je potrebno više od tri milijarde godina da razvoj stigne do ljudske rase. Ali tokom poslednjih deset hiljada godina usavršili smo pisani jezik. To nam je omogućilo da prevalimo put od pećinskih ljudi do stvorenja sposobnih da postavljaju pitanja o krajnjoj teoriji Vaseljene.

Nije došlo do značajne biološke evolucije, ili do promene ljudske DNK, u poslednjih deset hiljada godina. Prema tome, naša inteligencija, naše umeće da izvlačimo ispravne zaključke iz informacija koje nam pružaju organi čula, mora da potiču još iz pećinskog razdoblja, pa i ranije. Inteligencija je odabrana na osnovu sposobnosti da ubijamo određene životinje radi hrane, kao i veštine da izbegnemo da sami postanemo žrtve drugih životinja. Izuzetno je to što su nam mentalne osobine odabrane za te svrhe i dalje od

velike koristi pod veoma različitim okolnostima u našem vremenu. Izgledi za opstanak verovatno nam se neće mnogo poboljšati ako dođemo do velike objedinjene teorije ili rešimo problem predodređenosti. No, inteligencija koju smo razvili iz drugih razloga lako nam može omogućiti da proniknemo u ispravne odgovore na ta pitanja.

Evo nekoliko reči i o trećem problemu - pitanju slobodne volje i odgovornosti za ono što činimo. Subjektivno osećamo da smo kadri da odredimo ko smo i šta radimo. Ali to lako može biti samo privid. Neki ljudi misle da su Julije Cezar ili Napoleon, ali ne mogu svi biti u pravu u tom pogledu. Ono što nam je potrebno jeste objektivan test koji možemo primeniti spolja da bismo ustanovili da li neki organizam ima slobodnu volju. Primera radi, zamislimo da nam u posetu dođe 'mala zelena osoba' sa nekog drugog sveta. Kako možemo ustanoviti da li ima slobodnu volju ili je samo u pitanju robot, programiran da reaguje kao da je sličan nama?

Kako izgleda, krajnji objektivan test slobodne volje jeste sledeće: može li se predvideti ponašanje organizma? Ako može, onda organizam, jasno, nema slobodnu volju već je predodređen. Sa druge strane, ako se ne može predvideti ponašanje, može se uzeti kao operativna definicija da organizam raspolaže slobodnom voljom.

Ovoj definiciji slobodne volje može se uputiti zamerka u smislu da ćemo, pošto jednom ustanovimo celovitu objedinjenu teoriju, biti u stanju da predviđamo ono što će ljudi raditi. Ljudski mozak je, međutim, takođe podložan načelu neodređenosti. Postoji, dakle, element haotičnosti u ljudskom ponašanju, koji stoji u vezi sa kvantnom mehanikom. Ali energije koje postoje u mozgu su niske, tako da je dejstvo neodređenosti kvantne mehanike tu malo. Pravi razlog što ne možemo da predvidimo ljudsko ponašanje jeste to što je ono, naprosto, odveć složeno. Već su nam poznati osnovni fizički zakoni koji upravljaju aktivnošću mozga; oni su srazmerno jednostavni. Ali preteško je rešiti jednačine kada je posredi više od nekoliko čestica. Kada su u pitanju tri ili više čestica mora se pribеći približnostima, a poteškoće brzo rastu sa povećanjem broja čestica. Ljudski mozak sadrži oko  $10^{26}$  ili sto miliona milijardi milijardi čestica. To je daleko, daleko previše da bismo ikada bili u stanju da rešimo jednačine i predvidimo kako će se mozak ponašati ako su nam dati njegovo početno stanje i podaci koji se

preko živaca slivaju u njega. U stvari, mi čak ne možemo da izmerimo ni to početno stanje, jer bismo u tu svrhu morali da rastavimo mozak. Čak i kada bismo bili pripravnici da to učinimo, i dalje bi bilo premnogo čestica koje bi valjalo uzeti u obzir. Isto tako, mozak je verovatno veoma osetljiv na početno stanje - mala promena u početnom stanju može dovesti do veoma velike promene potonjeg ponašanja. Prema tome, iako su nam poznate temeljne jednačine koje upravljaju mozgom, mi uopšte nismo u stanju da pomoću njih predvidimo ljudsko ponašanje.

Ova situacija javlja se u nauci kad god imamo posla sa makroskopskim sistemima, zato što je broj čestica uvek preveliki da bi postojali izgledi za rešenje temeljnih jednačina. Ono čemu tada pribegavamo jesu efektivne teorije. Posređuju približnosti kod kojih veoma veliki broj čestica biva zamenjen malim brojem veličina. Primer u tom smislu jeste mehanika fluida. Neka tečnost poput vode sastoji se iz milijardi i milijardi molekula koji su, sa svoje strane, sačinjeni od elektrona, protona i neutrona. No, dobijamo zgodnu približnost ako tečnost shvatimo kao neprekidni medijum koji se odlikuje samo brzinom, gustinom i temperaturom. Predviđanja efektivne teorije mehanike fluida nisu tačna - treba samo slušati prognoze vremena da bi se to shvatilo - ali su dovoljno dobra za projektovanje brodova ili naftovoda.

Hoću da kažem da su pojmovi dobre volje i moralne odgovornosti za naša delanja zapravo efektivna teorija u smislu mehanike fluida. Moguće je da je sve što radimo predodređeno nekom velikom objedinjenom teorijom. Ako ta teorija predviđa da ćemo umreti tako što ćemo biti obešeni, onda se nećemo utopiti. Ali morali biste biti vraški sigurni da vam je suđeno da završite na vešalima da biste se otisnuli na more u malom čamcu po buri. Zapazio sam da čak i oni ljudi koji tvrde da je sve predodređeno i da to ni na koji način ne možemo da promenimo dobro pogledaju levo i desno pre no što pređu put. Možda je stvar u tome što oni koji ne pogledaju ne prežive da bi potom ispričali kako stoje stvari.

Ne može se zasnovati ponašanje na zamisli da je sve predodređeno, zato što se ne zna šta je predodređeno. Umesto toga, valja prihvatiti efektivnu teoriju da posedujemo slobodnu volju i da smo odgovorni za svoje postupke. Ova teorija nije odveć dobra za predviđanje ljudskog ponašanja, ali je

prihvatamo zato što nema izgleda da rešimo jednačine koje proishode iz temeljnih zakona. Postoji i jedan darvinovski razlog zbog koga verujemo u slobodnu volju: društvo u kome se jedinka oseća odgovorna za svoje postupke ima više izgleda da timski deluje i da preživi kako bi raširilo svoje vrednosti. Razume se, mravi odlično timski deluju. Ali njihovo društvo je statično. Ono ne može da reaguje na nepoznate izazove niti da razvija nove mogućnosti. Skup slobodnih jedinki koje imaju izvesne istovetne svrhe, međutim, može da razvije saradnju na zajedničkim ciljevima, kao i da pokaže fleksibilnost u preduzimanju novih koraka. Za takvo društvo je verovatnije da će napredovati i raširiti svoj sistem vrednosti.

Pojam slobodne volje pripada jednoj drugoj areni, a ne temeljnim zakonima nauke. Ako se pokuša izvođenje ljudskog ponašanja iz zakona nauke, zapada se u logički paradoks samoreferentnih sistema. Ako bi se ono što čovek čini moglo predvideti na osnovu temeljnih zakona, onda bi sam čin predviđanja mogao da promeni ono što se događa. Stvar nalikuje problemima sa kojima bismo se suočili kada bi bilo moguće putovanje kroz vreme, u šta ja veoma sumnjam. Kada biste mogli da vidite šta će se dogoditi u budućnosti, onda biste to mogli da promenite. Ako biste znali koje će grlo da pobedi na trci Grand National, mogli biste zgrnuti bogatstvo kladeći se na njega. Ali taj čin bi promenio odnose na kladionici. Dovoljno je videti film Povratak u budućnost da bi se shvatilo kakve sve zapetljivine tu mogu da nastanu.

Paradoks vezan za predviđanje vlastitih postupaka u bliskoj je vezi sa problemom koji sam pomenuo ranije: da li će konačna teorija odrediti da ćemo doći do ispravnih zaključaka o konačnoj teoriji? U ovom slučaju, ustvrdio sam da će nas Darwinova zamisao o prirodnom odabiranju dovesti do pravog odgovora. Možda pravi odgovor nije valjan način da se to opiše, ali prirodno odabiranje trebalo bi da nas bar uputi na skup fizičkih zakona koji prilično uspešno deluju. Te fizičke zانونe ne možemo, međutim, primeniti da bismo predviđali ljudsko ponašanje - i to iz dva razloga. Prvo, nismo u stanju da rešimo jednačine. Drugo, čak i kada bismo bili, sam čin izricanja predviđanja poremetio bi sistem. Umesto toga, prirodno odabiranje upućuje nas na prihvatanje efektivne teorije slobodne volje. Ako se prihvati da su postupci neke osobe plod slobodnog izbora, ne može se tada tvrditi da

su oni u nekim slučajevima određeni spoljnjim silama. Predstava o 'gotovo slobodnoj volji' lišena je smisla. Ali ljudi uglavnom brkaju činjenicu da se ponekad može dogoditi kakav će neka jedinka najverovatnije načiniti izbor sa okolnošću da taj izbor nije slobodan. Ja pogađam da će većina vas nešto pojesti za večeru, ali vi ste sasvim slobodni da odaberete da gladni odete u postelju. Primer ovakvog brkanja jeste doktrina o smanjenoj odgovornosti: posredi je zamisao o tome da osobe ne treba da budu kažnjene za svoje postupke ako su se nalazile pod stresom. Nije isključeno da su veći izgledi da će neko počinuti antidruštveni čin dok je pod stresom. Ali to ne znači da treba još više da povećamo izgleda za takav čin time što ćemo smanjiti kaznu.

Istraživanje temeljnih zakona nauke i izučavanje ljudskog ponašanja valja držati u zasebnim odeljcima. Iz razloga koje sam prethodno objasnio, temeljni zakoni ne mogu se koristiti za izvođenje ljudskog ponašanja. Ali možemo se nadati da ćemo biti u stanju da koristimo kako inteligenciju tako i moći logičkog mišljenja koje smo razvili kroz prirodno odabiranje. Na žalost, prirodno odabiranje razvilo je i neke druge osobine, kao što je, na primer, agresivnost. Agresivnost je predstavljala prednost u pogledu opstanka u vreme pećinskih ljudi i ranije, tako da je prirodno odabiranje išlo njoj u prilog. Ogromno povećanje naših razornih moći koje se temelje na modernoj nauci i tehnologiji, međutim, pretvorilo je agresivnost u veoma opasno svojstvo koje je postalo pretnja opstanku cele ljudske rase. Nevolja je u tome što su naši agresivni nagoni ukodirani u DNK. DNK se menja jedino biološkom evolucijom u vremenskim rasponima koji traju milionima godina, dok se naše moći uništenja povećavaju u vremenskim rasponima evolucije informacija, koji sada iznose jedva dvadeset ili trideset godina. Ako ne budemo mogli da inteligencijom zauzdamo agresivnost, ljudska rasa neće imati puno izgleda za opstanak. No, dok ima života, ima i nade. Ako uspemo da preživimo narednih stotina godina, raširićemo se na druge planete, a možda ćemo i krenuti ka zvezdama. Ovo će znatno smanjiti verovatnoću da cela ljudska rasa bude zbisana u nekoj globalnoj kataklizmi kao što je to nuklearni rat.

Da rezimiramo: raspravljao sam o nekim problemima koji se javljaju ako se veruje da je sve u Vaseljeni predodređeno. Prilično je svejedno da li iza



tog determinizma stoje svemogući Bog ili zakoni nauke. Može se, naime, uvek reći da su zakoni nauke izraz Božje volje.

Razmatrao sam tri pitanja. Prvo, kako mogu složenost Vaseljene i sve njene beznačajne pojedinosti biti predodređene jednostavnim skupom jednačina? Drugim rečima, može li se stvarno verovati u to da Bog stoji iza svih trivijalnosti, kao što je ta ko će se pojaviti na naslovnoj strani časopisa *Cosmopolitan*? Odgovor, kako izgleda, glasi da iz načela neodređenosti kvantne mehanike proishodi da postoji ne samo jedna istorija Vaseljene već ceo skup mogućih istorija. Ove istorije mogu biti slične u veoma velikim razmerama, ali će se zato veoma razlikovati u normalnim, svakodnevnim razmerama. Dogodilo se da mi živimo u jednoj posebnoj istoriji koja se odlikuje određenim posebnostima i pojedinostima. Ali postoje veoma slična inteligentna bića koja žive u istorijama što se razlikuju od naše po tome ko je pobedio u ratu i ko se nalazi na vrhu liste hitova. Beznačajne pojedinosti naše Vaseljene nastaju stoga što temeljni zakoni uključuju kvantnu mehaniku sa njenim elementom neodređenosti ili nasumičnosti.

Drugo pitanje je bilo: ako je sve predodređeno nekom temeljnom teorijom, onda je i ono što kažemo o toj teoriji takođe njome predodređeno - ali zašto bi bilo predodređeno da bude tačno, a ne pogrešno ili nebitno? Moj odgovor na ovo pretpostavlja pozivanje na Darvinovu teoriju prirodnog odabiranja: samo one jedinke koje izvlače ispravne zaključke o svetu koji ih okružuje imaće izgleda da prežive i da ostave potomstvo.

Treće pitanje je glasilo: ako je sve predodređeno, šta je onda sa slobodnom voljom i našom odgovornošću za postupke koje preduzimamo? Ali jedini objektivni test o tome da li neki organizam ima slobodnu volju jeste to da li se njegovo ponašanje može predvideti. Kada su posredi ljudska bića, uopšte nismo u stanju da koristimo temeljne zakone da bismo predvideli šta će ona učiniti - iz dva razloga. Prvo, ne možemo da rešimo jednačine za veoma velike brojeve čestica koje su tu posredi. Drugo, čak i kada bismo mogli da rešimo jednačine, sam čin dolaska do nekog predviđanja doveo bi do poremećaja sistema i mogao bi da vodi ka drugačijem ishodu. No, ako već ne možemo da predviđamo ljudska ponašanja, u prilici smo da pribegnemo efektivnoj teoriji prema kojoj su ljudi slobodni agenti koji mogu da biraju šta će učiniti. Kako izgleda, postoje jasna preimućstva u pogledu

opstanka ako verujemo u slobodnu volju i odgovornost za vlastite postupke. To znači da bi ovo verovanje trebalo da bude osnaženo prirodnim odabiranjem. Da li je osećanje odgovornosti, koje se prenosi jezikom, dovoljno da stavi pod kontrolu nagon za agresivnošću, koji se prenosi preko DNK - ostaje da se vidi. Ako to nije slučaj, ljudska rasa će postati jedan od ćorsokaka prirodnog odabiranja. Možda će neka druga rasa inteligentnih bića negde drugde u Galaksiji uspeti da uspostavi bolju ravnotežu između odgovornosti i agresivnosti. Ukoliko je to posredi, mogli bismo očekivati da oni stupe u kontakt sa nama, ili bar da otkrijemo njihove radio-sigale. Možda su oni svesni našeg postojanja, ali ne žele da obznane svoje prisustvo. To se može pokazati kao mudar potez, imali se u vidu naš dosje.

Ukratko, naslov ovog oglada iskazan je u obliku pitanja: da li je sve predodređeno? Odgovor glasi: jeste, predodređeno je. Ali sasvim bi moglo i da nije tako, jer nikada nećemo doznati šta je tačno predodređeno.

## 13. BUDUĆNOST VASELJENE

*Predavanje održano na Darwinovoj katedri pri Kembriđskom univerzitetu, januara 1991.*

Predmet ovog oglada jeste budućnost Vaseljene, odnosno ono što naučnici smatraju da će ta budućnost biti. Razume se, predviđanje budućnosti veoma je teško. Svojevremeno sam se nosio mišlju da napišem knjigu pod naslovom Jučerašnja sutrašnjica: povest budućnosti. Trebalo je da to bude istorija predviđanja budućnosti, koja su sva prilično zakazala. Ali uprkos pređašnjim neuspesima, naučnici su ipak misle da mogu predvideti budućnost.

U ranijim vremenima, predviđanje budućnosti spadalo je u nadležnost proroka ili predskazivača. Bile su to često žene koje bi zapale u zanos posredstvom neke droge ili tako što bi udisale dim iz kakvog vulkanskog grotla. Njihove burne iskaze potom bi tumačili okupljeni sveštenici. Pravo umeće tu se očitovalo u tumačenju. Slavno proročište u Delfima, u staroj Grčkoj, bilo je znamenito po tome što je pokrivalo sve mogućnosti, odnosno što je bilo dvosmisleno. Kada su Spartanci upitali šta će se dogoditi kada Persijanci napadnu Grčku, u proročištu je odgovoreno: ili će Sparta biti uništena, ili će njen kralj biti ubijen. Pretpostavljam da su sveštenici računali da ako nijedno od ovoga dvoga ne bude, Spartanci će toliko biti zahvalni Apolonu da će prevideti činjenicu da je njegovo proročanstvo bilo pogrešno. U stvari, ispalo je da je kralj pao braneći Termopile u borbi koja je spasila Spartu i dovela do konačnog poraza Persijanaca.

Jednom drugom prilikom, Krez, kralj Lidije, najbogatiji čovek na svetu svog vremena, zapitao je šta će se dogoditi ako krene na Persiju. Odgovor je glasio: pašće jedno veliko kraljevstvo. Krez je pomislio da se to odnosi na persijsko carstvo, ali palo je, zapravo, njegovo kraljevstvo, dok je on sam završio na lomači.

Skorašnjiji proroci sudnjeg dana bili su pripravniji da se izlože riziku predviđajući tačan dan propasti sveta. To je za posledicu imalo poremećaje

na berzi, premda mi nije jasno zašto bi kraj sveta navodio ljude da prodaju deonice i domognu se gotovine. Koliko mogu da se razaberem, u takvim prilikama nijedno od toga dvoga ne vredi mnogo.

Za sada, nijedno od predviđanja kraja sveta nije se obistinilo. Ali proroci su često imali objašnjenje za prividne neuspehe. Primera radi, Vilijem Miler, osnivač sekte adventista sedmog dana, predvideo je da će Hristov drugi dolazak pasti između 21. marta 1843. i 21. marta 1844. Pošto se ništa nije dogodilo, krajnji rok je pomeren za 22. oktobar 1844. Kada je i taj dan minuo bez očekivanog događaja, izloženo je novo tumačenje prema kome je 1844. godina bila početak drugog Hristovog dolaska - ali najpre je trebalo prebrojati imena u Knjizi Života. Tek tada će uslediti sudnji dan za one koji nisu u Knjizi. Srećom, brojanje, kako izgleda, mora duže da potraje.

Razume se, predviđanja naučnika mogu biti podjednako nepouzdana kao i ona koja iskazuju proroci i predskazivači. Treba se samo setiti prognoze vremena. Ali postoje određena područja na kojima smatramo da možemo doći do pouzdanih predviđanja, a budućnost Vaseljene, u najvećim razmerama, jedno je od njih.

Tokom poslednjih tri stotine godina otkrili smo naučne zakone koji upravljaju materijom u svim normalnim situacijama. Mi još tačno ne znamo zakone koji upravljaju materijom u krajnjim uslovima. Ti zakoni su važni za razumevanje početka Vaseljene, ali oni nemaju uticaja na njen potonji razvoj, osim ako ona ne bude kolabirala ponovo u stanje veoma velike gustine. U stvari, upravo to koliko malo ovi zakoni što važe pri visokim energijama utiču na današnju Vaseljenu predstavlja meru naše obaveze da ulažemo ogromne svote novca u izgradnju džinovskih akceleratora čestica kojima bismo ih proverili.

No, čak i kada znamo zakone koji upravljaju Vaseljenom, to još ne znači da ih možemo primeniti za predviđanje daleke budućnosti. To je stoga što rešenja fizičkih jednačina mogu da ispolje jedno svojstvo poznato kao kaos. Drugim rečima, jednačine mogu biti nestabilne: izazovite malu promenu u nekom sistemu u jednom trenutku, i potonje ponašanje tog sistema može uskoro postati potpuno drugačije. Primera radi, ako sasvim malo promenite način na koji okrećete točak ruleta, dovešćete do promene broja koji će ispasti. Praktično je nemoguće predvideti broj na kome će se kuglica

zaustaviti; da nije tako, fizičari bi zgrtali bogatstvo po kazinima.

Kod nestabilnih i haotičnih sistema, postoji, načelno govoreći, vremenski raspon u kome će mala promena u početnom stanju prerasti u dvostruko veću promenu. Kada je u pitanju Zemljina atmosfera, ovaj raspon iznosi nekoliko dana, što približno odgovara vremenu potrebnom da vazduh napravi krug oko sveta. Mogu se postaviti prilično tačne vremenske prognoze za razdoblje do pet dana, ali predviđati meteorološke prilike znatno dalje u budućnost pretpostavljalo bi kako sasvim tačno poznavanje trenutnog stanja atmosfere tako i nemoguće složen proračun. Nema načina da sačinimo tačnu prognozu vremena za razdoblje od šest meseci; sve što možemo da učinimo jeste da damo prosečne vrednosti za dato godišnje doba.

Takođe su nam poznati osnovni zakoni koji upravljaju hemijom i biologijom, tako da bi, u načelu, trebalo da budemo u stanju da odredimo kako mozak radi. Ali jednačine koje vladaju mozgom gotovo sigurno imaju haotično ponašanje, u smislu da sasvim mala promena u početnom stanju može dovesti do veoma različitih ishoda. Prema tome, u praksi ne možemo da predvidimo ljudsko ponašanje, iako znamo jednačine koje upravljaju njime. Nauka ne može da predvidi budućnost ljudskog društva, pa čak ni to da li ga uopšte čeka neka budućnost. Opasnost leži u tome što se naša moć da uništimo životnu sredinu ili da se međusobno potremo povećava znatno brže od naše mudrosti u korišćenju te moći.

Ma šta da se dogodi na Zemlji, ostatak Vaseljene nastaviće kao da ništa nije bilo. Kako izgleda, kretanje planeta oko Sunca u krajnjoj liniji je haotično, premda na duge staze. Ovo znači da se greške u predviđanju povećavaju sa protokom vremena. Posle određenog razdoblja, postaje nemoguće detaljno predvideti kretanje. Možemo biti prilično sigurni u to da Zemlja neće imati bliski susret sa Venerom još prilično dugo, ali neizvesno je da li će mali poremećaji orbite postupno dovesti do ovog sudara kroz milijardu godina. Kruženje Sunca i drugih zvezda u Galaksiji, kao i Mlečnog Puta u lokalnoj grupi galaksija, takođe je haotično. Uočili smo da se druge galaksije udaljuju od nas, a što su udaljenije, to se brže kreću. Ovo znači da se Vaseljena širi u našem susedstvu: razdaljine između galaksija povećavaju se sa protokom vremena.

Dokaze o tome da je ovo širenje ravnomerno, a ne haotično pruža fon

mikrotalasnog zračenja koje registrujemo iz kosmosa. I sami možete da vidite ovo zračenje ako podesite televizijski prijemnik na neki prazan kanal. Mali postotak mrlja koje vidite na ekranu predstavlja odraz mikrotalasa koji potiču izvan Sunčevog sistema. Posredi je ista vrsta zračenja koja se koristi u mikrotalasnoj pećnici, premda znatno slabija. Ona bi zagrejala hranu do temperature od samo 2,7 stepeni iznad apsolutne nule, tako da od nje ne bi bilo velike koristi za zagrevanje pice, na primer. Za ovo zračenje se smatra da predstavlja ostatak iz vrele rane faze Vaseljene. Ali najneobičnija stvar sa tim u vezi jeste to da je jačina zračenja gotovo ista iz svih pravaca. Ovo zračenje veoma je precizno izmerio satelit 'Istraživač kosmičkog fona'. *COBE*, '*Cosmic Background Explorer*' - prim. prev. Karta neba načinjena prilikom ovih posmatranja pokazuje različite temperature zračenja. Temperature variraju u raznim pravcima, ali razlike među njima sasvim su male, svega jedan stohiljaditi deo. Ove razlike u jačini mikrotalasnog zračenja sa različitih područja neba neizbežne su stoga što Vaseljena nije savršeno homogena; postoje, naime, lokalne nepravilnosti kao što su zvezde, galaksije i galaktička jata. Ali varijacije mikrotalasnog fona svedene su na najmanju moguću meru, u saglasnosti sa lokalnim nepravilnostima koje uočavamo. Izuzme li se tek jedan deo na sto hiljada, mikrotalasni fon istovetan je u svim pravcima.

U drevnim vremenima ljudi su verovali da je Zemlja središte Vaseljene. Njih stoga ne bi čudilo to što je rečeni fon isti u svim pravcima. Od Kopernikovog vremena, međutim, mi smo detronizovani na jednu malenu planetu što kruži oko sasvim prosečne zvezde na spoljnjem rupu tipične galaksije koja je tek jedna među sto milijardi galaksija što smo kadri da ih vidimo. Postali smo tako skromni da više nikako ne možemo da ističemo pravo na neki poseban položaj u Vaseljeni. Moramo stoga zaključiti da je pozadinsko zračenje takođe isto u bilo kom pravcu oko ma koje galaksije. Ovo je moguće jedino onda ako su prosečna gustina Vaseljene i brzina njenog širenja svuda istovetne. Bilo koje odstupanje od prosečne gustine ili stope širenja na nekom većem području imalo bi za posledicu to da mikrotalasni fon bude različit u raznim pravcima. Ovo znači da je, u veoma velikim razmerama, ponašanje Vaseljene jednostavno, a ne haotično. Stoga je, kada je ona u pitanju, moguće predviđati daleko u budućnost.

Budući da je širenje Vaseljene tako ravnomerno, moguće ga je opisati samo jednim brojem - udaljenošću između dve galaksije. Ono se u ovom trenutku povećava, ali može se očekivati da će gravitaciono privlačenje između različitih galaksija usporavati brzinu širenja. Ako je gustina Vaseljene veća od određene kritične vrednosti, gravitaciono privlačenje konačno će zaustaviti širenje i nagnati Vaseljenu da počne da se sažima. Vaseljena će u tom slučaju kolabirati do Velikog Sažimanja. Ono će prilično nalikovati na Veliki Prasak kojim je kosmos počeo. Veliko Sažimanje predstavljaće ono što se naziva singularnost - stanje beskrajne gustine u okviru koga dolazi do otkazivanja zakona fizike. To znači da čak i ako bi bilo događaja posle Velikog Sažimanja, oni se nikako ne bi mogli predvideti. Ali bez uzročne povezanosti događaja, nema suvislog načina da se kaže da se jedan događaj zbio posle nekog drugog. Sasvim je moguće ustvrditi da se naša Vaseljena okončala pri Velikom Sažimanju, a da su događaji koji su 'potom' usledili bili deo neke druge, zasebne vasseljene. To pomalo nalikuje na reinkarnaciju. Kakav se smisao može pripisati tvrdnji da je nova beba ista kao i neko ko je preminuo, ako ona ne nasledi nijednu osobinu niti ikakvo sećanje iz prethodnog života? Sasvim se može ustvrditi i to da je posredi različita jedinka.

Ako je srednja gustina Vaseljene manja od kritične vrednosti, ona neće krenuti put kolabiranja već će nastaviti zauvek da se širi. Posle određenog vremena gustina će postati tako niska da gravitaciono privlačenje neće više imati nikakav bitniji uticaj na usporenje širenja. Galaksije će nastaviti da se razilaze postojanom brzinom.

Prema tome, ključno pitanje u pogledu budućnosti Vaseljene glasi: kolika je njena srednja gustina? Ako je manja od kritične vrednosti, Vaseljena će zauvek nastaviti da se širi. Ali ukoliko je veća, Vaseljena će kolabirati, a i samo vreme će se okončati u Velikom Sažimanju. Ja, međutim, imam određena preimućstva u odnosu na ostale proroke sudnjeg dana. Čak i ako se Vaseljena zaputi stazom kolabiranja, sasvim bezbedno mogu da predvidim da ona neće prestati da se širi još najmanje deset milijardi godina. Ne očekujem, naime, da ću i dalje hoditi zemnim šarom kada se eventualno pokaže da nisam bio u pravu.

Srednju gustinu Vaseljene možemo pokušati da utvrdimo na osnovu

posmatranja. Ako prebrojimo zvezde koje vidimo i saberemo njihove mase, dobijamo manje od jednog postotka kritične gustine. Čak i ako tome dodamo mase gasnih oblaka koje vidimo u Vaseljenu, dobićemo tek jedan odsto kritične vrednosti. Poznato nam je, međutim, da Vaseljena mora sadržati i ono što se naziva tamna materija, koju ne možemo neposredno da vidimo. Jedan od dokaza o postojanju tamne materije potiče iz spiralnih galaksija. Posredi su ogromni skupovi zvezda i gasa u obliku ispupčene palačinke. Oni kruže oko svog središta, ali brzina tog rotiranja toliko je velika da bi se oni raspali da sadrže jedino zvezde i gas koje vidimo. Mora postojati i neki nevidljivi oblik materije čije je gravitaciono privlačenje dovoljno veliko da galaksija opstaje kao postojana celina.

Naredni dokaz o postojanju tamne materije nalazimo u jatima galaksija. Uočeno je da galaksije nisu ravnomerno razmeštene po kosmosu; one se javljaju grupisane u jata koja broje od nekoliko do više miliona galaksija. Do nastanka ovih jata došlo je po svoj prilici stoga što se galaksije međusobno privlače u skupine. Mi smo, međutim, u prilici da izmerimo brzine kojima se pojedinačne galaksije kreću u tim jatima. Utvrđeno je da su izmerene brzine tako visoke da bi se jata raspala kada ih na okupu ne bi držalo gravitaciono privlačenje. Masa neophodna da bi se ostvarilo ovo privlačenje znatno je veća od mase svih galaksija. Ovo i dalje važi čak i ako pretpostavimo da galaksije raspolažu dovoljnom masom da ostanu na okupu. Sledi, dakle, da u jatima mora biti prisutna dodatna tamna materija izvan galaksija koje vidimo.

Moguće je načiniti prilično pouzdanu procenu količine tamne materije u galaksijama i jatima koji su podrobno proučeni. Ali dobijena vrednost i dalje iznosi samo oko deset odsto kritične gustine neophodne da izazove kolabiranje Vaseljene. Ako bismo se, dakle, oslonili samo na posmatračke nalaze, morali bismo da predvidimo da će Vaseljena nastaviti zauvek da se širi. Kroz narednih pet milijardi godina, Sunce će utrošiti svoje nuklearno gorivo. Tada će stati da se širi i postaće takozvani crveni džin koji će progutati Zemlju i druge susedne planete. Potom će se pretvoriti u belog patuljka - zvezdu čiji će prečnik iznositi svega nekoliko hiljada milja. Ja, dakle, predviđam kraj sveta, premda ne baš uskoro. Sumnjam da će ovo predviđanje ozbiljnije uzdrmati stanje akcija na berzi. Postoje i neki preči problemi na obzorju. U svakom slučaju, u vreme kada Sunce bude stalo da



se nadima, mi bi trebalo da smo već uveliko ovladali umećem međuzvezdanog putovanja, pod uslovom, naravno, da u međuvremenu nismo sami sebi došli glave.

Kroz desetak milijardi godina, većina zvezda u Vaseljenu već će se ugasiti. Zvezde sa masom sličnom Sunčevoj postaće ili beli patuljci ili neutronske zvezde, koje su još manje i gušće od belih patuljaka. Masivnije zvezde pretvoriće se u crne rupe koje su još manje i imaju snažno gravitaciono polje kome ni svetlost ne može da pobegne. No, ti ostaci nastaviće da kruže oko središta naše Galaksije, praveći puni krug svakih stotina miliona godina. Bliski susreti do kojih može doći između ovih ostataka usloviće da manji broj njih bude izbačen iz Galaksije. Oni koji ostanu zbijaće se na sve bliže orbite oko središta i na kraju će se sakupiti u džinovsku crnu rupu u galaktičkom jezgru. Sva tamna materija koja postoji u galaksijama i jatima takođe će dospeti u te veoma velike crne rupe.

Može se, dakle, pretpostaviti da će najveći deo materije u galaksijama i jatima na kraju završiti u crnim rupama. Ne tako davno, međutim, ustanovio sam da crne rupe nisu tako crne kao što se to ranije smatralo. Načelo neodređenosti kvantne mehanike kaže da čestice ne mogu istovremeno imati i sasvim određen položaj i sasvim određenu brzinu. Što se tačnije određuje položaj čestice, to je njena brzina neodređenija, i obrnuto. Ako se neka čestica nalazi u crnoj rupi, njen položaj je određen upravo time što je u crnoj rupi. To znači da joj se brzina ne može tačno odrediti. Stoga je moguće da brzina čestice bude veća od brzine svetlosti. To bi joj onda omogućilo da pobegne iz crne rupe. Čestice i zračenje tako bi lagano oticali iz crnih rupa. Jedna džinovska crna rupa u središtu neke galaksije imala bi u prečniku mnogo miliona milja. Postojala bi stoga velika neodređenost u pogledu položaja neke čestice u njoj, odnosno neodređenost brzine čestice srazmerno bi se smanjila, što bi značilo da bi joj bilo potrebno veoma dugo da pobegne iz crne rupe. Ali do toga bi konačno došlo. Crnoj rupi u središtu galaksije bilo bi potrebno 10 na 90 godina da ispari i potpuno nestane; posredi je broj koji se sastoji od jedinice i devedeset nula koje se nižu za njom. To je znatno duže od trenutne starosti Vaseljene, koja iznosi pukih 10 na 10 godina; reč je o jedinici iza koje se niže samo deset nula. No, vremena bi bilo u izobilju ako bi se Vaseljenu zauvek širila.

Budućnost Vaseljene koja se zauvek širi bila bi prilično dosadna. Ali nipošto nije izvesno da će se Vaseljena zauvek širiti. Imamo čvrsto pokriće samo za oko jednu desetinu gustine koja je neophodna da se izazove kolabiranje Vaseljene. No, možda postoje druge vrste tamne materije koje još nismo otkrili, a koje bi mogle da podignu srednju gustinu Vaseljene do kritične vrednosti, pa i preko nje. Ova dodatna tamna materija morala bi se nalaziti izvan galaksija i galaktičkih jata. U protivnom, morali bismo da uočimo njen uticaj na rotiranja galaksija ili na kretanja galaksija unutar jata.

Zašto bismo pretpostavili da može biti dovoljno tamne materije za preusmerenje širenja u sažimanje? Zašto se, naprosto, ne oslonimo na materiju za čije postojanje imamo čvrste dokaze? Razlog se ogleda u tome što - čak i sa jednom desetinom kritične gustine sada - valja neverovatno pomno odabrati početnu gustinu i brzinu širenja. Da je gustina Vaseljene jednu sekundu posle Velikog Praska bila veća samo za jedan bilioniti deo, ona bi kolabirala posle svega deset godina. Sa druge strane, da je gustina Vaseljene u tom trenutku bila manja u istom obimu, ona bi, ciglih deset godina kasnije, bila praktično prazna.

Kako to da je početna gustina Vaseljene tako pomno odabrana? Možda postoji neki razlog što Vaseljena treba da ima upravo kritičnu gustinu. Kako izgleda, dva su moguća objašnjenja za to. Prvo je takozvano antropičko načelo, koje se može parafrazirati na sledeći način: Vaseljena je takva kakva je, jer da je drugačija, mi onda ne bismo bili tu da je posmatramo. Zamisao se ogleda u tome da može biti mnogo različitih Vaseljena sa različitim gustinama. Samo one među njima čija je gustina sasvim bliska kritičnoj vrednosti potrajale bi dovoljno dugo i sadržale bi dovoljno materije da se obrazuju zvezde i planete. Jedino u tim vasseljenama postojala bi inteligentna bića koja bi sebi postavila pitanje: zašto je gustina tako bliska kritičnoj vrednosti? Ako je to objašnjenje sadašnje gustine Vaseljene, nema osnove za verovanje da se u njoj nalazi više materije nego što smo je već otkrili. Jedna desetina kritične vrednosti bilo bi dovoljno za nastanak galaksija i zvezda.

Mnogim ljudima se ne dopada antropičko načelo, međutim, zato što se njime, kako izgleda, pripisuje prevelika važnost našem postojanju. Stoga je preduzeto traganje da se na neki drugi način objasni zašto bi gustina bila tako blizu kritičnoj vrednosti. Ovo traganje dovelo je do teorije o inflaciji u ranoj

Vaseljeni. Zamisao se ogleda u tome da se veličina Vaseljene možda udvostručavala, na isti način na koji se cene udvostručuju svakih nekoliko meseci u zemljama pogođenim velikom inflacijom. Inflacija Vaseljene morala je, međutim, da bude znatno brža i ekstremnija: povećanje za činiac od najmanje milijardu milijardi milijardi, u majušnoj inflaciji, doveo bi do toga da Vaseljena ima bezmalo onu kritičnu gustinu koja je neophodna da i danas još bude sasvim blizu iste kritične vrednosti. Prema tome, ako je teorija inflacije ispravna, Vaseljena mora sadržati dovoljno tamne materije da dostigne kritičnu vrednost gustine. To znači da bi Vaseljena, verovatno, jednom počela da kolabira, a do tada ne bi prošlo mnogo duže od petnaest milijardi godina koliko već traje njeno širenje.

Šta bi mogla biti ta tamna materija koja mora postojati ako je teorija inflacije tačna? Kako izgleda, ona se verovatno razlikuje od normalne materije od koje su sazdane zvezde i planete. Možemo da izračunamo količine raznih lakih elemenata koji su nastali u vrelin, ranim fazama Vaseljene, tokom prva tri minuta posle Velikog Praska. Količina tih lakih elemenata zavisi od količine normalne materije u Vaseljeni. Može se nacrtati grafikon koji bi na uspravnoj osi prikazivao količinu lakih elemenata, dok bi na vodoravnoj bila prikazana količina normalne materije u Vaseljeni. Dobilo bi se dobro poklapanje sa uočenom zastupljenošću ako bi ukupna količina normalne materije iznosila samo jednu desetinu sadašnje kritične vrednosti. Može se pokazati da su ovi proračuni pogrešni, ali činjenica da dobijamo uočenu zastupljenost za više različitih elemenata veoma je upečatljiva.

Ako postoji kritična gustina tamne materije, glavni kandidati za ono što bi ona mogla biti bili bi ostaci iz ranih faza Vaseljene. Jedna mogućnost jesu elementarne čestice. Ima više hipotetičkih kandidata - čestice za koje mislimo da mogu postojati, ali koje još nismo otkrili. Ali najizgledniji slučaj jeste jedna čestica o čijem postojanju imamo čvrste dokaze: neutrino. Za nju se smatralo da nema vlastitu masu, ali neka skorašnja izučavanja ukazuju na to da neutrino možda ipak ima malu masu. Ako se to potvrdi i ustanovi da je posredi prava vrednost, neutrini bi obezbedili dovoljno mase da se gustina Vaseljene podigne do kritične vrednosti.

Druga mogućnost jesu crne rupe. Moguće je da je rana Vaseljena prošla kroz ono što se naziva fazni prelaz. Ključanje i mržnjenje vode predstavljaju

primere faznog prelaza. Kod faznog prelaza, u prvobitno homogenoj sredini, kao što je voda, javljaju se nepravilnosti, koje kod vode mogu biti zgrušanja leda ili mehurovi pare. Te nepravilnosti mogu kolabirati i obrazovati crne rupe. Sasvim male crne rupe do sada bi već isparile usled dejstva načela neodređenosti kvantne mahanike, kao što je prethodno opisano. Ali crne rupe sa masom od milijardu tona (što odgovara masi neke planine) i dalje bi postojale i njih bi veoma teško bilo otkriti.

Jedini način na koji bismo mogli otkriti tamnu materiju koja je ravnomerno razmeštena po Vaseljenu bilo bi utvrđenje njenog uticaja na širenje Vaseljene. Brzina usporenja širenja može se ustanoviti merenjem brzine kojima se daleke galaksije još više udaljuju od nas. Stvar je u tome što mi te galaksije vidimo u dalekoj prošlosti, u vremenu kada se sa njih otisnula svetlost na putovanje ka nama. Može se nacrtati grafikon brzine galaksija u odnosu na njihov prividni sjaj ili magnitudu, što predstavlja meru njihove udaljenosti od nas. Različite linije na tom grafikonu odgovaraju različitim stopama usporenja širenja. Linija koja se savija nagore odgovara Vaseljenu koja će kolabirati. Na prvi pogled, čini se da nalazi posmatranja ukazuju na kolabiranje. Ali nevolja je u tome što prividni sjaj galaksije nije veoma dobar pokazatelj njene udaljenosti od nas. Ne samo što postoje značajne varijacije u stvarnom sjaju galaksija, već je ustanovljeno i da im sjaj varira sa protokom vremena. Budući da ne znamo u kojoj meri treba uzeti u obzir ove promene sjaja, još ne možemo da kažemo kolika je stopa usporenja: da li je dovoljna da otpočne kolabiranje Vaseljene, ili će možda kosmos zauvek nastaviti da se širi. Odgovor na ovo pitanje dobićemo tek kada razvijemo bolje načine merenja udaljenosti galaksija. Ali možemo biti sigurni da stopa usporenja nije toliko velika da izazove početak kolabiranja Vaseljene u narednih nekoliko milijardi godina.

Ni širenje zauvek ni kolabiranje kroz sto milijardi godina nisu odveć uzbudljive perspektive. Zar ne postoji ništa što možemo preduzeti da učinimo budućnost zanimljivijom? Jedan način na koji se to svakako može postići jeste da se zagnjurimo u neku crnu rupu. Trebalo bi to da bude prilično velika crna rupa, sa masom preko milion puta većom od Sunčeve. No, ima dobrih izgleda da upravo takva crna rupa postoji u središtu naše Galaksije.

Nismo sasvim sigurni šta se zbiva u crnoj rupi. Postoje rešenja jednačina

opšte relativnosti koja dopuštaju da se upadne u crnu rupu, a da se izroni u beloj rupi negde drugde. Bela rupa predstavlja sliku u negativu crne. To je objekat iz koga stvari mogu izići, ali nikada i pasti u njega. Bela rupa mogla bi se nalaziti u nekom sasvim drugom kraju Vaseljene. Može izgledati da to otvara mogućnost brzog međugalaktičkog prevoza. Nevolja je, međutim, u tome što bi on mogao biti odveć brz. Kada bi putovanje kroz crne rupe bilo moguće, ne bi postojalo ništa što bi se protivilo tome da se vratite s puta pre no što ste se uopšte otisnuli na njega. Mogli biste tada učiniti nešto - ubiti vlastitu majku, recimo - što bi vas osujetilo u tome da se uopšte prvobitno otisnete na put.

Srećom po naš opstanak (kao i opstanak naših majki), zakoni fizike ne dopuštaju, kako izgleda, ovakva putovanja kroz vreme. Čini se da postoji Agencija za zaštitu hronologije koja čini svet bezbednim za istoričare tako što osujećuje putovanja u prošlost. Dejstva načela neodređenosti izazvala bi, naime, pojavu velike količine zračenja ako bi se putovalo u prošlost. To zračenje bi ili u toj meri savilo prostorvreme da ne bi bio moguć povratak u prošlost, ili bi dovelo do okončanja prostorvremena u singularnosti sličnoj Velikom Prasku i Velikom Sažimanju. U oba slučaja, prošlost bi nam bila bezbedna od zlonamernih osoba. Hipotezu o zaštiti hronologije podupiru neki skorašnji proračuni koje smo obavili ja i drugi naučnici. Ali najjači dokaz o tome da putovanje kroz vreme nije moguće, niti će ikada biti, jeste to da nismo doživeli invaziju hordi turista iz budućnosti.

Da rezimiramo: naučnici su uvereni da Vaseljenom upravljaju precizni zakoni koji u načelu dopuštaju predviđanje budućnosti. Ali kretanje koje proishodi iz tih zakona često je haotično. To znači da majušna promena u početnoj situaciji može da dovede do takve promene u potonjem ponašanju koja brzo postaje velika. Prema tome, u praksi, često se može predviđati samo sasvim bliska budućnost. Međutim, ponašanje Vaseljene u veoma velikim razmerama izgleda da je jednostavno, a ne haotično. Može se stoga predvideti da li će se Vaseljena zauvek širiti ili će jednom početi da kolabira. Ovo zavisi od sadašnje gustine Vaseljene. Kako izgleda, trenutna gustina nalazi se sasvim blizu kritične vrednosti koja razdvaja kolabiranje od beskrajnog širenja. Ako je tačna teorija inflacije, Vaseljena se, zapravo, nalazi na samoj ivici sečiva. I tako, ja sam se, konačno, našao u

tradicionalnom položaju drevnih proroka i predskazivača čije predviđanje pokriva obe suprotstavljene mogućnosti.

## 14. PLOČE ZA PUSTO OSTRVO: INTERVJU

Program Bi-Bi-Sija 'Ploče za pusto ostrvo' emituje se još od 1942. i predstavlja najstariju emisiju ove vrste na radiju, koja je već uveliko postala svojevrsna nacionalna institucija u Britaniji. Tokom godina u njoj je prodefilovao ogroman broj gostiju. Tu su intervjuisani pisci, pozorišni glumci, muzičari, filmski glumci i reditelji, ljudi iz sporta, komičari, šefovi kuhinja, baštovani, učitelji, baletani, političari, kraljevske ličnosti, autori crtanih filmova - kao i naučnici. Od gostiju, koji su uvek držani za brodolomnike, traženo je da odaberu osam ploča koje bi rado imali uza se kada bi se sami obreli na nekom pustom ostrvu. Takođe je trebalo da se opredele za jedan luksuzni predmet (ne sme posredi biti ništa živo), kao i za jednu knjigu, koji bi im pravili društvo. (Pretpostavljalo se da je neki prikladan religijski tekst - Biblija, Koran ili nešto treće - već tamo, zajedno sa sabranim Šekspirovim delima.) Isto se tako podrazumevalo da na raspolaganju stoji nekakav uređaj za reprodukciju ploča; prvobitni spikeri koji su najavljivali program obično su govorili: '...pod pretpostavkom da su tu gramofon i neiscrpna zalihla igala za njih.' Danas se očekuje da pri ruci bude CD plejer sa solarnim baterijama.

Program se emituje nedeljno, a ploče koje je gost odabrao puštaju se tokom intervjua koji obično traje četrdeset minuta. Intervju sa Stivenom Hokingom, međutim, koji je emitovan o Božiću 1992, izuzetno je trajao duže.

Voditelj intervjua bila je Sju Louli.

SJU: Na više načina, naravno, Stivene, ti već znaš kako izgleda naći se sam na pustom ostrvu, odsečen od normalnog fizičkog života i lišen prirodnih načina opštenja. U kojoj se meri, zapravo, ti osećaš usamljen?

STIVEN: Ne smatram da sam odsečen od normalnog života, a sumnjam da bi to rekli i ljudi iz moje okoline. Ne osećam se kao invalid - već pre kao osoba sa izvesnim nedostatkom vezanim za motoričke neurone, slično kao da sam, recimo, daltonista. Znam da se moj život teško može opisati kao običan, ali u duhu se ja osećam normalno.

SJU: U svakom slučaju, već si dokazao sebi, za razliku od većine brodolomnika u programu Ploče za pusto ostrvo, da si mentalno i intelektualno samodovoljan, da imaš dovoljno teorija i nadahnuća koji te drže stalno zaokupljenog.

STIVEN: Pretpostavljam da sam po prirodi pomalo introvertan, tako da su me poteškoće u opštenju nagnale da se uglavnom oslonim na sebe. Ali kao dečak bio sam velika pričalica. Potreban mi je razgovor sa drugim ljudima kao podsticaj. Od velike pomoći se u mom poslu pokazuje to da drugima opisujem zamisli do kojih dolazim. Čak i ako od sagovornika ne dobijem nikakve sugestije, već sama činjenica da moram da organizujem svoje misli tako da mogu da ih objasnim drugima često mi pokazuje novi put napred.

SJU: Ali kako stoji sa emocionalnim ispunjenjem, Stivene? Čak su i jednom blistavom fizičaru za to potrebni drugi ljudi?

STIVEN: Sa fizikom je sve u redu, ali ona je potpuno hladna. Ne bih mogao dalje da živim kada bi mi preostala samo fizika. Kao i svakom drugom, meni su takođe potrebni toplina, ljubav i naklonost. Mislim da imam puno sreće, znatno više od mnogih drugih ljudi hendikepiranih poput mene, što sam obasut ljubavlju i naklonošću. Muzika mi takođe puno znači.

SJU: Reci mi, šta ti pruža veće zadovoljstvo: fizika ili muzika?

STIVEN: Moram da kažem da je zadovoljstvo koje bih iskusio kada bi se sve uklopilo u fizici silnije od onog koje bi pratilo slušanje muzike. Ali do takvih vrhunaca dolazi svega nekoliko puta u karijeri, dok neku ploču možeš slušati kad god ti se ushte.

SJU: Dobro, koja bi onda bila prva ploča koju bi pustio na pustom ostrvu?

STIVEN: Pulkova Glorija. Čuo sam je prvi put prošlog leta u Aspenu, u Koloradu. Aspen je prvenstveno skijaški centar, ali leti se tamo održavaju sastanci fizičara. Odmah uz centar za fiziku podignut je ogroman šator u kome se održava muzički festival. Dok sediš i razrađuješ proces isparavanja crne rupe, možeš da slušaš probe. Posredi je idealna kombinacija; ona spaja moja dva glavna zadovoljstva: fiziku i muziku. Kada bih imao i jedno i drugo na mom pustom ostrvu, uopšte ne bih želeo da budem spasen. Sve do onog trenutka, naime, dok ne bih došao do nekog otkrića u teorijskoj fizici o kome



bih želeo da sve obavestim. Pretpostavljam da pravila ne dopuštaju posedovanje satelitske antene posredstvom koje bih, elektronskom poštom, dobijao tekstove iz fizike.

SJU: Radio može da sakrije fizičke nedostatke, ali u ovom slučaju on prikriva nešto drugo. Pre sedam godina, Stivene, ti si doslovce izgubio glas. Možeš li mi reći šta se dogodilo?

STIVEN: Bio sam u Ženevi, u CERN-u, velikom akceleratoru čestica, u leto 1985. Nameravao sam da odem u Bajrojt, u Nemačkoj, da čujem Vagnerov ciklus opera Prsten. Ali dobio sam upalu pluća i odveli su me u bolnicu. U ženevskoj bolnici kazali su mojoj supruzi da nema smisla i dalje držati uključenu mašinu za održanje života. Ali ona nije htela ni da čuje. Prevezli su me avionom u bolnicu Adenbruks, u Kembridžu, gde mi je hirurg po imenu Rodžer Grej izvršio traheotomiju. Ta operacija spasila mi je život, ali mi je oduzela glas.

SJU: Ali govor ti je već tada bio veoma izobličen i težak za praćenje, zar ne? Sva je, dakle, prilika da bi ti ionako jednom ostao bez njega?

STIVEN: Iako mi je glas bio izobličen i težak za praćenje, ljudi iz moje okoline i dalje su me mogli razumeti. Bio sam u stanju da držim seminare preko prevodioca, a mogao sam i da diktiram naučne radove. Ali neko vreme posle operacije zapao sam u očaj. Činilo mi se da, ako ne mogu da povratim glas, onda nema smisla dalje nastaviti.

SJU: Onda je jedan stručnjak za kompjutere iz Kalifornije čuo za tvoj vapaj i poslao ti glas. Kako on radi?

STIVEN: Ime tog čoveka je Volt Voltos. Njegova tašta našla se u istom položaju kao ja, tako da je on razvio jedan kompjuterski program koji joj je pomagao u opštenju. Preko ekrana se pokreće kursor. Kada dođe do opcije koju želiš, tada pokretom glave ili oka, odnosno, u mom slučaju, rukom, stavljaš u dejstvo jedan prekidač. Na ovaj način biraš reči koje bivaju ispisane na donjoj polovini ekrana. Kada sastaviš ono što želiš da kažeš, to ili pošalješ u sintesajzer govora ili ga snimiš na hard-disk.

SJU: Ali stvar izgleda spora.

STIVEN: Da, spora je: dostiže jednu desetinu brzine normalnog govora. Ali zato je sintesajzer znatno razgovetniji nego što sam ja prethodno bio. Britanci tvrde da ima američki naglasak, ali Amerikanci smatraju da je

skandinavskog ili irskog porekla. U svakom slučaju, ma šta bio, svi mogu da ga razumeju. Moja starija deca prilagođavala su se na moj prirodan glas kako se on pogoršavao, ali moj mlađi sin, koji je imao samo šest godina u vreme kada sam bio podvrgnut traheotomiji, uopšte nije mogao da me razume. Sada nema nikakvih poteškoća. A to mi puno znači.

SJU: To takođe znači da možeš zatražiti od onih koji te intrvjuišu da ti pitanja dostave unapred, a da na njih odgovoriš tek onda kada budeš sasvim spreman, zar ne?

STIVEN: Kada su posredi duge, snimljene emisije poput ove, dobro je dobiti unapred pitanja, tako da ne moram da trošim sate i sate trake za snimanje. Na izvestan način, tako imam veću kontrolu. Ali meni se, zapravo, više dopada da odgovaram bez odlaganja. Činim to uvek posle seminara ili popularnih predavanja.

SJU: Ali, kao što kažeš, ovako imaš kontrolu, a ja znam da ti je to prilično važno. Članovi tvoje porodice i prijatelji ponekad te opisuju kao tvrdoglavog i tiranski nastrojenog. Šta imaš da kažeš u svoju odbranu?

STIVEN: Svako ko je iole bistar biva ponekad optužen da je tvrdoglav. Ja bih radije rekao da sam odlučan. Da nisam bio i te kako odlučan, sada uopšte ne bih bio ovde.

SJU: Jesi li oduvek bio takav?

STIVEN: Sve što želim jeste da imam isti stepen kontrole nad vlastitim životom kao i drugi ljudi. Odveć se često događa da životima invalida upravljaju drugi. Nijedna zdrava osoba ne bi to dozvolila.

SJU: Da čujemo koja je tvoja druga ploča.

STIVEN: Bramsov violinski koncert. Bila je to prva LP ploča koju sam kupio. Dogodilo se to 1957, a gramofoni na 33 obrtaja u minutu tek što su se pojavili u Britaniji. Kupovinu gramofona moj otac bi držao za nerazborito samougađanje, ali uverio sam ga da mogu sam da sastavim uređaj iz delova do kojih ću jeftino doći. To mu se, kao Jorkšircu, dopalo. Smestio sam obrtni deo i pojačalo u kućište jednog starog gramofona na 78 obrtaja. Da sam ga sačuvao, sada bi bio prava dragocenost.

Napravivši gramofon, morao sam da nabavim nešto što ću na njemu puštati. Jedan drug iz škole predložio mi je Bramsov violinski koncert, budući da niko iz našeg društva nije imao tu ploču. Sećam se da je koštala

trideset pet šilinga, što je bilo poprilično tih dana, naročito za mene. Cene ploča u međuvremenu su porasle, ali njihova stvarna vrednost sada je znatno manja.

Kada sam prvi put preslušao ploču u prodavnici, učinilo mi se da zvuči nekako čudno i nisam bio siguran da li mi se dopada, ali smatrao sam da to ipak ne treba da kažem. No, tokom godina, ona mi je sve više značila. Voleo bih da čujemo početak sporog stava.

SJU: Jedan stari porodični prijatelj izjavio je da je tvoja porodica, u vreme kada si bio dečak - navodim - 'važila za veoma inteligentnu, veoma mudru i veoma ekscentričnu'. Kad se osvrneš unazad, smatraš li da je posredi verodostojan opis?

STIVEN: Ne mogu ništa da kažem na tvrdnju da mi je porodica bila inteligentna, ali sasvim je izvesno da se mi nismo osećali kao ekscentrici. Pretpostavljam, međutim, da smo takvi mogli izgledati prema merilima Sent Olbansa koji je bio prilično trezveno mesto u vreme kada smo mi živeli u njemu.

SJU: Otac ti je bio stručnjak za tropske bolesti.

STIVEN: Moj otac se bavio istraživanjima na polju tropske medicine. Često je odlazio u Afriku da bi na terenu isprobavao nove lekove.

SJU: Majka je, dakle, imala veći uticaj na tebe; kako bi ti ocenio taj uticaj?

STIVEN: Ne, rekao bih ipak da je otac imao veći uticaj. Oblikovao sam sebe prema njemu. Kako je on bio naučni istraživač, smatrao sam da je najprirodnije da se i sam bavim istim poslom kada odrastem. Jedina razlika bila je to što me nisu privlačile medicina ili biologija zato što su mi izgledale nedovoljno egzaktne i odveć opisne. Želeo sam nešto temeljnije, i to sam pronašao u fizici.

SJU: Tvoja majka je kazala da si se oduvek odlikovao jednim svojstvom koje je ona opisala kao sklonost ka zadivljenosti. 'Moglo se videti da ga zvezde privlače.' Sećaš li se toga?

STIVEN: Sećam se da sam se jedne večeri kasno vratio kući iz Londona. U to vreme su isključivali javnu rasvetu u ponoć, radi uštede. Ugledao sam tada noćno nebo kao nikada ranije, sa Mlečnim Putem koji ga je presecao. Na mom pustom ostrvu neće biti ulične rasvete, tako da ću stalno imati dobar

pogled na zvezde.

SJU: Očigledno je da si kao dete bio veoma bistar, a i voleo si da pobeđuješ kod kuće u igrama sa sestrom, ali umalo se nije dogodilo da potpuno zakažeš u školi i da te uopšte ne bude briga oko toga, zar ne?

STIVEN: Bilo je to tokom moje prve godine u školi u Sent Olbansu. Ali trebalo bi da naglasim da je posredi bio veoma pametan razred, kao i da sam se pokazao znatno bolji na ispitima, nego prilikom ocenjivanja tokom nastave. Bio sam uveren da ću dobro proći - a što sam na kraju završio sasvim nisko, to je pre svega zbog mog rukopisa i opšte neurednosti.

SJU: Ploča broj tri?

STIVEN: Kada sam bio student na Oksfordu, pročitao sam roman Oldosa Hakslija Kontrapunkt. Stvar je bila zamišljena kao portret tridesetih godina, sa velikom galerijom likova. Većina njih delovala je papirnato, ali jedan se izdvajao kao prilično uspeo lik, rađen očigledno prema samom Haksliju. Taj čovek ubio je vođu britanskih fašista, koji je predodčen po uzoru na ser Osvalda Moslija. Obavestio je potom partiju šta je učinio; onda je pustio ploču sa Betovenovim gudačkim kvartetom, opus 132. Sredinom trećeg stava otvorio je vrata posle kucanja i pao kao žrtva fašista.

Posredi je uistinu sasvim slab roman, ali Haksli je bio u pravu u pogledu izbora muzike. Kada bih znao da ka mom pustom ostrvu hita plimski talas, pustio bih treći stav ovog kvarteta.

SJU: Otišao si na Oksford, na Univerziteti koledž, da se baviš matematikom i fizikom; prema vlastitom proračunu, tu si radio u proseku tek oko jedan sat dnevno. Prema onome što sam pročitala, poglavito si se bavio veslanjem, ispijanjem piva i priređivanjem neslanih šala. U čemu je bio problem? Zašto nisi bio prilježniji?

STIVEN: Bio je to kraj pedesetih godina i većina mladih ljudi bila je razočarana u ono što se nazivalo 'establišment'. Sve čemu se čovek mogao nadati bilo je sticanje i samo sticanje. Konzervativci su upravo ostvarili treću izbornu pobedu, uz slogan 'Nikada vam nije bilo tako dobro'. Za mene i većinu mojih savremenika život je izgledao krajnje dosadan.

SJU: Pa ipak, tebi je uspevalo da za nekoliko časova rešiš probleme koje tvoje kolege nisu mogle da reše ni za nekoliko sedmica. Oni su očigledno bili svesni, sudeći po potonjim izjavama, da si se odlikovao izuzetnom

nadarenošću. Da li si ti i sam toga bio svestan?

STIVEN: Kurs fizike na Oksfordu u to vreme bio je smešno lak. Mogao se savladati bez pohađanja predavanja; bilo je dovoljno samo jednom ili dva puta nedeljno otići na konsultacije. Nije bilo potrebno da pamтите mnogo činjenica - bilo je dovoljno i nekoliko jednačina.

SJU: Ali upravo si na Oksfordu, zar ne, prvi put primetio da ti šake i stopala ne rade baš ono što želiš. Kako si to sebi objasnio u to vreme?

STIVEN: U stvari, najpre sam zapazio da ne mogu valjano da veslam u čamcu-jednosedu. Potom je usledio gadan pad niz stepenice koje su vodile iz studentskog salona. Posetio sam doktora u koledžu posle tog pada, zato što sam se pobojavao da imam oštećenje mozga, ali on je smatrao da je sve u redu i posavetovao me da se okanem piva. Posle završnih ispita na Oksfordu, otišao sam preko leta u Persiju. Nesumnjivo sam se osećao slabije po povratku, ali zaključio sam da je to posledica stomaćnog oboljenja koje sam tamo dobio.

SJU: Ali u kom trenutku si konačno shvatio da nešto stvarno nije u redu i odlučio da se podvrgneš medicinskom ispitivanju?

STIVEN: Tada sam već bio na Kembridžu, a za Božić sam otišao kući. Zima između '62. i '63. bila je veoma hladna. Majka me je ubedila da odem na klizanje na jezero kraj Sent Olbansa, iako sam znao da nisam za to. Tamo sam pao, a potom sam imao velikih poteškoća oko podizanja. Majka je shvatila da nešto ozbiljno nije u redu i odvela me je do porodičnog doktora.

SJU: Potom si tri sedmice proveo u bolnici, a onda su ti kazali najgore?

STIVEN: Dogodilo se to u Bartsovoj bolnici, u Londonu; moj otac bio je njihov čovek. Proveo sam tamo dve nedelje, na testiranju, ali mi uopšte nisu kazali šta mi je, osim da posredi nije multipla skleroza i da slučaj nije tipičan. Nisu me izvestili o tome kakvi su mi izgledi, ali i sam sam pogodio da je situacija prilično loša, tako da nisam pitao.

SJU: Konačno su ti, međutim, rekli da ti je preostalo još samo godinu-dve života. Zaustavimo se na ovom mestu u tvojoj priči, Stivene, da čujemo koja ti je naredna ploča.

STIVEN: Valkire, čin prvi. Posredi je još jedan rani LP, sa Melhiorom i Lemanom. Stvar je prvobitno snimljena na 78 obrtaja pre rata, a potom prebačena na LP u ranim šezdesetim. Pošto je 1963. ustanovljeno da imam

motoričku neuronsku bolest, okrenuo sam se Vagneru čija je muzika pogodovala mračnom, apokaliptičnom raspoloženju u kome sam bio. Na žalost, moj sintesajzer govora nema valjano obrazovanje, pa izgovara kompozitorovo ime sa mekim 'V'. Moram da mu napišem V-a-r-g-n-e-r da bi ga izgovorio približno kako treba.

Četiri opere iz ciklusa Prsten najveće su Vagnerovo delo. Otišao sam da ih vidim sa mojom sestrom Filipom u Bajrojt, u Nemačkoj, 1964. Nisam tada dobro poznavao Prsten, a Valkire, druga opera u ciklusu, ostavila je snažan utisak na mene. Bila je to produkcija Wolfganga Vagnera i pozornica je bila gotovo potpuno u mraku. Posredi je ljubavna priča blizanaca, Sigmunda i Siglinde, koji su bili razdvojeni u detinjstvu. Oni se ponovo sreću kada Sigmund nalazi pribežište u kući Hundinga, Siglindinog muža i svog neprijatelja. Odlomak koji sam odabrao Siglindina je priča o njenom prisilnom venčanju za Hundinga. Usred svečanosti, jedan starac ulazi u dvoranu. Orkestar svira motiv Valhale, jednu od najotmenijih tema u celom Prstenu, zato što je to Votan, predvodnik bogova i otac Sigmunda i Siglinde. On zariva mač u deblo jednog drveta. Mač je namenjen Sigmundu. Na kraju čina Sigmund ga izvlači i njih dvoje odlaze u šumu.

SJU: Na osnovu onoga što sam pročitala o tebi, Stivene, gotovo mi izgleda da te je smrtna presuda, odnosno dijagnoza prema kojoj ti je preostalo još godinu-dve života, razbudila, da tako kažem, usredsredila te na život.

STIVEN: Stvar me je u početku bacila u potištenost. Izgledalo je da se situacija brzo pogoršava. Više nije bilo smisla latiti se nekog posla ili nastaviti rad na doktoratu, zato što nisam znao da li ću poživeti dovoljno dugo da ga završim. Ali onda su okolnosti stale da se popravljaju. Razvoj bolesti počeo je da se usporava, a ja sam opet napredovao u radu, naročito u nastojanjima da pokažem kako je Vaseljena morala imati početak u Velikom Prasku.

SJU: U jednom intervjuu čak si kazao da misliš da si sada srećniji nego što si to bio pre bolesti.

STIVEN: Svakako sam sada srećniji. Pre no što sam dobio motoričku neuronsku bolest, život mi je izgledao dosadan. Ali izgledi da umrem mlad nagnali su me da uvidim da je život i te kako vredan življenja. Ima toliko stvari koje čovek može da uradi, toliko stvari koje svako može da uradi.

Ispunjava me pravo osećanje postignuća što sam ostvario skroman, ali značajan doprinos obogaćenju ljudskog znanja uprkos mojoj bolesti. Razume se, ja sam imao puno sreće, ali svako može nešto da postigne ako se dovoljno potruđi.

SJU: Da li to hoćeš da kažeš kako možda ne bi postigao ovo što si postigao da nisi dobio motoričku neuronsku bolest, ili je možda ovakvo tumačenje odveć pojednostavljeno.

STIVEN: Ne, sumnjam da motorička neuronska bolest može biti prednost za bilo koga. Ali za mene je bila manja prepreka nego što bi bila drugim ljudima, zato što me nije sprečila u tome da se posvetim onome što sam želeo - a to je da pokušam da dokučim kako Vaseljena dejstvuje.

SJU: Tvoje drugo nadahnuće, u nastojanjima da se izboriš sa bolešću, bila je mlada žena po imenu Džejn Vajld. Sreo si je na nekom prijemu, zaljubio si se u nju, a potom si se i oženio njome. Šta misliš, u kojoj meri duguješ Džejn za svoj uspeh?

STIVEN: Svakako da ne bih ništa postigao bez nje. Veridba sa njom izvukla me je iz bezvoljnosti u koju sam zapao. Uz to, da bismo mogli da se venčamo, morao sam da nađem posao i da završim doktorat. Ozbiljno sam se posvetio poslu i ustanovio sam da uživam u tome. Džejn se sama brinula o meni kako se moje stanje pogoršavalo. Tada se niko nije našao ko bi nam ponudio pomoć, a mi nismo imali dovoljno novca da iznajmimo nekoga.

SJU: I zajedno ste opovrgli lekare, ne samo u tom pogledu što si ti nastavio da živiš, nego i zato što ste dobili decu. Robert se rodio 1967, Lusi 1970, a Timoti 1979. Koliko je sve to zbunilo doktore?

STIVEN: U stvari, lekar koji je postavio dijagnozu digao je ruke od mene. Smatrao je da se tu više ništa ne može učiniti. Nikada ga više nisam video posle izricanja dijagnoze. Zapravo, tada je mi je otac postao lekar i ja sam se njemu obratio za savet. Kazao mi je da nema dokaza o tome da je bolest nasledna. Džejn je uspevala da se stara o meni i o dvoje dece. Tek kada smo otišli u Kaliforniju 1974, morali smo da zatražimo spoljnu pomoć; najpre je to bio jedan student koji je živio sa nama, a kasnije bolničarke.

SJU: Ali ti i Džejn više niste zajedno.

STIVEN: Posle traheotomije, bila mi je potrebna dvadeset četvoročasovna nega. To je naš brak izlagalo sve većem i većem pritisku.

Konačno sam se ja preselio u novi stan u Kembridžu. Sada živimo odvojeno.

SJU: Da čujemo opet malo muzike.

STIVEN: Biće to Bitlsi i njihova pesma 'Molim te, razveseli me' *'Please Please Me'* - prim. prev. Posle prva četiri prilično ozbiljna izbora, potrebna mi je neka lakša stvar. Za mene i mnoge druge, Bitlsi su predstavljali dobrodošlu svežinu na prilično ustajaloj i bolećivoj pop-sceni. Često sam slušao, nedeljom uveče, na Radio Luksemburgu, emisiju sa dvadeset najpopularnijih pesama.

SJU: Uprkos svim zvanjima koja nosiš, Stivene - a moram posebno istaći da si profesor matematike na Lukasovoj katedri na Kembridžu, tamo gde je nekada bio Isak Njutn - ipak si odlučio da napišeš popularnu knjigu o svom radu, i to, kako mi se čini, iz veoma jednostavnog razloga. Bio ti je potreban novac.

STIVEN: Računao sam, doduše, da bih mogao nešto da zaradim objavljivanjem popularne knjige, ali glavni razlog što sam napisao Kratku povest vremena bio je taj što sam uživao u tom poslu. Bio sam oduševljen otkrićima koja su ostvarena tokom poslednjih dvadeset pet godina i želeo sam da izvestim ljude o njima. Uopšte nisam očekivao da će knjiga doživeti takav uspeh.

SJU: Odista, oborila je sve rekorde i ušla u Ginisovu knjigu rekorda po dužini zadržavanja na listama bestselera, gde se još nalazi. Niko, izgleda, ne zna koliko je primeraka prodato širom sveta, ali posredi je sigurno više od deset miliona. Ljudi je, očito, kupuju, ali se često čuje i pitanje: da li je čitaju?

STIVEN: Znam da je Bernard Levin stigao samo do dvadeset devete strane, ali takođe znam da su mnogi ljudi odmakli znatno dalje. Obraćaju mi se ljudi iz celog sveta, tvrdeći da su silno uživali u knjizi. Možda je nisu pročitali do kraja niti su razumeli baš sve što su pročitali. Ali su bar stekli predstavu o tome da se nalazimo u Vaseljenu kojim upravljaju racionalni zakoni koje možemo da otkrijemo i da ih razumemo.

SJU: Zamisao o crnim rupama bilo je ono što je najpre raspalilo maštu javnosti i oživelo zanimanje za kosmologiju. Da li si ikada gledao sve one Zvezdane staze u kojima se 'odvažno ide tamo gde niko ranije nije išao' i tako dalje? Ako jesi, da li si uživao u njima?



STIVEN: U mladim godinama, puno sam čitao naučnu fantastiku. Ali sada, kada sam postao stručnjak, nalazim da je najveći deo naučne fantastike prostodušan. Tako je lako pisati o hipersvemirskom pogonu ili o 'dozračavanju' ljudi na brod ako to ne mora da bude deo neke suvisle celine. Stvarna nauka znatno je uzbudljivija jer ona se uistinu događa. Piscima naučne fantastike uopšte nije pala na um zamisao o crnim rupama sve dok je fizičari nisu obnarodovali. Ali danas raspoložemo valjanim dokazima o postojanju većeg broja crnih rupa.

SJU: Šta bi se dogodilo kada bi pao u crnu rupu?

STIVEN: Svi koji čitaju naučnu fantastiku znaju šta se događa ako padneš u crnu rupu. Začas se pretvoriš u špagete. Ali znatno je zanimljivija okolnost da crne rupe nisu potpuno crne. One odašilju čestice i zračenje postojanom brzinom. To dovodi do sporog isparavanja crnih rupa, ali šta na kraju bude sa njima i sa onim što sadrže još nije poznato. To je uzbudljivo područje istraživanja, ali pisci naučne fantastike još se nisu s njim uhvatili ukoštac.

SJU: To zračenje koje si pomenuo dobilo je, razume se, naziv Hokingovo zračenje. Ti nisi bio taj koji je otkrio crne rupe, premda si dokazao da one nisu crne. Ali njihovo otkriće nagnalo te je da pomnijem počneš da razmišljaš o nastanku Vaseljene, zar ne?

STIVEN: Kolabiranje jedne zvezde kojim nastaje crna rupa u više pogleda je slično širenju Vaseljene gledanom unazad. Zvezda kolabira iz stanja prilično niske gustine u stanje veoma velike gustine. Postoji, međutim, jedna važna razlika: mi se nalazimo izvan crne rupe, ali smo zato unutar Vaseljene. No, obe se odlikuju toplotnim zračenjem.

SJU: Kažeš da se još ne zna šta se na kraju dogodi sa crnom rupom i njenim sadržajem. Ali mislila sam da teorija predviđa da će sve što nestane u crnoj rupi, uključujući tu i nekog astronauta, konačno izići reciklirano u obliku Hokingovog zračenja.

STIVEN: Energija mase astronauta biće reciklirana kao zračenje koje odašilje crna rupa. Ali sam astronaut, pa čak ni čestice iz kojih je on sazdan, neće izići iz crne rupe. Ostaje, dakle, pitanje šta biva sa njima? Da li bivaju uništeni ili možda prelaze u neku drugu vaseljenu? To je nešto što bih veoma rado doznao, premda ne i po cenu da zarad toga moram da skočim u neku

crnu rupu.

SJU: Da li se, Stivene, oslanjaš u radu na intuiciju - da li, naime, najpre postaviš neku teoriju koja ti se dopada i privlači te, a potom se daš na posao da je dokažeš? Ili možda, kao naučnik, uvek moraš logično da napreduješ ka zaključku, ne odvažujući se da ga predosetiš ili naslutiš?

STIVEN: U velikoj meri se oslanjam na intuiciju. Pokušavam da pogodim rezultat, ali onda moram i da ga dokažem. Često se tada događa da ono što sam mislio nije tačno ili da je posredi nešto drugo što mi uopšte nije palo na um. Tako sam i ustanovio da crne rupe nisu potpuno crne. Pokušavao sam, naime, da dokažem nešto sasvim drugo.

SJU: Još malo muzike.

STIVEN: Mocart je oduvek spadao u moje omiljene kompozitore. Načinio je neverovatan opus. Kada sam nedavno proslavljao pedeseti rođendan, dobio sam na poklon njegova celokupna dela na CD-u. Preko dve stotine sati muzike. I dalje pokušavam da to preslušam. Jedno od njegovih najvećih dela jeste Rekvijem. Mocart je umro pre no što je Rekvijem bio završen, a okončao ga je jedan od njegovih učenika na osnovu fragmenata koje je Mocart ostavio. Početak službe Božije, koji ćemo sada čuti, Mocart je samo delimično napisao i orkestrirao.

SJU: Ako sasvim pojednostavim tvoje teorije, a nadam se da ćeš mi to oprostiti, Stivene, svojevremeno si verovao da postoji tačka nastanka, Veliki Prasak, ali to više ne smatraš. Sada misliš da nije bilo početka niti da će biti kraja, da je Vaseljena samosadržana. Znači li to da nije postojao čin stvaranja, te, shodno tome, da nema mesta za Boga?

STIVEN: Da, sasvim si pojednostavila stvar. I dalje, naime, smatram da Vaseljena ima početak u stvarnom vremenu - Veliki Prasak. Ali postoji još jedna vrsta vremena, takozvano imaginarno vreme, u kome Vaseljena nema ni početak ni kraj. To znači da bi način na koji je Vaseljena počela bio određen zakonima fizike. Ne bi se, dakle, moglo reći da je Bog odabrao da pokrene Vaseljenu na neki proizvoljan način koji ne možemo da razumemo. Odavde, međutim, ne sledi da Bog postoji ili ne postoji - sledi jedino to da on ne postupa proizvoljno.

SJU: Ali ako postoji mogućnost da Boga nema, kako onda objašnjavaš sve one stvari koje stoje izvan nauke: ljubav, veru koju su ljudi imali i imaju

u tebe, pa i samo tvoje nadahnuće.

STIVEN: Ljubav, vera i moral pripadaju jednoj drugačijoj kategoriji fizike. Ponašanje pojedinca ne može se izvesti iz zakona fizike. Ali možemo se nadati da će logička misao, kojom se odlikuju fizika i matematika, biti vodilja i prilikom zauzimanja moralnog stava.

SJU: Ali mislim da mnogi ljudi smatraju da si ti, u stvari, raskrstio sa Bogom. Poričeš li to, dakle?

STIVEN: Sve što je moj rad pokazao jeste da ne moraš reći da način na koji je Vaseljena počela predstavlja lični hir Boga. Ali i dalje ostaje pitanje: zašto bi Vaseljena uopšte postojala? Ako želiš, možeš kazati da je Bog odgovor na to pitanje.

SJU: Da čujemo ploču broj sedam.

STIVEN: Ljubitelj sam opere. Razmišljao sam o tome da svih mojih osam ploča budu opere, od Glika i Mocarta, preko Vagnera, do Verdija i Pučinja. Ali na kraju sam ih ipak sveo na dve. Prva je morala da bude Vagnerova, a konačno sam odlučio da druga bude Pučinijeva. Turandot je njegova daleko najveća opera, ali i on je umro pre no što je delo bilo završeno. Odlomak koji sam odabrao jeste Turandotova pripovest o tome kako su jednu princezu u drevnoj Kini silovali i oteli Mongoli. Da bi se osvetio, Turandot će postaviti njenim proscima tri pitanja. Ko ne bude umeo da odgovori na njih, biće pogubljen.

SJU: Šta Božić znači za tebe?

STIVEN: Pomalo liči na američki Dan zahvalnosti - to je doba kada treba biti sa porodicom i izraziti zahvalnost za minulu godinu. To je takođe prilika da se baci pogled u budućnost, što simboliše rođenje deteta u štali.

SJU: Budimo malo materijalisti - kakve si poklone pozeleo? Ili možda već spadaš među one ljude koji imaju sve?

STIVEN: Ja volim iznenađenja. Ako se traži nešto određeno, onda onome koji daje poklon ne dopuštaš nikakvu slobodu ili priliku da pusti mašti na volju. Ali nemam ništa protiv da se zna kako spadam u poklonike čokoladnih tartufa.

SJU: Do sada si, Stivene, poživio trideset godina duže nego što ti je predviđeno. Postao si otac dece za koju ti je rečeno da ih nikada nećeš imati, napisao si bestseler, okrenuo si naglavce drevna verovanja o prostoru i

vremenu. Šta još planiraš da uradiš pre no što napustiš ovu planetu?

STIVEN: Sve je to bilo moguće samo zato što sam imao sreće da mi bude pružena velika pomoć. Zadovoljan sam onim što sam uspeo da postignem, ali ima još mnogo toga što bih voleo da uradim pre no što umrem. Neću da govorim o svom privatnom životu, ali u naučnom pogledu voleo bih da doživim da neko objedini gravitaciju sa kvantnom mehanikom i drugim silama prirode. Naročito mi je stalo da doznam šta se događa pošto jedna crna rupa ispari.

SJU: A sad, poslednja ploča.

STIVEN: Moraću da zamolim tebe da izgovoriš naslov. Moj sintesajzer govora je Amerikanac i deluje potpuno beznadežno kada je posredi francuski. Reč je o pesmi Edit Pjaf *Je ne regrette rien. Ništa ne žalim ja - prim. prev.* To je dobar rezime moga života.

SJU: Da možeš da poneseš samo jednu od ovih osam ploča sa sobom, Stivene, koju bi odabrao?

STIVEN: To bi morao da bude Mocartov Rekvijem. Mogu da ga slušam sve dok mi se ne istroše baterije na vokmenu.

SJU: A knjiga? Naravno, tamo te već čekaju sabrana Šekspirova dela i Biblija.

STIVEN: Mislim da bih poneo Midlmarč Džordža Eliota. Neko je kazao - možda je to bila Virdžinija Vulf - da je to knjiga za odrasle. Nisam siguran da već spadam u tu skupinu, ali ipak bih pokušao.

SJU: A luksuzan predmet?

STIVEN: Opredelio bih se za veliku količinu creme brulee. *Zapečena krema, karamele - prim. prev.* Za mene je to prava srž luksuza.

SJU: Ne, dakle, čokoladne tartufe, već velika količina crFme brulQe. Doktore Stivene Hoking, velika ti hvala što si nam dopustio da čujemo tvoje ploče za pusto ostrvo i srećan ti Božić.

STIVEN: Hvala tebi što si me pozvala kao gosta. Svima vam želim srećan Božić sa mog pustog ostrva. Kladam se da je kod mene vreme lepše nego kod vas.