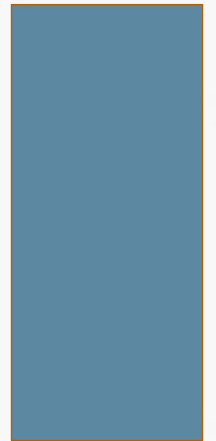


# NOVI STANDARDNI KOSMOLOŠKI MODEL ( $\lambda$ CDM)

05.06.2015.



# ŠTA SMO IMALI DO SADA?

- Ajnštajnov statički model
  - de Sitterov prazni svemir
  - Ajnštajn-de Sitterov model
  - teorija Večnog stanja ..... **alternativna kosmologija**
- rešenja Fridmanovih jednačina**
- **Nijedna od ovih stvari (kao ni mnogih drugih predloženih u periodu 1917-1998.) ne zadovoljava empirijske podatke o realnom svemiru!**

# PROBLEMI AJNŠTAJN-DE SITEROVOG MODELA

- **Problem starosti:** (opet) neki objekti deluju starije od

$$\tau = \frac{2}{3} H_0^{-1}$$

- “Mršava” evidencija za  $\Omega_\lambda = 0$ 
  - ALL: imati na umu fizičarske predrasude!!!
- U svemiru jednostavno **nema dovoljno materije** za

$$\Omega_m = 1$$

- Npr. sve zvezde u svim galaksijama doprinose svega

$$\Omega_* \approx 0,02$$

# BARIONSKA MATERIJ

- Barioni = protoni i neutroni (+ elektroni! 🖖)
- Barionski broj **približno** očuvan u Standardnom modelu (na vremenskim skalama od interesa)
- Rezervoari: zvezde, zvezdani ostaci, ISM, gas u jatima galaksija, gas u malim grupama, „pravi“ IGM,...
- Totalna granica iz primordijalne nukleosinteze:

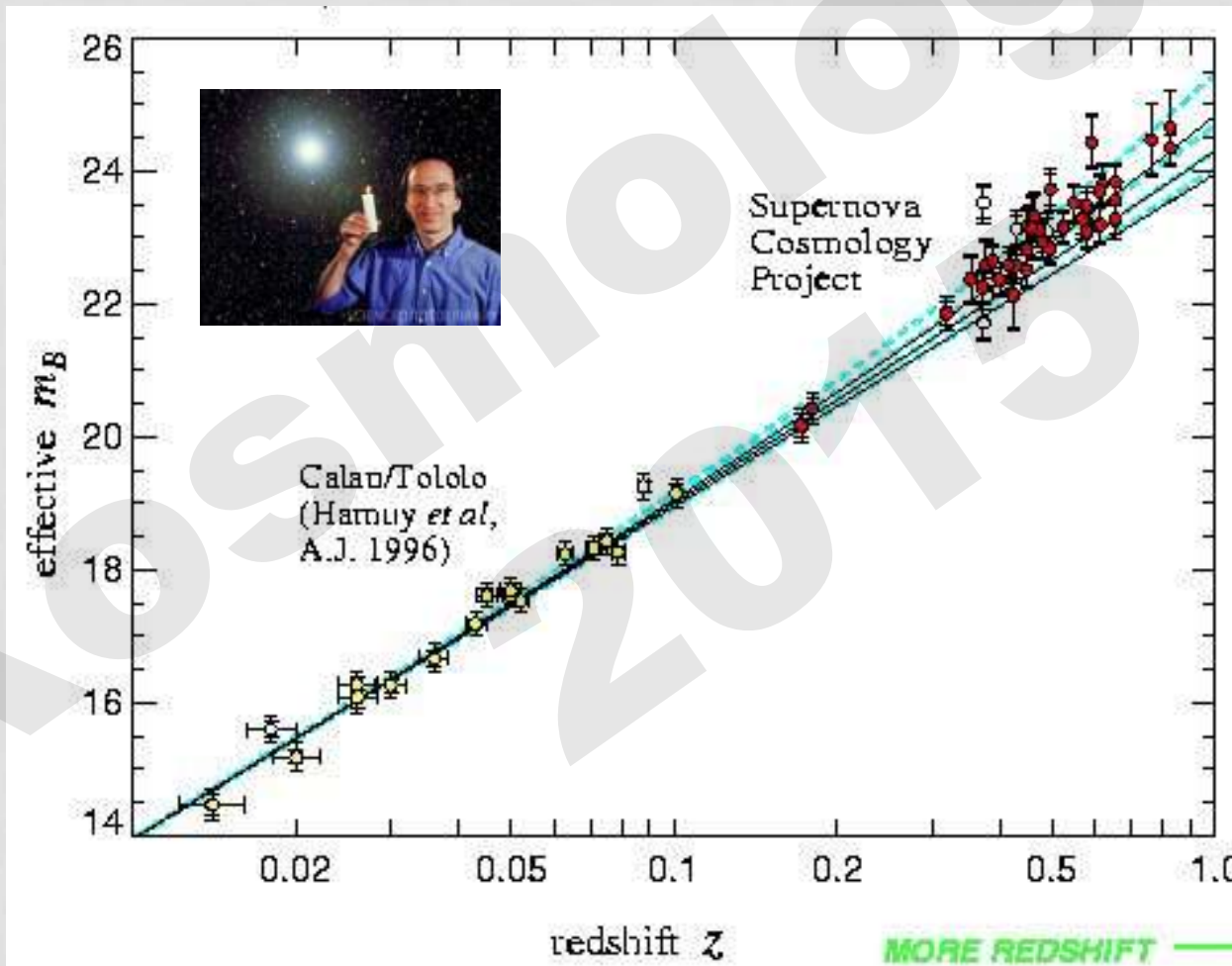
$$0,019 \leq \Omega_B h^2 \leq 0,024$$

- Ne vidimo ni pola od ovoga!  $\Rightarrow$  **problem barionske tamne materije**

# +NEBARIONSKA TAMNA MATERIJAJ!

- Masivne čestice koje su stabilne (**na dovoljno dugačkoj skali**):
  - Neutrini! (ali suviše malo ih je)
  - supersimetrični partneri?
  - aksioni?
  - XYZ???
- U zavisnosti od toga jesu li relativistički ili ne:
  - vruća tamna materija (HDM)
  - hladna tamna materija (CDM)

# 1998: DVA EKSPERIMENTA POKAZUJU DA SE ŠIRENJE SVEMIRA UBRZAVA!



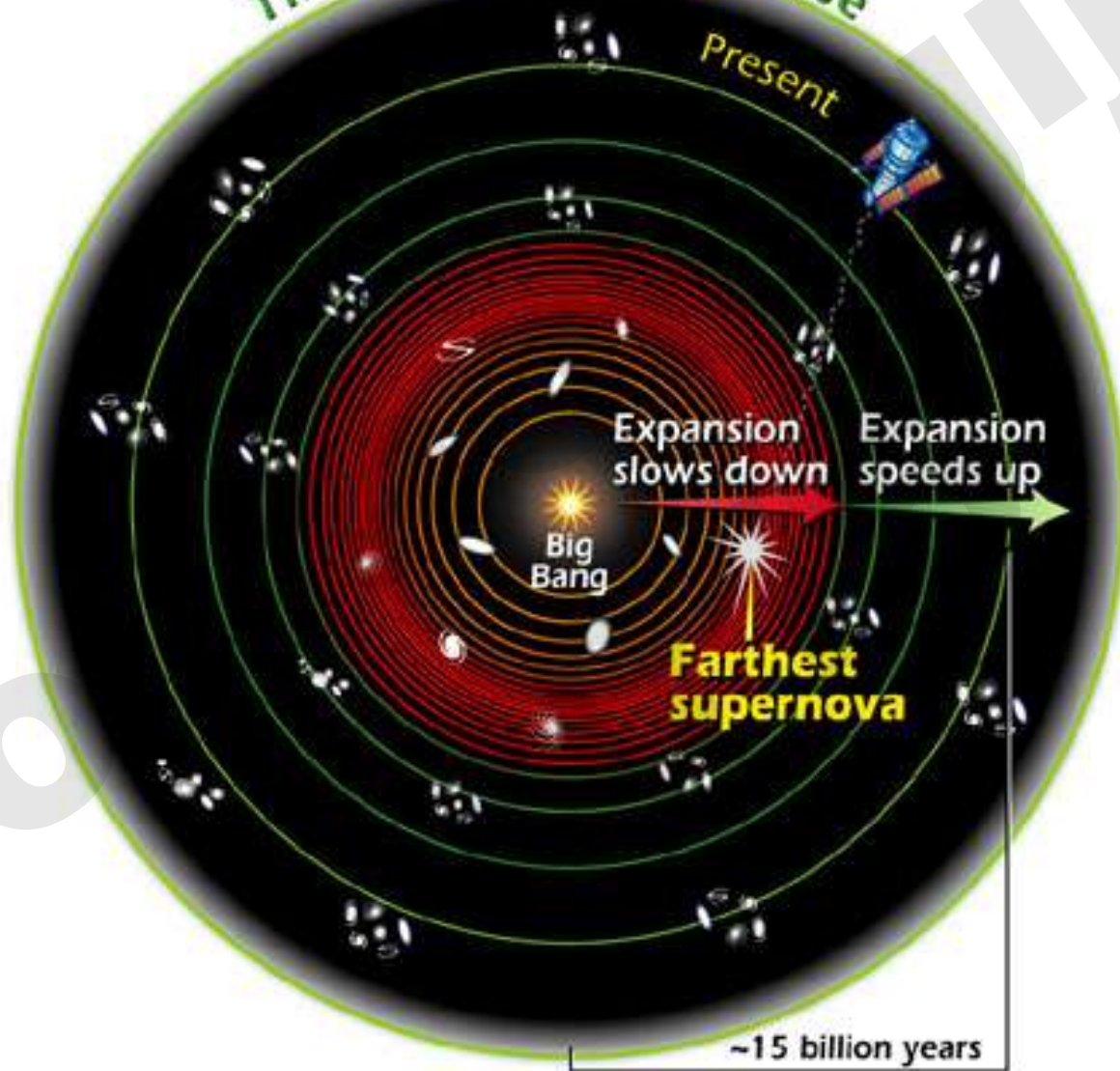
# U PRISUSTVU TAMNE ENERGIJE...

- Parametar usporenja postaje negativan (ubrzanje!):

$$q_0 = \frac{\Omega_m}{2} - \Omega_\lambda \Big|_{t=t_0}$$

$$\Omega_\lambda \equiv \frac{\lambda c^2}{3H_0^2}$$

# The expanding universe





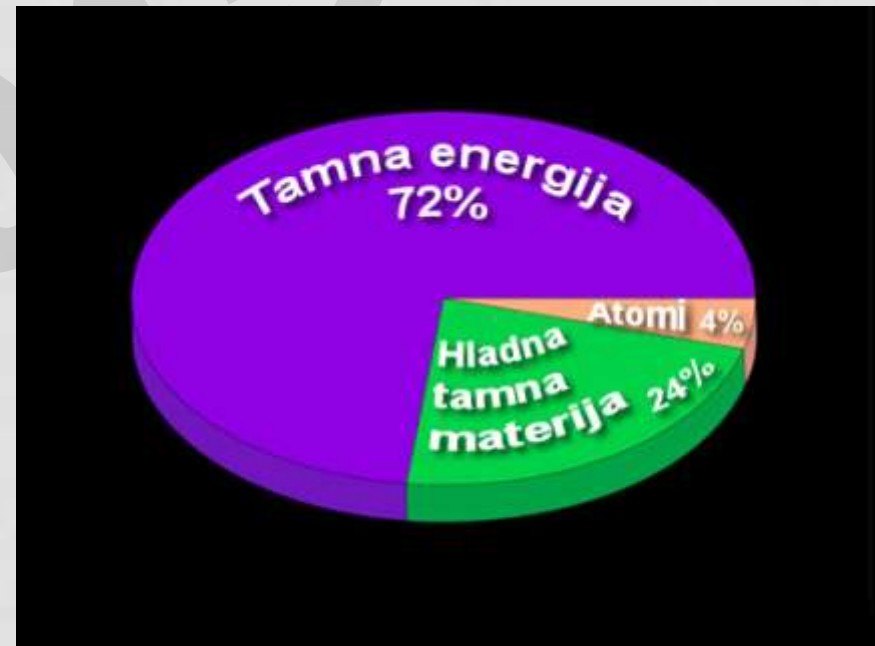
# ŠTA JE “ZAPRAVO” TAMNA ENERGIJA?

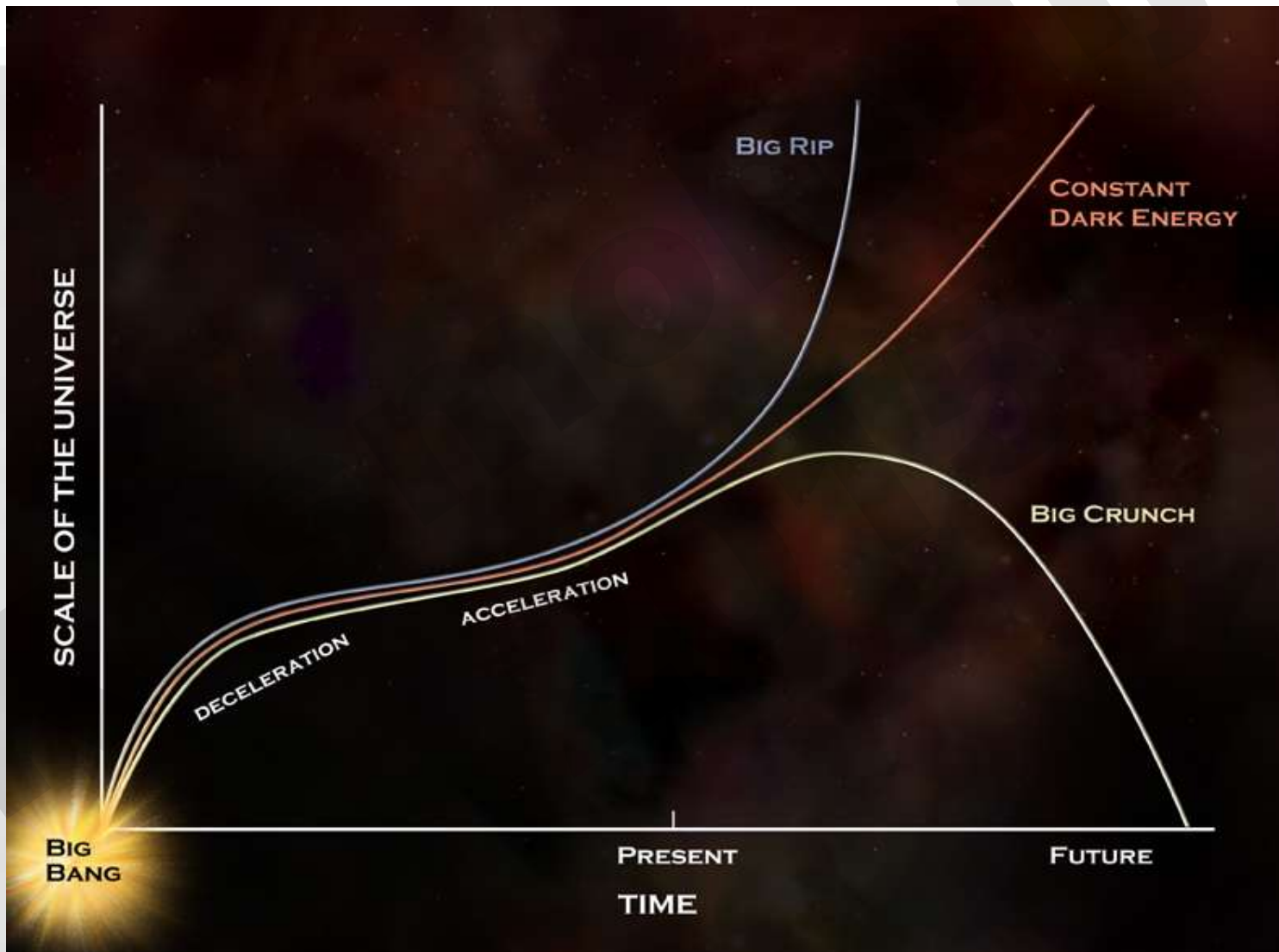
- Egzotična jednačina stanja:

$$P = -w\rho$$

$$w \begin{cases} < 1, & \text{raspadajuća TE} \\ = 1, & \text{kosmološka konstanta} \\ > 1, & \text{fantomska energija} \end{cases}$$

- “Dinamička” tamna energija – **kvintesencija**
- WMAP rezultat:  
 $w = 1.1 \pm 0.14$







**Nastavak**

**sledi**

**!**

