

Fizika ranog svemira¹

Aleksandar Bogojević

Širenje Univerzuma

Početkom ovog veka pitanje nastanka svemira je prešlo iz domena religije i filozofije i postalo deo fizike. Sve je počelo 1913. godine kada je američki astronom Vesto Slipher tragajući za nekim sasvim drugim, utvrdio da se desetak bliskih galaksija udaljava od Mlečnog puta velikim brzinama. Sledeći korak je učinio Albert Einstein 1916. godine, stvarajući svoje drugo remek delo - opštu teoriju relativnosti (novu teoriju gravitacije). Iste godine, u Holandiji, Willem de Sitter je primenio Einstein-ove jednačine na ceo svemir. Njegovo rešenje je opisivalo svemir koji se širi, a brzina širenja je bila proporcionalna udaljenju između objekata. Ekspanzija je izgledala isto iz svih delova svemira. Ovo je bilo upravo u skladu sa onim što je Slipher video, no zbog rata de Sitter nije znao za njegova posmatranja.

Posle rata, na scenu stupa Amerikanac Edwin Hubble. On prvi uoči vezu između de Sitter-ovih predikcija i Slipher-ovih merenja. 1928. godine sa Milton Humason-om Hubble započeo je sa dugim nizom merenja - cilj je bio da se nepobitno utvrdi dali se svemir širi ili ne. Radeći zajedno na tada najvećem teleskopu na svetu, 2,5 metarskom reflektoru na Mount Wilson-u, oni su se potpuno posvetili problemu određivanja kretanja galaksija. Humason je analizirao spektre galaksija i iz merenog crvenog pomaka računao njihove brzine, dok je Hubble merio njihova udaljenja. Ovim su prvi put pokazane prave razmere Univerzuma. Posle merenja na desetak galaksija udaljenih od nas milion do sedam miliona svetlosnih godina Hubble je potvrdio da je brzina njihovog udaljavanja od nas proporcionalna razdaljini. Merenja su potvrdila osnovni rezultat de Sitter-ovog modela - da se svemir širi i da je nastao (pre oko 20 milijardi godina) u eksploziji koju zovemo veliki prasak.

Mada je de Sitterov rad imao veliki uticaj na Hubble-a, ipak se ispostavilo da njegove druge predikcije nisu bile u skladu sa posmatranjima. Kosmološki model koji je ispravno opisivao veliki prasak (tzv. standardni model) je došao par godina kasnije i vezan je za istraživanja Rusa Aleksandar Friedmann-a, a kompletiran je radovima Amerikanaca Robertson-a i Walker-a. Njihov model i danas predstavlja polaznu tačku u našem razumevanju nastanka i evolucije svemira. Odlučujuću potvrdu njegove ispravnosti je donelo slučajno otkriće 1965. godine inženjera Arno Penzias i Robert Wilson. Oni su primitivnim radio teleskopom prvi put registrovali kosmičko pozadinsko mikrotalasno zračenje - sam eho velikog praska u kome se Univerzum rodio. Izotropnost ovog zračenja je potvrdilo teorijsku pretpostavku o homogenoj rasporedjenosti mase u Univerzumu.

Moderna kosmologija

Standardni kosmološki model je bio isto gravitacioni model. Pretpostavka o tome da na najvećim skalama gravitacija dominira nad ostalim interakcijama je zaista opravdana danas, kad živimo u velikom i hladnom Univerzumu. No samo predviđanje ovog modela da je svemir nekad bio izuzetno mali, dakle izuzetno vruć, je ograničilo njegov domen važenja. Sledeći korak u razvoju

¹ Naučni magazin IQ, broj 1, 1997.

kosmologije je, dakle, morao da sa-eka prodore u na{em razumevanju fundamentalne fizike na najvi{im energijama.

U protekloj deceniji smo bili svedoci eksplozije istra`iva-ke aktivnosti u kosmologiji kako u razvoju teorije tako i posmatranja. Kao katalizator teorijskog razvoja su poslu`ile ideje iz kvantne teorije polja, oblasti fizike koja se bavi izu-avanjem elementarnih -estica i fenomena na najmanjim skalama, odnosno na najve}im energijama. Standardni model jakih i elektro-slabih interakcija, kao i mogu}i modeli njihove unifikacije, su dali bogat teorijski okvir za detaljno razumevanje svemira od trenutaka kad je on bio svega nekoliko minuta star. Sa druge strane, novi modeli kao {to su supersimetrija, supergravitacija i teorija superstruna, primenjeni na kosmologiju, nam pru`aju mogu}nost za opis kosmologije do samog trenutka velikog praska. Do sad ovo je dovelo do va`nih pomaka u obja{njenju bariogeneze (stvaranje materije), inflacije, kreiranja struktura iz po-etnih nehomogenosti, produkcije topolo{kih defekata (monopoli, kosmi-ke strune, domenski zidovi), produkcije egzoti-nih -estica (aksion, fotino)...

Jedan od krajnjih zadataka teorije je da nam omogu}i da saznamo uzrok koji je doveo do radjanja svemira. Uz pomo} nove oblasti - kvantne kosmologije - po-eli smo da naziremo obrise odgovora na ovo pitanje. Detalji se svakako kriju u kompletnom razumevanju kvantene teorije gravitacije.

Ogromni koraci su, takodje, u-injeni na polju astronomskih posmatranja vezanih za kosmologiju. Dugoro-na istra`ivanja crvenog pomaka spektara naj udaljenijih objekata su po-ela da otkrivaju detaljnu prirodu strukture Univerzuma na najve}im skalama. Merenja brzina objekata u svemiru nam daju informacije o ukupnom rasporedu (ne samo svetle}e) materije. Preciznija merenja spektra i anizotropnosti pozadinskog zra-enja nam daju va`ne informacije o prirodi po-etnih nehomogenosti. Veliki broj novih eksperimenata direktno traga za ostacima egzoti-nih -estica - relikta velikog praska. Posmatranja koja se sad vr{e }e odgovoriti na va`na i uzbudljiva pitanja vezana za prvi stoti deo sekunde postojanja. Izmedju ostalog, odgovori na ova pitanja imaju za cilj da nam objasne kako su nastali zakoni fizike koje danas opa`amo.

Ima neke simbolike u tome da svemirski teleskop Hubble, centralni instrument koji nam danas omogu}ava da zavirimo u tajne Univerzuma, nosi upravo ime -oveka koji je svojim radom postavio temelj moderne kosmologije.

Boks 1

Mali re-nik ~udnih pojmova

inflacija - rani period izuzetno brze (eksponencijalne) ekspanzije svemira. Osnovni efekat inflacije je da objasni za{to ugaono udaljeni delovi neba izgledaju veoma sli-no.

kreiranje strukture - male po-etne nehomogenosti u razme{taju materije vremenom rastu. Moderna kosmologija iz tih po-etnih nehomogenosti poku{ava da objasni posmatrana zgu{njenja i razredjenja sada{njeg svemira koja se o-ituju na raznim skalama.

topolo{ki defekti - naglo {irenje svemira je bilo pra`eno i naglim hladjenjem. Gotovo nezaobilazna posledica ovoga je da je, kao kod kristalizacije, do{lo do stvaranja defekata. Moderna precizna posmatranja mikrotalasnog pozadinskog zra-enja nam daju informacije o tome koliko je ovih defakata, i kog su tipa.

Li-na karta svemirskog teleskopa

Svemirskim teleskopom je zajedni-ki projekt NASA i ESA (Ameri-ke odnosno Evropske svemirske agencija). Nau-ni rad se koordinira kroz STScI (Space Telescope Science Institute) pri Johns Hopkins Univerzitetu u Merilendu SAD. Svemirski teleskop Hubble kru`i oko zemlje u niskoj orbiti na oko 600 km izbegavaju}i time smetnje koje dolaze od zemljine atmosfere. Ovo omogu}uje Hubble-u da ima rezoluciju od 0.1 lu-ne sekunde {to je deset puta bolje od teleskopa na zemlji. Srce teleskopa -ini ogledalo od 2.4 metra. Nau-ni instrumenti na Hubble-u su planirani da se menjaju (pomo}u svemirskog shuttle-a) nekoliko puta u toku njegovog projektovanog veka od 15 godina. Trenutno osnovni aparati su:

- [irokougaona/planetarna kamera 2 (paket od -etiri kamere)
- Kamera za tamne objekte
- Spektrograf za tamne objekte
- Goddard spektrograf visoke rezolucije

Ovi uređaji rade od ultra ljubi-astog dela spektra, preko vidljivog i manjeg dela infra crvenog spektra. Jedna orbita Hubble-a traje 95 minuta u toku kojih njegovi kompjuteri, kao kompjuteri u svemirskom centru Goddard neprestano dele njegovo vreme na posmatranje i pomo}ne radnje. Pomo}ne radnje -ine useravanje teleskopa, kalibracija, izbegavanje sunca i meseca, primo-predaja informacija itd. Radi optimalnog iskori{}enja Hubble-a u trenutcma alociranim za posmatranja se obi-no istovremeno vr}e dva nezavisna merenja. Hubble je u stalnom kontaktu sa svemirskim centrom Goddard preko mre`e radio teleskopa rasprostranjenih po celoj zemlji.
