

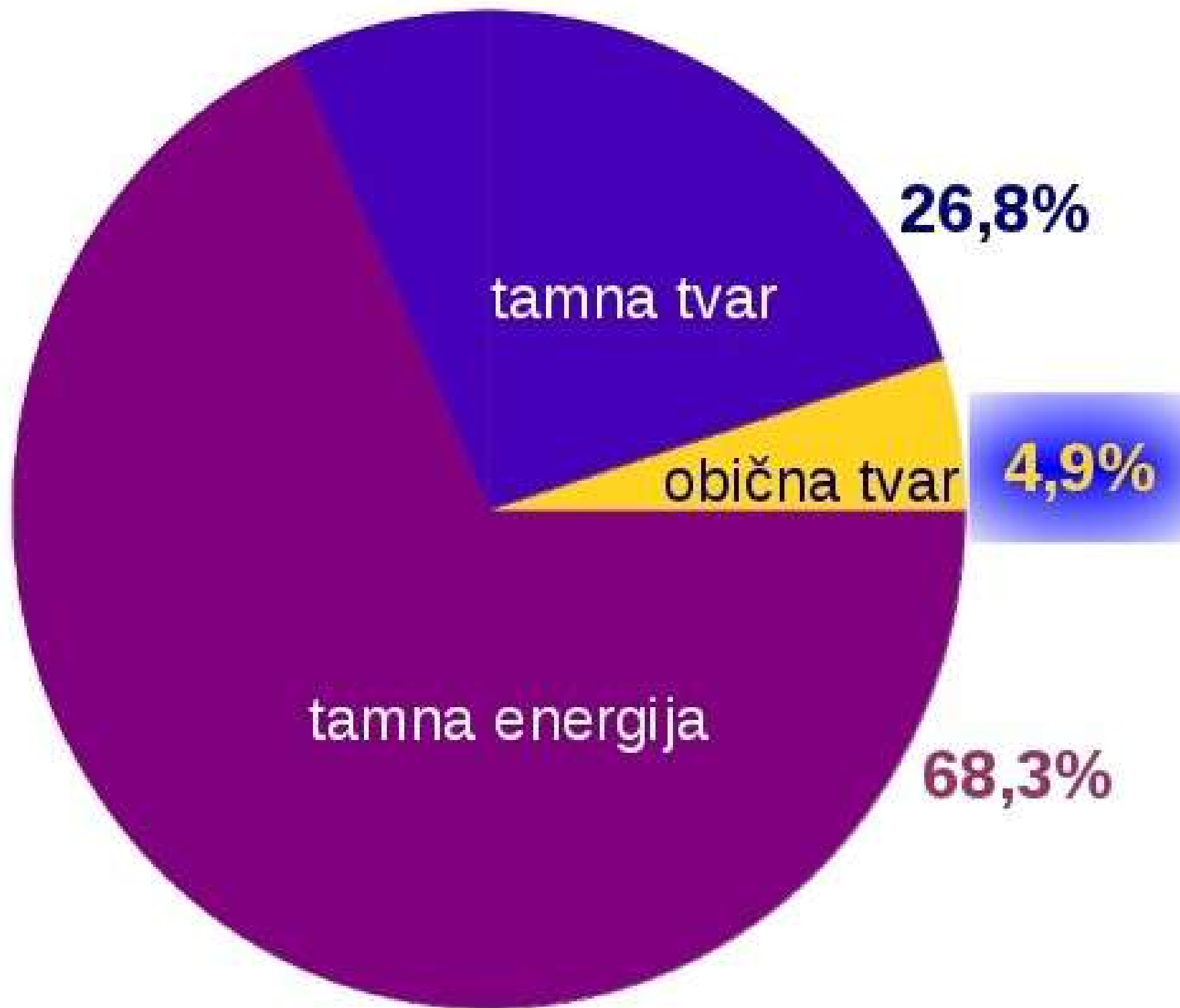
Tamna materija, tamna energija

doc. dr. sc. Dario Hrupec

Odjel za fiziku Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

`dhrupec@fizika.unios.hr`

Dani svemira, Tehnički muzej
Zagreb, 25. studenog 2016.



Lambda-CDM model

standardni model kozmologije **velikog praska**,
pretpostavlja **opću teoriju relativnosti**

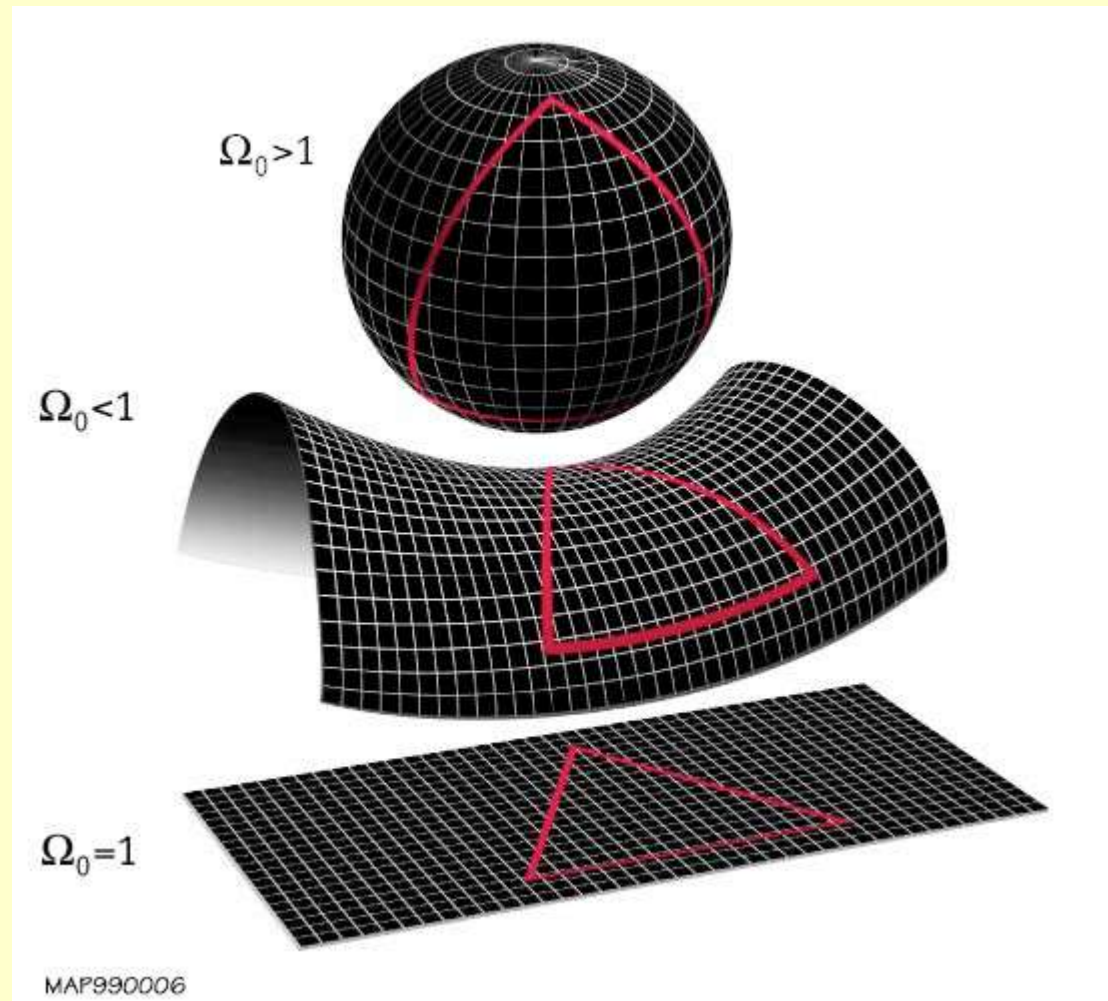
parametrizacija koja uključuje **kozmošku konstantu**
(lambda) i **hladnu tamnu tvar** (CDM)

predviđa:

- postojanje i strukturu **kozmičkog mikrovalnog zračenja**
- raspodjelu galaksija na velikoj skali
- udjele vodika, deuterija, helija i litija
- ubrzano širenje svemira

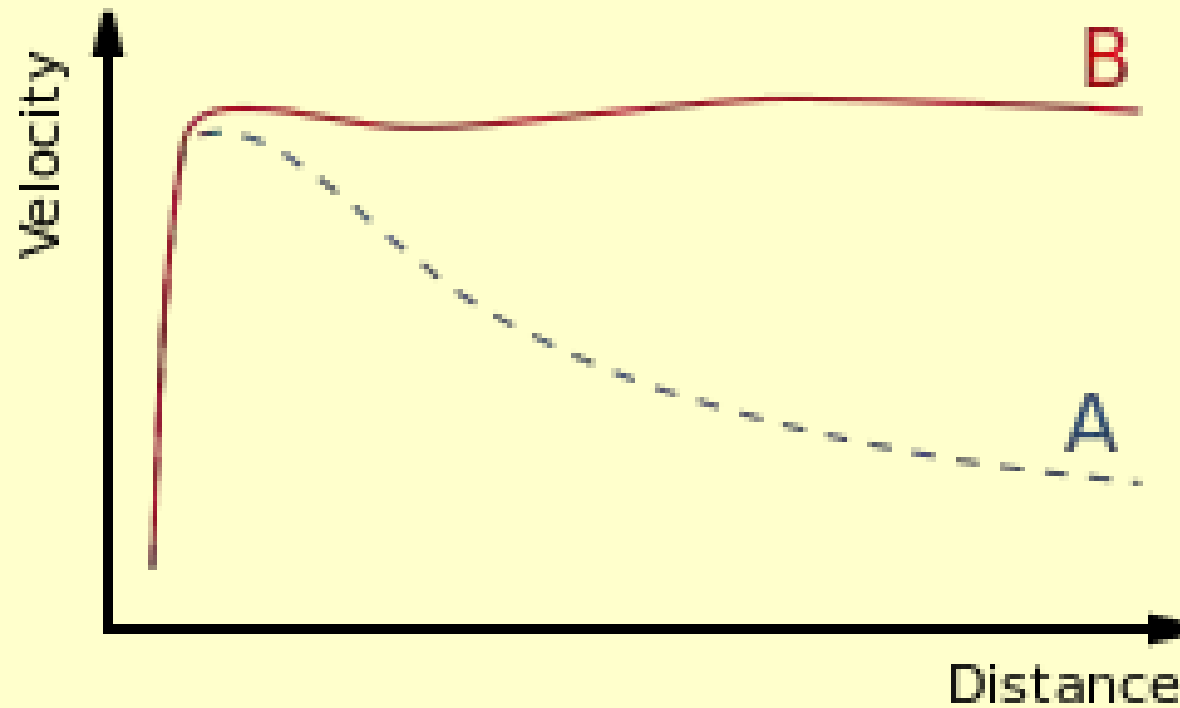
zašto Lambda?

opažanje pokazuje da je svemir **ravan**

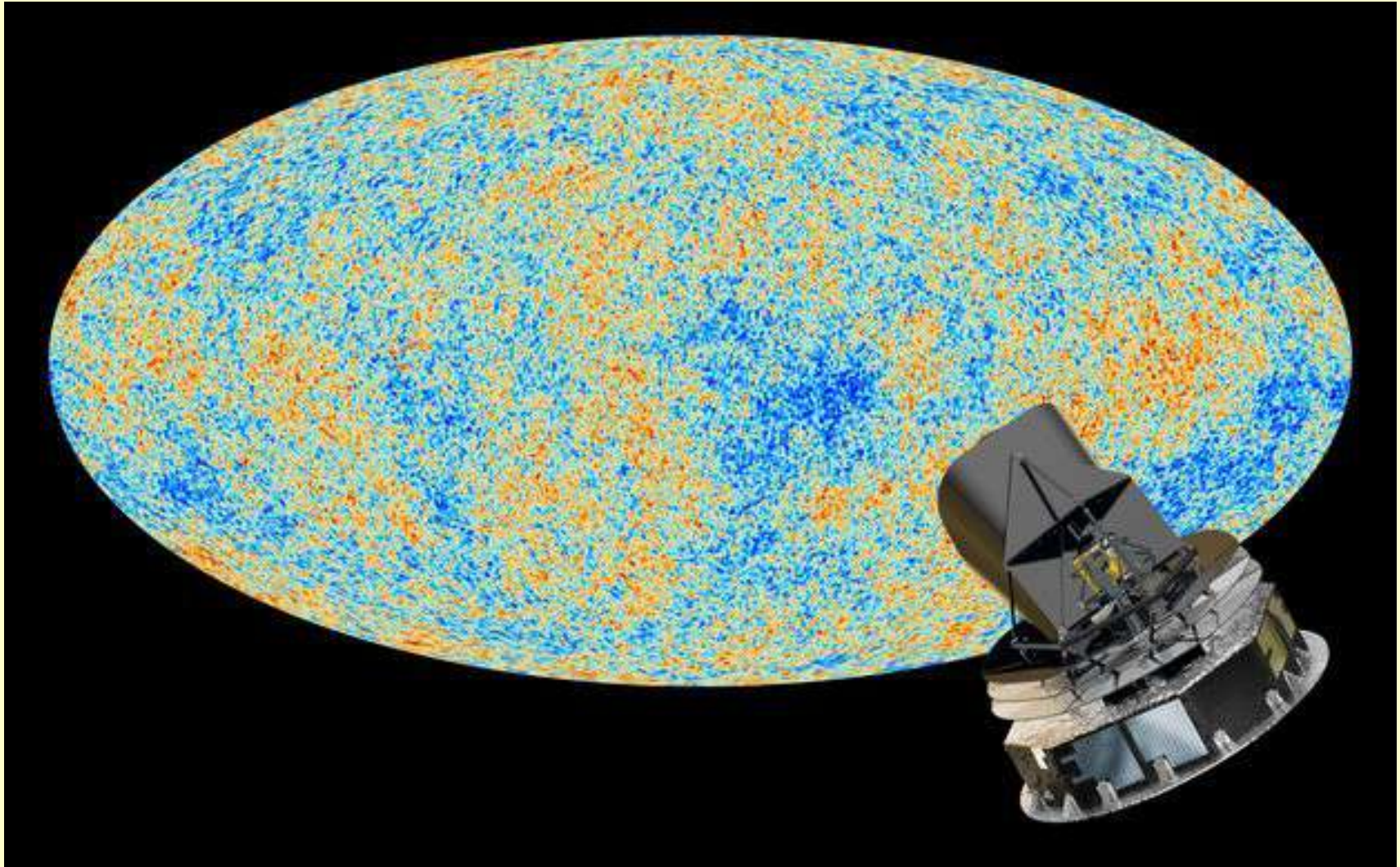


zašto tamna tvar?

opažanje pokazuje da **nedostaje masa**



satelit Planck



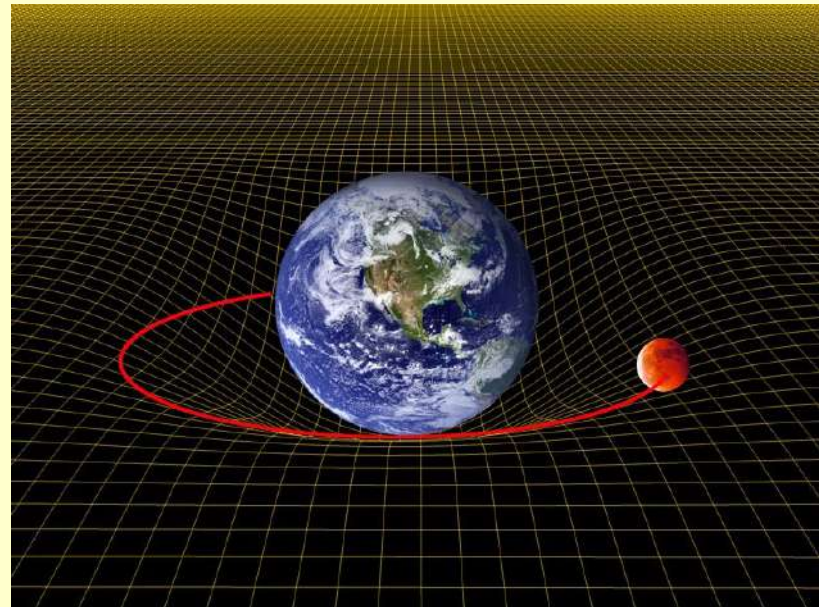
najpreciznije mjerenje anizotropije **kozmičkog mikrovalnog zračenja**
opažanja: 2009. - 2013.
konačni rezultati objavljeni u veljači 2015.

opća teorija relativnosti

Einstein, 1915.

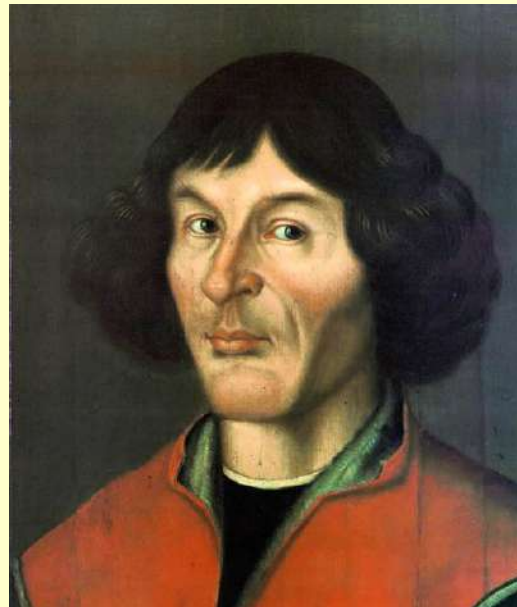
masaenergija zakrivljuje prostorvrijeme

širenje svemira
gravitacijski valovi
crne rupe
gravitacijske leće

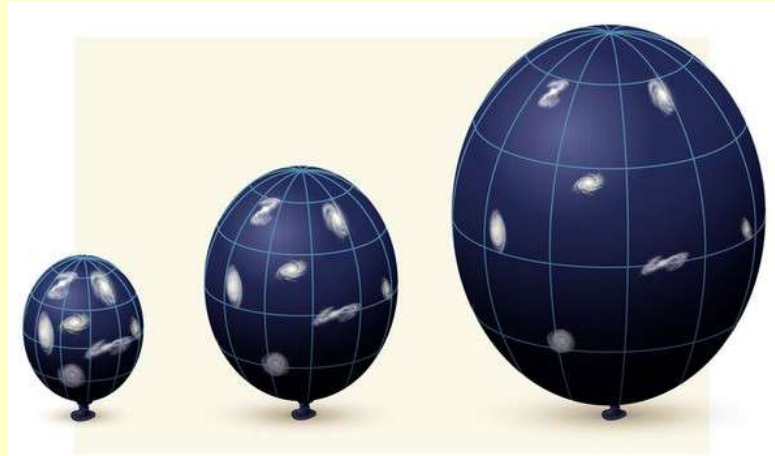


teorija velikog praska - pretpostavke

- (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)



teorija velikog praska - predviđanja



(1) širenje svemira

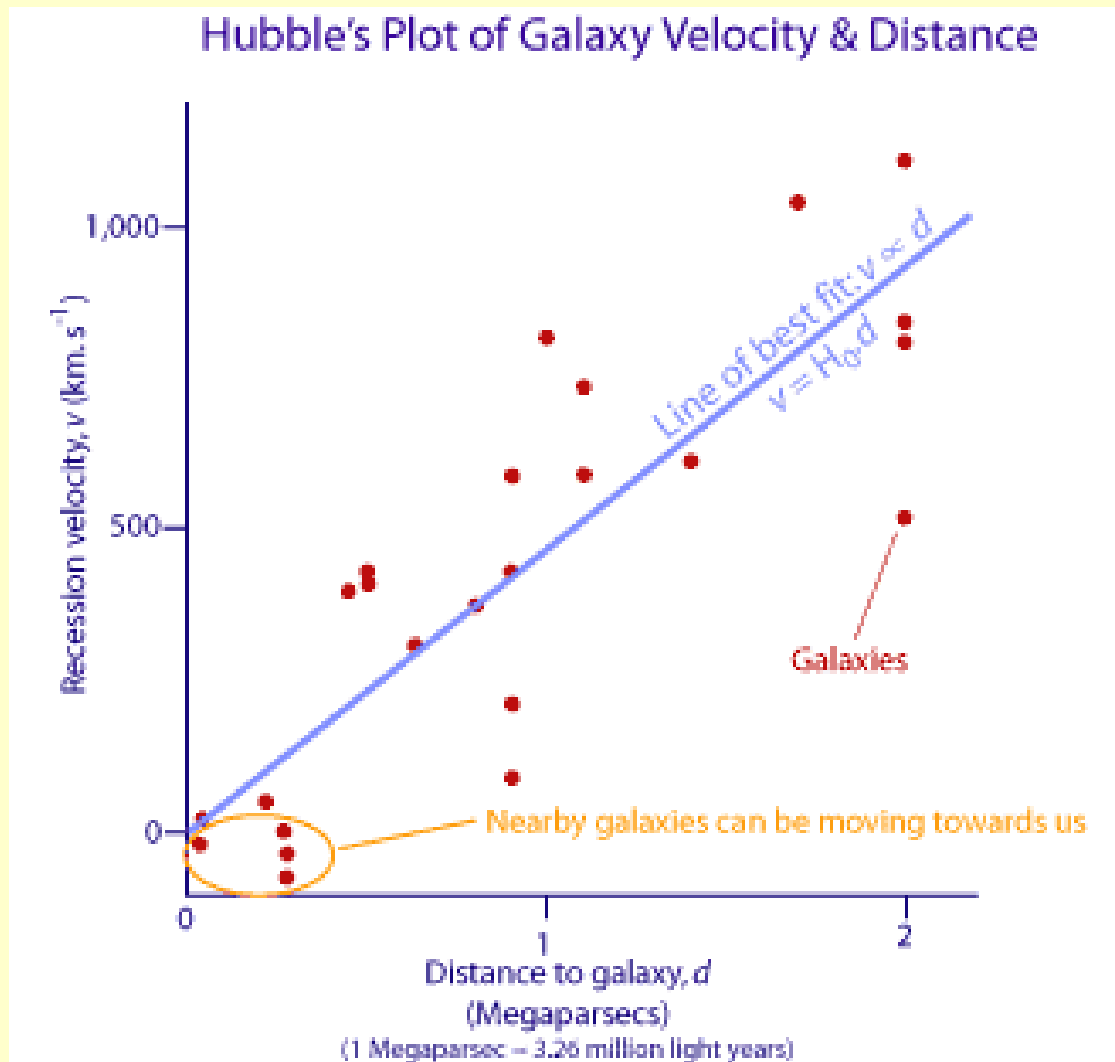
(2) vruće, gusto stanje **u početku**

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

(4) postojanje kozmičkog mikrovalnog pozadinskog
zračenja

teorija velikog praska - potvrde

(1) udaljavanje galaksija



$$v = H_0 d$$

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

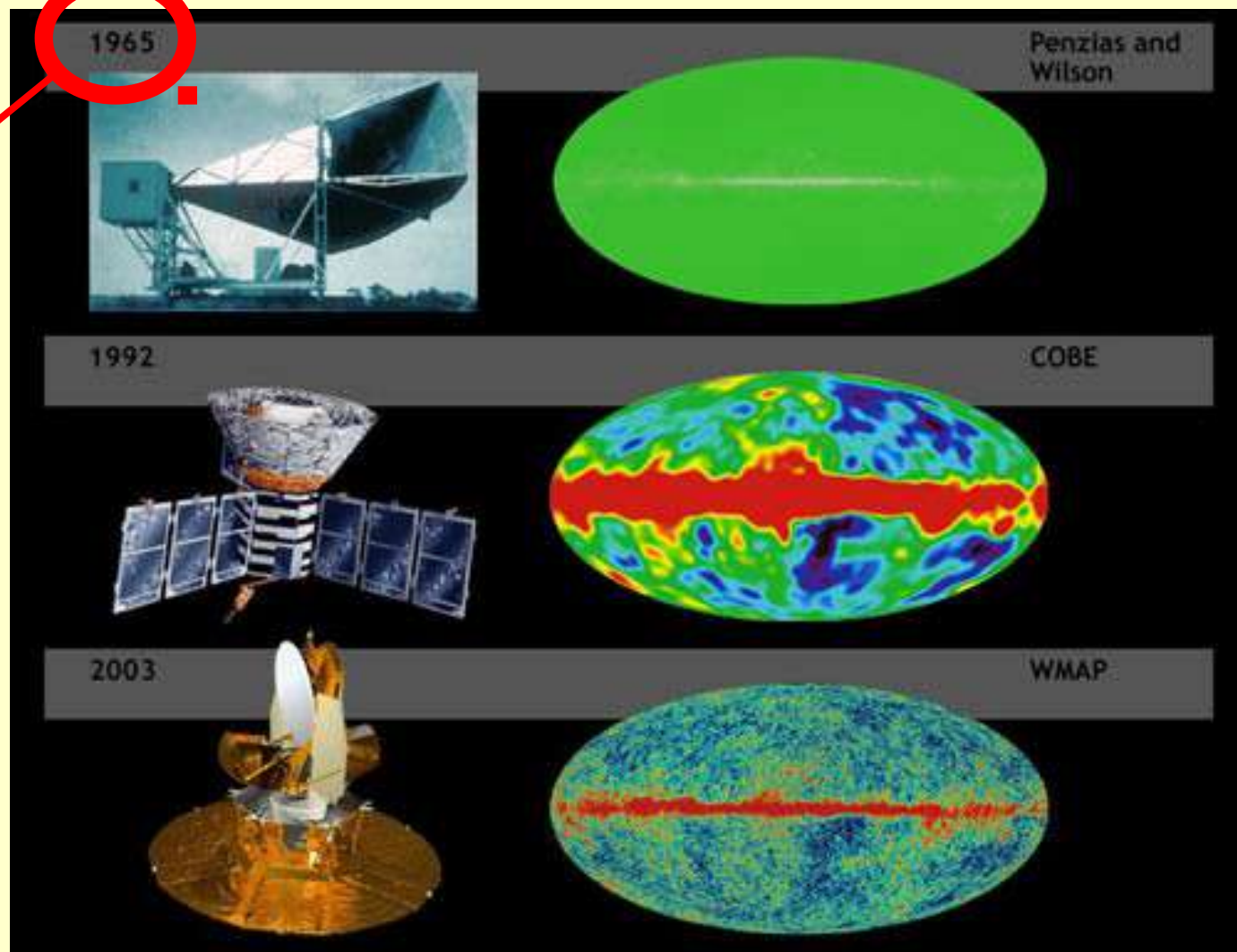
$$67.80 \pm 0.77$$

teorija velikog praska - potvrde

(2) kozmičko mikrovalno pozadinsko zračenje



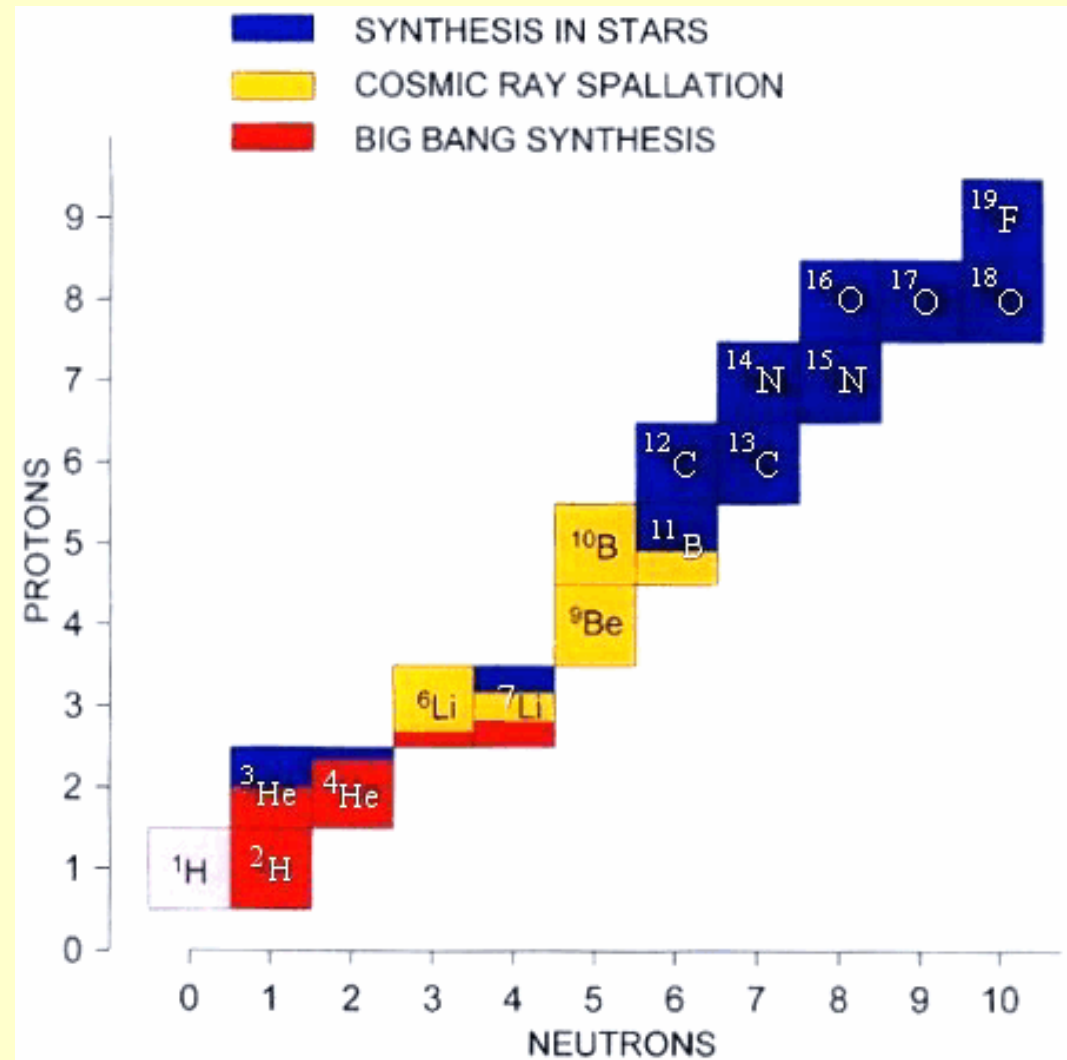
kozmičologija
postaje znanost



teorija velikog praska - potvrde

(3) udjeli primordijalnih elemenata

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



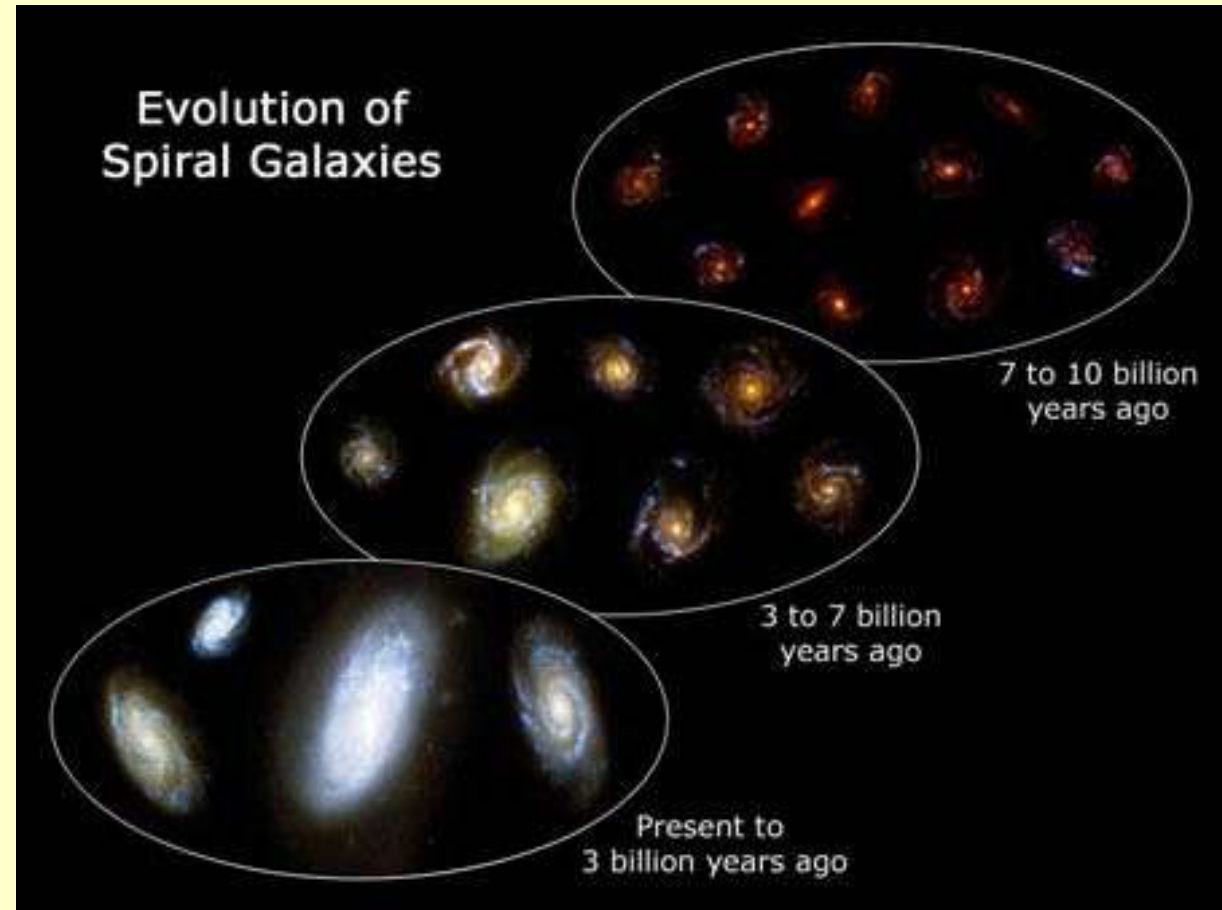
teorija velikog praska - potvrde

(4) razvoj izvangalaktičkih objekata

$C = \text{konst}$



“dalje” == “ranije”



svjet znanosti nije jednostavan...

SCIENTIFIC REPORTS



OPEN

Marginal evidence for cosmic acceleration from Type Ia supernovae

J. T. Nielsen¹, A. Guffanti² & S. Sarkar^{1,3}

Received: 21 July 2016

Accepted: 03 October 2016

Published: 21 October 2016

The 'standard' model of cosmology is founded on the basis that the expansion rate of the universe is accelerating at present — as was inferred originally from the Hubble diagram of Type Ia supernovae. There exists now a much bigger database of supernovae so we can perform rigorous statistical tests to check whether these 'standardisable candles' indeed indicate cosmic acceleration. Taking account of the empirical procedure by which corrections are made to their absolute magnitudes to allow for the varying shape of the light curve and extinction by dust, we find, rather surprisingly, that the data are still quite consistent with a constant rate of expansion.