

# **Kozmologija od mita do znanosti**

Dario Hrupec  
Institut Ruđer Bošković, Zagreb

Astronomski društvo Koprivnica  
Koprivnica, 13. prosinca 2013.

# Preludij

## Katie Melua, Nine Million Bicycles

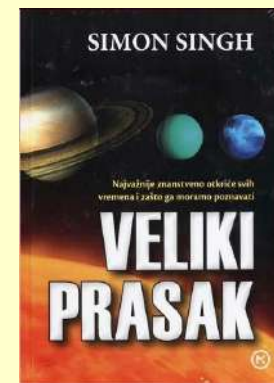
“We are 12 billion light-years from the edge. That's a guess – no-one can ever say it's true, but I know that I will always be with you.”



## Simon Singh, Guardian, 30. 9. 2005.

## Melua & Singh, BBC Radio 4, 15. 10. 2005.

“We are 13.7 billion light-years from the edge of the observable universe, That's a good estimate with well-defined error bars, And with the available information, I predict that I will always be with you.”

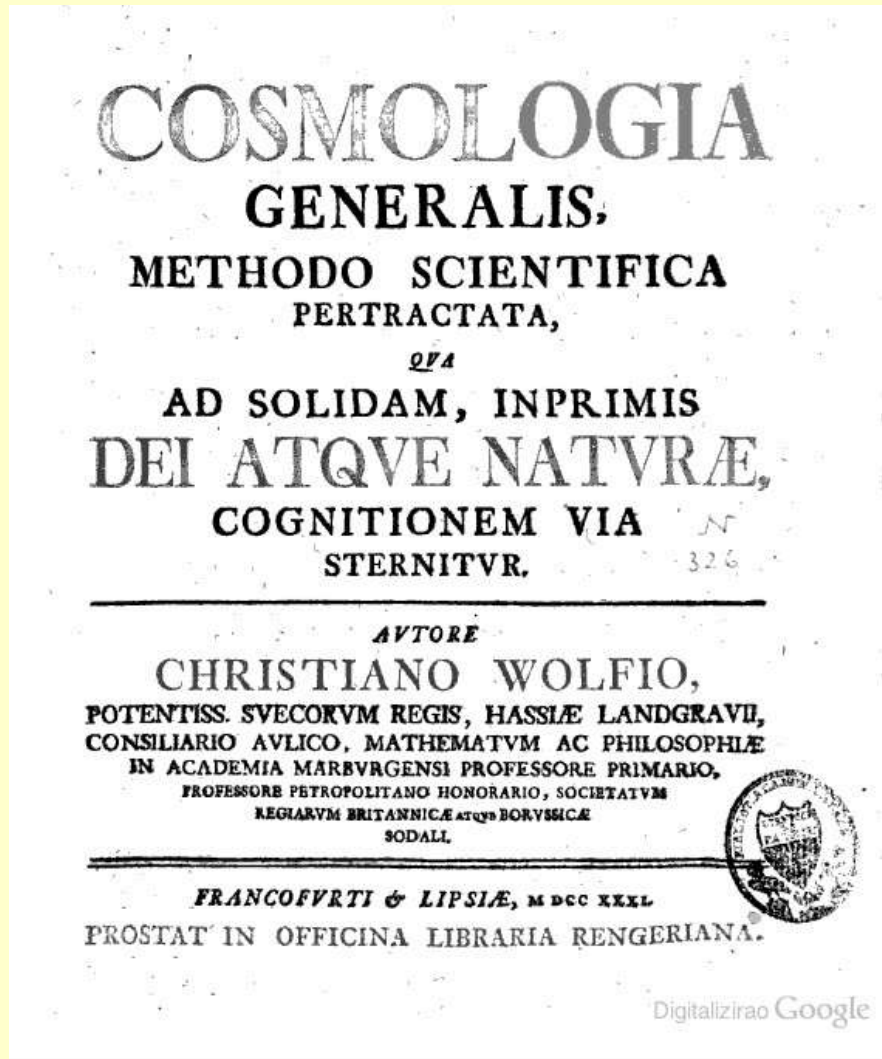


# Što je kozmologija?

- (1) tumačenje postanka i razvoja svijeta  
**mitologijska (ili religijska) kozmologija**  
> 5000 godina
- (2) znanost o podrijetlu, razvoju, strukturi i dinamici svemira  
**fizička kozmologija**  
< 50 godina



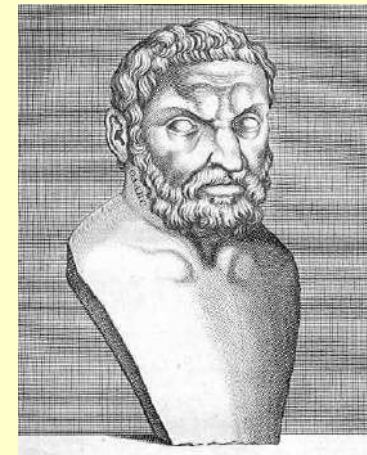
# Naziv kozmologija



Christian Wolff  
njemački filozof  
*Cosmologia generalis* (1731)

**svjetoslovlje**

“filozofijsko učenje o cjelini  
materijalnog svijeta”  
postojalo je još od antike



# Kozmologija vs kozmogonija



postanak svijeta

svjetorođe

grčki: **kósmos** (svijet, svemir) + **gonía** (rađanje, postanak)

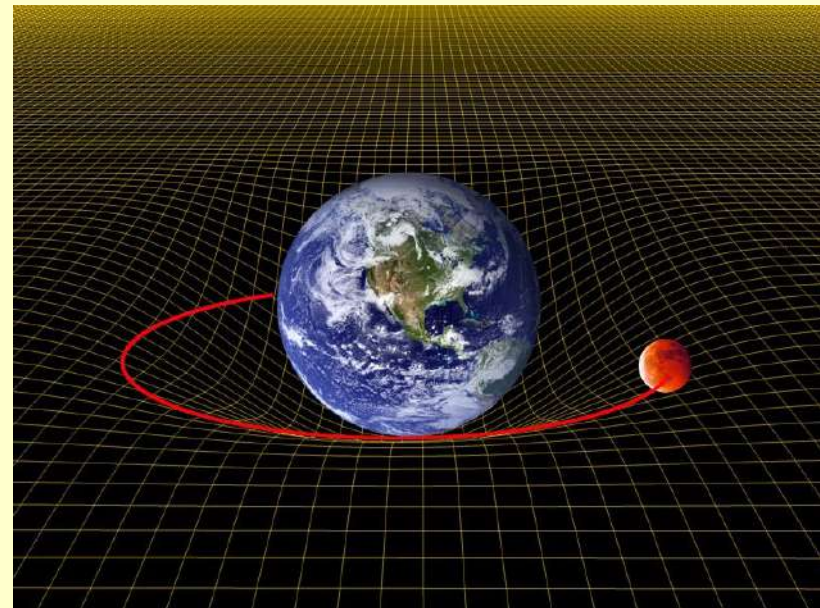
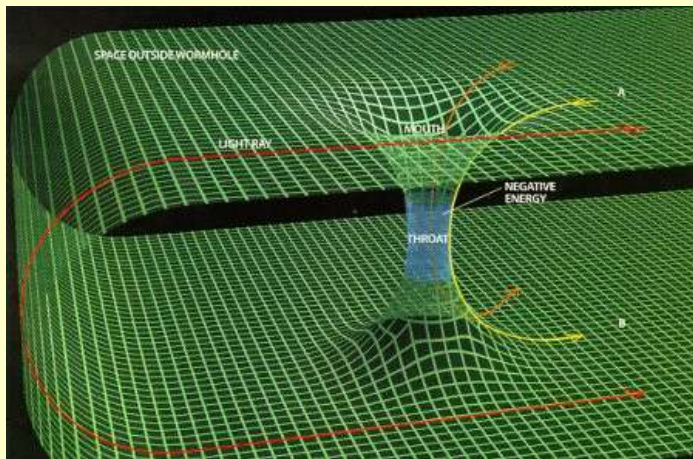
# Matematičko polazište za kozmološke teorije

opća teorija relativnosti

Einstein, 1915.

masaenergija zakrivljuje prostorvrijeme

širenje svemira, gravitacijski valovi, crne rupe, crvotočine



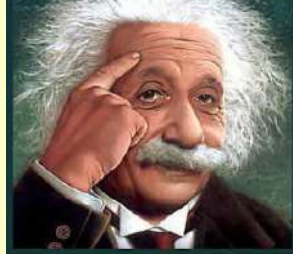
# Pretpostavke za model velikog praska

- (1) univerzalnost fizičkih zakona (isti su svugdje i uvijek)
- (2) kozmološko načelo (svemir je približno homogen i izotropan u prostoru, ali ne i u vremenu)
- (3) kopernikansko načelo (ne opažamo svemir iz nekog povlaštenog položaja)



# Predviđanja modela velikog praska

“the biggest blunder of my career”



(1) širenje svemira

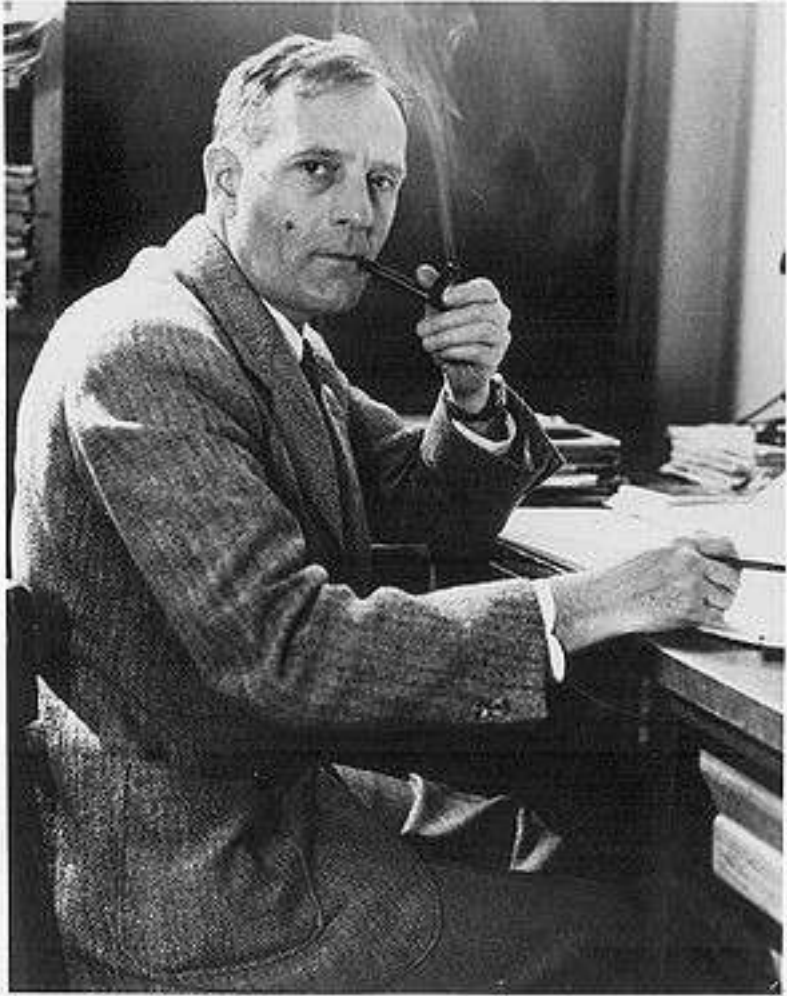
(2) vruće, gusto stanje **u početku**

(3) nastanak lakih elemenata u ranoj fazi razvoja svemira  
(nukleosinteza)

(4) postojanje kozmičkog mikrovalnog pozadinskog  
zračenja



# Edwin Hubble



1924. godine  
“maglice” su druge galaksije

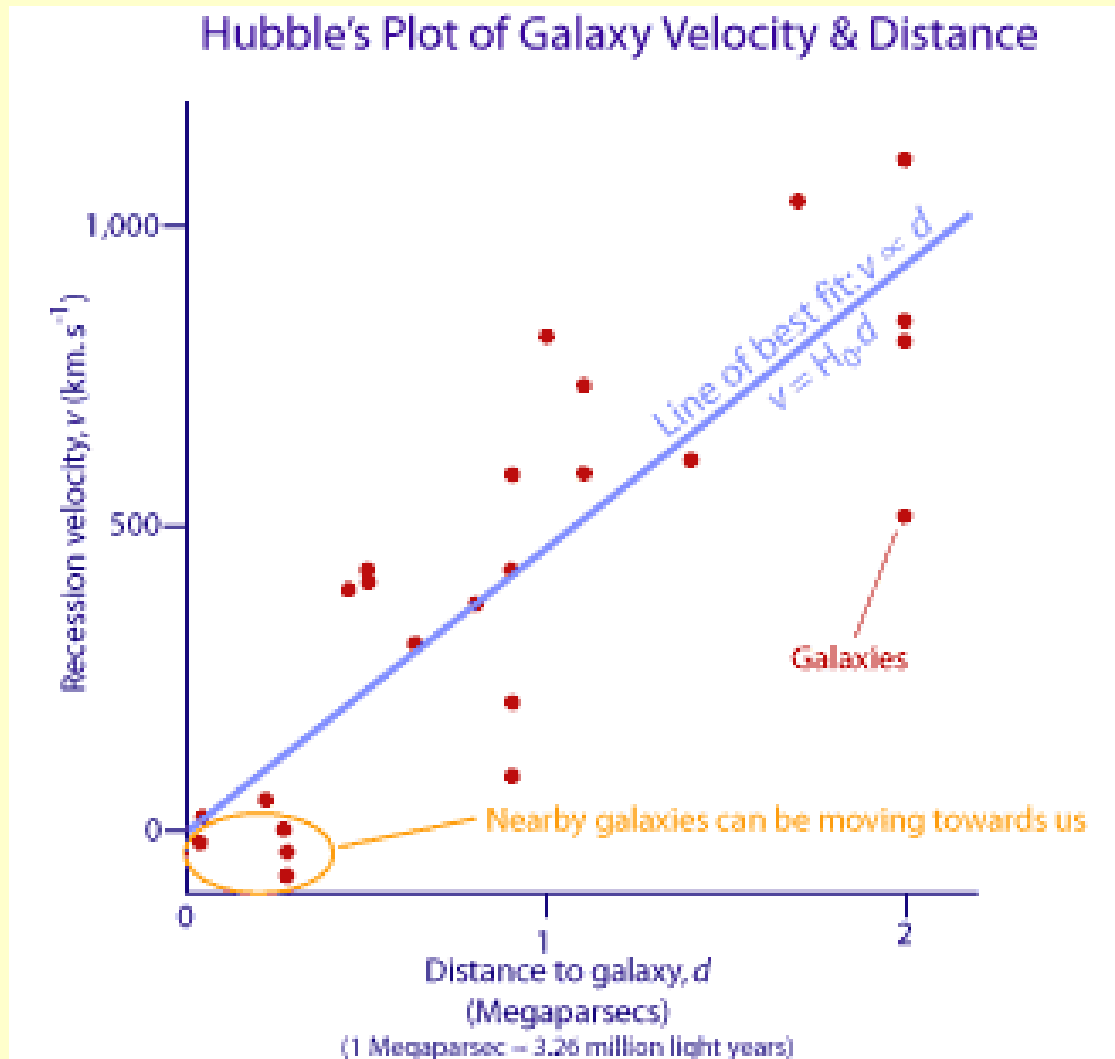
1929. godine  
pomak prema crvenome  
raste s udaljenošću

# Arno Penzias i Robert Wilson

1964. godine  
opažanje kozmičkog  
mikrovalnog pozadinskog  
zračenja



# Potvrde modela velikog praska: (1) udaljavanje galaksija

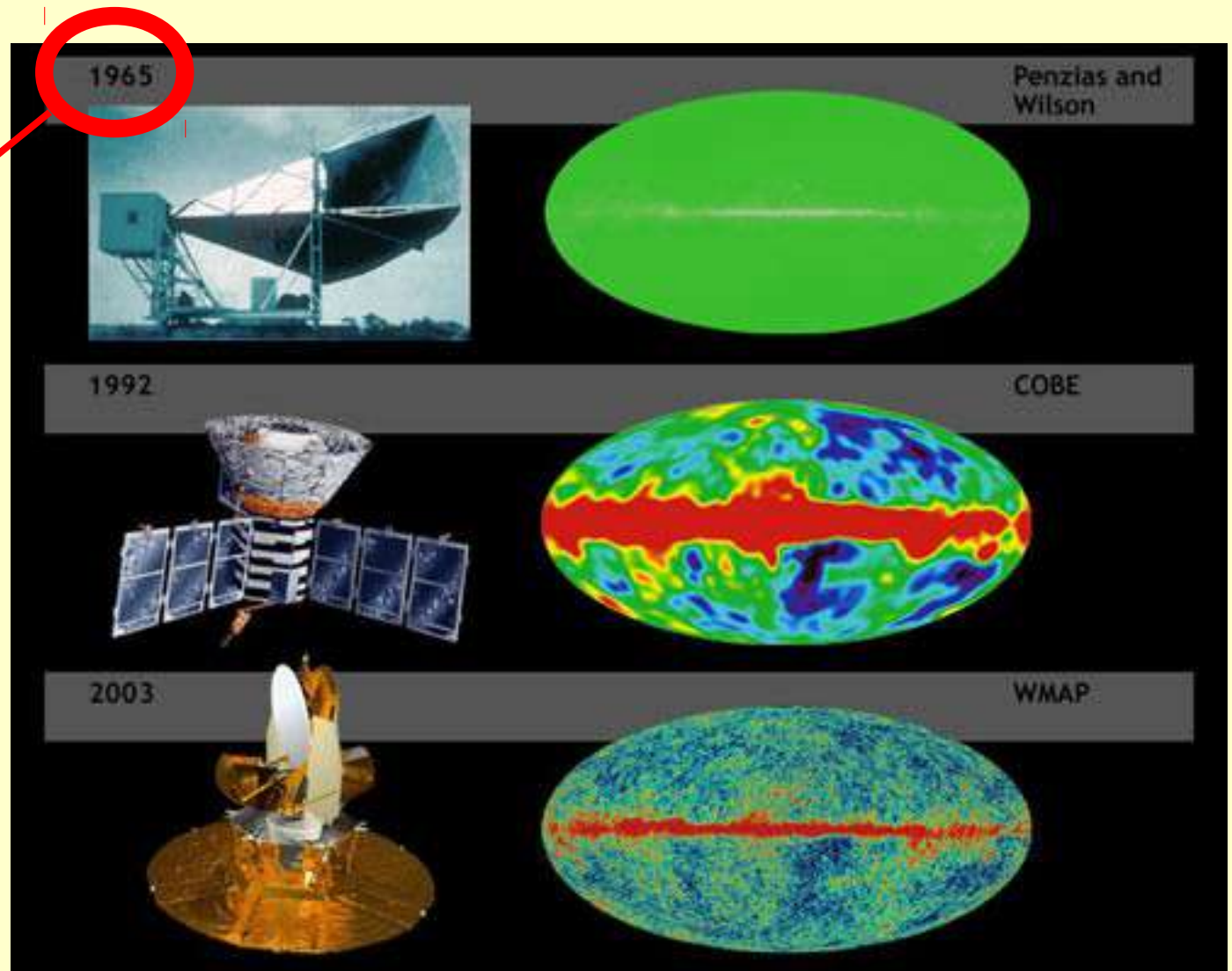


$$v = H_0 d$$

$$H_0 = 71 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$$

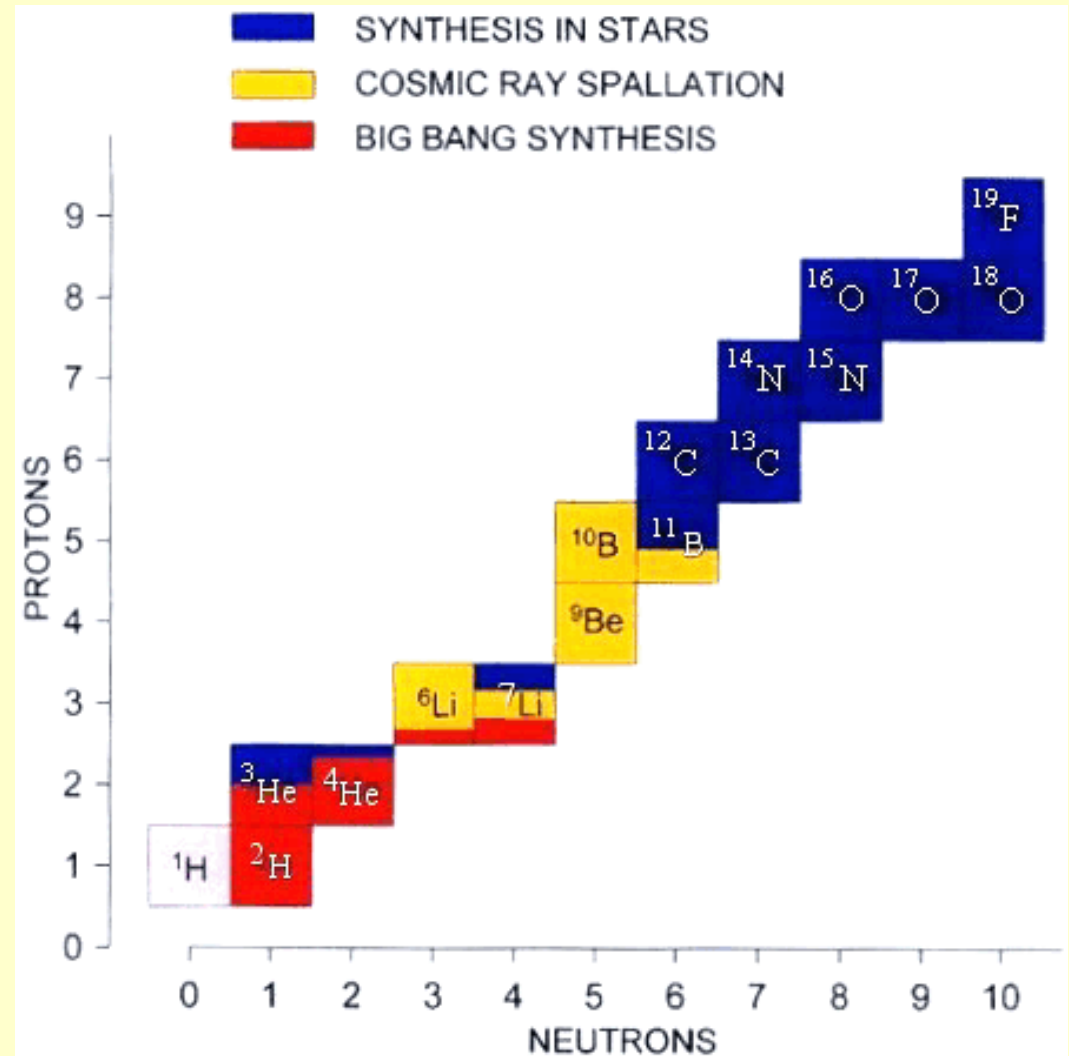
# Potvrde modela velikog praska: (2) kozmičko mikrovalno pozadinsko zračenje

kozmiologija  
postaje znanost



# Potvrde modela velikog praska: (3) udjeli primordijalnih elemenata

astronomska opažanja  
H, D, He3, He4, Li7  
u dalekim oblacima  
primordijalnog plina  
**potvrdila** su proračune  
modela velikog praska

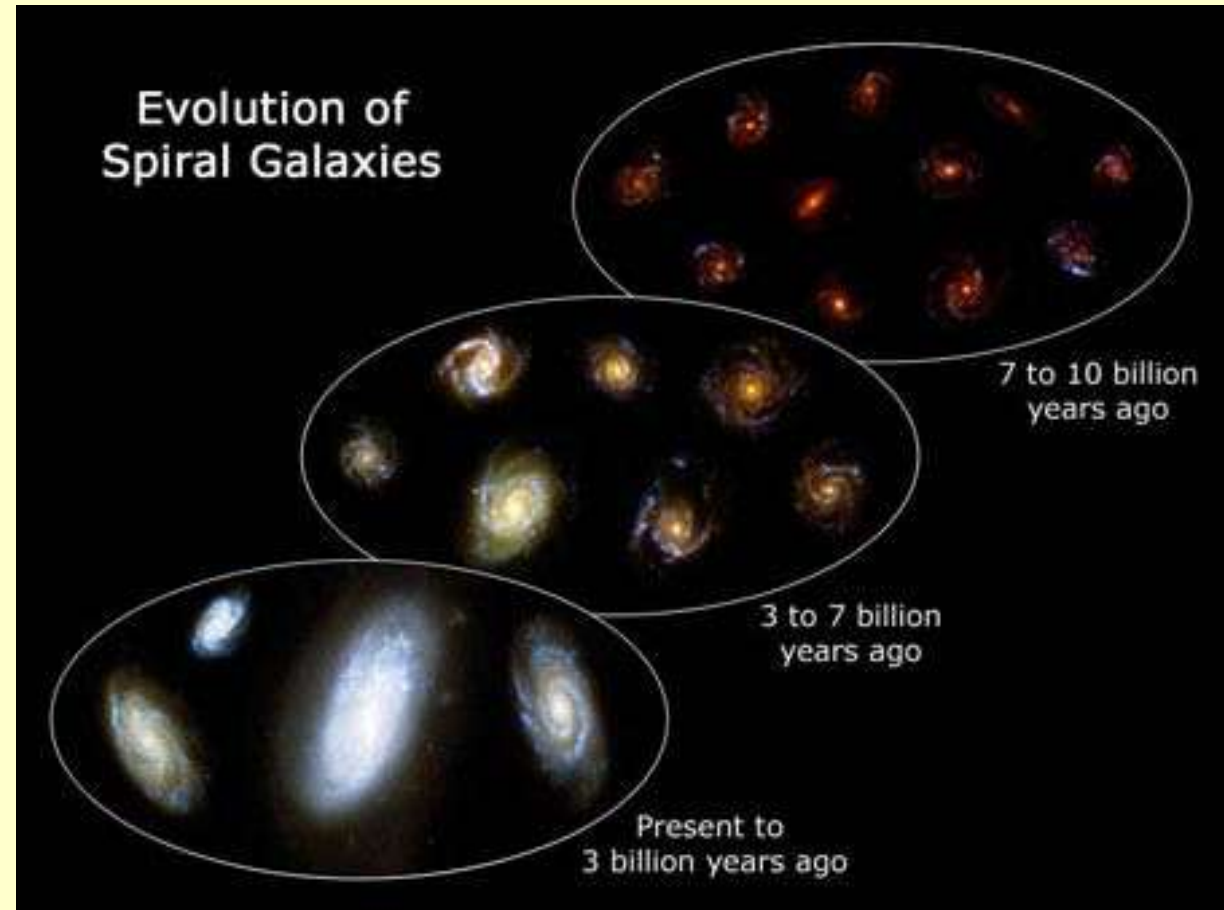


# Potvrde modela velikog praska: (4) razvoj izvangalaktičkih objekata

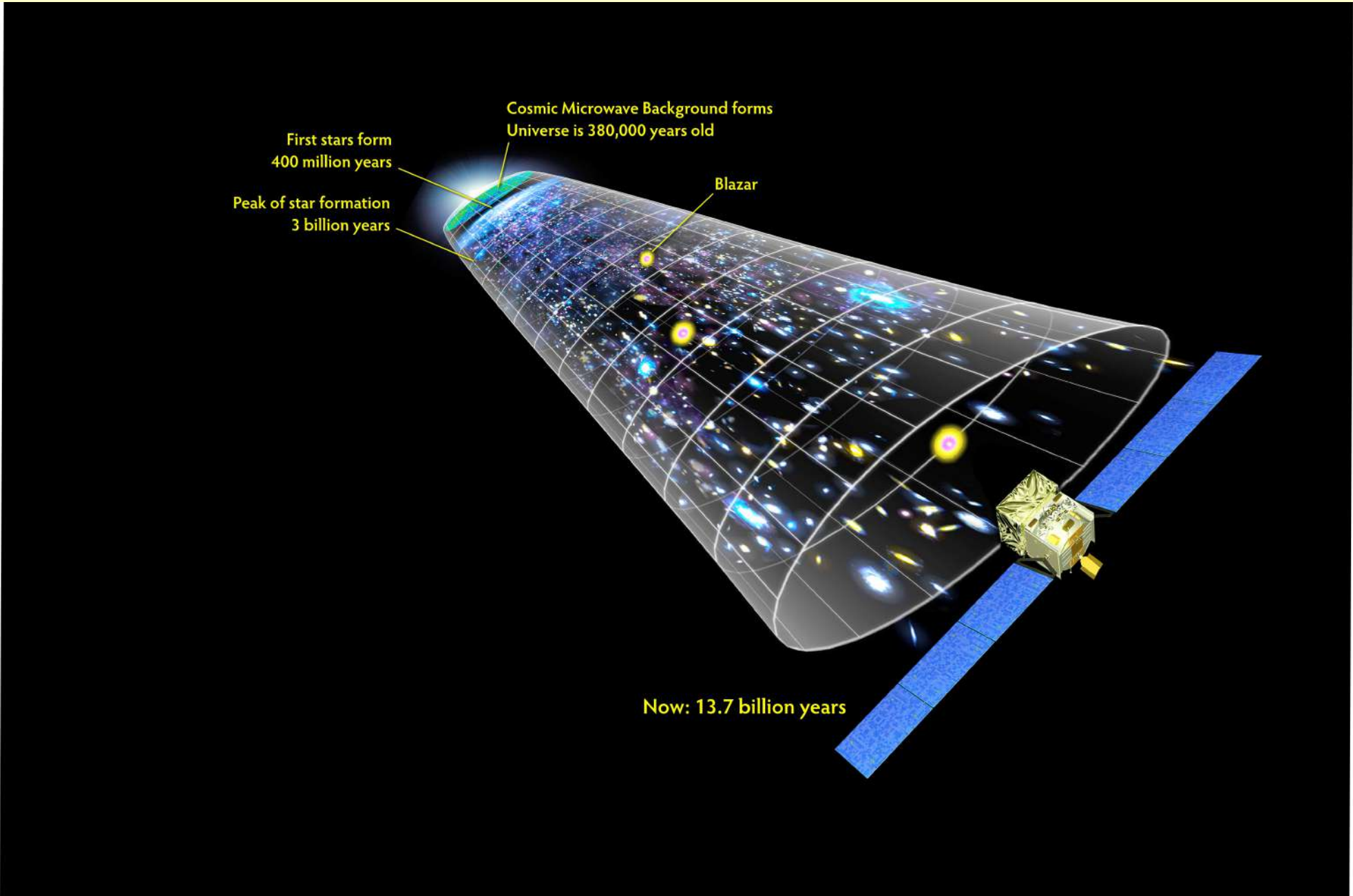
$C = \text{konst}$



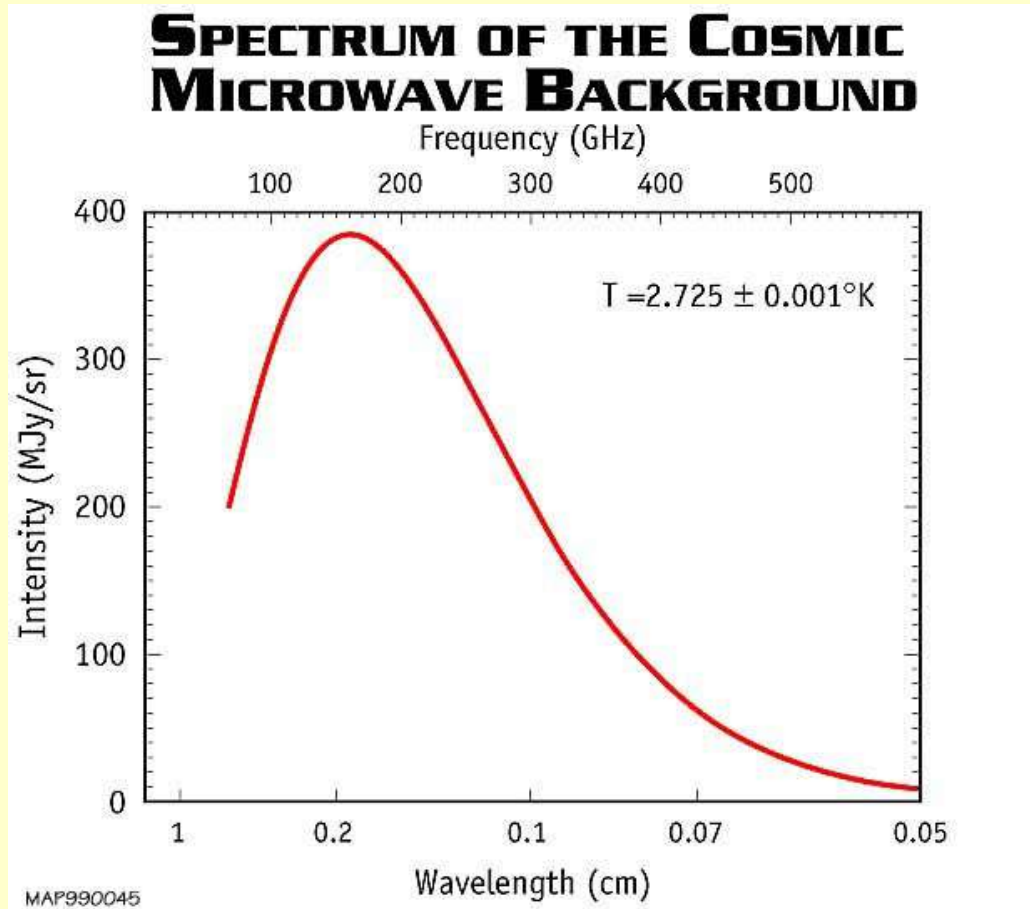
“dalje” == “ranije”



# Odabrani rezultati: 13.7 milijardi godina



# Odabrani rezultati: COBE



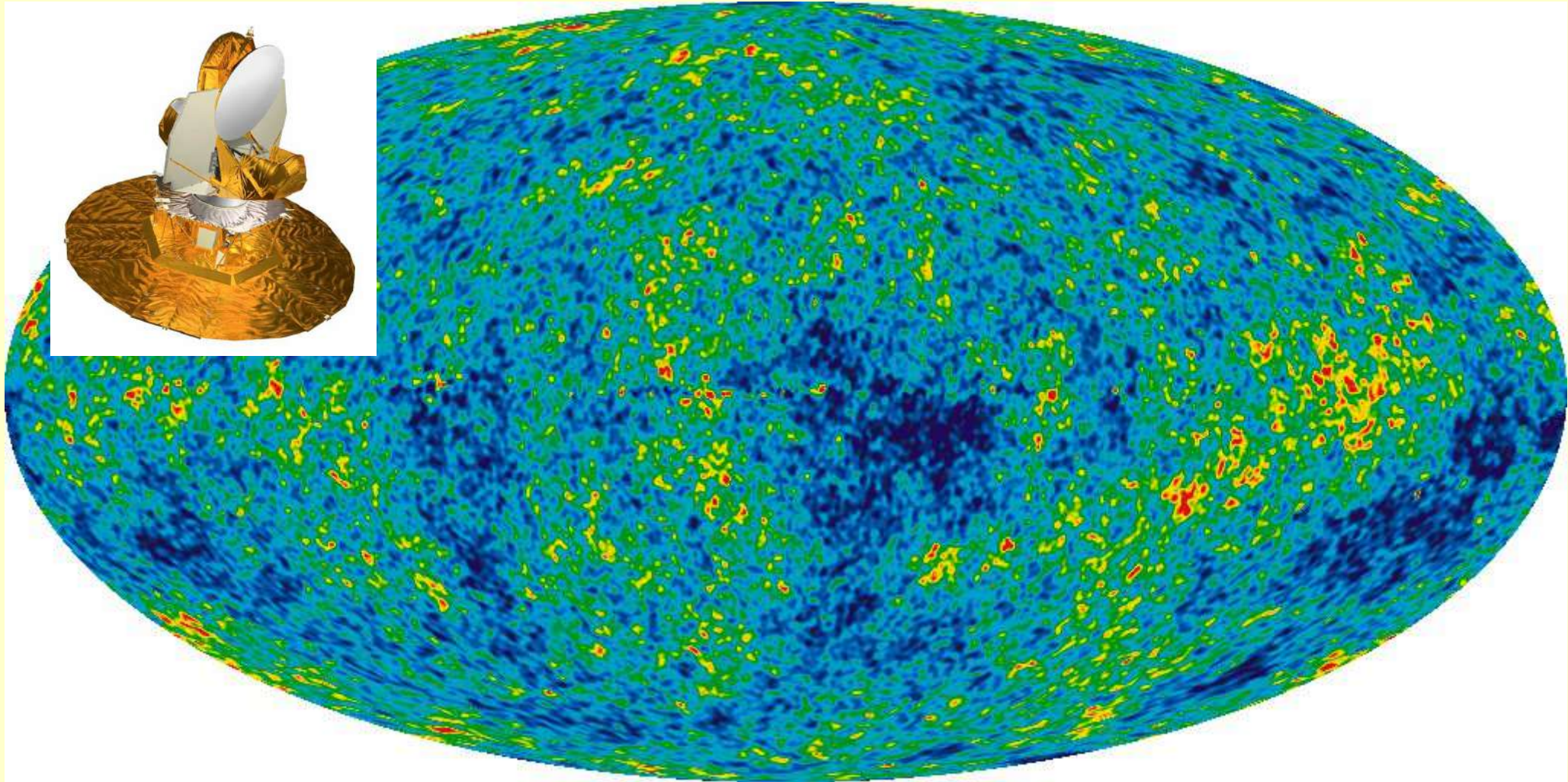
**COsmic Background Explorer**

**George Smoot i John Mather, Nobelova 2006.**

"the COBE-project can also be regarded as the starting point for cosmology as a precision science"

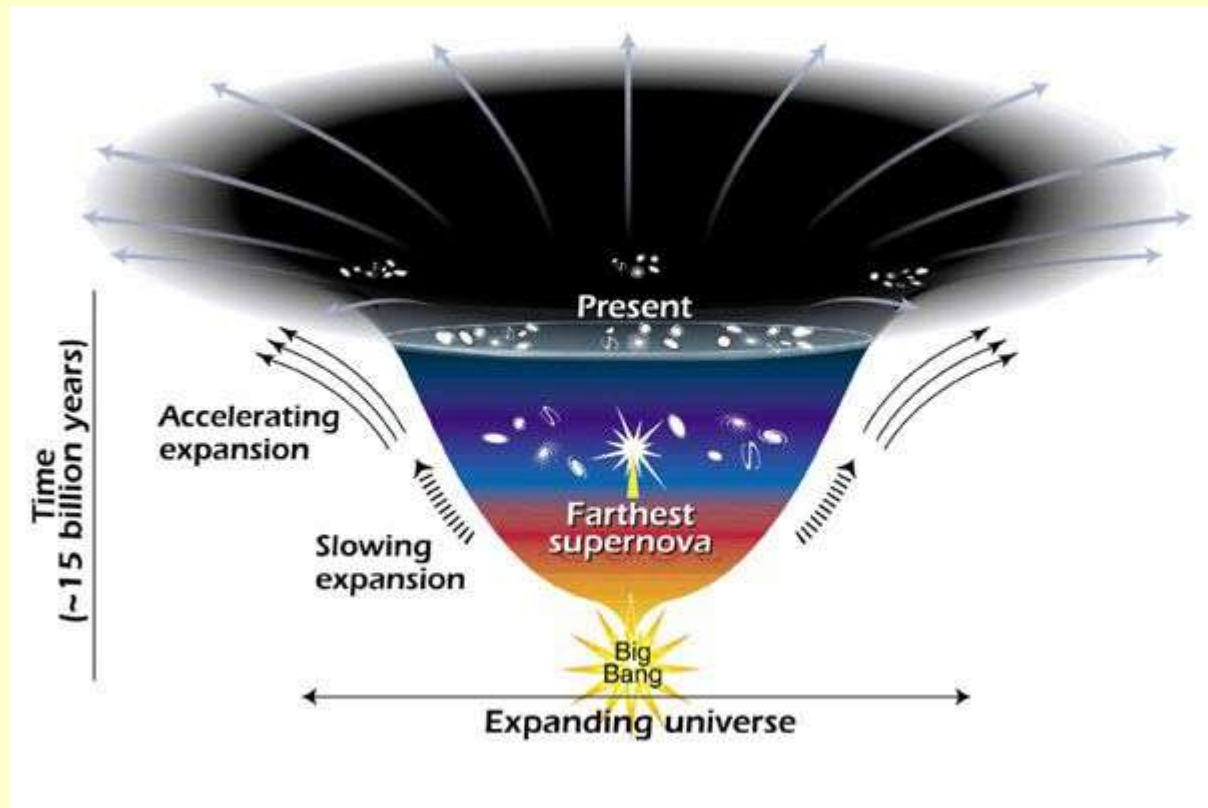


# Odabrani rezultati: WMAP



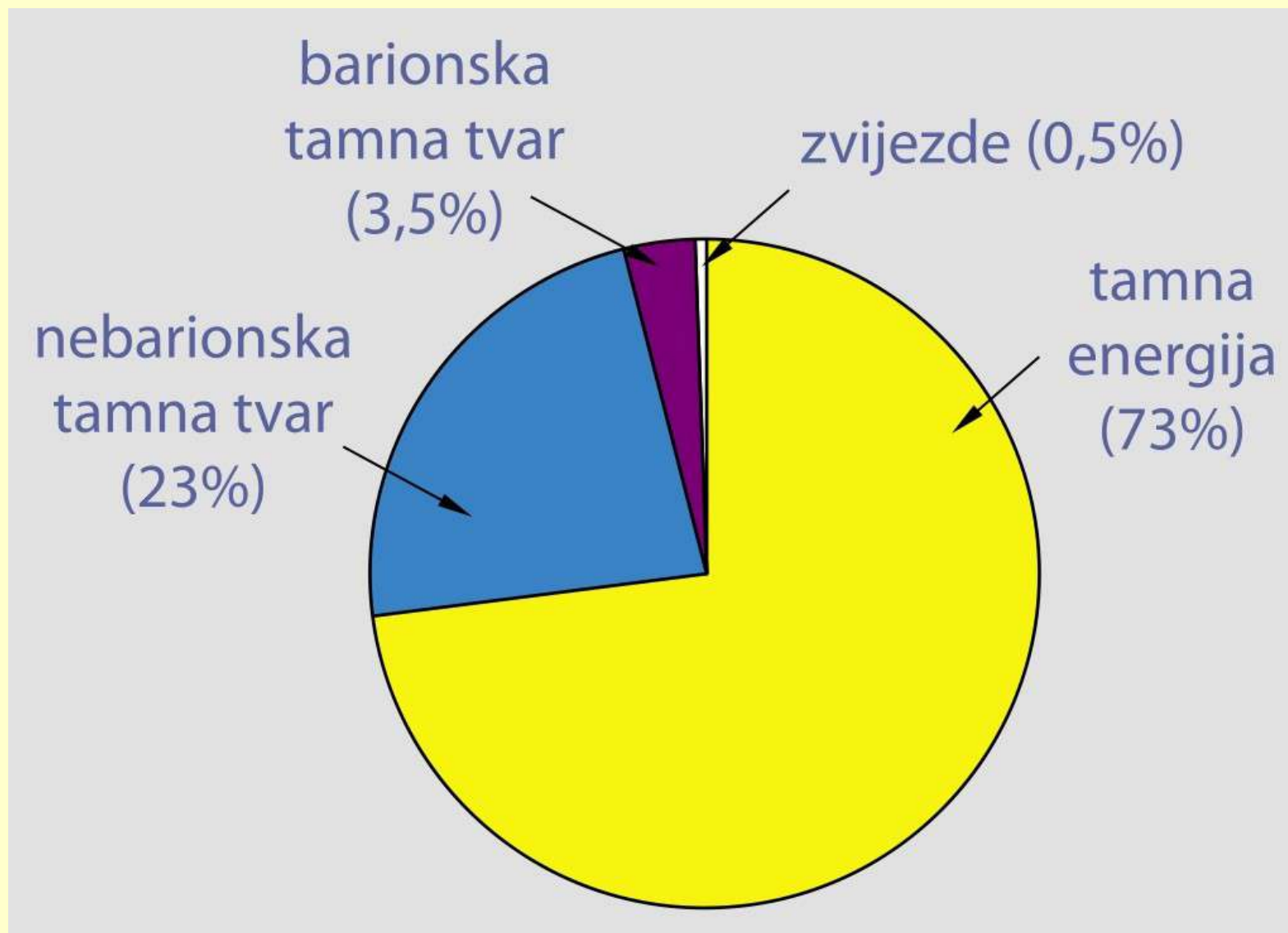
**Wilkinson Microwave Anisotropy Probe  
devet godina opažanja  
fluktuacije koje odgovaraju začetku formiranja galaksija**

# Odabrani rezultati: ubrzano širenje



Saul Perlmutter, Brian Schmidt i Adam Riess, Nobelova 2011.

# Odabrani rezultati: “4% svemira”



# Kozmologija ide dalje...

COSMOLOGY MARCHES ON

