

KOZMOLOGIJA I BOŽJA OPSTOJNOST

Uvod

Bog se otkriva onima koji ga traže i kojima je dao da ga nađu. Vjera u Boga djelo je milosti i čovjekove suradnje. Razum ima u tome svoj udio, vjera svoj. Milost Božja i čovjek rade zajedno. Bog se krije iza svega što vidimo i osjećamo svojim osjetilima. Treba samo biti iskren u svojim mislima pa će nestati magla koja ga krije i ukazat će nam se Njegova opstojnost. Međutim, njegova bit i dalje nam ostaje potpunom tajnom. Čista i prava spoznaja krije se tek iza ove materijalne svarnosti. Doista nam je zamagljena ta istina. Vidi se i ne vidi, i tek kao u nekoj polutami umom naslućujemo nejasne obrise.

Spoznaja traži istinu, dokučuje se umom, potvrđuje činjenicama; slobodna volja zacijelo tu nema udjela. Tako bismo možda u brzini pomislili. No, pokušajmo pogledati stvarnost.

Svi znamo da danas u svijetu postoje dva različita bloka, takozvani istočni i zapadni. Jedni druge optužuju za nedostatak slobode: slobode kretanja, tiska, izbora, misli, odluke . . . Jedni drugima predstavljaju svoju demokraciju kao istinsku, koja donosi slobodu čovjeku, a suprotnu stranu optužuju za licemjerje, laž . . . Ovdje, očito, netko nije u pravu. Pa ipak, i s jedne i s druge strane dobronamjerno se optužuju najtežim riječima. Čovječja volja vođena unaprijed odabranima modelom, koji se čvrsto drži i ne želi ispustiti, zamagljuje razum i činjenice da se spozna istina. Dobro valja promisliti o tome što smo upravo rekli, da bismo se mogli uvjeriti u golemu važnost volje u spoznaji istine. Lijepo o tome veli John N. Bahcall, poznati znanstvenik: »Tražite, pa ćete naći, ali čuvajte se onoga što ste našli, ako ste se pretjerano trudili da vidite ono što ste željeli da vidite.«

Kozmologija je nauka o prirodi, filozofija prirode. Kozmogonija je nauka o postanku i razvoju svemira. Danas najčešće izraz kozmologija označuje nauku o postanku i razvoju svemira, uključujući i sva zbivanja koja se u njemu događaju.

Oduvijek je čovjek dizao oči k zvijezdama tražeći u njima odgovore na svoja pitanja. Daleko iznad žurbe, ljudske zlobe i zavisti, tajanstvene i nedohvatljive, tražio je odgovore na temeljna pitanja svojega života, svoje sudbine. Što smo i odakle smo?

Kad ih već nismo mogli dosegnuti, shvatiti, od kolijevke ljudske kulture počeli smo ih promatrati, mjeriti, pratiti njihova gibanja, bilježiti događaje, kušati sklapati zapažanja i dati kakvu-takvu sliku svemira, tog svijeta u kojem živimo.

Prvi koji je u povijesti dao neku cjelovitiju sliku svemira bio je Ptolemej (Claudius Ptolemaeus 87.—167. g. poslije Krista) iz Aleksandrije. U djelu »Veilki znanstveni sustav astronomije« daje cjelokupni prikaz astronomskih zapažanja i astronomske nauke do svojega vremena. To je djelo u 13 knjiga poznatije po arapskom nazivu »Almagest«. Zemlja je središte svega što postoji. Sve se okreće oko toga centra po kristalnim sferama: zvijezde, Sunce, planeti. To je geocentrički sustav. Zemlja je u njemu očito i nepobitno središte svega, sve je ostalo njezin ukras, privjesci. Ta velika okrugla ploča na rubovima je okružena morem. Takva slika svemira vlada sve do 16. stoljeća. Ništa se bitno ne mijenja. Samo se dopunjuje, tumači, osvjetljuje.

Tek poljski astronom Nikola Kopernik (1473.—1543.) u središte stavlja Sunce. Rađa se heliocentrički sustav. Sunce je središte svemira, oko nje ga se u kružnim putanjama okreću zvijezde, planeti i Zemlja. Gibanje zvijezda ispravno se tumači rotacijom, vrtnjom Zemlje, godišnja doba obilaskom Zemlje oko Sunca. Ispravno se i nepokretnost zvijezda tumači kao prividna zbog njihove velike udaljenosti. Teleskopi još ne postoje, a ni dalekozori. Nebrojani pojedinci, plejade astronoma detaljnije su nastavili izgrađivati na Kopernikovim spoznajama pa su ga i nadišli.

Galileo Galilei konstruirao prvi dalekozor i upire ga na nebo. Mliječni put, ta svijetla traka preko nebeskoga svoda, otkriva se kao mnoštvo zvijezda slaba sjaja, dalekih i izgubljenih u prostranstvima. Kepler otkriva prave putanje planeta, Isaac Newton temeljni zakon svemira — gravitaciju itd... Svemir postaje sve bliži. Tek se sada rađa pred našim očima. Što je više moguće u nj prodrijeti, to više osvaja ljudska srca i razvija fantaziju. Čovjek se, napokon, izgubio u tom beskrajnom prostranstvu. Naša je Zemlja osrednji planet u Sunčevu sustavu, a jednako tako i Sunce u našoj galaksiji, sasma na kraju, po strani. Naša pak galaksija nema nikakvo povlašteno mjesto u svemiru. Živimo u golemom svemiru u kojem je naš mali planet beskrajno izgubljena »točka«. Gotovo doslovno prašina u beskraj.

Ovakva je kozmogonija toga doba: svemir je vječan, nema početka, ni kraja. On je neizmjeran, prostorno nema kraja ni granica. Masa je u nemu ravnomjerno raspoređena. Svi zakoni u tom beskraj podređeni su

sili gravitaciji. Ona ima značenje općeg zakona, apsolutna je kraljica svemira. Ovakovo shvaćanje svemira logično je za čovjeka Newtonova doba. Zakoni koji vrijede na Zemlji drže i sav Sunčev sistem na okupu i logično je da se to protegne na cijeli svemir — sve se pokorava gravitaciji. Doduše, pod uvjetom da je svemir beskonačan i da su njegove mase ravnomjerno raspoređene u prostoru. Nedostatak i kontradikcije takva učenja učenjaci su kasnije formulirali kao kozmološke paradokse, npr. fotometrijski ili Olbersov paradoks, termodinamički, gravitacijski paradoks.

Ovakva slika i tumačenje svemira traje sve do 20. stoljeća. Tada nastaje bitna promjena. Promjena u tumačenju svemira uzrokovana je napretkom čovjekova teoretskog znanja u fizici i matematici, te sve većim mogućnostima promatranja svemira velikim teleskopima, refraktorima, radioteleskopima, spektrografima, spektroskopima... Teorija i promatranje otkrili su nove činjenice koje su bitno izmijenile naše shvaćanje svemira.

Teoretski je to počelo s Albertom Einsteinom (američkim fizičarom njemačkoga podrijetla, 1879.—1955.). God. 1905. razradio je specijalnu, a 1915. opću teoriju relativnosti. Njegovo učenje za klasičnu je nauku bilo revolucionarno, ali se pokazalo da su njegove tvrdnje ispravne i da leže u temeljima samog znanstvenog shvaćanja svijeta u kojem živimo. Specijalna teorija relativnosti pripada već klasičnom naslijeđu fizike. $E = m \cdot c^2$, masa se može pretvarati u energiju i obratno. Brzina svjetlosti apsolutna je brzina. Opća teorija relativnosti govori o teoriji gravitacije. Gravitacija uopće ne postoji kao sila. Planeti kruže oko Sunca, ne zato što ih privlači gravitacija, Sunčeva sila teža, nego zato što masa Sunca zakrivljuje svemirski prostor. Do Einsteina, svemirski je prostor nešto prazno — kao neka pozornica na kojoj se zbivaju svi događaji. Prema Einsteinu, svemirski je prostor bitno povezan s vremenom i materijom. Bez njih on nije ništa, uopće ga nema. Bez prostora on je nezamisliv, jednako kao i vrijeme. Čak se i svojstva prostora i vremena mijenjaju ovisno o masi materije. Što je veća masa na okupu, manji su prostor i vrijeme. Tamo gdje je masa potpuno sabijena (u točku singularnosti — do čega nužno vode matematičke jednadžbe, kada popuste elektromagnetske, slabe i jake nuklearne sile i ostaje samo svemoćna gravitacija), tamo uopće nema ni prostora ni vremena. Prostor i vrijeme su se zakrivili i nestali.

Taj veliki Einstein bio je zapanjen redom i zakonitošću svemira. Kažu da je rekao: »Tvorac svemira bio je veliki matematičar.«

Dvije, dakle, godine nakon otkrića opće teorije relativnosti (1917). Einstein ju je primijenio na svemir kao cjelinu. Isto je učinio i nizozemski astronom Willem de Sitter, neovisno o Einsteinu, i došao do jednakog rezultata. Njihova su istraživanja pokazala da svemir koji se pokorava teoriji gravitacije ne može biti statičan, on se mora ili širiti ili stezati.

To što su Einstein i Sitter pronašli teorijom jedan je drugi znanstvenik dokazao promatranjem. Bio je to Edwin Hubble jedan od najvećih astronoma 20. stoljeća (1889.—1953). Među mnogim njegovim radovima

ističu se dva. On promatranjem pronalazi da su galaksije, veliki skupovi zvijezda, udaljene od nas više milijuna godina svjetlosti. Najveće njegovo djelo, kojim ulazi u povijest astronomije, jest otkriće da se svemir svagdje, dokle god ga možemo promatrati, širi izotropno, tj. da se galaksije udaljavaju od nas to većim brzinama što su udaljenije. Brzinu udaljavanja ustanovio je na temelju Dopplerova efekta. Dopplerov efekt govori o promjeni frekvencije valova pri relativnom kretanju njihova izvora i promatrača. Npr. kod zvučnih valova Dopplerov se efekt opaža kao povišenje ili sniženje tona. Ton (zvižduk ili sl.) različitih vozila čini se viši za vrijeme približavanja, a niži prilikom udaljavanja. Kod svjetlosnih valova spektralne linije pomaknute su prema crvenom dijelu spektra ako se izvor udaljuje.

Prvi koji je tada izveo dublje kozmološke zaključke bio je belgijski svećenik Georges Edouard Lemaître (1894.—1966.), profesor u Louvainu, astronom i matematičar. On razvija svoju teoriju o postanku svemira. Njegovo tumačenje postupno je prihvatila velika većina astronoma, fizičara i matematičara, jer se pokazalo da najbolje tumači promatranja koja su obavljena kasnije (osobito šezdesetih godina) i to se tumačenje najbolje slaže s proračunima fizike i matematike.

Lemaître je iznio zamisao da je svemir nastao iz praatoma. Naime, razvalili su se bedemi praatoma i u prostor je jurnula energija i materija. Svemir je počeo zauzimati prostor, a sat je počeo otkucavati vrijeme. Svemir se rodio u velikom prasku (*Big-bang*, izrazio se Gamov) i počeo osvajati svemirska prostranstva. Danas se smatra da se to dogodilo prije 12—25 milijardi godina, a najvjerojatnija je, čini se, brojka od 19 milijardi godina (Hubbleovo vrijeme).

Primjena teorije relativnosti na kozmološke modele pokazuje da je rješenje problema o postanku svemira počelo iz tzv. kozmološke singularnosti, tj. stanja nulte zapremine prostora i beskrajno velike gustoće materije odnosno njezina ekvivalenta energije (za materiju tamo nije bilo mjesto). Prije postanka svemira nije postojalo, dakle, ni vrijeme, ni prostor, oni nisu imali nikakvo značenje. Praatom je bio skupljen u jednoj točki nulte veličine — Schwarzschildova singularnost (Karl Schwarzschild, njem. astronom). Ova je tvrdnja teška i tvrda za ljudski mozak i znanost (osobito fiziku). Svi, međutim, matematički i fizikalni proračuni čini se, ipak dovode do toga.

Sam nulti trenutak rađanja svemira za nas je skriven velom koje nećemo, čini se, nikada razotkriti. Zamislite svu masu sabitu u praatom nulte veličine i neizmjerne energije. U vremenu između 0 i 10^{-43} sek. (desetinka mijuntinke bilijuntinke bilijuntinke bilijuntinke sekunde) temperatura je već pala na 10^{320} K, a to je stotinu tisuća milijardi milijardi milijardi stupnjeva. U to vrijeme već »rashlađeni« praatom nije se mogao sastojati od atoma, ni od protona i njemu sličnih čestica. Čak ni od fotona, za

sve je bilo »prevruće«. Ništa se još nije moglo otjeloviti, pretvoriti u materiju.

Sve je prasnulo prije 19 milijardi godina i prosulo se beskrajnim prostranstvima koja su se rađala zajedno sa svemirom koji je nastajao i širio se. I još se i danas širi i bježi u beskraj. Hladi se i gubi početnu energiju i polagano, nesagledivo ljudskim životom i mjerilom, nezaustavljivo gasi.

Svemir se i danas širi, širit će se i u budućnosti, a širio se i u prošlosti. Ako, dakle, promatrate širenje svemira sve dalje i dalje u prošlosti, nametnut će vam se logički zaključak da je svemir bio sve manji što ga dalje sagledavate u prošlost. Krenete li još dalje, na kraju ćete uočiti da je svemir bio sabijen u sasvim mali prostor, ali nesagledivo velike gustoće i mase. To je kozmičko stanje prije »velike eksplozije«.

Osnovne elemente ovoga modela razvili su poslije Chushiro Hayashi i Georg Gamov (1904.—1968., amer. fizičar i kozmolog ruskog podrijetla) sa svojim suradnicima četrdesetih i pedesetih godina. Gamov, kao i Lemaître, smatra da je prvobitno postojalo neko zgusnuto stanje materije i energije. Nakon što je ta zgusnuta masa eksplodirala, oslobođena je goleme energija zračenja.

Ovakvo tumačenje nastanka svemira bilo je samo model koji se predlagao, iako eksperimentalno nije bio potpuno potvrđen. Tek su ga astonomska promatranja šezdesetih godina učinila potpuno prihvatljivim i znanstveno dokazanim. Otkrivena su, naime, dva ostatka »velike eksplozije«: prerada četvrtine svemira u helij i zračenje preostalo nakon prvobitne eksplozije svemira. Kozmologija toga časa postaje pravom prirodnom znanostu i izlazi s područja čiste filozofije i matematike.

Godine 1948. Fred Hoyle (britanski astronom i matematičar, rođ. 1915.) zajedno s Hermanom Bandijem i Thomasom Goldom (amer. astrofizičarom, austrijskog podrijetla, rođ. 1920.) postavio je teoriju o konstantnoj gustoći svemira (stady state theory), prema kojoj se u svemiru materija stalno stvara, tako da, unatoč širenju svemira, prosječna gustoća ostaje nepromijenjena. To je teorija (vječnog stanja« ili »stacionarnog svemira«.

U stacionarnom svemiru gustoća, raspored materije i cijelokupni izgled uopće se ne mijenja, iako se svemir stalno širi. U prostoru se, naime, stalno stvara nova materija, i to iz čistog prostora, i nadopunjuje onu materiju koja bježi i uzmiče u svemirska prostranstva. Bježanje galaksija nastaje zbog pritiska materije koja se stvara.

Teorija stacionarnog svemira krši prvi i osnovni zakon kemije i fizike — zakon o održanju mase. Ona, naime, pretpostavlja postanak materije iz čistog prostora. Protivna je i modernom shvaćanju materije prema jednadžbi $E = m \cdot c^2$. Ovdje je materija identificirana s energijom, a ne s prostorom.

Teorija stacionarnog svemira može se još naći u knjigama, premda teorija velike eksplozije ima mnogo veću i jaču znanstvenu i eksperimentalnu potporu.

Martin Ryle (rod. 1918., britanski astronom i fizičar, profesor astronomije u Cambridgeu, dobitnik Nobelove nagrade iz fizike za 1974. za identifikaciju zvjezdanih objekata iz radiosignala), koristeći se najmodernijim tehničkim dostignućima (golemi radioteleskop), ustanovio je 1961. da su galaksije na udaljenosti od 5 milijardi godina svjetlosti više zbijene nego galaksije nama bliže ili one u našoj neposrednoj blizini. U modelu »stacionarnog svemira« galaksije su svagdje jednako zbijene, jer svagdje iz prostora neprestano izbija nova materija i nadopunjuje onu materiju koja bježi i odlazi u svemirska prostranstva. U teoriji »velike eksplozije« galaksije koje su od nas udaljenije moraju nužno izgledati zbijenije, jer ih mi gledamo onakvima kakve su bile u prošlosti. Galaksije, naime, koje su od nas udaljene 5 milijardi svjetlosnih godina pokazuju nam stanje od prije 5 milijardi godina; toliko, naime, svjetlost putuje da bi stigla do nas i javila nam njihov izgled. Gledajući u svemir, gledamo u njegovu prošlost, to dalju što su i galaksije dalje. Ako se, dakle svemir širi, očito je da galaksije koje su od nas udaljenije moraju izgledati zbijenije, jer gledamo njihovo stanje u prošlosti, kada su takve i bile. Svemir se, dakle, širi i sve više razređuje. Idemo li unatrag, bit će sve zbijeniji, dok napokon ne stignemo do stanja velike gustoće, a to je početak svemira, odnosno trenutak velike eksplozije.

Teoriju velike eksplozije potvrđuje i otkriće takozvanog pozadinskog zračenja A. Tenziasa i R. Wilsona. (Nobelova nagrada za fiziku 1978.). Na temelju njihovih istraživanja ustanovljeno je da je sav svemir ispunjen slabim radiozračenjem kakvo je karakteristično za tijelo temperature 4° K. Njihova mjerenja poslije su mnogo puta potvrđena. Ovakva temperatura može se shvatiti samo kao ostatak one goleme vatre praeksplozije svemira koja je palila trilijunima stupnjeva. Ostatak te silne vatre današnji je svemir, materija kao pepeo, i temperatura svemira od 4° K koja nam šalje zračenje iz svih njegovih dijelova.

God. 1946. Georg Gamov teoretskim je putem došao do zaključka da u svemiru mora postojati temperatura od 5° K kao ostatak velike vatre praeksplozije. Gotovo savršeno poklapanje njegova proračuna i kasnijeg nalaza temperature pozadinskog zračenja vrlo je važan prilog i dokaz za teoriju velike eksplozije svemira.

Harry L. Shipman u svojoj knjizi »Black holes, Quasars and the Universe«, 1976. iznosi ove zaključke:

Promatračke činjenice:

1. Postojanje mikrovalne pozadine (zračenje toplote svemira od 3° Kelvina) ostatak je velike eksplozije.
2. Svemir se svagdje, dokle god smo uspjeli sagledati, sastoji od 30% helija, što se može objasniti samo kao ostatak velike eksplozije.

Sada se postavlja veliko i presudno pitanje, i kreće se na konačnu raskrnicu. Teorija o velikoj eksploziji svemira danas je općeprihvaćena, ali ona danas nudi dvije varijante koje se bitno u sebi razlikuju. Širenje svemira, koje sada promatramo, utječe na to da se gravitacija među galaksijama sve više smanjuje jer se one međusobno udaljuju. S druge strane širenje svemira se usporava jer na nj utječe gravitacija galaksija koje se međusobno privlače. Čini se, dakle, da postoji alternativa. Ili je širenje svemira dovoljno brzo da nadvlada gravitaciju među galaksijama i sve ih više razdaljuje, ili je gravitacija dovoljno jaka da uspori i zaustavi širenje i preokrene ga u stezanje. U prvom slučaju radilo bi se o svemiru koji bi se vječno nastavio sve više širiti dok se materija ne bi potpuno ugasila u beskrajnim prostranstvima. U tom slučaju postojao bi jedan početak i jedan kraj. U drugom slučaju možemo zamisliti svemir koji oscilira, vječno se širi i skuplja. Današnji svemir, koji mi proživljavamo, bio bi samo odsječak širenja između nebrojeno takvih koji su se već dogodili i koji će se još dogoditi.

Svemir koji se vječno širi zove se otvoreni svemir, a svemir koji se zaustavlja i počinje opet stezati zove se zatvoreni svemir. Postavlja se, dakle, pitanje budućnosti (ali i prošlosti) svemira. Astronomi imaju sada zadaću da nađu krajnju sudbinu svemira: je li on zatvoren, tj. svemir koji vječno oscilira, ili je otvoren i nastavlja se širiti u nepovrat.

Teorija vječno oscilirajućeg svemira ima svoje prednosti koje nemaju nikakve veze s njezinom znanstvenom provjerom. Ona, naime, vješto izbjegava preosjetljiv problem postanka svemira u određeno vrijeme prošlosti. Odatle i težnja da se ona pošto poto održi. Ovako taj problem opisuje jedan naš poznati fizičar: »Nelagodnost koja proizlazi iz modela otvorenog, vječnoširećeg svemira, koji se ne bi ponavljao, već postojao samo jednom, tako je izrazita da mnogi astronomi naprosto pokušavaju okrenuti leđa činjenicama koje mu idu u prilog.«

Dokazivanje što će se dogoditi sa svemirom, tj. je li otvoren ili zatvoren, ima dva načina:

Izravan način — izračunavanjem cjelokupne mase u svemiru i procjenom je li gravitacija dovoljno snažna da zaustavi širenje.

Posredan način — traganjem za dodatnim efektima izazvanim količinom materije u svemiru.

Da bi se izračunala gravitacijska sila u svemiru, odnosno da bi se saznalo je li ona dovoljna da zaustavi širenje svemira ili nije, treba odrediti masu, veličinu svemira i brzinu njegova širenja. Jednostavnije rečeno, treba izračunati gustoću materije u svemiru. Ta kritična gustoća zatvaranja svemira iznosi $4,7 \cdot 10^{-27}$ kg/m³, što je oko 3 vodikova atoma na m³. To je vrlo mala gustoća, ali je svemir u prosjeku gotovo posve prazan, no i vrlo velik. Prava vrijednost kritične gustoće ovisi o Hubbleovu vremenu. To je vrijeme od početka širenja svemira do danas i predstavlja zapravo starost svemira, a iznosi oko 20 ili, još bolje, 19 milijardi godina.

Na osnovi raspoloživih podataka (prebrojavanje zvijezda, zvjezdanih jata, galaksija, preračunavanja njihovih približnih masa, izračunavanja prosječne količine međuzvjezdane mase) astronomi (većina) uvjereni su da prosječna gustoća svemira iznosi samo stoti dio vrijednosti zatvaranja svemira. Ili, drugim riječima, svemir je otvorenog tipa i osuđen na vječno širenje.

Premda se dokazi protiv zatvorenog svemira čine pouzdanim, ipak nisu potpuno sigurni. Kada bismo, naime, otkrili dostatnu masu u svemiru, onda bismo sigurno mogli tvrditi da je svemir zatvoren. Ako je do sada nismo našli, ipak postoji neka mogućnost da je ona negdje skrivena. Neki misle da se ta masa, koja nedostaje za zatvoreni svemir, krije u crnim rupama. Danas ne možemo (osim sasvim rijetkih izuzetaka, i to dvojbениh) otkriti crne rupe u svemiru, a pogotovu nemamo pojma kolika se masa krije u njima. To nikada i nećemo moći saznati. Teško je ipak vjerovati da je u njima stoput veća masa no što je ona u svim zvijezdama, galaksijama, odnosno u svemu vidljivom svemiru. U svakom slučaju, čini se da nalazi što ih danas znanost ima govore u prilog otvorenom svemiru koji će se vječno širiti.

Postoji i drugi način da izračunamo je li svemir otvoren ili zatvoren. Svemir je otvoren ako je brzina kretanja galaksija veća od kritične. Steven Weinberg (Nobelova nagrada za fiziku 1979.) piše u svojoj knjizi »The first three minutes. A modern view of the origin of the Universe«, 1977., ovo: »Najbolji zaključak koji danas imamo jest da se galaksije kreću većom brzinom od kritične, odnosno svemir je otvoren i nastaviti će se širiti unedogled. To se dobro slaže s procjenama kozmičke gustoće: gustoća vidljive materije u galaksijama čini se da iznosi samo nekoliko postotaka kritične gustoće.«

Harry Shipman o tome piše ovako: »Kozmološko pitanje: što će se dogoditi sa svemirom, može se izraziti na način kojim se lakše dolazi do odgovora: je li srednja gustoća materije u svemiru dovoljna da osigura dovoljno veliku gravitacijsku silu za zaustavljanje širenja svemira? Brojna gustoća zatvaranja svemira iznosi $4,7 \cdot 10^{-27} \text{ h}^2 \text{ kg/m}^3$, gdje je konstanta (h) Hubbleova s 50 km u sekundi po megaparseku. Neposredan prikaz upućuje na to da je masa u vidljivim galaksijama između jedan i četiri posto mase potrebne za zatvaranje svemira. Nalazi pokazuju da u obliku galaksija dosad nije otkrivena masa potrebna za zatvaranje svemira, a postoje indicije da potrebna masa u tom obliku i ne postoji.«

Vrijedno je spomenuti i američkog kozmologa Georga Gamovā. On procjenjuje da je širenje svemira i bjeg galaksija toliko brz i snažan da se nikada neće zaustaviti. On, dalje, tvrdi da nema nijednog argumenta ili bilo kakva dokaza koji bi govorili da će to širenje jednom prestati. »Upoređujući kinetičke energije bježanja galaksija s gravitacijskim silama koje među njima djeluju, nalazimo da su brzine kojima se galaksije udaljavaju jedna od druge sedam puta veće od brzina prijeko potrebnih da se trajno međusobno razbjegnu.«

U najnovije vrijeme pronađen je još jedan način određivanja otvorenosti ili zatvorenosti svemira. Koncentracija deuterija u ranim fazama razvitka svemira može nam dati podatak kolika je u to vrijeme bila gustoća svemira. Na temelju tog podatka može se opet izračunati kolika je gustoća današnjeg svemira, odnosno da li svemir sadrži dovoljno mase da se zatvori ili je pak otvorenog tipa, tj. nastavlja se širiti u vječnost čekajući smrt u ledenim prostranstvima beskraja. Deuterij je prvi put u svemiru otkriven 1972. Satelit OAO (orbitalni astronomski opservatorij) obavio je neposredno mjerenje gustoće deuterija u svemiru, i to s pomoću teleskopskog ogledala od 85 cm i tri rendgenska teleskopa. Pronađeno je da je gustoća deuterija u svemiru $1,5 \cdot 10^{-5}$, što odgovara sadašnjoj gustoći od 10^{-27} kg/m³, odnosno 20% gustoće zatvaranja. Deuterij nas također upućuje na otvoreni svemir.

Na kraju evo najvjerojatnijeg znanstvenog tumačenja podrijetla, razvoja i budućnosti svemira. Svemir je potekao iz praatoma, bljesnuo je u strašnoj eksploziji prije otprilike 19 milijardi godina i rasuo se beskrajnim prostranstvima. Njegova najvjerojatnija budućnost (najbliža znanstvenoj teoriji i promatranjima) jest širenje u nepovrat i smrt u ledenim prostranstvima tame i vječnosti.

Jednom smo se pojavili u određenom trenutku vječnosti. Kako nas to samo podsjeća na onu misao: »U početku stvori Bog nebo i zemlju. I reče Bog: 'Neka bude svjetlost.' I vidje Bog da je svjetlost dobra, i rastavi Bog svjetlost od tame . . . Tako bude večer, pa jutro dan prvi« (Post 1, 1—5).

Jednom je krenulo i nakon toga kraj u tami vječnosti. Što je bilo prije praeksplozije, odakle materija što se razletjela u velikoj eksploziji, tko je pokrenuo svemir u određenom trenutku prije otprilike 20 milijardi godina? Astronomija i znanost nemaju ovdje nikakav odgovor, niti će ga ikada imati. Sve probleme prebacuje isključivo na filozofe. Čini se da nas astronomija-kozmiologija upućuje na Boga, koji je svemir pokrenuo s nekom svrhom.

Mikrokozmos

Pogledajmo sada drugu stranu svemira! Svijet atoma, kozmos u malome. Samo jednostavna prva slika: kanite li bolje proučiti to područje, zapetljat ćete se u beskrajnu matematiku i fiziku s pomoću kojih možete nešto shvatiti i to samo pod uvjetom da dobro poznajete te discipline. Ponovimo samo Einsteinovu misao: »Ovaj svemir djelo je velikog matematičara.«

Atomi se sastoje od elektrona, protona i neutrona. Veličina im je otprilike stomilijuntni dio cm. Najjednostavniji je vodikov atom. Sastoji se od jednog protona i jednog elektrona. U sredini se nalazi proton, a okolo se kreće elektron. Radi usporedbe povećat ćemo taj atom na kuglu promjera 200 m. U sredini će tada biti proton veličine 20 mm, a na udaljenosti

od 100 m. kreće se elektron veličine 1 mm. Sve je ostalo prazan prostor. Kušajte shvatiti da sva materija koja se čini toliko kompaktna i čvrsta počiva zapravo na praznom prostoru.

Još godine 1930. mislilo se da se mikrokozmos sastoji samo od tri čestice: protona, neutrona i elektrona. Svijet atoma izgledao je idealno jasan i jednostavan. Sva beskrajna raznolikost i sredenost tvari počivala je na samo tri jednostavne opeke koje se dalje ne mogu dijeliti. Model kakav se samo mogao poželjeti. Bilo je to vrijeme Wenera Heisenberga i nuklearnih fizičara njegova doba.

Danas nema više ni traga toj jednostavnosti. Čovjek se toliko izgubio u makrokozmosu da najednom ono što je bilo poznato i posve jasno postaje dvojbeno i nejasno. Prvi je u to unio nered Japanac, fizičar Hideki Yukawa (Nobelova nagrada za fiziku 1949.). On je posve teorijskim putem otkrio novu česticu — mezon. Nije prošlo ni dvije godine i 1937. mezon je otkriven u kozmičkom, visinskom zračenju. Američki fizičar Carl Anderson otkriva eksperimentalnim putem pozitron; 1955. otkriven je antiprotion, 1956. antineutron. Pokusima je utvrđeno da pri sudaru protona, neutrona i elektrona nastaje niz novih čestica. Danas poznajemo oko stotinu subatomske čestice (barioni, muoni, pioni, mezoni, hiperoni, pimezoni . . .).

Sve subatomske čestice mogu se podijeliti u tri skupine: fotoni (masa nula, ali su ipak čestice), leptoni (masa mirovanja bliska nuli) i hadroni. Hadroni se opet dijele na podskupinu bariona (tu spada proton i neutron) i mezona.

Prema modernoj teoriji elementarnih čestica, svaka čestica ima i antičesticu. To je potvrđeno 1932. otkrićem pozitrona, čestice koja ima jednaka svojstva elektronu, ali suprotan naboj. Neutralne čestice imaju također antičestice koje se od njih razlikuju smjerom vrtnje (spin) oko smjera gibanja (lijevi i desni spin). U najnovije vrijeme otkriva se toliko novih čestica da se može tvrditi kako svaki mjesec neki fizičar bilo gdje u svijetu otkriva novu subatomsku česticu ili postavlja zahtjev da se prizna njegovo otkriće.

Kada su fizičari pronašli subatomske čestice, mislili su da su pronašli temeljne blokove od kojih je sagrađena priroda. Danas je većina uvjerenja u to da i subatomske čestice imaju daljnju strukturu.

Proton i neutron, prema novim shvaćanjima, nisu elementarne čestice već su sastavljeni od kvarkova. Naziv je u fiziku uveo Murray Gell Mann (američki fizičar, 1964.). Prema hipotezi o kvarkovima, sva svojstva subatomske čestice moraju izlaziti iz svojstva samih kvarkova. Danas ima više modela npr. Gell-Mann-Zweigov model, Han-Nambuov model, hipoteza boje, hipoteza šarma . . . Pretpostavlja se postojanje 3, 9, 12 ili više kvarkova koji se razlikuju po svojstvima.

Prema Gell-Mann-Zweigovoj teoriji, kvarkovi su sastavni dijelovi protona i neutrona. Drže se u njima velikim silama, i još nismo uspjeli proton razbiti na kvarkove. Kvarkovi koji grade protone i neutrone zovu se: »go-

re«, »dolje«, »čudan« i »začaran«. Kvarcovi nose jednu ili dvije trećine električkog naboja, a udruženi u čestice daju uvijek cijeli naboj. »Čudan« kvark može se pod djelovanjem slabe nuklearne sile pretvoriti u »gore« kvark ili u »dolje« kvark. Mnogi smatraju da postoje i peti i šesti kvark. Zovu ih »dno« i »vrh«, ili, prema drugim modelima, »ljepota« i »istina«. Čini se ipak da je najvjerojatnija hipoteza o osam konačnih čestica, 4 kvarka i 4 leptona.

Za ispitivanje subatomske jezgre atoma grade se komplicirani i vrlo skupocjeni instrumenti. U Stanfordu (Kalifornija) elektroni se ubrzavaju uzduž vakuumske cijevi dugačke 3 km. Na kraju te cijevi elektroni udaraju u druge čestice. Mnogi akceleratori sagrađeni su u obliku velikih prstenova u kojima čestice opisuju krug, gdje ih jaka magnetska polja uzduž akceleratora održavaju u sredini vakuumske cijevi. Najveći evropski akcelerator u laboratoriju Cern, nedaleko od Ženeve, ima prsten opsega 7 km. On ubrzava protone do 99,9997% brzine svjetlosti.

Najsloženiji rezultati takvih kompliciranih i vrlo skupocjenih aparata upravo su subatomske čestice o kojima govorimo. God. 1974. otkrivena je s pomoću takvog akceleratora prva čestica koja sadrži »začarani« kvark (Burton, Richter i Samuel Ting, Nobelova nagrada za fiziku 1976.), a malo poslije i čestica koja vjerojatno sadrži »donji« ili »lijepi« kvark.

Danas se smatra da su barioni (proton i neutron) sastavljeni od triju kvarkova, a mezoni su spoj kvarka i antikvarka. Leptoni su potpuno odvojena porodica koja se razlikuje od kvarkova. Leptoni su elektroni, muoni i neutriini.

Prema nekima, čak ni definicija subatomske čestice nije sasvim čvrsta. Budući da se sve čestice mogu dobiti konverzijom kinetičke energije u masu, možda je bolja definicija da su elementarne čestice različiti oblici koje energija poprima pri pretvaranju u materiju.

Moderna fizika, posebno kvantna teorija (kvantna mehanika — W. Heisenberg, L. de Broglie, E. Schrödinger) tumači materiju kao dualizam vala i čestice. Tako su npr. fotoni paketići (kvanti) energije u kojima putuje svjetlost. Masa im je nula, pa, prema tome, mogu putovati samo brzinom svjetlosti. No, kada se pitate što je zapravo ta čestica, teorija kaže: ona u stvarnosti uopće ne postoji. Slaba nuklearna sila prenosi se s pomoću triju različitih čestica, Z i dvije W-čestice. Jaka nuklearna sila prenosi se i ostvaruje s pomoću čestica koje se zovu gluoni. Čini se da postoji osam različitih gluona. Neki fizičari smatraju da gluoni djelomično sudjeluju i u izgradnji kvarkova.

Što idemo dalje, sve nam je jasnije kako treba da govorimo o valovima, energiji. Kao da je na kraju zadnji temelj nešto »nematerijalno« — kvarkovi, hipoteza boje, šarma, čarobni i lijepi, krajnje zbunjujući pojmovi. Lebdimo usred dvaju bezdana, beskrajnog svemira i neizrecivo sitnog subatomske svijeta sila i energije.

Na subatomske kozmos moderna je znanost potrošila najviše novca da bi ga istražila. Središnja točka današnjeg istraživanja atoma jest atomska jezgra. Prvi tehnički nusprodukti te nove fizikalne discipline atomske su i hidrogenske bombe, nuklearni reaktori, te radioaktivni izotopi u medicini i tehnici.

Svemirom vladaju i neke sile, savršeno usklađene međusobno i s česticama kojima upravljaju. Među njima najslabija je gravitacija. Na razini atoma ne znači gotovo ništa. U životu čovjeka, i prirode oko njega, već ima jasno vidljivo djelovanje, a u svemiru i u njegovim prostranstvima ona je jedina kraljica i gospodarica svega zbivanja. Elektromagnetska sila najjača je na razini naših zapažanja. Sve što oko sebe vidimo, čujemo, osjećamo, većim je dijelom plod tih sila. Kemija i biologija potpuno su rezultat elektromagnetskih sila. Jaka nuklearna sila djeluje samo na nivou atoma i drži zajedno čestice u njegovoj jezgri. Sile koje nastaju kada se poremeti njihovo djelovanje u atomu atomske su i hidrogenske bombe. Slabe nuklearne sile djeluju samo na razini subatomskih čestica i odgovorne su za red i građu subatomskog svijeta.

Najčudnije je u svemu tome što one u svojem djelokrugu tvore red i sklad zajedno s česticama kojima upravljaju. A mogle su jednako tako tvoriti i kaos i nesklad, nered. Osim toga, čudno je što sve četiri sile i nebrojene čestice njima podložne djeluju međusobno savršeno skladno tvoreći uređeni svemir pogodan za razvitak života i čovjeka. Bez tog uzajamnog sklada i povezanosti ne može se niti zamisliti postojanje svemira u kojemu bi čovjek mogao naći uvjete za život. Bila su potrebna nebrojena savršena poklapanja rada sila i čestica. Bezbroj slučajnosti moralo se sredeno povezati da bi tvorile toplu kolijevku za nježno ljudsko biće. Doista, plivamo na smrtonosnim silama, neprijateljskim životu i ljudskoj naravi, a kako je mila i nježna stvarnost koja nas okružuje.

Kvarkovi moraju stvarati postojeće subatomske čestice (neutrone, protone) koji mogu graditi atome. Ovdje se traži sklad slabih nuklearnih sila. Jake nuklearne sile odgovorne su za isto takav red u gradnji jezgre atoma. Ovdje se nalaze protoni koji se međusobno odbijaju pod utjecajem elektromagnetskih sila (imaju isti pozitivni naboj). Samo točan proračun može ih održati u stabilnom položaju da se ne raspadnu.

Djelovanje tih triju sila na području subatoma i atoma mora biti toliko podešeno da se ta stabilnost održi bar koju milijardu godina. Inače ne bi mogli biti stvoreni uvjeti za biološki razvitak i genezu života i čovjeka.

Kakav se proračun traži da se elektron ne bi srušio u atomsku jezgru, kamo ga vuku jake nuklearne sile! Time bi bila razorena atomska građa današnjega svemira. Veličina naboja elektrona, brzina vrtnje oko jezgre, udaljenost orbitale od jezgre, te veličina privlačne sile protona u jezgri moraju savršeno odgovarati . . . Od života ne bi moglo biti apsolutno ništa da se elektroni nalaze samo u jednoj orbitali. Ne bi bilo ništa od mnoštva

elemenata koji su prijeko potrebni za izgradnju spojeva potrebnih za razvitak i opstanak života.

S obzirom na sadržaj energije pojedinih elektrona u atomu, elektroni se mogu oko jezgre rasporediti u sedam ljuski ili ovojnica. Međutim, i elektroni unutar ljuske nemaju jednaku energiju, nego veću ili manju. Zato se razlikuju i podljuske. Ni to nije sve. Unutar svake podljuske elektroni zaposjedaju različite orbitale. Tako se npr. svaka d-podljuska sastoji od pet orbitala, a f-podljuska od sedam f-orbitala itd. Svaka pak orbitala može imati najviše dva elektrona, uz uvjet da se međusobno razlikuju spinom (otprilike možete to sebi predočiti smjerom okretanja oko osi). Elektroni teže da se podjele na što više orbitala i da im spinovi ostanu usporedni.

Zaključak

Sve to moglo je biti potpuno drukčije i moglo je tvoriti drugi svemir. Međutim, samo u takvoj konstelaciji sila i čestica mogući su elementi koje poznajemo i koji tvore život. To osobito vrijedi za element ugljik. Bez njegove prisutnosti u prirodi život je nezamisliv. Njegov je raspored elektrona u ljuskama i orbitalama podešen da bi omogućavao spajanje ugljika sa samim sobom ili s drugim elementima u beskrajnim lancima. Tako su mogući spojevi, apsolutno nužni za život, kao što su bjelančevine i nukleinske kiseline.

Kad bi se svemir makar i malo razlikovao po snazi svojih sila, život u njemu ne bi bio moguć. To vrijedi za svemir zvijezda i galaksija kao i za svemir atoma i subatoma. Da bilo koji broj u fizikalnim konstantama (npr. Planckova konstanta zračenja, konstanta gravitacije . . .) ima drugu vrijednost, život se u svemiru ne bi nikada pojavio jer bi svemir bio razoren svijet atoma, molekula i sila koji sada imamo.

Svemir u kojem se razvio život mora biti svemir sklada sila i čestica. Zato je bilo prijeko potrebno gotovo beskrajno mnogo slučajnosti — slučajna poklapanja čestica i sila. Smatrati da je svemir od početka slučajno takav, isto je što i očekivati da bi se slučajnom trešnjom slova u nekoj vreći mogla sastaviti neka knjiga, npr. »Hamlet«, a i ta je usporedba prazna i slaba.

Krećemo li iz makrokozmosa ili mikrokozmosa prema onome što danas gledamo očima, slušamo ušima i osjećamo osjetilima, nameće nam se isti odgovor: Kozmos odaje jasne tragove, otiske Uma koji je djelovao u tom kaosu. To je postulat koji moramo prihvatiti mislimo li dobro namjerno.