

Nova mjerenja kozmičkog pozadinskog zračenja

Krešimir Kumerički*

20. veljače 2003.

Prema svim pokazateljima, prvih nekoliko minuta nakon Velikog praska bilo je odlučujuće u formiranju našeg svemira. U tom kratkom periodu odvijalo se razdvajanje izvorne jedinstvene sile na četiri temeljne sile kakve danas poznajemo, zatim *inflacija* (izvanredno brzo širenje svemira), a ubrzo potom i *prvotna nukleosinteza* (tj. stvaranje jezgara lakih elemenata poput deuterija i helija). Nakon tog uzbudljivog razdoblja svemir je slijedećih 300 000 godina proveo u razmjerno dosadnoj ekspanziji i hlađenju. Atomske jezgre, fotoni i elektroni u neprestanom sudaranju sačinjavali su homogenu, gustu i neprozirnu plazmu. Suprotno nabijeni elektroni i jezgre su se u toj plazmi privlačili, ali ako bi se neki od njih i uspjeli nakratko spojiti u čitave atome, fotoni visoke temperature brzo bi ih natrag razbijali (ionizirali) na sastavne dijelove.

Tek kad je temperatura pala na nekih 3000 K, fotoni više nisu imali dovoljno energije za ionizaciju i razmjerno brzo svi elektroni i jezgre su se povezali u neutralne atome. To je trenutak u kojem svemir postaje električno neutralan, a time i proziran. Fotoni koji se od tog trenutka nastavljaju više-manje neometano gibati sve do danas nazivaju se *kozmičko mikrovalno pozadinsko zračenje* (CMB - Cosmic Microwave Background).

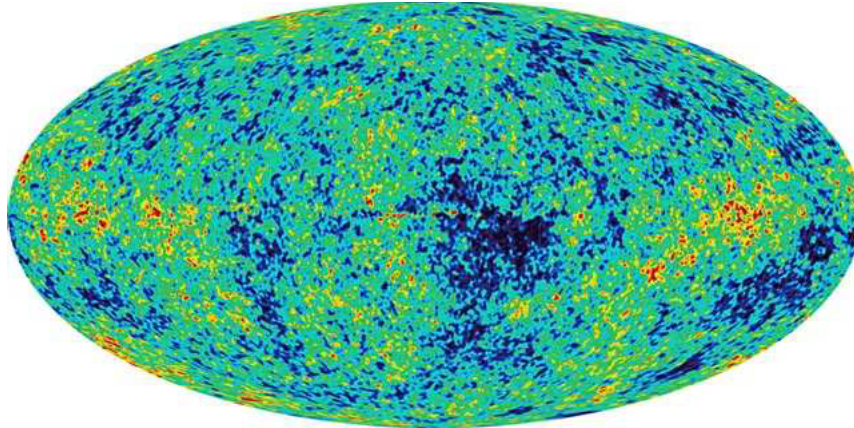
Njegovim preciznim snimanjem i proučavanjem dobivamo izvanredno pouzdan uvid u velik broj parametara koji određuju naš svemir. Naime, CMB nije savršeno jednoličan (izotropan) već, kako pokazuje slika, u njemu postoje male *temperaturne varijacije* koje su posljedica varijacija u gustoći materije koja se u vrijeme nastanka CMB-a već počela zgušnjavati u današnje galaktike. Mehanizmi nastanka tih varijacija su razmjerno dobro poznati što omogućuje astrofizičarima da analizom slike CMB-a iznađu informacije o udjelu raznih vrsta materije u svemiru, o geometrijskim svojstvima svemira, o njegovoj starosti i još mnogo toga zanimljivog.

Posebno su impresivni rezultati NASA-ine svemirske sonde WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) objavljeni u veljači 2003. Sonda je u orbiti oko Sunca na 1.5 milijuna kilometara od Zemlje neometano mjerila CMB i omogućila da vrijednosti nekih kozmoloških parametara budu izmjerene s dosad neviđenom preciznošću. Nabrojat ćemo samo ukratko najzanimljivije rezultate:

- Starost svemira je 13.7 ± 0.2 milijardi godina!
- Svemir se sastoji od
 - 4.4 ± 0.4 % obične materije
 - 23 ± 4 % tamne tvari
 - 73 ± 4 % tamne energije

Ova tamna tvar je potpuno nepoznatog sastava tj. u nju ne ulaze planeti, prašina, neutronske zvijezde i drugi "obični" nevidljivi objekti koji se zajedno sa zvijezdama broje u onih 4.4 %

*kkumer@phy.hr, Fizički odsjek, PMF, Zagreb



Slika 1: Anizotropije pozadinskog zračenja. Glavni rezultat WMAP sonde je ova slika koja prikazuje čitavo nebo u mikrovalnom području. Prosječna temperatura zračenja je 2.73 K, a boje prikazuju mikrokelvinska odstupanja od tog prosjeka.

obične materije. Tamna energija je još slabije poznata i sve što se o njoj zna je da svojim "antigravitacijskim" djelovanjem tjera svemir na ubrzano širenje.

- Prve zvijezde su zasjale oko 200 milijuna godina nakon Velikog praska. Njihov sjaj je ponovo ionizirao atome vodika u međuzvjezdanom prostoru i utjecaj tih iona na CMB je registriran mjerenjima WMAP sonde.
- Svemir se širi ubrzano, a trenutna brzina širenja (*Hubbleova konstanta*) je 71 ± 4 km/s po megaparseku. Čini se da će se to širenje vječno nastaviti.

Također, sve upućuje na to da je neposredno nakon Velikog praska zaista uslijedilo kratko razdoblje izvanredno brze ekspanzije svemira, tzv. inflacija. U tom su periodu nastale početne fluktuacije gustoće tvari koje su bile zamci buduće strukture svemira — njegovih galaktika i nakupina galaktika.

Na kraju, premda za astrofizičare nijedan od tih rezultata nije iznenađujući, njihova velika preciznost i skoro savršen sklad s rezultatima ranijih eksperimenata konačno etabliraju standardni model Velikog praska u kojem dominantnu ulogu igraju dvije misteriozne sastavnice: hladna tamna tvar i tamna energija.

Literatura

- [1] Krešimir Kumerički, *Kozmičko pozadinsko zračenje — prva fotografija svemira*, Zbornik 18. ljetne škole mladih fizičara. PDF dokument na <http://www.phy.hr/~kkumer/articles/korcula02proc.pdf>.
- [2] E-škola — *Fizika svemira*, http://eskola.hfd.hr/fizika_svemira/svemir.html