

## Vježba 13: CAMB

9. svibnja 2011.

CAMB je program koji služi istraživačima za previđanje anizotropija pozadinskog kozmičkog zračenja uzimajući u obzir nehomogenosti svemira u vrijeme zadnjeg raspršenja i parametara koji opisuju svemir. Temeljen je na idejama koje su prvi razvili U. Seljak i M. Zaldarriaga u programu CMBFAST još 1996 godine. Oni su razvili metodu koja bitno skraćuje vrijeme računanja svih doprinosa za CMB, uzimajući u obzir geometriju i ekspanziju svemira. Rezultat rada programa je spektar snage fluktuacija intezeta ( $C_l$ ) kao funkcija multipolnog reda  $l$ . Program također može računati polarizaciju zračenja, no mi se time nećemo baviti u ovoj zadaći.

Web sučelje pomoću kojega se može pokrenuti CAMB je dostupno na

[http://lambda.gsfc.nasa.gov/toolbox/tb\\_camb\\_form.cfm](http://lambda.gsfc.nasa.gov/toolbox/tb_camb_form.cfm)

Ovo sučelje vam omogućava da unesete parametre svemira i pokrenete simulaciju koja odgovara tim parametrima, bez potrebe instalacije na računalo.

- Pokrenite program s parametrima koji vam je program automatski ponudio. To su parametri koji dobro odgovaraju standardnoj predodžbi svemira kakvu imamo danas. Kao rezultat biti će ponudeno pet datoteka i nekoliko grafova koji web sučelje automatski crta. Pohranite datoteku "scalar output". Na temelju podataka iz te datoteke nacrtaje graf koji prikazuje normaliziranu ovisnost  $l(l+1)C_l/2\pi$  o multipolnom momentu  $l$ . Pročitajte Readme datoteku za CAMB kako biste saznali koji stupac pohranjenog dokumenta sadrži željenu informaciju (u programu označeno sa  $C_{TT}$ ).
- Usporedite dobivenu teorijsku krivulju s podacima dobivenim iz WMAP misije. Ti podaci se mogu naći na istoj stranici, pod odsječkom o WMAP eksperimentu. Direktna poveznica je

[http://lambda.gsfc.nasa.gov/product/map/dr4/pow\\_tt\\_spec\\_get.cfm](http://lambda.gsfc.nasa.gov/product/map/dr4/pow_tt_spec_get.cfm)

Uzmite podatke pod "Seven Year Combined TT Power Spectrum" koji sadrže analogne podatke kao i prethodna datoteka. Obradite ih na odgovarajući način i nacrtaje ih na istom grafu kao i teorijsku krivulju te kratko prokomentirajte.

- Promijenite faktor  $\Omega_k$  s 0.0 na 0.1. U web sučelju,  $\Omega_k$  se nalazi u sekciji "Cosmological Parameters", otprilike u sredini. Provedite istu analizu kao

u prvom slučaju. Nacrtajte dobivenu krivulje i usporedite sa grafovima iz prva dva slučaja.

- Promijenite faktore  $\Omega_b h^2$  i  $\Omega_{cdm} h^2$  tako da je energijska gustoća svemira danas kritična (tj. da  $\Omega_b h^2 + \Omega_{cdm} h^2 = 0.1366 h^2 - \Omega_k$ ). Provedite analognu analizu kao za gornje slučajeve. Sve krivulje nacrtajte na isti graf. Opišite promjene, pogotovo s obzirom na položaj prvog vrha. Nakon vaše analize što bi zaključili o tvrdnji da pozicija prvog vrha primarno ovisi o zakrivljenosti svemira?